Ta science est un abime plus profond que l'Ocean
Charles de Montesquieu (1689 - 1755)

Науката е бездна, по-дълбока от океана.
Шарл Монтескьо (1689-1755)



© Space Research and Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences
ISSN 1313 - 3888
2015

SES 2014

SES 2014

Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation

SPACE, ECOLOGY, SAFETY

12 - 14 November 2014, Sofia, Bulgaria



SPACE RESEARCH AND TECHNOLOGY INSTITUTE

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
Space Research and Technology Institute

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY

REPRESENTATIVE OFFICE OF ROSSOTRUDNICHESTVO IN BULGARIA

TENTH ANNIVERSARY SCIENTIFIC CONFERENCE
with International Participation

Devoted to the 145-th Anniversary of the Bulgarian Academy of Sciences, the 45-th Anniversary of the Space Research and Technology Institute and the 35-th Anniversary of the First Bulgarian Astronaut's Mission

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

S E S 2014

PROCEEDINGS

2015

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
Dr. Konstantin Peev
Dr. Krassimir Stoyanov
Chief Assistant Rumen Shkevov
Chief Assistant Maria Dimitrova
Chief Assistant Hristo Nikolov
Valeri Vassev, MS
Ekaterina Subeva, 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 Peter Velinov, DSc
Corr. Member Filip Filipov, DSc
Corr. Member Petar Getsov, DSc
Prof. Garo Mardirossian, DSc
Prof. Nikola Vichev, DSc
Prof. Dr. Boyko Ranguelov
Chief Assistant Georgi Jelev
Tsveta Srebrova, MS

PROCEEDINGS

Publishing team:

Garo Mardirossian
Tsveta Srebrova
Georgi Jelev

This Collection contains reports presented orally or in the form of posters during the Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Safety - SES 2014”, which was held on 12 – 14 November 2014 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

Session 1

Space Physics

Николай Ерохин, Надежда Зольникова, Румен Шкевов, Людмила Михайловская
Захват и ультрарелятивистское ускорение электронов пакетом электромагнитных волн в космической плазме при релятивистских начальных энергиях частиц. 11

Irina Despirak, Andris Lubchich, Natalya Kleimenova
Study of Substorms Occurrences at High Latitudes Depending on the Solar Wind Conditions. 18

Божидар Сребров
Изследване на геоложки структури на територията на България чрез съвременни геоелектромагнитни методи. 24

Ондржей Сантолик, Ивана Колмашова, Бойчо Бойчев, Георги Сотиров
Оценка на резултатите от съвместни тестови измервания на прибори AMEF-WB и ELMAVAN за проекти STRANNIK И RESONANCE. 31

Красимира Янкова
Теоретичен анализ на развитието в отношенията на системата диск-корона. 35

Dimitar Valev
Derivation of Three Fundamental Masses and Dirac's Large Numbers Hypothesis by Dimensional Analysis. 41

Велко Велков
Основен всемирен кръговрат. 50

Велко Велков
Относно постоянството на мировите константи. 53

Tsvetan Georgiev
Night Sky Brightness over the *Rozhen* National Astronomical Observatory. 56

Daniela Boneva
Methods for Exploring the Dynamical Processes in Binary Stars Systems. 60

Peter Velinov
Relation between Ionization Yield Function and Ionizing Capability due to Solar Cosmic Rays in the Ionosphere and Stratosphere Calculated by CORSIKA and CORIMIA Programs Respectively. 66

Peter Tonev, Peter Velinov
Conditions for Development of Red Sprites in Strato-mesosphere by Different Levels of Solar Activity. 72

Маруся Бъчварова
Земна атмосфера и космическа радиация
1. Магнито-електронна атмосферна структура. 76

Маруся Бъчварова, Димитър Драганов
Предсказателни възможности на моделите за модулиране на спектъра на галактичните космични лъчи през слънчевия цикъл. 89

Костадин Шейретски, Румен Шкевов, Николай Ерохин
Метод на оскулиращите елементи за изучаване движението на екваториален елипсовиден спътник на Земята при наличие на динамична симетрия. 95

Светла Димитрова, Катя Георгиева
Геомагнитни бури, слънчеви драйвери и физиологичен статус на човека. 100

Andrey Kirillov, Rolf Werner, Veneta Guineva
Electronic Kinetics of Molecules in Upper Atmospheres of Earth and Mars during Solar Proton Precipitations. 106

Session 2
Aerospace Technologies and Biotechnologies

Таня Иванова, Илияна Илиева, Йордан Найденов
30 години космически биотехнологии в България. 115

Петър Гецов, Зоя Хубенова, Георги Сотиров
Изисквания към средствата и програмите за обучение на оператори на БЛА в безпилотните летателни комплекси. 121

Геннадий Маклаков
Феноменът изменено състояние на съзнанието в работата на операторите на сложни ергатични системи. 128

Васил Кавърджиков, Десислава Пашкулева, Иван Николов
Метрология на зрението за летци. 134

Adrijana Todeska
The Method of Traditional Way of Cleaning the Body and Spirit. 139

Олеся Исайкина, Юрий Кукса, Игорь Шибаев
Длительный мониторинг артериального давления и пульса:
Длиннопериодные компоненты корреляционных отношений показаний мониторинга. 145

Михаил Владов, Георги Сотиров, Дмитрий Добров, Ангелина Чожгова
Обзор методов определения соконусности лопастей несущего винта вертолета. 149

Михаил Владов, Георги Сотиров, Дмитрий Добров, Ангелина Чожгова
Оценка погрешности параметров оптической системы измерения соконусности лопастей несущего винта вертолета. 159

Павлин Граматиков
Динамични параметри на вторични електрозахранващи източници за бордна аерокосмическа апаратура. 163

Павлин Граматиков
Електромагнитна съвместимост на вторични електрозахранващи източници за бордна аерокосмическа апаратура. 171

Константин Методиев
Устройство за събиране на данни на базата на микроконтролер PIC18F2550. 176

Светлозар Асенов, Ангелина Чожгова, Николай Загорски, Георги Сотиров
Целесъобразност за удължаване на летателната годност на морално остарели въздухоплавателни средства. 183

Николай Загорски, Ангелина Чожгова, Светлозар Асенов, Георги Сотиров
Прилагане на съвременни методи за оценка на авиационната безопасност
и управление на риска в авиационните системи. 189

Ангелина Чожгова
Определяне източниците на вибрации в конструкцията на вертолета. 196

Теодора Петрова, Живо Петров
Особености при разпределяне на температурата при въздействие на лазерния
лъч в многокомпонентна среда. 201

Теодора Петрова, Живо Петров
Моделиране на лазерите при фотодинамична терапия. 207

Петър Петков
Влияние на междуелементната електромагнитна връзка върху параметрите
на сателитна антенна решетка. 212

Живо Петров, Марин Маринов
Използване на метода на Алън за анализ на грешките в бюджетен 3-осен
акселерометър от 6-осен чип MPU6050. 215

Живо Петров, Марин Маринов
Използване на метода на Алън за анализ на грешките в бюджетен 3-осен
жироскоп от 6-осен чип MPU6050. 221

Пламен Трендафилов
Метод за измерване на автомобилния трафик, базиран на система за близка
радиолокация. 227

Христофор Скандалиев, Калин Крумов, Томислав Скандалиев
Любителските проекти – катализатор за аерокосмически програми. 231

Session 3
Remote Sensing and Geoinformation Systems

Atanas Atanassov
Method of Thread Management in a Multi-pool of Threads Environments. 241

Atanas Atanassov
Development of Satellite Operation Scheduling Module for Space Mission
Simulation Tool. 247

Мария Димитрова, Румен Недков
Облачна покривка над България за периода 2004 - 2014 година по данни от MODIS 253

Petar Dimitrov, Ilina Kamenova, Vassil Vassilev, Eugenia Roumenina,
Martin Banov, Georgi Jelev
Crop Type Mapping by PROBA-V Satellite Data with 100 m and 300 m Spatial Resolution
at Zlatia Test Site, Bulgaria. 260

Веселин Ташев, Ролф Вернер, Ангел Манев, Богдана Мендева,
Мариана Горанова
Изследване на данни измерени с метеостанция Vantage Pro2 Plus и прогнозиране
годишния добив на слънчева енергия. 268

Ангел Манев, Веселин Ташев
Кратковременните температурни аномалии на повърхността на Черно море
през 1998 и 1999 години и съпътстващи физически явления. 277

Bogdana Mendeva
Total Ozone over Stara Zagora, Bulgaria (2005-2013). 282

George Letchov
Estimating Leaf Biomass Potential as Carbon Stock in Broadleaf Forest, Rhodope Mountains, Using MODIS LAI/ FPAR Data Products. 286

Rumiana Kancheva, Georgi Georgiev
Using Multispectral Data to Assess Plant Condition under Cadmium-induced Stress. 295

Валентина Христова
Самоорганизираща се програмна система за анализ на пътна мрежа, пътно-транспортни съоръжения и структури. 301

Георги Желев, Лъчезар Филчев, Ваня Стаменова, Васил Василев, Петър Димитров, Александър Гиков, Евгения Руменина, Стефан Стаменов
Добри практики в България за приложение на спътникови данни в земеделието и ландшафтно-екологичния мониторинг. 307

Георги Желев
Разпознаване на кръгови структури по космически (сателитни) изображения 321

Тихомир Алексиев
Използване на дистанционните изследвания и ГИС в обучението по география и икономика в прогимназиален етап. 333

Session 4
Ecology and Risk Management

Boyko Ranguelov, Ivan Parushev, Garo Mardirossian, Edelvays Spassov, Atanas Bliznakov
Kinematic Models and Applications for the Early Warning Systems – Earthquakes and Tsunamis. 341

Радик Мартиросян, Альберт Гулян, Гамлет Пирумян, Маргар Адибекян, Геворк Аветисян
Система вертикального зондирования ионосферы для оценки сейсмической опасности. 348

Margar Adibekyan
Detecting Earthquake Precursors by Mathematical Modelling of Ionospheric Time Series. 354

Keranka Vassileva, Mila Atanasova
Study of Plate Tectonic Transition Boundaries in Bulgaria from GPS 356

Milen Kadiyski, Stoyan Sarov, Georgi Frangov, Vladislav Kostov-Kytin, Svetla Sarova, Ventseslav Stoyanov, Luba Macheva, Vilma Petkova, Theodosios Papaliangas
Risk Management of *Koprivlen* Landslides. 363

Вилма Петкова, Светла Сарова, Милен Кадийски, Владислав Костов, Венцеслав Стоянов, Стоян Саров, Ралица Гюрова, Теодосиос Папалиангас
Пространствени ГИС слоеве на зони с повишен риск от свлачища за проект „Управление на риска от природни и антропогенни свлачища в гръцко-български трансграничен регион”(RISKLIDES). 374

Валентина Христова, Антон Петров
Изследване влиянието на горите като възможност за биологично улавяне на парникови газове. 389

Valeria Stoyanova, Annie Shoumkova, Adelina Miteva, Temenujka Kupenova, Kristyna Bartunkova, Jaroslav Fisak
Heavy-metal Microparticles as Atmospheric Pollutants. Electron-microscope Data Analysis. 394

Viktorija Bojadziev
Effect of Interior Design on Human Health. 402

Kiro Ristov, Vesna Mirjanoska
Protection of the Cultural Heritage and Natural Rarities in Republic of Macedonia – Current Situations and Challenges. 407

Stojan Velkoski
Possibilities to Use the Stojan's Cosmic Net in Protection against Thunders and Thunder Energy Exploitation. 414

Stojan Velkoski, Jane Velkoski, Mihail Velkoski
Influence of Geopathology and Cosmopathology on Athletes' Performances. 419

Димитър Гинчев, Бойчо Бойчев, Светла Василева
Съвременни методи и средства за наблюдение на критичната инфраструктура. 427

Мария Димитрова, Биляна Велчева
Организация на специализирана web-база данни със спътникови изображения за екомониторинг на България. 435

Mariyana Nikolova, Valentin Nikolov, Julia Krumova
Global Change and Natural Hazards in *Pirin* Tourist Area. 440

Рангел Гюров
Глобалното затопляне – факти и аргументи. 449

Ралица Берберова, Биляна Костова
Възможности за използване на георадар и пенетрометър за оценка на състоянието на микроязовирни стени от земно-насипен тип. 455

Георги Василев, Дончо Дончевски
Случаи на екстремни стойности и злоупотреби с ЕМВ в съвременното общество. 461

Надя Маринова
Подходи в планирането и организацията на маркетинговата дейност. 465

Session 5
Space Material Science and Nanotechnology

Ivan Nikolov, Stefka Kasarova, Nina Sultanova
Optical and Material Characterization of Polymer Materials and Samples. 473

Анна Бузекова – Пенкова
Механични свойства на модифицирана алуминиева сплав – В95. 479

Анна Бузекова – Пенкова, Аделина Митева
Уякчаващи добавки в композиционни материали на алуминиева основа. 484

Adelina Miteva, Valeria Stoyanova
The Semiconductor Heterostructures in LEDs (Light-emitting Diodes) – Space Applications. 489

Тинка Грозданова, Анна Петрова
Перспективни материали за работа в екстремни условия. 497

Людмил Марков, Анна Бузекова – Пенкова
Взривно синтезиран наноразмерен диамант, приложен във високояка алуминиева сплав за целите на космическия експеримент „Обстановка“, проведен на международната космическа станция. 501

Мила Илиева – Обретенова
Сравнителен анализ на графинов баристор и MOSFET с вграден канал. 507

Dimitar Draganov
Spreading of Microfilms and Nanofilms of Polymer Liquids. 519

Session 1

Space Physics

Chairmen: Prof. Tsvetan Dachev
Prof. Nikolay Erokhin
Secretaries: Chief Assistant Maria Dimitrova
Chief Assistant Daniela Boneva

ЗАХВАТ И УЛЬТРАРЕЛЯТИВИСТСКОЕ УСКОРЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПАКЕТОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ ПРИ РЕЛЯТИВИСТСКИХ НАЧАЛЬНЫХ ЭНЕРГИЯХ ЧАСТИЦ

Николай Ерохин[1], Надежда Зольникова[1], Румен Шкевов[2], Людмила Михайловская[1]

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

Ключевые слова: *Захват частиц, волновой пакет, серфотронное ускорение частицы, начальные релятивисткие энергии, интеграл движения, космическая плазма, электромагнитные волны, фазовая плоскость, нелинейное уравнение.*

Аннотация: *Проведено теоретическое исследоване модели серфотронного механизма ультрарелятивисткого ускорения заряженных частиц пакетом электромагнитных волн с лоренцовской огибающей в космической плазме при релятивистских начальных энергиях частиц. Исследованы динамика фазы пакета на несущей частоте на траектории электрона, траектории частиц, структура фазовой плоскости в нелинейной модели и др. Волновой пакет был локализован в пространстве. Показан рост с практически постоянным темпом релятивистского фактора и поперечных к внешнему магнитному полю компонент импульса частиц. Область благоприятных фаз пакета на несущей частоте для захвата сильнорелятивистских электронов в режим ускорения содержит один интервал, что существенно упростит последующие оценки числа ускоряемых частиц и затухание пакета за счет передачи его энергии электронам. Для захваченных частиц их траектории в плоскости, перпендикулярной внешнему магнитному полю являются практически прямыми линиями. Исследована структура фазовой плоскости рассматриваемого нелинейного уравнения, которая для захваченных частиц имеет особую точку типа устойчивый фокус. Полученные результаты представляют интерес для развития современных представлений о возможных механизмах генерации потоков ультрарелятивистских частиц в космической плазме, корректной интерпретации экспериментальных данных по потокам этих частиц.*

CAPTUTE AND ULTRARELATIVISTIC ACCELERATION OF ELECTRONS BY ELECTROMAGNETIC WAVES PACKET IN SPACE PLASMA AT THE INITTIAL RELETIVISTIC ENERGYES OF THE PARTICLEES

Nikolay Erokhin[1], Nadezhda Zolnikova[1], Rumen Shkevov[2], Ludmila Mikhailovskaya[1]

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

Keywords: P*articles trapping, waves packet, particle surfatron acceleration, initial relativistic energy, constant of motion, space plasma, electromagnetic waves, phase plane, nonlinear equation,.*

Abstract: *A theoretical study of the surfatron mechanism model of ultrarelativistic charged particle acceleration by package of electromagnetic waves with Lorentz envelope in space plasma at initial relativistic energies of the particles was done. The dynamics of phase package at carrier frequency on the electron trajectory, particles trajectory, the structure of the phase plane in nonlinear models and others parameters was investigated. The wave packet was space localized. The growth with almost constant rate of relativistic factor and particle momentum perpendicular to the external magnetic field component was shown. Area of favorable package phases at carrier frequency to capture the highly relativistic electrons in the acceleration mode contains one interval. This will significantly simplify the subsequent estimates of the number of accelerated particles and packet damping by transferring its energy to the electrons. Trajectories of captured particle in a perpendicular plane to the external magnetic field are substantially straight lines. The nonlinear equation phase plane structure*

for trapped particles which has a singular point of type stable focus. The results are of interest for the development of modern ideas about possible mechanisms to generate streams of ultrarelativistic particles in space plasma and the correct interpretation of the experimental data on the flow of these particles.

Введение

Анализ механизмов формирования потоков релятивистских и ультрарелятивистских частиц входит в число актуальных задач физики космической плазмы, в частности, это представляет большой интерес для проблемы генерации космических лучей в астрофизике, корректной интерпретации данных наблюдений. Одним их эффективных механизмов генерации потоков ультрарелятивистских частиц является серфотронное ускорение зарядов электромагнитными волнами, которое рассматривалось ранее, например, в работах [1-17]. Напомним, что серфотронное ускорение зарядов обусловлено реализацией в магнитоактивной плазме черенковского резонанса при взаимодействии волна-частица, что возможно в случае волны р-поляризации, причем для амплитуд волны выше некоторого порогового значения циклотронное вращение зарядов подавлено, частица в среднем движется в ускоряющем волновом поле. Подходящей ветвью колебаний являются, например, волны на частотах верхнего гибридного резонанса плазмы. Пусть внешнее магнитное поле $\mathbf{H}_0 = H_0 \mathbf{e}_z$, электромагнитная волна распространяется вдоль оси x с электрическим полем $\mathbf{E} = \mathrm{Re}\,[\mathbf{A} \exp(i\Psi)]$, где $\Psi = \omega t - k x$ фаза волны, **A** – комплексная амплитуда. Удобно ввести параметры: $u = \omega_{He} / \omega$, $v = (\omega_{pe} / \omega)^2$, где $\omega_{He} = eH_0 / m_e c$ – циклотронная частота нерелятивистских электронов плазмы, $\omega_{pe} = (4\pi e^2 n_0 / m_e)^{1/2}$ – электронная ленгмюровская частота, n_0 плотность плазмы.

Для электронных колебаний низкотемпературной плазмы тензор диэлектрической проницаемости определяется формулами:

$\varepsilon_{zz} = 1 - v$, $\varepsilon_\perp \equiv \varepsilon_{xx} = \varepsilon_{yy} = 1 - [\, v / (1 - u^2)]$, $\varepsilon_c = u\, v / (1 - u^2) = - i\, \varepsilon_{xy}$.

В случае поперечного распространения электромагнитной волны р-поляризации с полями E_x , E_y , H_z квадрат показателя преломления равен:

$N^2 = (c\, k / \omega)^2 = \varepsilon_\perp - (\varepsilon_c{}^2 / \varepsilon_\perp) = 1 - [v (1 - v)] /(1 - u^2 - v)$.

Ниже полагается $u < 1$, когда фазовая скорость электромагнитной волны может быть меньше скорости света в вакууме. Диапазон значений v, в котором возможен черенковский резонанс волны с частицами следующий $1 - u^2 < v < 1$. Следует отметить, что волна р-поляризации не является чисто электростатической. Согласно ранее проведенному анализу захват заряженных частиц в режим серфотронного ускорения происходит для амплитуд волны выше следующего порога $\sigma > u\, \gamma_p = u / (1 - \beta_p^2)^{1/2}$, $\beta_p = \omega / c\, k$, где $\sigma = e\, E_0 / m_e\, c\, \omega$ безразмерная амплитуда волны. При анализе серфотронного ускорения исходными являются релятивистские уравнения движения заряженной частицы, резонансно взаимодействующей с электромагнитной волной. С учетом интегралов движения задача сводится к исследованию нелинейного уравнения второго порядка (с зависящими от времени коэффициентами) для фазы волны $\Psi(x, t)$ на траектории ускоряемой заряженной частицы. Дальнейший численный анализ временной динамики ускорения зарядов электромагнитной волной в магнитоактивной плазме проводится на его основе.

Основные уравнения серфотронного ускорения электронов волновым пакетом и результаты расчетов

Используем релятивистские уравнения движения для импульса ускоряемого электрона **p**

(1) $dp_x / dt = - e\, E_x - e\, v_y (H_0 + H_z) / c$, $dp_y / dt = - e\, E_y + e\, v_x (H_0 + H_z) / c$
$dp_z / dt = 0$, $p_z = \mathrm{const}$.

Для анализа уравнений (1) введем безразмерные переменные $\tau = \omega t$, $\xi = k x$, а также безразмерную скорость $\boldsymbol{\beta} = \mathbf{v} / c$. Необходимо отметить, что импульс электрона равен $\mathbf{p} = m c \gamma \boldsymbol{\beta}$, где $\gamma = 1 /(1 - \beta^2)^{1/2}$ - релятивистский фактор частицы. Для лоренцовского спектра волн в пакете основная компонента электрического поля имеет вид

(2) $E_x(x,t) = \{ E_m / [1 + \zeta^2 / L^2] \} \cos (\omega_0 t - k_0 x)$,

где $\zeta = x - v_g(k_0)\, t$, $L = 1 / k_p$ есть полуширина локализованного волнового пакета, движущегося со скоростью $v_g(k_0)$. Другие компоненты полей E_y , H_z находятся по аналогии. Введем

безразмерное время $\tau = \omega t$. Характерное время пересечения захваченным зарядом волнового пакета порядка $\delta t \sim 2L / v_p$ или в безразмерном времени имеем $\delta\tau \sim 2L\, k_0$. За это время центр волнового пакета сместится на расстояние $\delta x \sim 2L\, (v_g / v_p) << 2L$. Расчеты показали, что сильное ускорение захваченных электронов имеет место в случае достаточно больших времен удержания частиц пакетом в ускоряющей фазе поля τ_c т.е. при $\tau_c > (10^4 \div 10^6)$.

Следовательно, условие $2L\, k_0 = 2\, \rho \geq (10^4 \div 10^6)$ обеспечивает ультрарелятивистское ускорение зарядов пространственно локализованным волновым пакетом.

Оценки и расчеты показывают, что можно пренебречь вихревыми компонентами волновых полей E_y , H_z и тогда для фазы пакета на несущей частоте $\Psi(\tau) = (\omega_0 t - k_0 x)$ с учетом (2) получаем нелинейное уравнение

(3) $$\gamma\, \beta_{p0}\, d^2\Psi / d\tau^2 - (1 - \beta_x^2) \cdot (e\, E_x / mc\omega_0) - u_0\, \beta_y = 0,$$

где $E_x(x,t)$ определено в (2), $\beta_{p0} = \omega_0 / c\, k_0$, $\gamma = (1 + h^2 + r^2)^{0.5} / (1 - \beta_x^2)^{0.5}$, $r = \gamma\, \beta_y$ и учтен интеграл движения $J = \gamma\, \beta_y + u_0\, \beta_{p0}\, (\Psi - \tau)$, а выражение для интеграла h следующее $\gamma\, \beta_z = \text{const} \equiv h$. Компонента скорости заряда β_x в (3) задана формулой $\beta_x = \beta_{p0} [\, 1 - (d\Psi / d\tau)\,]$. Уравнение (3) решалось численно, полагали $v_g(k_0) = 0$.

Расчеты показали, что в области волнового пакета, где амплитуда электрического поля выше порогового значения, а скорость заряда в направлении распространения волнового пакета соответствует реализации черенковского резонанса, имеют место захват и последующее сильное ультрарелятивистское ускорение частиц локализованным волновым пакетом. Установлено, что набор энергии частицей возрастает с увеличением характерной полуширины волнового пакета. Согласно численным расчетам при ускорении захваченной частицы ее релятивистский фактор и поперечные к внешнему магнитному полю компоненты импульса возрастают пропорционально времени удержания заряда волновым пакетом в эффективной потенциальной яме.

Поперечные компоненты скорости заряда выходят на асимптотические значения, а продольная (относительно внешнего магнитного поля) скорость стремится к нулю. С течением времени ускоряемые частицы конденсируются на дно эффективной потенциальной ямы, которая является нестационарной.

Результаты численого эксперимента

Приведем результаты расчетов для следующего варианта выбора параметров задачи $h = 50$, $g_y(0) = 10$, $\beta_p = 0.9$, $u = 0.2$, $\sigma = 1.53\, \sigma_c$, $\sigma_c = u\, \gamma_p$, $a = 0$, $\rho = 8 \cdot 10^4$, соответствующего сильно релятивистской начальной энергии электрона. Начальное положение электрона x_0 , определяющее начальную фазу $\Psi_0 = - \rho\, x_0 / L$, было взято на левой стороне волнового пакета и соответствовало превышению полем пакета порогового значения на 2 % т.е. $\Psi_0 = \phi + \delta\Psi_0$, где $\phi = 5.675 \cdot 10^4$, а $\delta\Psi_0$ находится в интервале $- \pi < \delta\Psi_0 < \pi$. При этом захваченный волновым пакетом электрон быстро (с фазовой скоростью) пересекает центральную часть пакета, в которой электрическое поле выше порогового значения, и сильно ускоряется. Приведем результаты расчетов в случае $\delta\Psi_0 = 1$. На рисунке 1 представлен график функции $\Psi(\tau) - \Psi_0$ на интервале времени $\tau < 2 \cdot 10^4$. Захваченный электрон колеблется в эффективной потенциальной яме, период этих колебаний по мере его ускорения возрастает, амплитуда данных осцилляций медленно убывает.

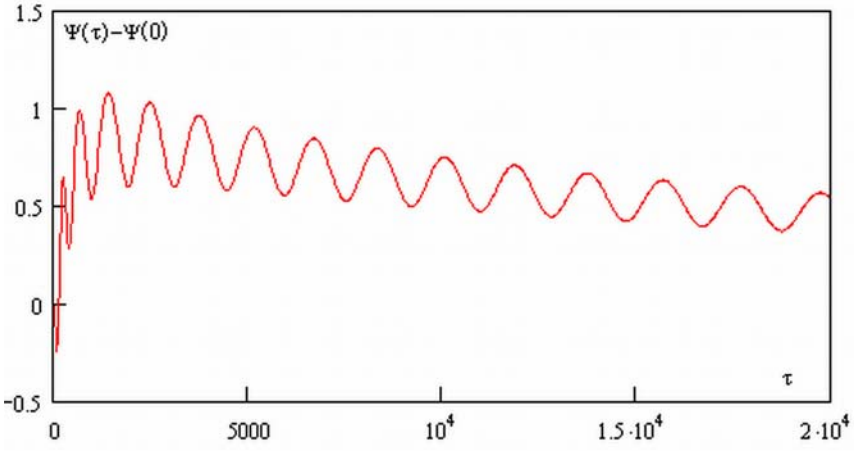


Рис. 1. Динамика фазы волнового пакета для несущей частоты на траектории захваченного электрона

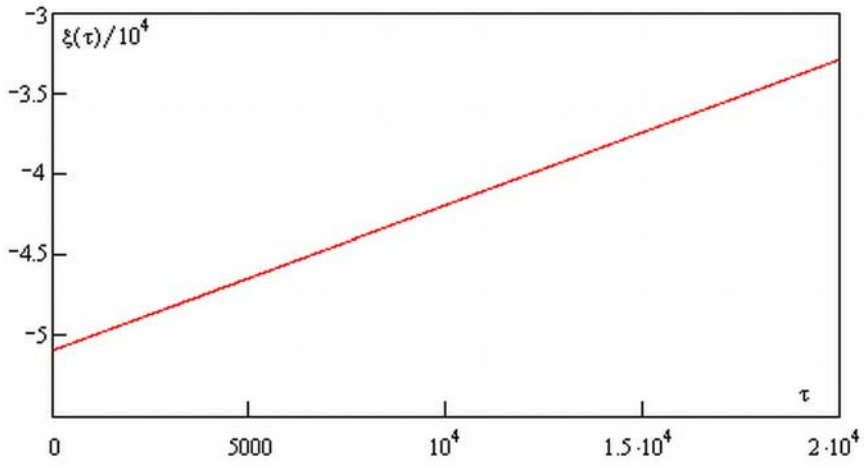


Рис. 2. Смещение захваченного электрона в направлении распространения волнового пакета. График практически является прямой линией, что соответствует скорости частицы $\beta_x \approx \beta_{p0}$

Характерное время ускорения $\delta\tau \sim 10^5$, что дает рост релятивистского фактора γ до величины порядка $4 \cdot 10^4$ т.е. энергия ускоренного электрона будет порядка 20 ГэВ, в то время как начальное ее значение было 59.8 МэВ т.е. $\gamma(0) = 117.05$. Затем электрон становится незахваченным и совершает циклотронное вращение. Приведем график релятивистского фактора захваченного электрона и его аналитической аппроксимации $M(\tau)$, соответствующей постоянному темпу ускорения (рис.3). Как видим, согласие $\gamma(\tau)$ с $M(\tau)$ вполне хорошее.

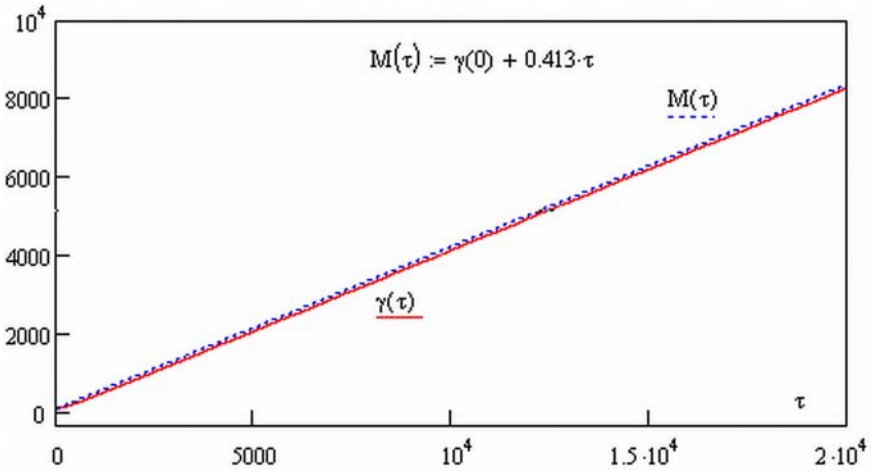


Рис. 3. График релятивистского фактора $\gamma(\tau)$ и его аналитической аппроксимации $M(\tau)$ для захваченного пакетом электрона с $\gamma(0) = 117.05$

На рис.4 представлены графики поперечных к внешнему магнитному полю компонент импульса захваченного электрона $g_y = \gamma \beta_y$, $g_x = \gamma \beta_x$. Практически это прямые линии, что соответствует условиям $\beta_x \approx \beta_{p0}$, $\beta_y \approx 1 / \gamma_{p0}$ для асимптотик компонент скорости захваченного волновым пакетом электрона. На рис.5 показана траектория изображающей точки на плоскости поперечных компонент скорости β_x , β_y захваченного пакетом волн электрона для интервала времени $\tau < 2 \cdot 10^4$.

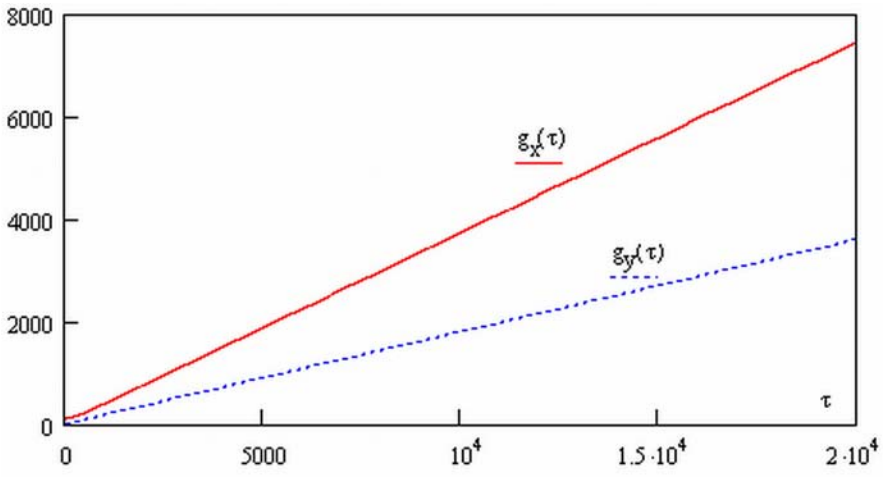


Рис. 4. Динамика поперечных к магнитному полю компонент импульса захваченного электрона g_x , g_y . Темпы роста g_x , g_y практически постоянные

Согласно графику на рис.5 поперечные компоненты скорости захваченного электрона довольно быстро выходят на постоянные асимптотические значения $\beta_x \approx \beta_{p0}$, $\beta_y \approx 1 / \gamma_{p0}$, причем вариации скорости частицы вдоль направления распространения волны весьма малы. Отметим также, что эти вариации ($\beta_x - \beta_{p0}$) знакопеременные.

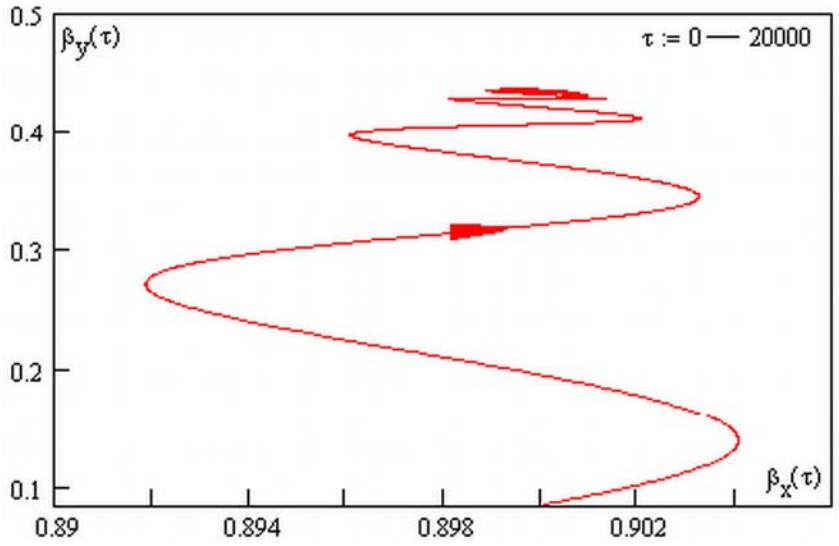


Рис. 5. Динамика траектории изображающей точки на плоскости поперечных компонент скорости β_x , β_y захваченного пакетом электрона. Отметим весьма малую амплитуду осцилляций β_x

График продольной компоненты скорости захваченного волновым пакетом электрона β_z показан на рис.6. Поскольку продольная компонента импульса частицы является интегралом движения $\gamma\ \beta_z = h$, то по мере ускорения электрона волновым пакетом величина скорости β_z убывает обратно пропорционально релятивистскому фактору γ т.е обратно пропорционально времени. После пересечения центральной части волнового пакета электрон становится незахваченным и компонента скорости β_z практически не меняется.

Необходимо отметить, что для незахваченного волновым пакетом электрона возможен режим динамики фазы волнового пакета для несущей частоты на траектории частицы, в котором эта фаза может вначале возрастать практически монотонно, но позднее она убывает также почти монотонно т,е, в этом режиме взаимодействия волна-частица ускорение отсутствует, а скорость частицы вначале скажем больше фазовой скорости волнового пакета на несущей частоте β_p , через некоторое время она становится меньше величины β_p и позднее этот процесс повторяется.

Таким образом динамика взаимодействия волновой пакет-частица может быть весьма изменчивой с кратковременным прохождением через черенковский резонанс. Из графика

компоненты скорости частицы β_x следует, что при этом происходит фактически циклотронное вращение. Для частицы, захватываемой волновым пакетом сразу, структура фазовой плоскости ($\Phi(\tau)$, $\Psi(\tau)$), где $\Phi(\tau) = d\Psi(\tau) / d\tau$, показана на рис.7. Как видим, имеется особая точка траекторий типа устойчивый фокус.

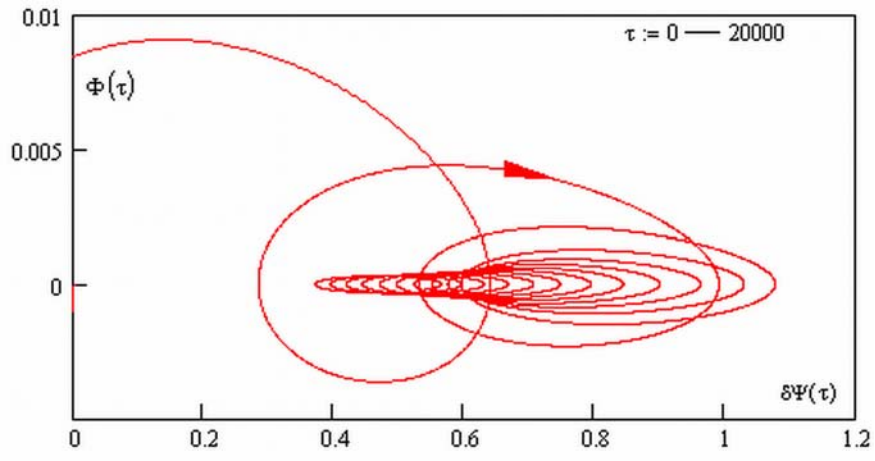


Рис. 7. Траектория движения изображающей точки на фазовой плоскости для захваченного пакетом электрона

Выводы

Были проведены численные расчеты захвата и ультрарелятивистского серфотронного ускорения электронов электромагнитной волной с плавной огибающей амплитуды. Начальная энергия частиц была сильно релятивистской. Показано, что в центральной области волнового пакета, при амплитуде электрического поля выше порогового значения и реализуется черенковский резонанс, для благоприятных значений начальной фазы происходят захват и последующее ультрарелятивистское ускорение частиц локализованным волновым пакетом. Для сильно релятивистских начальных энергий размер области начальных фаз, благоприятных для реализации серфотронного ускорения, меньше, но порядка размера области неблагоприятных для серфинга начальных фаз, что важно для оценок влияния ускорения захваченных частиц на затухание волнового пакета. Из расчетов следует, что максимальная энергия ускоренных частиц возрастает пропорционально характерной полуширине волнового пакета. При ускорении в гелиосфере энергии частиц могут достигать значений порядка сотен ГэВ – ТэВ. Для больших значений фазовой скорости на несущей частоте волнового пакета основное ускорение происходит в направлении распространения пакета. Для малых значений фазовой скорости на несущей частоте волнового пакета основное ускорение происходит вдоль волнового фронта. При ультрарелятивистском ускорении захваченные частицы с течением времени конденсируются на дно эффективной потенциальной ямы.

Важно отметить, что серфотронное ускорение может реализоваться в космической плазме и приводит к вариациям потока космических лучей, зависящим от космической погоды.

Список литературы:

1. K a t s o u l e a s, N., J. M. D a w s o n. Unlimited electron acceleration in laser-driven plasma wave. Physical Review Letters, 1983, v. 51, № 5, pp. 392-395.
2. J o s h i, C. The surfatron laser-plasma accelerators. Prospects and limitations. Radiation in plasmas, 1984, v.1, № 4, pp. 514-527.
3. Г р и б о в, Б. Э., Р. З. С а г д е е в, В. Д. Ш а п и р о, В. И. Ш е в ч е н к о. О затухании плазменных волн и ускорении резонансных электронов в поперечном магнитном поле. Письма в ЖЭТФ, 1985, т.42, вып.2, с. 54-58.
4. Б у л а н о в, С. В., А. С. С а х а р о в. Ускорение частиц, захваченных сильной потенциальной волной с искривленным фронтом в магнитном поле. Письма в ЖЭТФ, 1986, т. 44, вып. 9, с. 421-423.
5. С и т н о в, М. И. Максимальная энергия частиц в серфатроне в режиме ″неограниченного ускорения″. Письма в ЖТФ, 1988, т. 14, вып. 1, с. 89-92.
6. Е р о х и н, Н. С., А. А. Л а з а р е в, С. С. М о и с е е в, Р. З. С а г д е е в. Увлечение и ускорение заряженных частиц замедленной волной в неоднородной плазме. ДАН СССР, 1987, т. 295, № 4, с. 849-852.
7. Е р о х и н, Н. С., С. С. М о и с е е в, Р. З. С а г д е е в. Релятивистский серфинг в неоднородной плазме и генерация космических лучей. - Письма в Астрономический журнал, 1989, т.15, № 1, с.3-10.

8. Е р о х и н, Н. С., Н. Н. З о л ь н и к о в а, А. Г. Х а ч а т р я н. Ускорение зарядов поперек магнитного поля при взаимодействии сильной плазменной волны с многокомпонентными потоками релятивистских частиц. - Физика плазмы, 1990, т. 16, вып. 8, с. 945-947.
9. К и ч и г и н, Г. Н. Особенности ускорения электронов в серфотроне. – ЖЭТФ, 1995, т.108, вып.10, с. 1342-1354.
10. К и ч и г и н, Г.Н. Серфотронный механизм ускорения космических лучей в галактической плазме. – ЖЭТФ, 2001, т. 119, вып. 6, с. 1038-1049.
11. Л о з н и к о в, В. М., Н. С. Е р о х и н. Переменный источник избытка космических электронов в гелиосфере. Вопросы атомной науки и техники, сер. Плазменная электроника, № 4 (68), с. 121-124, 2010.
12. Е р о х и н, Н. С., Н. Н. З о л ь н и к о в а, Е. А. К у з н е ц о в, Л. А. М и х а й л о в с к а я. Динамика релятивистского ускорения заряженных частиц в космической плазме при серфинге на пакете электромагнитных волн. Вопросы атомной науки и техники, сер. Плазменная электроника, № 4(68), с. 116-120, 2010.
13. Е р о х и н, Н. С., Н. Н. З о л ь н и к о в а, Л. А. М и х а й л о в с к а я. Особенности захвата и серфотронного ускорения ультрарелятивистских частиц в космической плазме в присутствии попутной волны. Вопросы атомной науки и техники, 2008, № 4, с. 114-118.
14. C h e r n i k o v, A. A., G. S c h m i d t, A. I. N e i s h t a d t. Unlimited Particle Acceleration by Waves in a Magnetic Field. Physical Review Letters, 1992, v. 68, № 10, pp. 1507-1510.
15. Н е й ш т а д т, А. И., А. В. А р т е м ь е в, Л. М. З е л е н ы й, Д. Л. В а й н ш т е й н. Письма в ЖЭТФ. 2009. Т.89.Вып. 9. С. 528.
16. Л о з н и к о в, В. М., Е р о х и н Н.С., З о л ь н и к о в а Н. Н., М и х а й л о в с к а я Л. А. Физика плазмы. 2013. Т.39. № 10. С. 927.
17. З а с л а в с к и й, Г. М., Н е й ш т а д т А. И., П е т р о в и ч е в Б. А., С а г д е е в Р. З. Физика плазмы. 1989. Т.15. № 5. С.631.

STUDY OF SUBSTORMS OCCURRENCES AT HIGH LATITUDES DEPENDING ON THE SOLAR WIND CONDITIONS

Irina Despirak[1], Andris Lubchich[1], Natalya Kleimenova[2]

[1]Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia
[2]Institute of Physics of the Earth RAS, Moscow, Russia
e-mail: despirak@gmail.com

Keywords: *Substorms, westward electrojet; solar wind*

Abstract: *All substorm disturbances observed in polar latitudes can be divided into two types: "substorms on contracted oval", which are observed at geomagnetic latitudes higher than 70° in the absence of substorms below 70° and "expanded substorms", which travel from auroral (<70°) to polar (>70°) geomagnetic latitudes. The aim of this study is to compare the conditions in the interplanetary magnetic field (IMF) and solar wind, under which these two types of substorms are observed on the basis of data from meridional chain of magnetometers IMAGE and OMNI database for 1995, 2000, and 2006–2011. It is shown that the main difference between the two types of substorms is related to the solar wind velocity. The "substorms on contracted oval" are observed at low velocity (v < 500 km/s) and "expanded substorms" - at higher values of velocity (v > 500 km/s). In addition,"expanded substorms" are observed during high temperature and pressure conditions in the solar wind (avg P~ > 2 nPa; avg T~ > 2*10^{5}K). "Substorms on contracted oval" are observed mainly during positive values of IMF B_Y. It is shown also that "expanded substorms" are observed during high speed recurrent stream (HSS) in the solar wind. "Substorms on contracted oval", in contrast, are observed at the end of HSS or after HSS, during the late recovery phase of a magnetic storm.*

Introduction

Magnetospheric substorms have long been the focus of solar-terrestrial physics, however, till now the responsible physical process represent an outstanding unsolved problem. The temporal and spatial evolution of magnetospheric substorms remains an important and enduring problem in space plasma physics. It is well known that during the expansion phase of a substorm in the midnight sector, the westward electrojet and auroras can expand rapidly poleward sometimes reaching latitudes well above the typical location of the night side auroral oval (e.g., [1], [2], [3], [4]). Many studies have provided details of the spatial and temporal behavior of substorms and auroras at extremely high latitudes of an expanded oval ([5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]). It is noted that "extremely high-latitudes" were called geomagnetic latitudes above 75º up to the geomagnetic pole ([7]). Often substorms which propagate to very high-latitudes, were considered as a separate type of substorms and were called "high-latitude substorms" ([4], [7], [11]) or "substorms with large poleward expansion" ([12]). Sometimes rapid poleward expansion was considered as different substorm phenomenon – "poleward leap" ([13], [14]). Some authors showed that "high-latitude substorms" occur more frequently under high solar wind values and during the solar cycle minimum, when the high speed recurrent streams from coronal magnetic holes prevail ([4], [7], [15], [16], [17]). During the solar cycle maximum when the magnetic clouds become the most typical solar wind disturbances, the so called "high-latitude substorms" are observed rarely and the substorms do not reach the polar latitudes ([15]).

It is known that during "quiet" periods the oval contracts poleward ([18]) and the IMF has in general a northward component. It was found (e.g., [19], [20]) that during such quiet periods, the magnetic disturbances are concentrated in a narrow latitudinal region near the pole, and substorms and auroras can occur along the contracted oval, beyond standard auroral zone. Thus, latitudes above the equatorward boundary of the "contracted" oval, i.e. the geomagnetic latitudes above 70º were called "high" latitudes ([20]).

The search for differences between substorms observed on the "normal", "compressed" and "extended" oval long attracted the attention of researchers ([21], [22], [23]). Often substorms were divided into different types - "confined" and "widerspead" ([20]), "localized" and "normal" substorms ([24]), "contracted oval" and "normal" substorms ([24]), "small" and "normal-size" substorms ([25]). In all these papers, comparisons were made between different substorm types and "normal" substorms. But in our work different types of substorms observed at high latitudes will be compared with each others. As follows from the dynamics of the auroral oval, at latitudes above 70º two types of substorms

can be observed - substorms in conditions of “contracted” oval and substorms in conditions of “expanded” oval.

We call “substorm on contracted oval” the magnetic disturbance which starts at the geomagnetic latitudes above ~70º and then slowly propagates poleward, up to the maximal latitudes of observation (75.25º CGMLat - for the meridional chain of IMAGE magnetometers). It should be noted that there are no disturbances at geomagnetic latitudes below ~70º. It should be noted that in some papers the “substorms on contracted oval” are called differently -“confined” substorms ([20]); “small” substorms ([25]), “polar” substorms ([26]). It is shown that “substorms on contracted oval” do not differ from “usual” substorms in their characteristics, both in the vicinity of the auroral breakup substorm feature and in terms of total electrojet current ([22], [23], [24]). The “substorms on contracted oval” have plasma sheet signatures similar but less intense than the “usually” substorms and their activity is usually confined to some local time sector ([22], [20], [25]). It has been shown that “substorms on contracted oval” usually occur during northward IMF B_Z. Furthermore, in [25] is shown also that “substorms on contracted oval” were frequently observed during azimuthal IMF direction. By analogy with the name of the auroral oval position in disturbed conditions (“expanded” oval) we will call ”expanded substorms” the substorms which start in auroral zone and than propagate to very high latitudes. And in the maximum phase of the ”expanded substorms”, the westward electrojet (namely, the “center" of the westward electrojet) can be observed at very high geomagnetic latitudes (above 75º) ([11]).

Since these two types of substorms at high latitudes – “substorms on contracted oval” and ”expanded substorms”- occur at different geomagnetic disturbance, we can assume that they are associated with different conditions in the solar wind and IMF. In our study we compare the solar wind conditions observed for “substorms on contracted oval” and ”expanded substorms”. For this purpose the IMAGE magnetometers data have been compared with the interplanetary medium parameters from OMNI database.

Data

We used the magnetic data of the IMAGE meridional chain Nurmijarvi - Ny Alesund, from 56.9º to 75.25 º of geomagnetic latitudes. To construct the latitudinal profile of the westward electrojet, we used the MIRACLE model of the corresponding electrojet currents development (http://www.space.fmi.fi/MIRACLE/). The solar wind and Interplanetary Magnetic Field parameters measured by Wind spacecraft were taken from OMNI database.

Fig.1 demonstrates the example of the westward electrojet currents extension as it was observed by the IMAGE magnetometer network during a substorm on 29 July 2000. Fig.1 was derived from the one dimensional (1D) equivalent ionospheric currents calculated with the MIRACLE model (http://www.space.fmi.fi/MIRACLE/). The figure shows the poleward motion of the location of both the polar edge and the “center” of the westward electrojet. The "center" of the westward electrojet corresponds to the location of the most intense equivalent ionospheric currents ([3]). It should be noted that the concept of the electrojet "center" is often used as the indication of the latitudinal location of the electrojet, because during the substorm expansion phase, the westward electrojet occupies a large area and can be inhomogeneous ([27]). In our study we used the “center” of the westward electrojet location as the definition of an “expanded substorms” position.

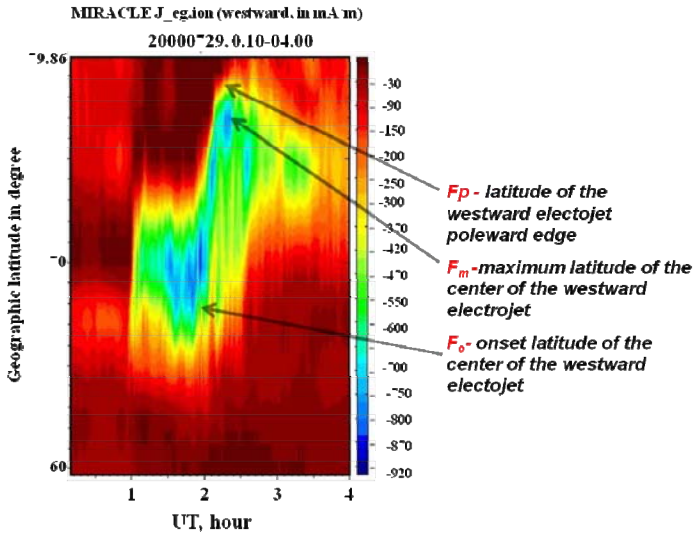


Fig. 1. Example of the westward electrojet development during a substorm on 29 July 2000. The position of the polar edge and the “center” of the westward electrojet during the substorm are shown

Results

Fig. 2 shows the histograms of the solar wind and IMF parameters (B_X, B_Y, B_Z, V_X, E_Y, T, N, P) observed before the onset of the “substorms on contracted oval” and the ”expanded substorms”. All considered parameters were averaged for the 1.5 hour interval preceding the moment of the substorm maximal development. Such interval was chosen to take into account the fact that the energy can be input not only during the growth phase of a substorm (~1 h) but during the expansion phase as well (at $B_Z < 0$). Histograms of the B_X, B_Y, B_Z components of IMF, the V_X component of the solar wind velocity, the E_Y component of the interplanetary electric field, the temperature (T), density (N) and dynamic pressure (P) of the solar wind are shown. The “substorms on contracted oval” events are marked by diamonds, and the ”expanded substorms”- by triangles. It can be seen that the main factor on which the difference between these two types of substorms is clearly expressed is the solar wind velocity. The “substorms on contracted oval” are observed at low velocity (generally ~ 300-400 km/s) and the ”expanded substorms”- at higher values of the solar wind velocity (larger than 500 km/s). It is seen also that “substorms on contracted oval” are observed mainly under positive values of B_Y component of IMF, while ”expanded” ones – under negative values of B_Y component. It should be noted that there were no differences in the distributions of B_Z and B_X component of the magnetic field and solar wind density before observations of both types of substorms. In addition, the ”expanded substorms” are observed under higher values of the temperature and pressure of the solar wind than the “substorms on contracted oval” (averaged T for “expanded substorms” ~$2.8*10^5$ K; averaged T for “substorms on contracted oval” ~ $0.7 *10^5$ K; averaged dynamic P for “expanded substorms” ~ 2.84 nPa; averaged dynamic P for “substorms on contracted oval”~ 1.39 nPa)

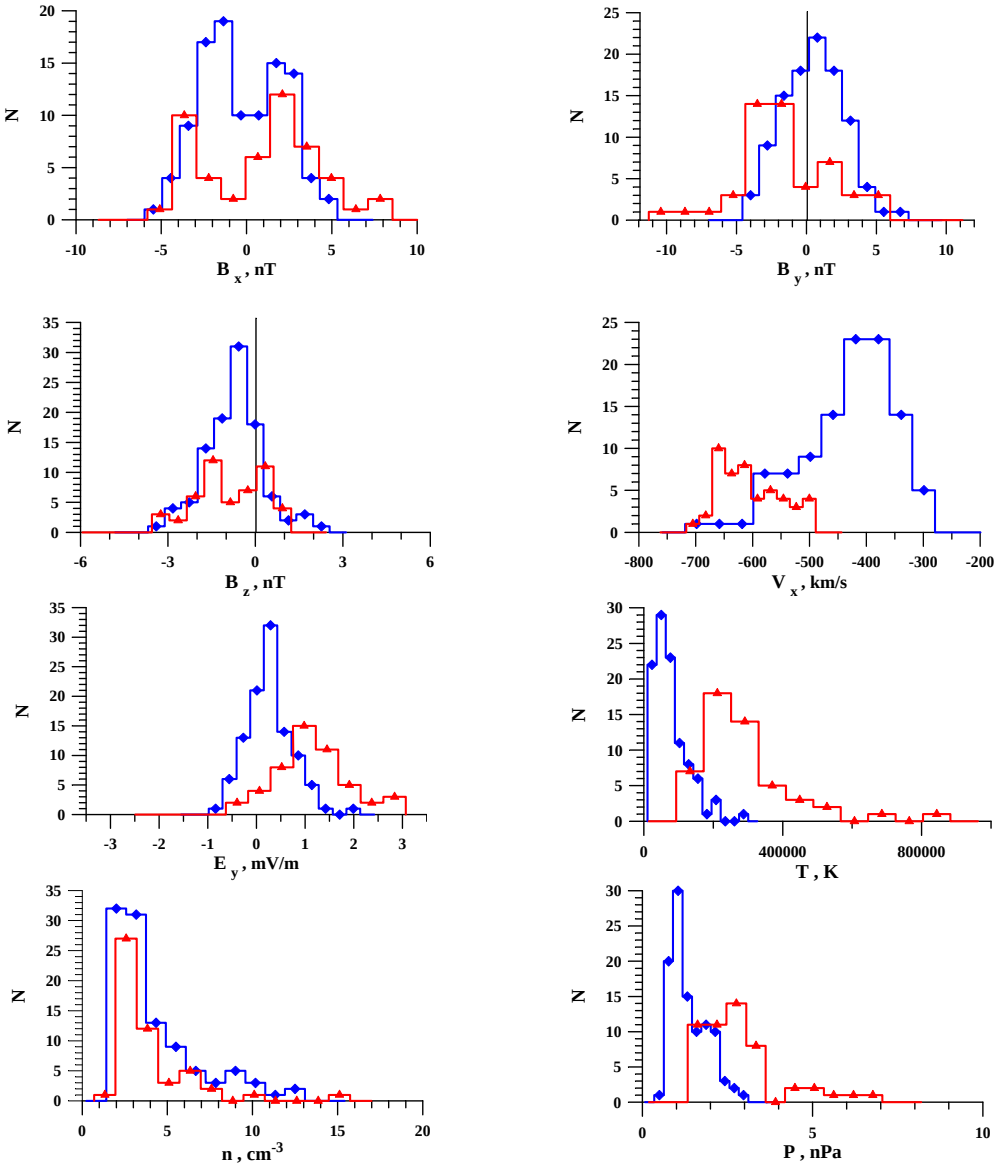


Fig. 2. Histograms of the solar wind and IMF parameters (B_X, B_Y, B_Z, V_X, E_Y, T, N, P) averaged over one and a half hours before the maximal phase of the polar (diamonds) and high-latitude (triangles) substorms

We calculated also the standard deviations of all considered parameters of the solar wind and IMF before the onset of these 2 types of substorms. It is shown that the disturbances (standard deviations) of all considered parameters of the solar wind and IMF are higher before observations of ”expanded substorms” than of “substorms on contracted oval”.

4. Discussion

We have carried out a comparative analysis of the conditions for occurrence of substorms at high geomagnetic latitudes, namely for occurrence of substorm westward electrojet. Both types of substorms - “substorms on contracted oval” and ”expanded substorms”- were compared with the interplanetary conditions, i.e., the presence/absence of high-speed solar wind streams, the presence of a geomagnetic storm, etc. It is shown that the “expanded substorms” were observed under increased temperature and pressure of the solar wind (avg P > 2 nPa; avg T > $2*10^5$K). In addition, “substorms on contracted oval” are observed mainly under positive values of B_Y component of IMF, while “expanded substorms” – under negative values of B_Y component. The last result conforms with the result obtained in paper [27] that “small substorms” were frequently observed during azimuthal IMF direction with dominating IMF B_Y and small fluctuating IMF B_Z. It should be noted that other researchers of “substorms on contracted oval” did not consider the dependence on B_Y component of IMF. In our work it has been shown that a key differentiating parameter on which these two types of substroms are clearly expressed is the solar wind velocity. “Substorms on contracted oval” are observed at a low solar wind velocity (V< 500 km/s), and ”expanded substorms” are observed at a high solar wind velocity (V> 500 km/s). It is being noted that the effect of solar wind velocity on the occurrence of substorms at high latitudes was noted long ago ([4], [6], [7], [11]). However none of the researchers has provided a physical interpretation of this phenomenon. Although different suggestions about the reason of the geo-efficiency of the solar wind speed were considered in earlier works. For example, the suggestion about an increase in the solar wind pressure depending on the velocity was studied in [28]. The authors have shown that a high dynamic pressure is usually observed under high density of the solar wind, which is characteristic for low velocities, despite a square dependence on the velocity. They also have shown that the solar wind pressure (thermal and magnetic and their sum) does not increase with an increase in the solar wind velocity, which leads us to refuse this suggestion.

The suggestion that the solar wind velocity affects the occurrence of high latitude substorms via the magnitude of the solar wind electric field was also verified ([10], [11]). It turned out that, though $E_Y \sim B_Z V_X$, i.e., the electric field is directly proportional to the velocity, the IMF B_Z component mainly contributes to the dependence of substorm latitude on the solar wind electric field.

One possible reason may be the dependence of plasma sheet temperature on solar wind velocity. In work [29] it was shown that with the increasing of the speed the region of hot particles (with energy 5-10 keV) in the plasma sheet expands (up to 50 R_E). From this it follows that the precipitation of energetic electrons from the heated plasma sheet will create a region of increased conductivity at higher latitudes in the ionosphere. As the westward electrojet is Cowling current, which flows in the region of high conductivity, the position of the maximum intensity (“center” of electrojet) is determined by the position of the increased conductivity region. However this interpretation is also not enough. The heating of the plasma sheet can occur not only due to the growth of the solar wind speed, but on the contrary, because during these solar wind conditions substorms propagate to high latitudes.

Thus, the question about the reasons of geo-efficiency of the solar wind speed is an open question.

Conclusions

- “Substorms on contracted oval”, i.e. substorms recorded at latitudes > 70º, are observed after the passage of a high-speed recurrent stream of the solar wind (when the velocity is reduced from high to low values), during the late recovery phase of a geomagnetic storm. ”Expanded substorms”, on the contrary, are observed during the passage of a recurrent high-speed stream of the solar wind.

- The main factor on which the difference between these two types of substorms is clearly expressed is the solar wind velocity. The “substorms on contracted oval” are observed at low velocity (V< 500 km/s) and the “expanded substorms” – at higher values of the solar wind velocity (V> 500 km/s).

- “Expanded substorms” are observed under increased temperature and pressure of the solar wind (P~ > 2 nPa; T~ > $2*10^5$K). In addition, “substorms on contracted oval” are observed mainly under positive values of B_Y component of IMF, while “expanded substorms” – under negative values of B_Y component.

- The variability of solar wind parameters for the "expanded substorms" is stronger than for the "substorms on contracted oval".

Acknowledgements

This study was supported by the Program No 9 of the Presidium of the Russian Academy of Sciences (RAS). The work is based on a collaborative effort of the PGI RAS and IKIT-BAS in the frame of the Russian-Bulgarian Project 1.2.10 "Influence" under the Fundamental Space Research Program between RAS and BAS. N.G. Kleimenova was partly supported by the grant No.13-05-00233 of the Russian Foundation for Basic Research.

References:

1. Akasofu, S.-I. The development of the auroral substorm. Planet. Space Sci. 12, 273–282, 1964.
2. Troshichev, O.A., Kuznetsov B.M., Pudovkin, M.I. The current systems of the magnetic substorm growth and explosive phase. Planet. Space Sci. 22, 1403–1412,1974..
3. Kisabeth, J.L., Rostoker G. The expansive phase of magnetospheric substorms. Development of the auroral electrojets and auroral arcs configuration during substorm. J. Geophys. Res. 79, 972–984, 1974.
4. Sergeev, V.A., Yakhnin A.G., Dmitrieva N.P. Substorms in the polar cap – the effect of high-velocity streams of the solar wind, Geomagnetism and Aeronomy (in Russian), 19, 1121–1122, 1979.
5. Loomer E.I., Gupta J.C. Some characteristics of highlatitude substorms. J. Atmos.Solar-Terr. Phys. 42, 645–652, 1980.
6. Gussenhoven, M.S. Extremely high latitude auroras. J. Geophys. Res. 87, 2401-2412, 1982.
7. Dmitrieva, N.P., Sergeev V.A. Occurrence of an auroral electrojet at polar cap latitudes: Characteristics of the phenomenon and possibilities of its use for diagnostics of large scale high speed solar wind streams. Magnitos. Issled. no. 3, 58–66, 1984.
8. Nielsen, E., Bamber J., Chen Z.-S., Brekke A., Egeland A., Murphree J.S., Venkatesan D., Axford W.I. Substorm expansion into polar cap. Ann. Geophys. 6, 559-572, 1988.
9. Weatherwax, A.T., Rosenberg T.J., Maclennan C.G., Doolittle J.H. Substorm precipitation in the polar cap and associated *Pc*5 modulation. Geophys. Res. Lett. 24, 579-582, 1997.
10. Yahnin, A.G., Despirak I.V., Lubchich A.A., Kozelov B.V. Solar wind control of the auroral bulge expansion. Proc. 7th Int. Conf. on Substorms, March 21–27. 2004. Levi, Finland, 31–33, 2004.
11. Despirak, I.V., Lyubchich A.A., Biernat H.K., Yakhnin A.G. Poleward expansion of the westward electrojet depending on the solar wind and IMF parameters. Geomag. Aeron. 48, 284–292, 2008.
12. Kuznetsov, S., Lazutin L.L., Rosenberg T., Borovkov L., Gotselyuk Yu., Weatherwax A. Energetic electron and ion dynamics and polar aurora during magnetospheric substorm of March 10, 1994. Proc. 5th Int.Conf. on Substorms, May 16–20, 2000, St. Petersburg, Russia, 511–514, 2001.
13. Hones, E .W., Jr. The poleward leap of the auroral electrojet as seen in auroral images. J. Geophys. Res. 90, 5333-5337, 1985.
14. Pytte, T., McPherron R. L., Kivelson M.S., West H. I., Jr., Hones E.W., Jr. Multiple-satellite studies of magnetosphersic substorms: Plasma sheet recovery and the poleward leap of auroral zone activity, J. Geophys. Res., 83, 5256-5268, 1978.
15. Despirak, I.V., Lubchich A.A., Yahnin A.G., Kozelov B.V., Biernat H.K. Development of substorm bulges during different solar wind structures. Ann. Geophys. 27, 1951-1960, 2009.
16. Despirak, I.V., Lubchich A.A., Guineva V. Development of substorm bulges during storms of different interplanetary origins. J. Atmos.Solar-Terr. Phys. 73, 1460–1464, 2011.
17. Despirak, I.V., Lyubchich A.A., Koleva R.T. Magnetospheric signatures of auroral disturbances during the passage of the solar wind's CIR and Sheath regions. Cosmic Research, 52, 37–45, 2014.
18. Feldstein, Y.L., Starkov G.V. Dynamics of auroral belt and geomagnetic disturbances. Planet. Space Sci. 15, 209–229, 1967.
19. Akasofu, S.I., Wilson C.R., Snyder A.L., Perreault, P.D. Results from a meridian chain of observations in the Alaskan sector, 1. Planet. Space Sci. 19, 477–482,1971 .
20. Lui, A.T.Y., Anger C.D., Akasofu S.I. The equatorward boundary of the diffuse aurora and auroral substorms as seen by the Isis 2 auroral scanning photometer. J. Geophys.Res. 80, 3603–3614, 1975.
21. Nishida, A. Interplanetary origin of electric fields in the magnetosphere, Cosmic Electrodyn. 2, 350, 1971.

22. M c P h e r r o n, R.L., C.T. R u s s e l l, M.G. K i v e l s o n, P.J. C o l e m a n Jr. Substorms in space: The correlation between ground and satellite observations of the magnetic field. Radio Science, 8, 1059-1076, 1973.
23. K a m i d e, Y., P e r r e a u l t P.D., A k a s o f u S.-I., W i n n i n g h a m J.D. Dependence of substorm occurrence probability, on the interplanetary magnetic field and on the size of the auroral oval, J. Geophys. Res. 82, 5521-5528, 1977.
24. K a m i d e, Y., A k a s o f u S.-I. Latitudinal cross section of the auroral electrojet and its relation to the interplanetary magnetic field polarity. J. Geophys. Res. 79, 3755-3771, 1974.
25. P e t r u k o v i c h, A.A., B a u m j o h a n n W., N a k a m u r a R., M u k a i T., T r o s h i c h e v O.A. 2000. Small substorms: Solar wind input and magnetotail dynamics. J.Geophys. Res. 105, 21109-21118, 2000.
26. K l e i m e n o v a, N.G., A n t o n o v a E.E., K o z y r e v a O.V., M a l y s h e v a L.M., K o r n i l o v a T.A., K o r n i l o v I.A. Wave structure of magnetic substorms at high latitudes. Geomagnetism and Aeronomy (Engl. Transl.), 52, 746–754, 2012.
27. P u d o v k i n, M.I. Solar wind. Soros Educational Journal 12, 87-94, 1996.
28. L y u b c h i c h, A.A., D e s p i r a k I.V., Y a k h n i n A.G. Correlation between the solar wind pressure and velocity at a minimum of the 11-year cycle. Geomagnetism and Aeronomy 44, no. 2, 143-148, 2004.
29. T s y g a n e n k o, N.A., M u k a i T. Tail plasma sheet models derived from Geotail particle data. J. Geophys. Res. 108, 1136-1147, 2003.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ГЕОЛОЖКИ СТРУКТУРИ НА ТЕРИТОРИЯТА НА БЪЛГАРИЯ ЧРЕЗ СЪВРЕМЕННИ ГЕОЕЛЕКТРОМАГНИТНИ МЕТОДИ

Божидар Сребров

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките
e-mail: srebrov@geophys.bas.bg

Ключови думи: *геоелектрични структури, магнатовариационно сондиране, магнитотелурично проучване*

Резюме*: В работата са разгледани основите на магнитовариационното и магнито-телуричното сондиране. Тези два геоелектромагнитни метода за геопроучване са приложени за първи път на територията на България чрез използване на цифрови данни. Магнитовариационно изследване е проведено в района на геомагнитна обсерватория Панагюрище, а магнитотелуричното е в Бургаския хидротермален басейн.*

EXPLORATION OF GEOLOGICAL STRUCTURES ON THE TERRITORY OF BULGARIA BY MODERN GEO-ELECTROMAGNETIC METHODS

Bozhidar Srebrov

National Institute for Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: srebrov@geophys.bas.bg

Keywords: *geo-electrical structures, Deep geomagnetic sounding, Magnetotelluric explorations*

Abstract: *In the paper are observed the fundaments of the Deep Geomagnetic Sounding (DGS) and the Magnetotelluric (MT) exploration. These two geo-electromagnetic exploration methods are applied on the territory of Bulgaria, for first time by using of numerical data. The DGS investigation was carried out for the region of PAG geomagnetic observatory and MT exploration is on territory of Burgas hydrothermal basin.*

Въведение

Съвременните методи за проучване на литосферата и Горната мантия на Земята, които използват геоелектромагнитното взаимодействие се развиха значително в последно време. Тези от тях, които се основават на естествено генерирани полета, са т.н. индукционни методи. Към тази група спадат магнитовариационния (МВ) и магнитотелуричния (МТ) методи на геопроучване. Настоящата работа отразява първите такива изследвания на територията на България, които бяха осъществени с използването на цифрови данни. През 80-те години на миналия век руски специалисти са провели МВ-изследвания в ограничен брой точки в страната, но с аналогова апаратура.

1. Теоретични основи на геоелектромагнитните методи на проучване

Теоретичната основа на индукционните методи е теорията на електромагнетизма. Тук ще разгледаме основните задачи на геоелектромагнитното проучване на базата на уравненията на Максуел:

$$\begin{cases} \mathrm{rot}\vec{H} = \vec{j} + \dfrac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \\ \mathrm{rot}\vec{E} = -\dfrac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \\ \mathrm{div}\vec{B} = 0, \\ \mathrm{div}\vec{D} = q. \end{cases}$$

тук $\vec{E}$ и $\vec{H}$ са напрегнатостите на електричното и магнитното поле, $\vec{D}$ и $\vec{B}$ са векторите на електричната и магнитната индукция, $\vec{j}$ е вектора на плътността на тока и **q** е плътността на електрическите заряди.
Уравненията на Максуел се допълват с уравненията на връзките

$$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E} \quad \vec{D} = \varepsilon \cdot \vec{E} \quad \vec{B} = \mu \cdot \vec{H}$$

тук σ , ε и μ са съответно електропроводимостта, диелектричната и магнитната проницаемост на средата.

Съществуват три типа прави и обратни задачи в зависимост от изменението на полето във времето. В областите в пространството, където електрическите заряди не съществуват или се разсейват бързо, като отчетем уравненията на връзките може да запишем уравненията на Максуел за еднородна среда така:

$$\begin{cases} \mathrm{rot}\vec{H} = \sigma\vec{E} + \varepsilon\dfrac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \\ \mathrm{rot}\vec{E} = -\mu\dfrac{\partial \vec{H}}{\partial t}, \\ \mathrm{div}\vec{H} = 0, \\ \mathrm{div}\vec{E} = 0. \end{cases}$$

След съответни преобразования от уравненията на Максуел могат да се получат така наречените телеграфни уравнения:

$$\Delta\vec{H} = \sigma\mu\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} + \varepsilon\mu\frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2}.$$

$$\Delta\vec{E} = \sigma\mu\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \varepsilon\mu\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}.$$

Ако полето не се изменя във времето и при това в средата текат токове на проводимост телеграфните уравнения се преобразуват в уравненията на Лаплас:

$$\Delta\vec{H} = 0 \quad \Delta\vec{E} = 0,$$

а в уравненията на Максуел изчезват производните по времето. При това първите две уравнения на Максул придобиват вида:

$$\begin{cases} \mathrm{rot}\vec{H} = \sigma\vec{E} \\ \mathrm{rot}\vec{E} = 0. \end{cases}$$

Такъв модел на полето се нарича стационерен и се използува като теория на геопроучвателните методи с постояннен ток (модел I**).**

В случая на бавно изменящи се полета в десните части на телеграфните уравнения първият член ще бъде значително по-голям от втория и телеграфните уравнения се преобразуват в уравнения на дифузия:

$$\Delta\vec{H} = \frac{1}{a^2}\frac{\partial\vec{H}}{\partial t} \qquad \Delta\vec{E} = \frac{1}{a^2}\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$$

Където

$$a = 1/\sqrt{\sigma\mu}$$

е параметър на токова проводимост. В такъв модел, в който са пренебрегнати така наречените токове на отместване, се нарича квазистационерен. В рамките на този модел първите две уравнения на Максуел имат вида:

$$\begin{cases} \mathrm{rot}\vec{H} = \sigma\vec{E}, \\ \mathrm{rot}\vec{E} = -\mu\dfrac{\partial\vec{H}}{\partial t}. \end{cases}$$

Квазистационерният модел се използва като теория на нискочестотните методи за геопроучване (модел II). Това е моделът на индукционните методи с използване на естествените източници на геомагнитни вариации.

2. Естествени източници на променливо електромагнитно поле

Източниците на геоелектромагнитно поле, използвани при индукционните методи, създават т.н. първично поле. Тези източници са разположени в атмосферата, йоносферата и магнитосферата на Земята, а вторичното поле е резултат от индуктирани токове в Земята. Следователно използуват се естествени източници в ULF, ELF и LF диапазоните. По-съществените явления, генериращи първичното поле са следните:

- *Геомагнитни бури и суббури* – интензивно изменение на геомагнитното поле, стигащо до стотици nT.
- *Денонощни вариации* – периодични колебания на геомагнитното поле (с период 24 часа) с амплитуда, достигаща до 50 nT
- *Геомагнитни пулсации* – квазисинусоидални устойчиви и иерегулярни вариации с период от 0,1 до 1000 сек. и със стойноти на полето от първите няколко nT за късите периоди до десетки nT за дългите
- *Сравнително високочестотни вариации свързани с далечна гръмотевична активност* – вариации с честота от няколко Hz до първите 20 kHz (аудио диапазона).

3. Основни уравнения на хармоничното поле за уравненията от Модел II

Геомагнитните вариации създават хармонично поле. Електричното и магнитното поле при хармонични изменения се представят по следния начин:

$$\vec{E}(t) = \mathrm{Re}(\vec{E}\cdot e^{-i\cdot\omega\cdot t}), \quad \vec{H}(t) = \mathrm{Re}(\vec{H}\cdot e^{-i\cdot\omega\cdot t})$$

Производните по времето на компонентите на полето се записват така:

$$\frac{\partial\vec{E}(t)}{\partial t} = -i\cdot\omega\cdot\vec{E}\cdot e^{-i\cdot\omega\cdot t} \qquad \frac{\partial\vec{H}(t)}{\partial t} = -i\cdot\omega\cdot\vec{H}\cdot e^{-i\cdot\omega\cdot t}$$

Като поставим последните две уравнения в уравненията на квазистационерното поле (Модел II) получаваме уравненията на Максуел във вида:

$$\begin{cases} \mathrm{rot}\vec{H} = \sigma \cdot \vec{E}, \\ \mathrm{rot}\vec{E} = i \cdot \omega \cdot \mu \cdot \vec{H}, \\ \mathrm{div}\vec{H} = 0, \\ \mathrm{div}\vec{E} = 0. \end{cases}$$

По аналогичен начин телеграфните уравнения за този модел се преобразуват в уравнения на Хелмхолц:

$$\Delta\vec{H} + k^2\vec{H} = 0 \quad \Delta\vec{E} + k^2\vec{E} = 0$$

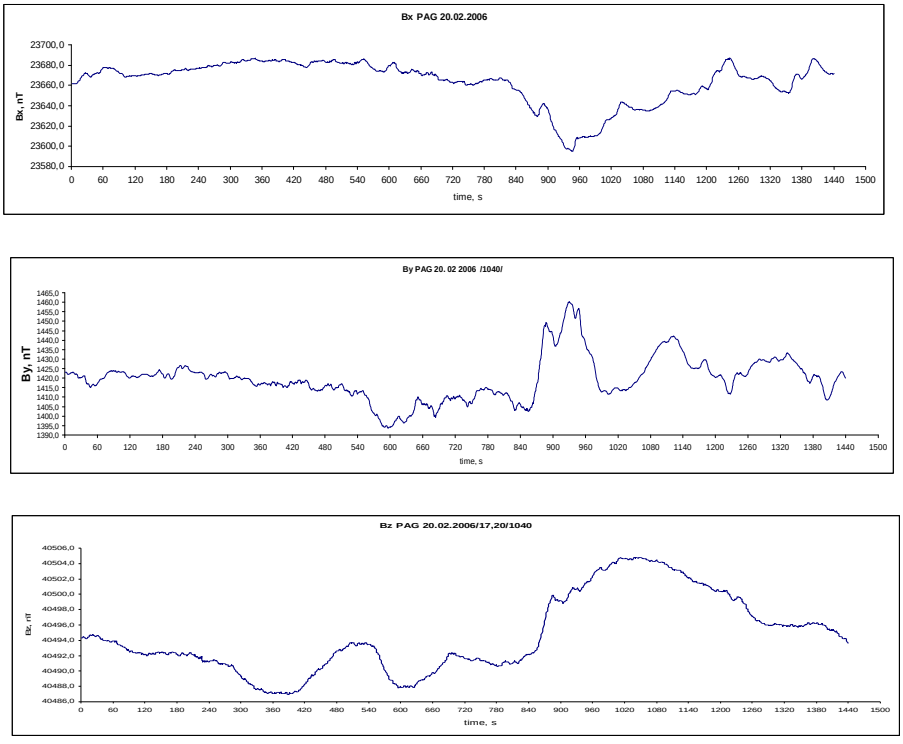
Тук **k** е вълново число

$$k = \sqrt{-i\omega\mu_0/\rho}$$

4. Вариации на трите компоненти на геомагнитното поле и магнитовариационното сондиране

Геомагнитните вариации на трите компоненти на геомагнитното поле с дълги периоди, създадени от явленията, описани по-горе в раздел II, са в основата на магнитовариационния метод.

Като пример на фиг. 1 е показана денонощната вариация на компонентите на полето B_x ,B_y и B_z .



Фиг. 1. Денонощна вариация на геомагнитното поле, регистрирана в обсерватория Панагюрище

Вертикалната компонента B_z е свързана с хоризонталните B_h по следния начин:

$$\mathbf{B}z\ (\omega,r) = [\mathbf{W}(\omega,r)\ ]\ [\mathbf{B}\ \mathbf{h}(\omega,r)]$$

където:

$$B_h(\omega,r) = \begin{bmatrix} B_x(\omega,r) \\ B_y(\omega,r) \end{bmatrix},$$

[**W**(ω,r)] = [W zx (ω,r) W zy (ω,r)],

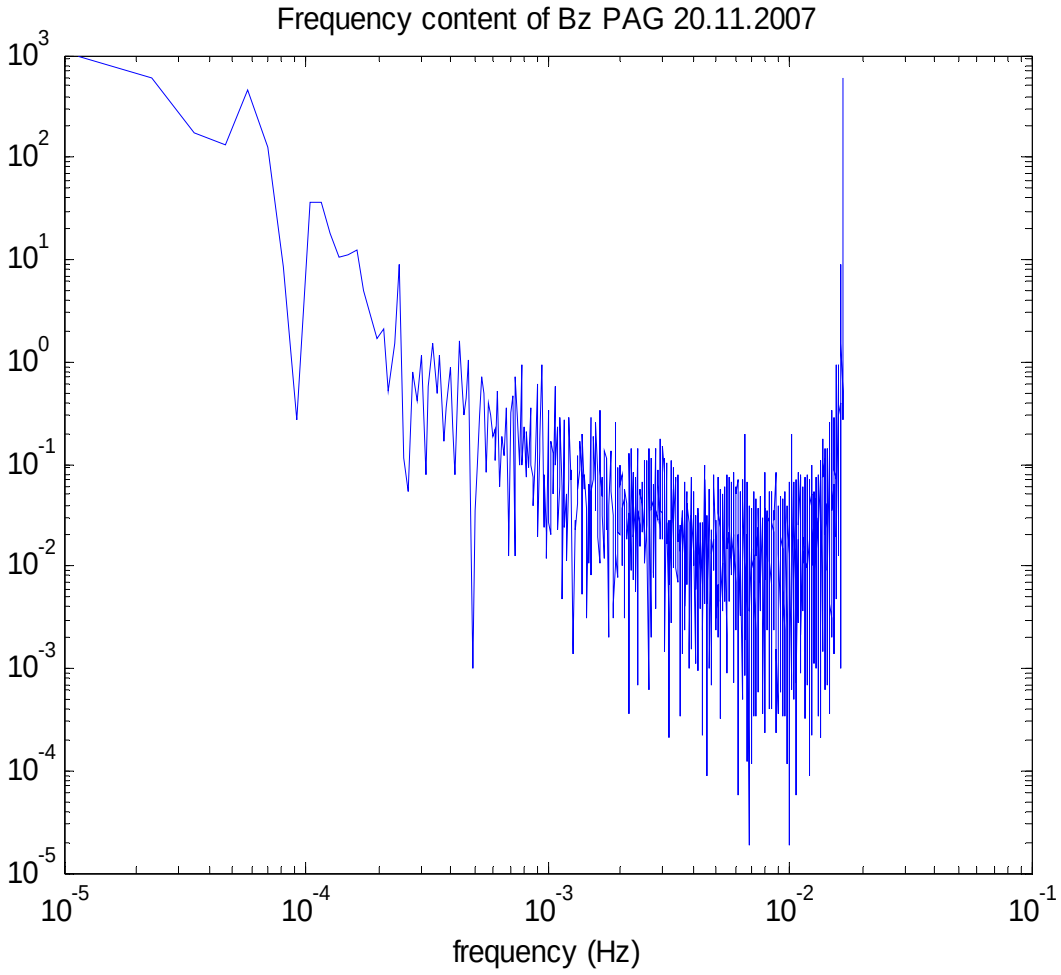
Wzx (ω,r) =-Zzx (ω,r)/ Zzz (ω,r),

Wzy (ω,r) =-Zzy (ω,r)/ Zzz (ω,r).

Vozoff (1972) предложи матрицата [**W**(ω,r)] да се нарича “tipper” вектор и това название широко се използва в геоелектропроучването.

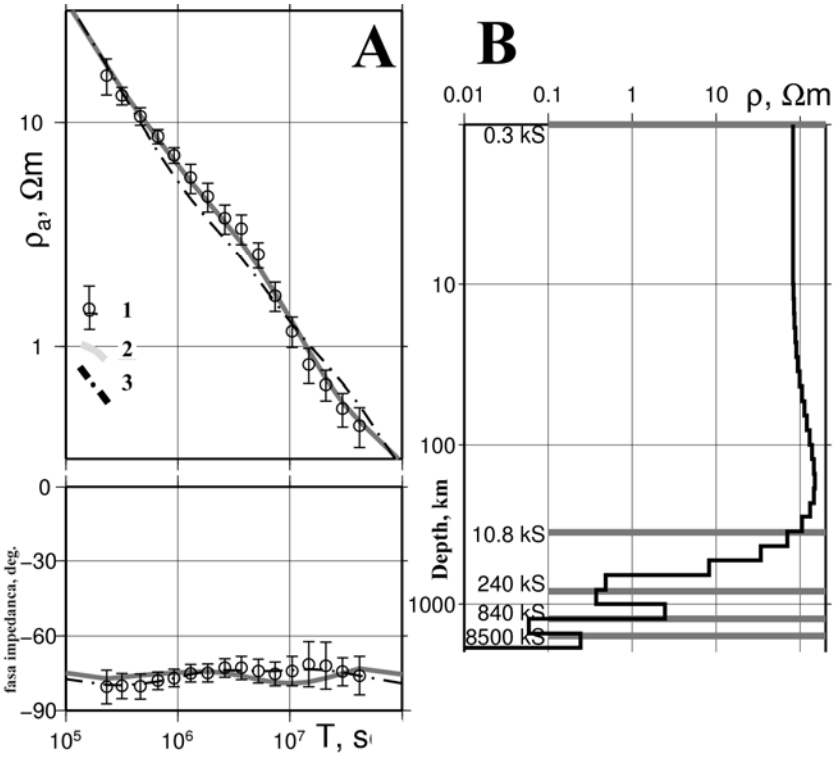
4.1. Магнитовариационно сондиране в района на PAG

Проведеното магнитовариационно проучване в района на геомагнитна обсерватория Панагюрище е осъществено чрез данните от регистрираните геомагнитни бури за двадесет годишен период. На фиг. 2 е показан типичен спектър на една такава геомагнитна буря от 20.11.2007 г. Честотното съдържание на вертикалната компонента на тази геомагнитна буря е в честотната област 1.10^{-5} - 2.10^{-2} Hz.



Фиг. 2. Спектър на вертикалната компонента на геомагнитното поле по време на геомагнитна буря, регистрирана в обсерватория Панагюрище

На фиг. 3 са показани магнитовариационните криви на изменението в честотната област (периоди T) на привидното съпротивление и фазата на импеданса - (A) и получения в дълбочина, чрез решаването на едномерната обратна задача (инверсия) геоелектричен модел. (B). Използвани са известните модели за едномерна инверсия “D+” и “Occam”.



A. Крива на магнитовариационното сондиране за обсерватория PAG
1 – експериментални данни,
2 – модел "D+", 3 - модел "Occam".

B. Геоелектрически модел по 1D инверсия

Фиг. 3. Резултати от магнитовариационното сондиране в района на геомагнитна обсерватория Панагюрище

5. Вариации на шесте компоненти на геоелектромагнитното поле и магнитотелуричното проучване

5.1. Поле на телуричните токове в хоризонтално еднородна среда

В неоднородна по хоризонталите геосреда електромагнитният импеданс е тензорна величина и има вида:

$$[Z]=\begin{bmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{bmatrix}$$

В този случай хоризонталните компоненти на електричното и магнитното поле са свързани по следния начин:

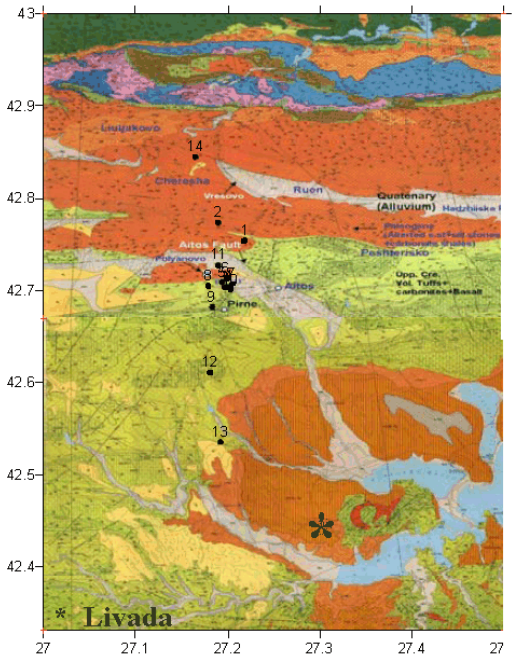
$$\begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} H_x \\ H_y \end{bmatrix}$$

Тази връзка е в основата на магнитотелуричното проучване, както и факта, че привидното електрическо съпротивление на геосредата е еднозначно свързано с импеданса.

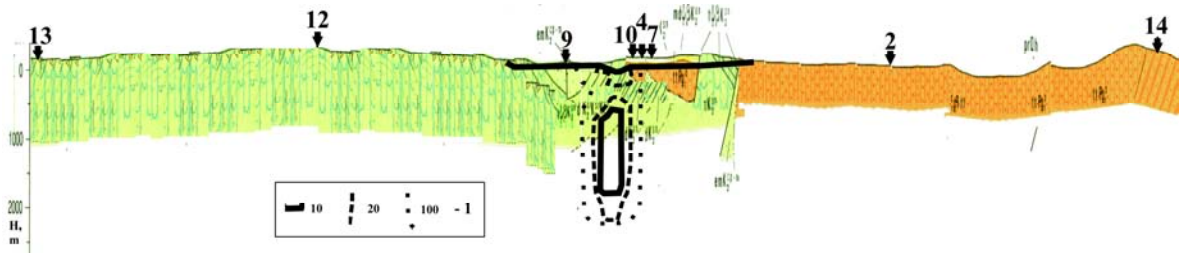
5.2. Магнитотелурични проучвания в Бургаския геотермален басейн

През 2008 година бяха проведени магнитотелурични изследвания в Бургаския геотермален басеин. Колектив от специалисти от НИГГГ на БАН, Геологичен институт на БАН и NGRI – India проучи хидротермалния обект "Поляново-Айтос" с МТ метода в аудио диапазона (АМТ). На Фиг. 4 е показано разположение на шестнадесетте МТ точки върху геоложката карта

на Бургаския геотермален басейн. Точките на регистрацията на геоелектромагнитното поле са групирани в един регионален (профил №1 с дължина 35 km) и два локални (1-3 km) профили. Използваният честотен диапазон на вариациите (периоди) е от 1.10^{-4} - 102 секунди.



Фиг. 4. Разположение на МТ точките върху Геоложката карта на Бургаския геотермален басейн



Фиг. 5. Геолого-геоелектричен разрез по регионалния профил №1 с двата хидротермални резервоара

На фиг. 5 на геологическата карта на района е показан геолого-геоелектричен разрез по профил №1, получен чрез обработка на МТ данните със софтуера за обработка на такива данни "MAPROS". Така в резултат на решаването на двумерна обратна задача (двумерна инверсия) на кривите на МТ сондирането, дълбочинното МТ сондиране и магнитовариационното сондиране в обсерватория PAG е построен геоелектричен модел на северо-западната част на Айтоския грабен и на района на геотермалния източник «Поляново». Решаването на двумерната задача чрез използване на геоелектрическите данни позволяват да се предположи, че източникът на геотермална вода е разположен на дълбочина до няколко километра и е свързан с вулканически скални породи. Установено е, че съществуват два резервоара на геотермална вода: първият на дълбочина от повърхността до 360 m и вторият на дълбочини от 740 до 2100 m. Границите на тези резервоари са показани с плътна дебела линия на фиг. 5.

Литература:

1. S r e b r o v, B., B. L a d a n y v s k y y, I. L o g v i n o v, An application of space generated geomagnetic variations for obtaining of the geoelectrical characteristics at Panagyurishte geomagnetic observatory region, Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences,Tome 66, No 6 , 2013.
2. H a r i n a r a y a n a, T., B. S r e b r o v, K. V e e r a s w a m y, K. B o j a d g I e v a - Mapping of subsurface geo-electric structure to assess geothermal potential of Bulgaria using magneto-telluric studies, Technical Report NGRI, Hayderabad, India, 2008.
3. H a r i n a r a y a n a, T., B. S r e b r o v, K. V e e r a s w a m y, K. B o j a d g I e v a ,V. H r i s t o v, Magnetotelluric survey in Burgas hydrothermal basin (SE Bulgaria), Bul. Geophys. J. Vol. 38, pp 3-11, 2012.

ОЦЕНКА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ СЪВМЕСТНИ ТЕСТОВИ ИЗМЕРВАНИЯ НА ПРИБОРИ AMEF-WB И ELMAVAN ЗА ПРОЕКТИ STRANNIK И RESONANCE

Ондржей Сантолик[1,2], Ивана Колмашова[2], Бойчо Бойчев[3,4], Георги Сотиров[3]

[1]Карлов Университет, Факултет по математика и физика, Прага, Чешка Република
[2]Институт по физика на атмосферата,ЧАН, Прага, Чешка Република
[3]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[4]Технически университет – София, София, България

Ключови думи: *електрически полета, магнитни полета, тестови измервания*

Резюме: *В доклада са представени резултати от тестови измервания на преминаването на сигналите през блоковете на приборите, от входовете на широколентов измерител на електрични полета AMEF-WB и тяхната цифровизация и обработка от електромагнитен вълнов анализатор ELMABAN. Резултатите от измерванията са представени в протоколи в графичен вид.*

EVALUATION OF THE RESULTS OF JOINT TESTING MEASUREMENTS DEVICES AMEF-WB AND ELMAVAN FOR STRANNIK AND RESONANCE PROJECTS

Ondřej Santolik[1,2], Ivana Kolmašová [1], Boycho Boychev[3,4], Georgi Sotirov[3]

[1]Charles Unversity, Faculty of Mathematics and Physics, Prague, Czech Republic
[2]Institute of Atmospheric Physics of ASCR, Prague, Czech Republic
[3]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Technical University – Sofia, Sofia, Bulgaria

Keywords: *electric fields, magnetic fields, test measurements*

Abstract: *In the paper are presented the results of test measurements of the signals going trough devices of equipment from the inputs of broadband measurement device of electric fields AMEF-WB and their digitization and processing of electromagnetic wave analyzer ELMABAN. The measurement results are presented in graphical type protocols.*

Въведение

Приборите AMEF-WB и ELMAVAN са основна част от „Вълновия комплекс" предназначен за измерване на електрически и магнитни полета от борда на спътниците от проекти RESONANCE и STRANNIK. Към настоящия момент и двата прибора се намират на етап разработка и приключване на етап „Технологичен екземпляр". В съответствие с програмата за изпитания и тяхното взаимодействие бяха проведени частични изпитания на приборите и интерфейса на предаване на сигналите между тях. Стиковката и изпитанията се проведоха в Института по Физика на Атмосферата в Прага в периода 15-19.10.2012 г.

Взаимодействие на приборите AMEF-WB и ELMAVAN

В нормален режим на работа на борда на спътника приборът AMEF-WB, чрез 4 електрически сензора, монтирани на щанги и влизащи в комплектацията му, получава сигнали за напрегнатостта на електричното поле около спътника. Тези сигнали са в честотната област 0 – 1 MHz. Сигналите в честотната лента 0 – 10 Hz. се обработват в прибора AMEF-WB [1,2], тези в диапазона 10 Hz – 20 kHz се обработват от чешкия прибор ELMAVAN [1,3] а тези в диапазона

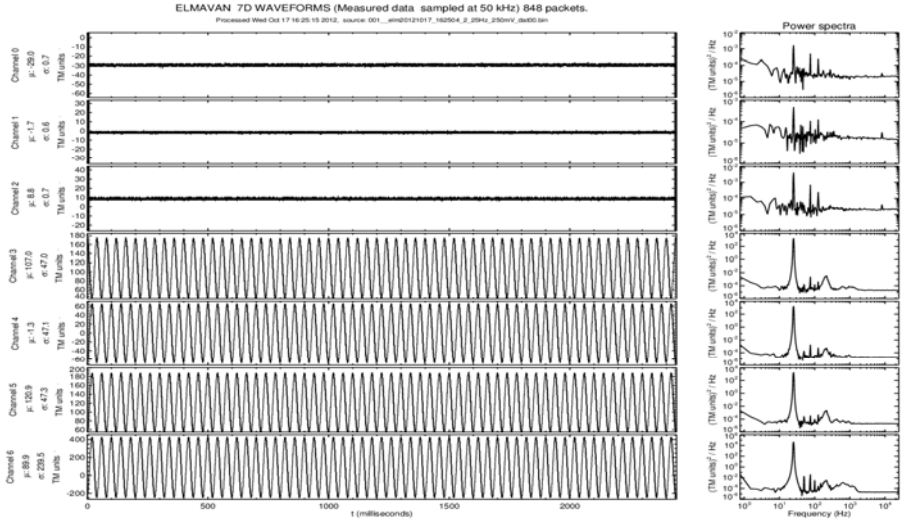
10 kHz – 1 MHz. от полския прибор HFA. По надолу ще се разгледа взаимодействието на приборите AMEF-WB и ELMAVAN.

Стиковка и метод на измерване

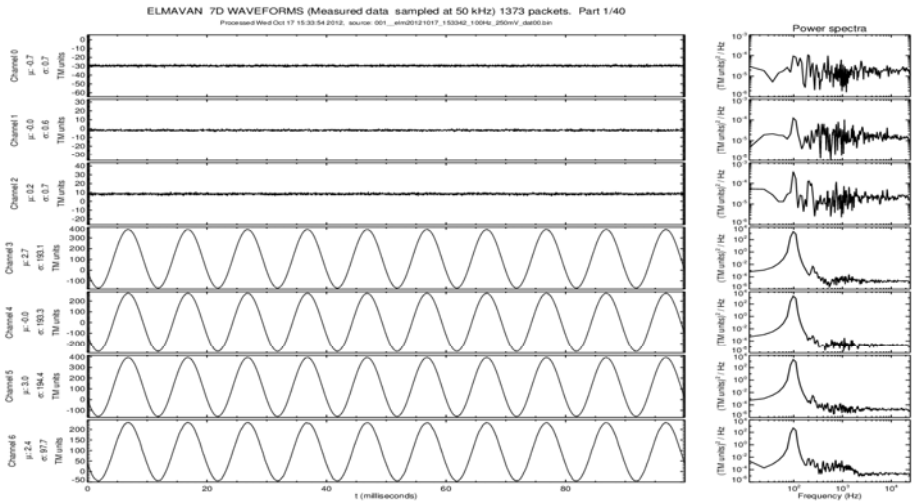
По време на изпитанията към входовете на прибора AMEF-WB беше включен външен високочастотен сигналгенератор, от който бяха подавани синусоидални сигнали на локални честоти в диапазона 10 Hz – 20 kHz – диапазона на измерване на прибора ELMAVAN. Сигналите преминаваха през входната и филтровата части на прибор AMEF-WB, както и през интерфейса за свръзка с прибор ELMAVAN. По-нататък те се приемаха, измерваха, натрупваха и се анализираха в прибор ELMAVAN. Анализираните данни се предаваха към преносим компютър за визуализация и протоколиране на направените измервания. По- долу са представени някои протоколи на локални честоти в диапазона на прибора, показващи входния динамичния диапазон на обработваните сигнали, техния спектрален състав, линейността на интерфейса и аналоговите блокове и в двата прибора, както и динамичния диапазон на преминаващите и измервани сигнали.

На фигури №1 - №5 са представени последователно протоколи от изпитания на локални честоти 25 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 5 kHz и 20 kHz при входни амплитуди на подаваните сигнали 250 mV. В лявата част на фигурите е показана вълновата форма на подаваните сигнали а в дясната техният спектрален анализ и оценка на големината на хармониците.

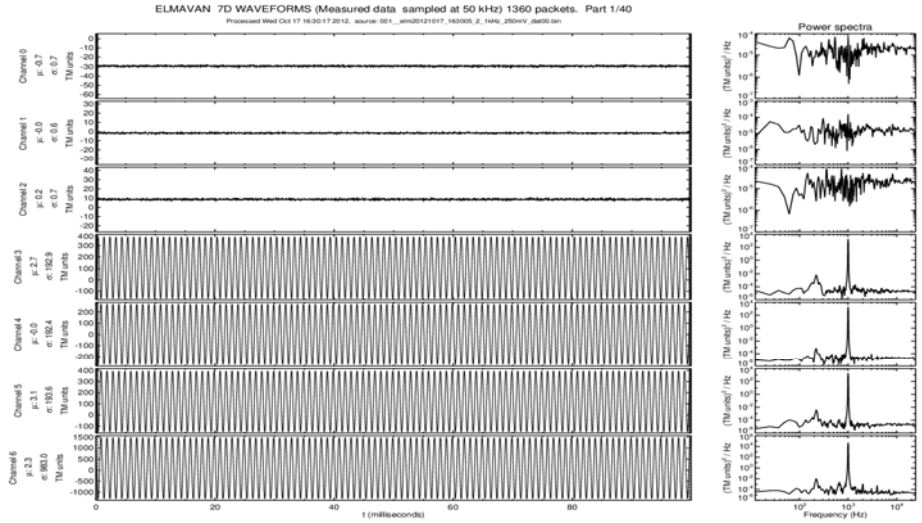
Резултати от съвместните тестове:



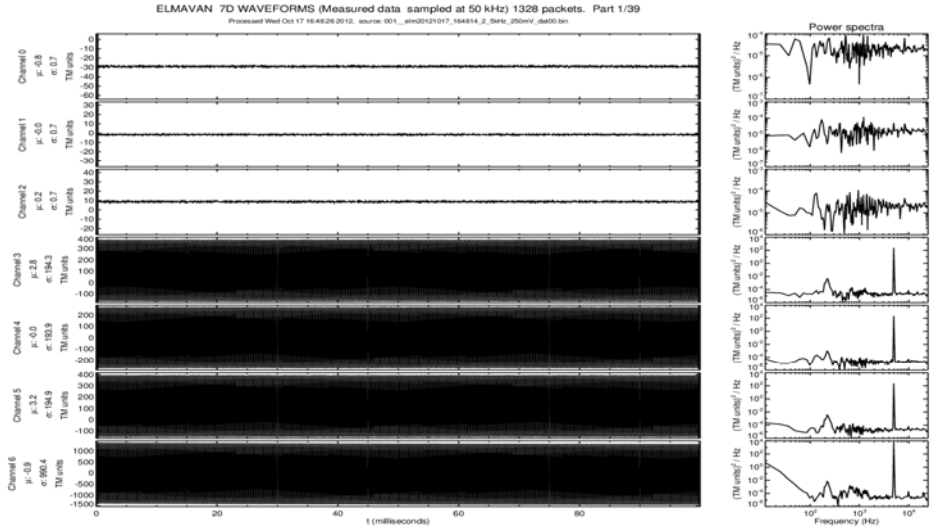
Фиг. 1. Честота 25 Hz, входна амплитуда 250 mV



Фиг. 2. Честота 100 Hz, входна амплитуда 250 mV



Фиг. 3. Честота 1 kHz, входна амплитуда 250 mV



Фиг. 4. Честота 5 kHz, входна амплитуда 250 mV

Заключение

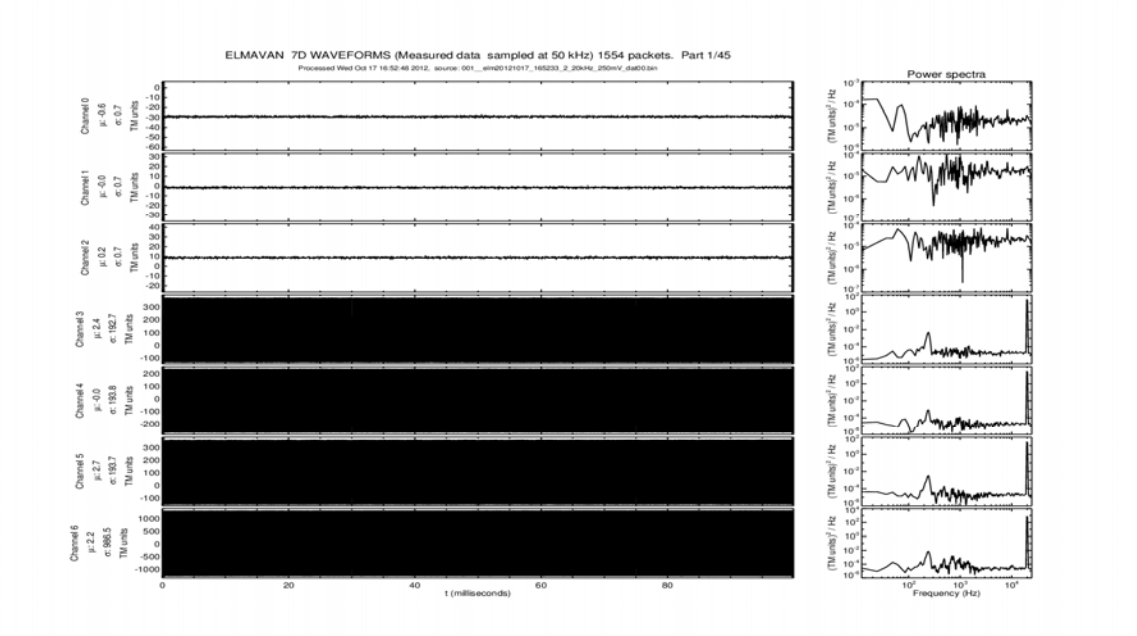
Обобщените резултати от измерванията показват че:

Динамиката на преминалите сигнали е над 92 dB за за всички честоти при входни амплитуди 250 mV;

Неравномерността на амплитудно честотната характеристика е под 1 dB;

Подтискането на синфазни сигнали от входните диференциални усилватели на прибора ELMAVAN е по-голяма от 60 dB.

Резултатите от измерванията са по-добри от заложените в Техническите задания – ТЗ и на двата прибора. Проведените изпитания позволиха да се направи точна оценка на основните параметри на приборите и ще позволят по-нататък оптимизиране на някои параметри при летателните екземпляри на приборите.



Фиг. 5. Честота 20 kHz, входна амплитуда 250 mV

Литература:

1. B o y c h e v, B., M. M o g i l e v s k y, G. B e l y a e v, B. H o t i n o v, T. R o m a n t s o v a, V. B o y c h e v, K. M e t o d i e v, P. G r a m a t i k o v, G. S o t i r o v, O. S a n t o l i k, I. K o l m a s h o v a, L. U h l i r, J. B a s h e, E. M a c u s h o v a, Z. H r b a c h k o v a, J. C h u m, F. H r u s k a, R. L a n, D. C h u g u n i n, The Experiment on Electric Fields Measurements in a Broad Band AMEF-WB/ИЭСП-3P and Electromagnetic Wave Analizer ELMAVAN for the RESONANCE Project, Eight Scientific Conference with International Participation Space, Ecology, Safety - SES`2012, 4-6.11.2012, Sofia, Bulgaria, Proceedings pp. 119-125, ISSN1313-3888
2. Б о й ч е в, Б., М. М о г и л е в с к и й, Г. Б е л я е в, Б. Х о т и н о в, Т. Р о м а н ц о в а, В. Б о й ч е в, Експеримент по измерению электрических полей в широком диапазоне частот „AMEF-WB/ИЭСП-3P”, Материали конференции-совещания по проекту, Киев 19-21.09.1012 г., „Многоспутниковые исследования внутренней магнитосферы – Проект РЕЗОНАНС”, ИКИ-ДИЗАЙН, 2012, Москва, Россия, стр. 34-39.
3. С а н т о л и к, О., И. К о л м а ш о в а, Л. У г л и р ж, Й. Б а ш е, Е. М а ц у ш о в а, З. Х р б а ч к о в а, Я. Х у м, Ф. Г р у ш к а, Д. Ч у г у н и н, Анализатор электромагнитных волн „ЕЛМАВАН”, Материали конференции-совещания по проекту, Киев 19-21.09.1012 г., „Многоспутниковые исследования внутренней магнитосферы – Проект РЕЗОНАНС”, ИКИ-ДИЗАЙН, 2012, Москва, Россия, стр. 40-47.

ТЕОРЕТИЧЕН АНАЛИЗ НА РАЗВИТИЕТО В ОТНОШЕНИЯТА НА СИСТЕМАТА ДИСК – КОРОНА

Красимира Янкова

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

Ключови думи: *адвективна хипотеза, акреционен диск, магнито-хидродинамиката (ЕКГ)*

Резюме: *В тази статия ние проучваме магнито-хидродинамиката на системата диск-корона. Структурирането на потока в присъствието на магнитно поле. Ще анализираме взаимодействието между дисковия поток и магнитното поле. Как работи на адвективната хипотеза в този тип магнитна среда. Ще обсъждаме значението на самоиндукция на адвекцията в първичния компонент (горещ адвекционен акреционен диск) и как повлиява еволюцията на вторичният компонент (развитието на короната).*

THEORETICAL ANALYSIS ON THE DEVELOPMENT IN RELATIONSHIPS OF THE SYSTEM DISK – CORONA

Krasimira Yankova

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

Keywords: *advective hypothesis, accretion disk, magneto-hydrodynamics (MHD)*

Abstract: *In this paper we are researching the magneto-hydrodynamics of the system disk-corona. Consider structuring of the flow in presence of the magnetic field. We will analyze the interaction between stream and magnetic field. How does worked the advective hypothesis in this type magnetic environment. Will discuss importance of the self-induction on the advection in the primary component (the hot advection accretion disk), on the evolving secondary component - development of the corona.*

Въведение

Ние сме разработили нов модел за магнитохидродинамиката (MHD) на акреционен диск, въз основа на специфична адвективна хипотеза, представена в [4, 5]. Ние конструирахме геометрично тънък, оптически плътен, едно-температурен Кеплеров диск в нормално магнитно поле, около черна дупка.

Адвекция от този тип може да работи при сравнително по-ниски температури и може да започне още във външните региони на диска. Колкото по-рано адвекцията се изяви гарантира, че потокът ще остане оптично плътен при температури на порядъци (1, 2) по-високи от нормално приетите температури.

Теория и механизъм

Резултатите, когато ние използваме модела за реален обект показват, че скоростта на звука има два добре различими независими основни клона на функцията. Това означава, че период след разстилането на диска, в него започва образуването на пръстеновидни региони – области с повишена плътност в сравнение с околната среда. Непрекъснатостта на повърхностите на двата клона на функцията показва, че: Пръстените са мобилни.

Механизъма на тяхното генериране е свързан с приносите на магнитното поле налично в тези обекти:

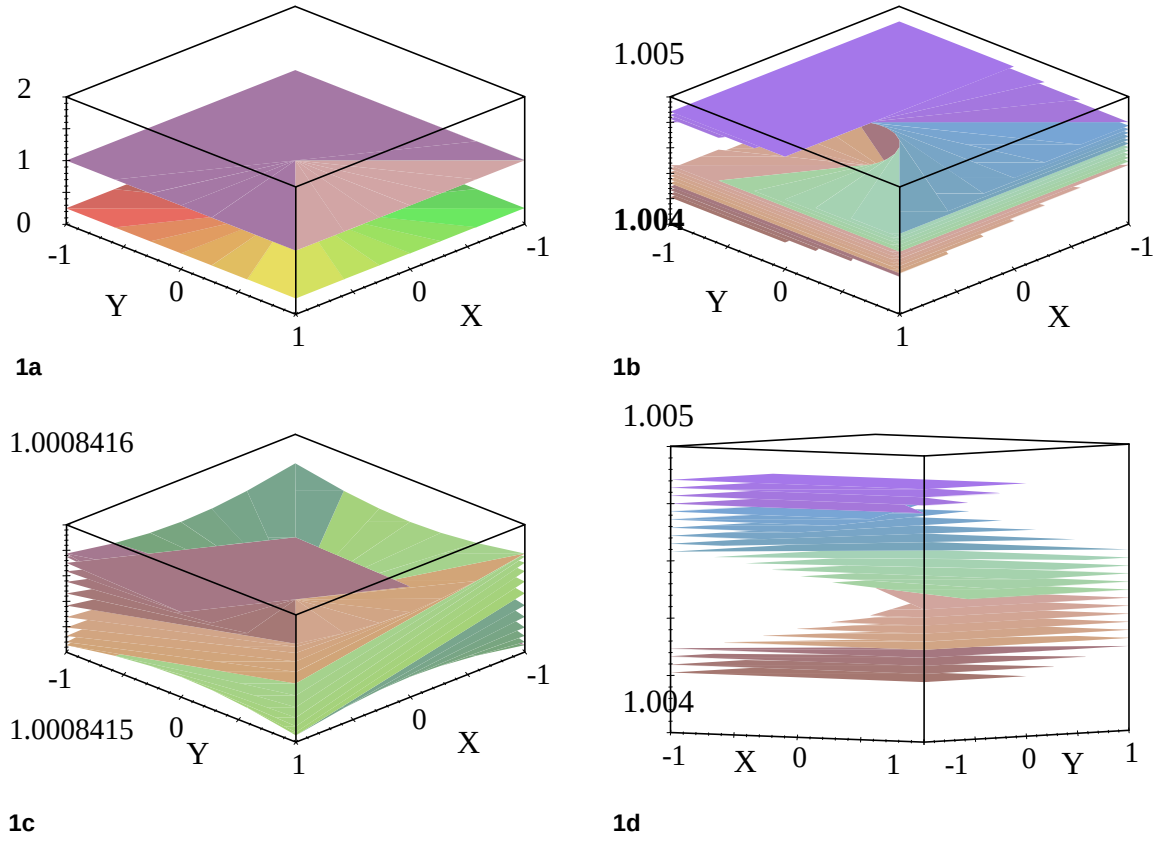
1. То увеличава ефективността на радиалната акреция от 1,5.
2. Освен това, в [1] показват как за нелинейни взаимодействия в спектъра преходи на MR-моди се излъчват фотони. Авторите разглеждат оптично тънък поток и полученото нагряване се компенсира от голямото лъчисто налягане p_{rad}, което ускорява охлаждането. В оптично плътна среда, като тук обаче тази радиация се задържа в потока поради високата плътност на частиците. По този начин ние получаваме допълнителен механизъм на затопляне към двата вида дисипация.
3. Като прибавим към всичко това, най-важният принос на полето - че чрез частично замразяване тока води плазмата. Тя го следва и се уплътнява. Ефектът се подсилва от частично задържане (забавяне фиг.2) на акрецията, от разпределението на ъгловия момент.

Скоростта на звука при Cyg X-1 [3] показва, че двата основни клона на функцията, простиращи се по целия диск, допълнително се разслояват.

Горният клон (Фигура 1), показва, че всеки пръстен има цял спектър гъсто подредени преливащи под-слоеве. Въртенето на клоновите-повърхнини ясно сочи съответствие с преминаващи бързи звукови вълни в потока, а оттам и в различна степен уплътняване на пластовете на пръстените. Различните плътности водят до образуването на флуидни световоди в пръстените, които осигуряват адвекция в относително студена среда. Там заедно с естествените процеси на поглъщане и разсейване в диска работи и пречупване на вече формираното лъчение в някои от слоевете.

Флуидните световоди са нов индивидуален механизъм, който допълва предишните, но също може да действа и самостоятелно.

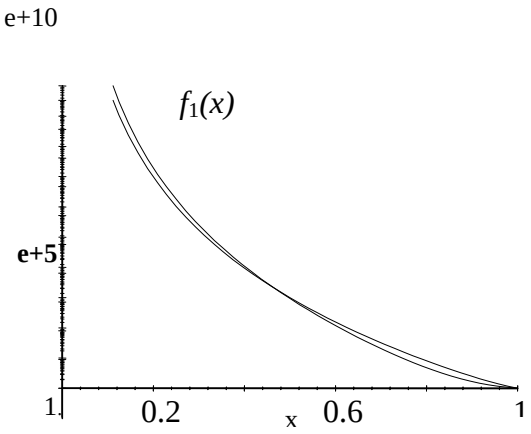
В резултат на комбинацията от изброените ефекти и неспособността комплексното им действие да бъде компенсирано чрез механизмите на охлаждане, адвекцията се самоиндуцира в такива условия на средата. Включеното самовъзбуждане на адвективно нагряване в подложката осигурява дълъго живуща не-конвективна корона.



1a **1b**

1c **1d**

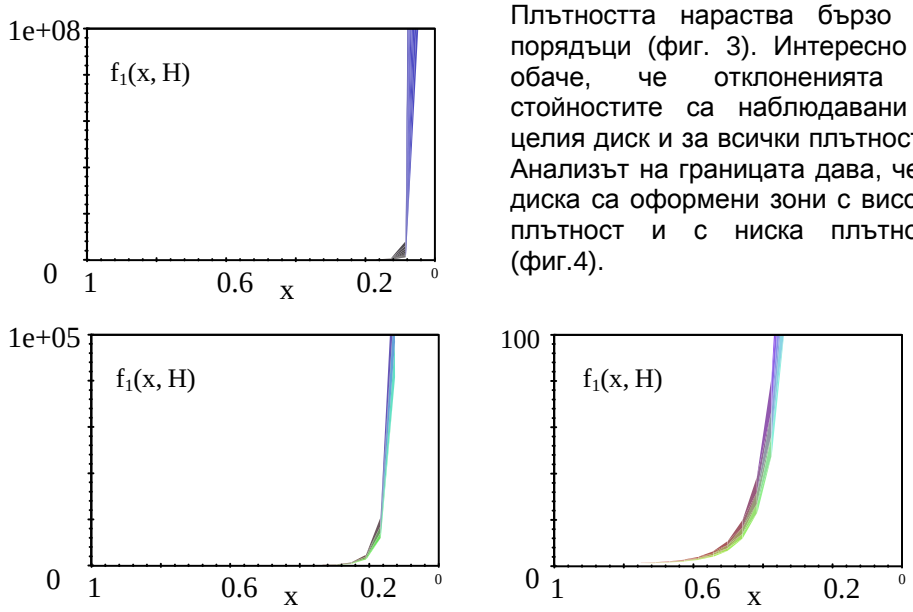
Fig. 1. Разпределението на безразмерната функция на звуковата скорост $f_3(x,\varphi)$, в равнината на диска (X, Y), в момента $t=1P\sim\Omega_0^{-1}$, за Cyg X-1. for Cyg X-1. (1б) (1в) (1b)(1c) Показани са две каскади от фрагментацията на адвективните пръстени.



Фиг. 2. Това е разпределението на безразмерна плътност $f_1(x)$ за φ = 0 (точката на приток) в двата момента t=1P~Ω_0^{-1} и t ~ 0. На фигурата се вижда как интензивността на притока се увеличава в продължение на един период.
Но също така и как във вторият ключов момент, акрецията се забавя във вътрешните слоеве.

Резултати

За да получим вярна представа за началните условия в развитието на короната и да анализираме правилно по нататъшната и еволюция е необходимо да проучим процесите по границата на системата диск-корона. Така ще вземем предвид влиянието на структурата на потока в първичния компонент, върху зараждащият вторичен компонент, които е резултат от тези процеси.

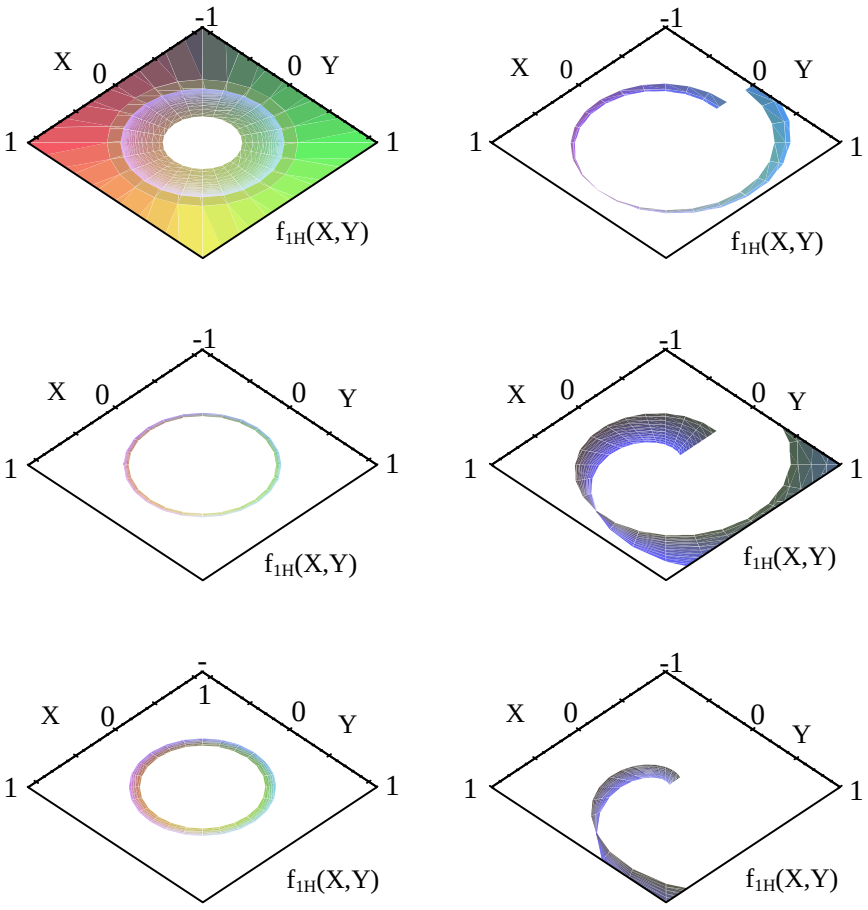


Плътността нараства бързо на порядъци (фиг. 3). Интересно е, обаче, че отклоненията в стойностите са наблюдавани в целия диск и за всички плътности. Анализът на границата дава, че в диска са оформени зони с висока плътност и с ниска плътност (фиг.4).

Фиг. 3. Вертикални гранични разпределения на функцията на екваториалната плътност

Екваториалната плътност показва два вида контури. Контурите на ниска плътност са затворени пръстени. А контурите на висока плътност са отворени-спирали, които следват ъгъла на приливната спирала (фиг. 4). Това лесно може да се предполага и да бъде обяснено от податливите, подвижни гранични разпределения на звуковата и магнито-звукова скорости (фиг.7, 8). Изменчивостта на тези гранични разпределения се причинява от общото взаимодействие между и с останалите параметри и влиянието на нелинейните ефекти върху тях.

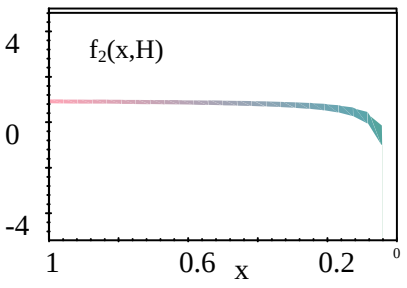
Тези два типа скорости са най-чувствителни към обмена и разпределението на енергия в диска. Мобилните максимум и минимум съответно, създават мултиплетни контури на нарастване. Това поведение, съчетано със съществуващото и развиващо се магнитно поле (фиг.9, 10) гарантира създаването на компактни (уплътнени) региони генетично несвързани със спиралите. Това са точно адвективните пръстени, които осигуряват затоплянето на подложката в основата на короната.



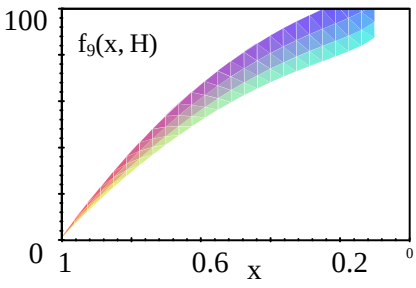
Фиг. 4. Цилиндрични гранични контури на функцията на екваториалната плътност

Радиалната и вертикална скорости показват типично поведение по границата (фиг. 5, 6).

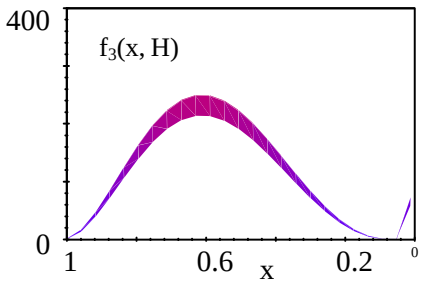
Контурите на нарастване на радиалното поле (фиг. 11) не са непрекъснати, обаче, поддържат определена аксиална симетрия. От една страна, това потвърждава наличието на компактни райони, а от друга, говори за обмен на енергия между компонентите на полето.



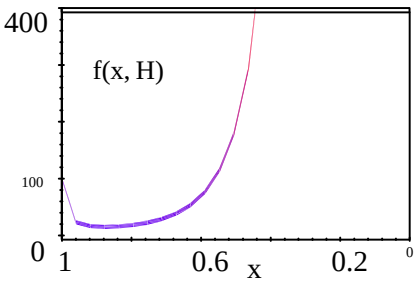
Фиг. 5. Вертикално гранично разпределение на функцията на радиалната скорост



Фиг. 6. Вертикално гранично разпределение на функцията на вертикалната скорост



Фиг. 7. Вертикално гранично разпределение на функцията на звуковата скорост



Фиг. 8. Вертикално гранично разпределение на функцията на магнито-звуковата скорост

Заключение

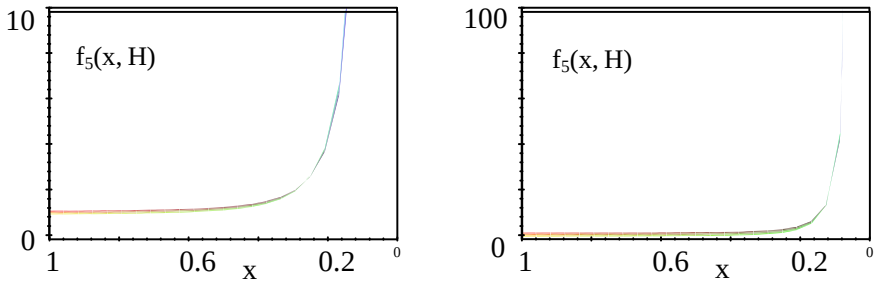
В тази статия ние използваме резултатите от теоретичния модел на диска, за описание на процесите по границата с короната.

Условията там са особено важни, защото на границата се проявяват ефектите от затоплянето в подложката:

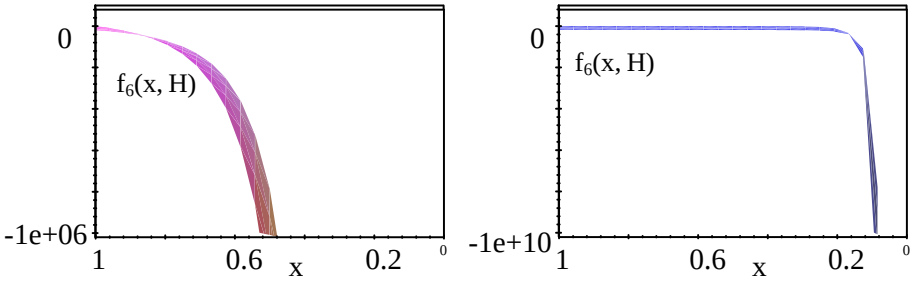
Затягането на адвективно пръстени води енергия под формата на топлина, до центъра на диска. Негативната ентропия води до ново състояние и чрез необратим преход възникват нелинейните структури в диска, в това число и короната. Затоплянето в подложката е основният фактор, който поддържа вятъра от диска и не позволява на короната да затихне (конвективните корони у други автори показват циклично затихване).

Ефектът се подсилва и от поведението на плаващите екстремуми на магнито-звуковата и на скоростта на звука. Те създават необходимата среда на магнитното поле, за да прехвърля енергия между своите компоненти - по този начин се създава постоянна нестабилност в плазмата и условия адвекцията в диска да се подържа в състоянието на самоиндукция.

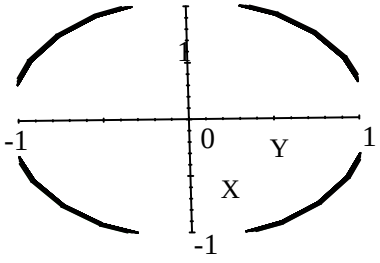
Тези резултати са още една стъпка в посоката за създаване на цялостния модел на системата корона-диск. Също така, инструмент за определяне степента, в която основният компонент оказва влияние върху развитието на коронарната компонента.



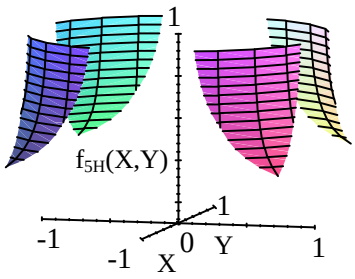
Фиг. 9. Разпределения по контурите на радиалното магнитно поле



Фиг. 10. Разпределения по контурите на азимуталното магнитно поле



Фиг. 11. Цилиндрични гранични контури на функцията на радиалното магнитно поле



Цилиндрично разпределение на граничната функция на радиалното магнитно поле

Литература:

1. H i r o s e, S., J. H. K r o l i k, O. B l a e s: 2009, AJ, 69116.
2. http://adsabs.harvard.edu/abs/2012PASRB..11..375Y
3. Y a n k o v a, Kr. D.: 2012, JUBILEE INTERNATIONAL CONGRESS: SCIENCE, EDUCATION, TECHNOLOGIES "40 YEARS BULGARIA – SPACE COUNTRY ", proceedings (ISBN 978-954-577-636-6), Tom1, 152-158.
4. Y a n k o v a, Kr. D.: 2013, Proceedings of the VIII Serbian-Bulgarian Astronomical Conference (VIII SBAC), Publ. Astron. Soc. “Rudjer Bošković” vol. 12, 375-381. http://wfpdb.org/ftp/8_SBAC_D1/pdfs/34.pdf
5. Y a n k o v a, Kr., L. F i l i p o v: 2014, arXiv:1408.4011v1.

DERIVATION OF THREE FUNDAMENTAL MASSES AND DIRAC'S LARGE NUMBERS HYPOTHESIS BY DIMENSIONAL ANALYSIS

Dimitar Valev

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

***Keywords**: dimensional analysis, mass of the observable universe, Hubble mass, Dirac's large numbers hypothesis*

***Abstract:** Three mass dimension quantities have been derived by dimensional analysis by means of fundamental constants – the speed of light in vacuum (c), the gravitational constant (G), the reduced Planck constant ($\hbar$) and the Hubble constant (H). The extremely small mass $m_1 \sim \frac{\hbar H}{c^2}$ ~ 10^{-33} eV has been identified with the Hubble mass m_H, which seems close to the graviton mass m_G. The enormous mass $m_2 \sim \frac{c^3}{GH}$ ~ 10^{53} kg is close to the mass of the Hubble sphere and practically coincides with the Hoyle-Carvalho formula for the mass of the observable universe. The third mass $m_3 \sim \sqrt[5]{\frac{H\hbar^3}{G^2}}$ ~ 10^{7} GeV could not be unambiguously identified at present time. Besides, it has been found remarkable fact that the Planck mass $m_{Pl} \sim \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$ ~ 10^{-8} kg appears geometric mean of the extreme masses m_1 and m_2. Finally, the substantial large number $N = \sqrt{\frac{c^5}{2G\hbar H^2}} \approx 5.73 \times 10^{60}$ has been derived relating cosmological parameters (mass, density, age and size of the observable universe) and fundamental microscopic properties of the matter (Planck units and Hubble mass). Thus, a precise formulation and proof of Dirac's Large Numbers Hypothesis (LNH) has been found.*

ИЗВЕЖДАНЕ НА ТРИ ФУНДАМЕНТАЛНИ МАСИ И ХИПОТЕЗАТА НА ДИРАК ЗА ГОЛЕМИТЕ ЧИСЛА ПОСРЕДСТВОМ АНАЛИЗ НА РАЗМЕРНОСТИТЕ

Димитър Вълев

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

***Ключови думи:** анализ на размерностите, маса на наблюдаемата Вселена, маса на Хъбъл, хипотеза на Дирак за големите числа*

***Резюме:** Посредством анализ на размерностите бяха изведени три величини с размерност на маса с помощта на фундаменталните константи – скорост на светлината във вакуум (c), гравитационната константа (G), редуцираната Планкова константа ($\hbar$) и константата на Хъбъл (H). Изключително малката маса $m_1 \sim \frac{\hbar H}{c^2}$ ~ 10^{-33} eB бе идентифицирана с масата на Хъбъл m_H, която изглежда близка до масата на гравитона m_G. Огромната маса $m_2 \sim \frac{c^3}{GH}$ ~ 10^{53} кг е близка до масата на сферата на Хъбъл и практически съвпада с формулата на Хойл-Карвальо за масата на*

наблюдаемата Вселена. Третата маса $m_3 \sim \sqrt[5]{\frac{H\hbar^3}{G^2}}$ *~ 10*^{7} *ГеВ понастоящем не може да бъде недвусмислено идентифицирана. Освен това бе установен забележителния факт, че масата на Планк* $m_{Pl} \sim \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$ *~ 10*$^{-8}$ *кг се явява средно геометрична на екстремалните маси* m_1 *and* m_2*. И накрая, бе изведено голямото число* $N = \sqrt{\frac{c^5}{2G\hbar H^2}} \approx 5.73 \times 10^{60}$*, свързващо космологични параметри (масата, плътността, възрастта и размерите на наблюдаемата Вселена) с фундаментални микроскопични характеристики на материята (Планковите единици и масата на Хъбъл). По такъв начин бе намерена точна формулировка и доказателство на хипотезата на Дирак за големите числа.*

Introduction

The Planck mass $m_{Pl} \sim \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$ has been introduced in [1] by means of three fundamental constants – the speed of light in vacuum (*c*), the gravitational constant (*G*) and the reduced Planck constant ($\hbar$). Since the constants *c*, *G* and $\hbar$ represent three very basic aspects of the universe (i.e. the relativistic, gravitational and quantum phenomena), the Planck mass appears to a certain degree a unification of these phenomena. The Planck mass have many important aspects in the modern physics. One of them is that the energy equivalent of Planck mass $E_{Pl} = m_{Pl}c^2 \sim \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G}}$ ~ 10^{19} *GeV* appears unification energy of the fundamental interactions [2]. Also, the Planck mass can be derived by setting it as a mass, whose Compton wavelength and gravitational radius are equal [3]. Analogously, formulae for Planck length l_{Pl}, Planck time $t_{Pl} = l_{Pl}/c$ and Planck density ρ_{Pl} were derived by dimensional analysis. In quantum gravity models, the Planck length is the length scale at which the structure of spacetime becomes dominated by quantum effects.

The Planck mass formula has been derived by dimensional analysis using fundamental constants *c*, *G* and $\hbar$. The dimensional analysis is a conceptual tool often applied in physics to understand physical situations involving certain physical quantities [4-8]. It is routinely used to check the plausibility of the derived equations and computations. When it is known, the certain quantity with which other determinative quantities would be connected, but the form of this connection is unknown, a dimensional equation is composed for its finding. In the left side of the equation, the unit of this quantity q_0 with its dimensional exponent has been placed. In the right side of the equation, the product of units of the determinative quantities q_i rise to the unknown exponents n_i has been placed $[q_0] \sim \prod_{i=1}^{n} [q_i]^{n_i}$, where *n* is positive integer and the exponents n_i are rational numbers. Most often, the dimensional analysis is applied in the mechanics and other fields of the modern physics, where there are many problems with a few determinative quantities. Many interesting and important problems related to the fundamental constants have been considered in [9-13].

The discovery of the linear relationship between recessional velocity of distant galaxies, and distance *v* = *Hr* [14] introduces new fundamental constant in physics and cosmology – the famous Hubble constant (*H*). Even seven years before, Friedman [15] derived his equations from the Einstein field equations [16], showing that the universe might expand at a rate calculable by the equations. The Hubble constant determines the age of the universe H^{-1}, the Hubble distance cH^{-1}, the critical density of the universe $\rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G} \sim 10^{-26} kg/m^3$ [17], and other large-scale properties of the universe. Because of the importance of the Hubble constant, in the present paper we include *H* in the dimensional analysis together with *c*, *G* and $\hbar$ aiming to find the new mass dimension quantities $m_i \sim \prod_{j=1}^{3} q_j^{n_j}$, where every triad q_1, q_2, q_3 consists of three constants *c*, *G*, *H* or $\hbar$. Thus, the Hubble constant will represent the cosmological phenomena in new derived fundamental masses. The attempt to compose a mass dimension quantity by means of the four constants together produces an undetermined system of linear equations and it has been neglected. According to the recent

cosmology, the Hubble "constant" slowly decreases with the age of the universe, but there are indications that other constants, especially gravitational constant *G* and fine structure constants α also vary with comparable rate [18-20]. That is why, the Hubble constant could deserve being treated on an equal level with the other three constants used from Planck.

Dirac [18] suggested the Large Numbers Hypothesis (*LNH*) pointing out that the ratio of the age of the universe H^{-1} and the atomic unit of time $\tau = \frac{e^2}{m_e c^3} \sim 10^{-23} s$ is a large number of the order of 10^{40}. Besides, the ratio of electrostatic e^2 / r^2 and gravitational forces $Gm_e m_p / r^2$ between proton and electron in a hydrogen atom is of the order of 10^{39} and the ratio of mass of the observable universe *M* and nucleon mass roughly is of the order of 10^{80}:

(1) $$\frac{H^{-1}}{\tau} \sim \frac{e^2}{Gm_e m_p} \sim \sqrt{\frac{M}{m_p}} \sim N_D \sim 10^{40},$$

where *e* is the charge of the electron, m_e is the electron mass, m_p is the proton mass and $N_D \sim 10^{40}$ is the Dirac's large number.

Relying on the ratios (1), he proposed that as a consequence of causal connections between macro and micro physical world, gravitational constant *G* slowly decreases with time whereas mass of the universe increases in result of slow creation of matter. Although the *LNH* is inconsistent with General Relativity, the former has inspired and continues to inspire a significant body of scientific literature.

Many other interesting ratios have been found approximately relating some cosmological parameters and microscopic properties of the matter. For example, Narlikar [21] shows that the ratio of radius of the observable universe and classical radius of the electron $\frac{e^2}{m_e c^2}$ is of the order of 10^{40}. Besides, the ratio of the electron mass and Hubble (mass) parameter $\frac{\hbar H}{c^2}$ approximates to 10^{39} [22]. Jordan [23] noted that the mass ratio for a typical star and an electron is of the order of 10^{60}. The ratio of mass of the observable universe and Planck mass is of the order of 10^{61} [24]. Peacock [25] points out that the ratio of Hubble distance and Planck length is of the order of 10^{60}. Finally, the ratio of Planck density ρ_{Pl} and recent critical density of the universe ρ_c is found to be of the order of 10^{121} [26]. Most of these large numbers are rough ratios of astrophysical parameters and microscopic properties of the matter determined with accuracy of the order of magnitude.

Derivation of three fundamental masses by dimensional analysis

A quantity m_1 having mass dimension could be composed by means of the fundamental constants *c*, $\hbar$ and *H*:

(2) $$m_1 = kc^{n_1} \hbar^{n_2} H^{n_3}$$

where n_1, n_2 and n_3 are unknown exponents to be determined by matching the dimensions of both sides of the equation, and *k* is dimensionless parameter of an order of magnitude of a unit.

As a result we find the system of linear equations:

(3) $$\begin{aligned} n_1 + 2n_2 &= 0 \\ -n_1 - n_2 - n_3 &= 0 \\ n_2 &= 1 \end{aligned}$$

The unique solution of the system is $n_1 = -2, n_2 = 1, n_3 = 1$. Replacing obtained values of the exponents in equation (2) we find formula (4) for the mass m_1:

(4) $m_H = m_1 \sim \frac{\hbar H}{c^2}$

This equation has been derived by dimensional analysis in [27]. The recent experimental values of *c*, $\hbar$ and *H* are used: *c* = 299792458 *m/s*, $\hbar = 1.054571596 \times 10^{-34}$ *J s* [28] and *H* ≈ 70 *km/s Mps* [29]. Replacing these values in (4) we obtain $m_1 \sim 2.70 \times 10^{-69}$ *kg* $= 1.52 \times 10^{-33}$ *eV*. This exceptionally small mass coincides with the so called "Hubble mass" $m_H = \frac{\hbar H}{c^2}$ [30, 31], which takes substantial place in the estimations of total information and entropy of the observable universe [32-34]. Thus, the mass (4) seems close to the graviton mass m_G obtained by different methods [35-38]. Evidently, the mass $m_1 \equiv m_H \sim m_G$ is in several orders of magnitude smaller than the upper limit of the graviton mass, obtained by astrophysical constraints [39].

From equation (4) we find that the reduced Compton wavelength $\lambda\!\!\!^{-}_H$ of Hubble mass is equal to the Hubble distance cH^{-1}:

(5) $\lambda\!\!\!^{-}_H = \frac{\hbar}{m_H c} = cH^{-1} \sim 1.3 \times 10^{26} m$

The Compton wavelength of graviton (gauge boson of gravity) determines the range of gravitational interaction that appears finite due to of massive graviton. The range of gravity is of the order of magnitude of the Hubble distance, therefore the last gives the size of gravitationally connected (observed) universe for an arbitrary observer.

Analogously, by means of the fundamental constants *c*, *G* and *H*, a quantity m_2 having dimension of a mass could be composed:

(6) $m_2 = kc^{n_1} G^{n_2} H^{n_3}$,

where n_1, n_2 and n_3 are unknown exponents to be determined by matching the dimensions of both sides of the equation, and *k* is dimensionless parameter of an order of magnitude of a unit.

We determine the exponents $n_1 = 3, n_2 = -1, n_3 = -1$ by the dimensional analysis again. Replacing the obtained values of the exponents in equation (6) we find formula (7) for the mass m_2:

(7) $M \sim m_2 \sim \frac{c^3}{GH}$

Equation (7) has been derived by dimensional analysis in [40]. This formula practically coincides with the Hoyle formula [41] for the mass of the observable universe $M = \frac{c^3}{2GH}$ and perfectly coincides with Carvalho formula [42] for the mass of the observable universe *M*, obtained by totally different approach.

The Hubble sphere is the sphere where the recessional velocity of the galaxies is equal to the speed of the light in vacuum *c*, and according to the Hubble law *v* = *c* when $r = cH^{-1}$. Besides, the Hubble sphere coincides with gravitationally connected universe for an arbitrary observer. Thus, the Hubble sphere appears a three-dimensional sphere, centered on the observer, having radius $r = cH^{-1}$ and density $\overline{\rho} \approx \rho_c$. Evidently, the formula (7) is close to the mass of the Hubble sphere M_H:

(8) $M = M_H = \frac{4}{3}\pi \frac{c^3}{H^3} \frac{3H^2}{8\pi G} = \frac{c^3}{2GH}$

Replacing the recent values of the constants *c*, *G* and *H* in (7) we obtain $m_1 \sim 1.76 \times 10^{53}$ *kg*. Therefore, the enormous mass m_2 is close to the mass of the observable universe *M*.

From formulae (4) and (7) we find the important relation (9):

(9) $$\sqrt{m_1 m_2} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = m_{Pl}$$

Therefore, the Planck mass appears geometric mean of the graviton mass and the mass of the observable universe. As the physical quantity mass is among the most substantial properties of the matter, the formula (9) hints at a deep relation of the micro particles and the entire universe.

The third quantity m_3, having mass dimension could be composed by means of the fundamental constants *G*, $\hbar$ and *H*:

(10) $$m_3 = kG^{n_1}\hbar^{n_2}H^{n_3}$$

We determine the exponents $n_1 = -\frac{2}{5}, n_2 = \frac{3}{5}, n_3 = \frac{1}{5}$ by dimensional analysis again. Replacing the obtained values of the exponents in equation (10) we find formula (11) for the mass m_3:

(11) $$m_3 \sim \sqrt[5]{\frac{H\hbar^3}{G^2}}$$

Replacing the recent values of the constants *G*, $\hbar$ and *H*, the mass m_3 takes value $m_3 \sim 1.43 \times 10^{-20}$ *kg* ≈ 8.0×10^6 *GeV*. This mass is a dozen of orders of magnitude lighter than the Planck mass and several orders of magnitude heavier than the heaviest known particles like the top quark $m_t \approx 174.3$ *GeV* [43]. On the other hand, the energy $m_3 c^2 \sim 8 \times 10^6$ *GeV* appears medial for the important GUT scale $E_{GUT} \sim 10^{16}$ *GeV* and electroweak scale $E_{EW} \sim 10^2$ *GeV*. Therefore, the mass/energy m_3 could not be unambiguously identified at the present time, and it could be considered as heuristic prediction of the suggested approach concerning unknown very heavy particle or fundamental energy scale. Equation (11) has been derived by dimensional analysis in [44].

Finally, we would like again to demonstrate the heuristic power of the suggested approach approximately estimating the total density of the universe by dimensional analysis. Actually, a quantity *ρ* having dimension of density could be composed by means of the fundamental constants *c*, *G* and *H*:

(12) $$\rho = kc^{n_1}G^{n_2}H^{n_3},$$

where *k* is a dimensionless parameter of the order of magnitude of unit.

By the dimensional analysis, we have found the exponents $n_1 = 0, n_2 = -1, n_3 = 2$. Therefore:

(13) $$\rho \sim \frac{H^2}{G} \approx 7.93 \times 10^{-26}\ kg/m^3$$

The recent Cosmic Microwave Background (*CMB*) observations show that the total density of the universe $\overline{\rho}$ is [45-47]:

(14) $$\overline{\rho} = \Omega\rho_c \approx \rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G} \sim 10^{-26}\ kg/m^3$$

Evidently, the density *ρ* derived by means of the fundamental constants *c*, *G* and *H* coincides with formula (14) for the total density of the universe with an accuracy of a dimensionless parameter of

an order of magnitude of a unit. Besides, the formula (13) could be derived by means of other triad of fundamental constants, namely *G*, $\hbar$ and *H*.

Derivation of Dirac's large numbers hypothesis

The Planck mass $m_{Pl} \sim \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$ and formulae (4) and (7) for the Hubble mass and mass of the observable universe have been derived by dimensional analysis by means of the fundamental constants *c*, *G*, $\hbar$ and *H*. The Planck density $\rho_{Pl} \sim \frac{c^5}{\hbar G^2} \approx 5.2 \times 10^{96} kg/m^3$, the Planck length $l_{Pl} \sim \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}} \approx 1.14 \times 10^{-35} m$, the Planck time $t_{Pl} = \frac{l_{Pl}}{c} \sim \sqrt{\frac{G\hbar}{c^5}} \approx 5.37 \times 10^{-44} s$ and the formula (13) for the total density of the universe also are obtained by dimensional analysis. Taking into account above mentioned formulae and Hubble distance cH^{-1} and age of the universe H^{-1} we find remarkable ratios (15):

(15) $$\sqrt{\frac{M}{m_H}} = \frac{M}{m_{Pl}} = \frac{m_{Pl}}{m_H} = \frac{cH^{-1}}{l_{Pl}} = \frac{H^{-1}}{t_{Pl}} = \sqrt{\frac{\rho_{Pl}}{\overline{\rho}}} = \sqrt{\frac{c^5}{G\hbar H^2}} = N \approx 8.1 \times 10^{60}$$

These ratios appear very important because they relate cosmological parameters (mass, density, age and size of the observable universe) and the fundamental microscopic properties of the matter (Planck mass, Planck density, Planck time, Planck length and Hubble mass). In recent quantum gravity models, the Planck units imply quantization of spacetime at extremely short range. Thus, the ratios (15) represent connection between cosmological parameters and quantum properties of spacetime. Obviously, the ratios (15) appear a formulation of *LNH*.

As it has been mention in Section 1, the dimensional analysis allows to find unknown quantity with accuracy to dimensionless parameter *k* of the order of magnitude of unit. Below, we shall recalculate the ratios (15) using exact values of the respective quantities. The *exact* value of Planck mass could be found from definition of the Planck mass as the mass, whose Compton wavelength $\lambda\!\!\!^{-}$ and gravitational (Schwarzschild) radius r_S are equal:

(16) $$\lambda\!\!\!^{-} = \frac{\hbar}{mc} = r_S = \frac{2Gm}{c^2}$$

Thus, from (16) we find the exact value of Planck mass:

(17) $$m_{Pl} = \sqrt{\frac{\hbar c}{2G}} \approx 1.53 \times 10^{-8} kg$$

The exact value of Planck length l_{Pl} could be found from (16) and (17):

(18) $$l_{Pl} = r_S = \frac{2G}{c^2}\sqrt{\frac{\hbar c}{2G}} = \sqrt{\frac{2G\hbar}{c^3}} \approx 1.61 \times 10^{-35} m$$

Finally, the exact value of the Planck density is the density of a sphere possessing mass m_P and radius l_{Pl}:

(19) $$\rho_{Pl} = \frac{3m_{Pl}}{4\pi l_{Pl}^3} = \frac{3}{16\pi}\frac{c^5}{\hbar G^2} \approx 3.1 \times 10^{95} kg/m^3$$

Taking into account formulae (4), (8), (17), (18) and (19) as well as the Planck time $t_{Pl} = \frac{l_{Pl}}{c} = \sqrt{\frac{2G\hbar}{c^5}}$ ≈ 3.8×10^{-44} s, Hubble distance cH^{-1}, Hubble time ("age of the universe") H^{-1} and total density of the universe $\overline{\rho} \approx \rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G}$ we find the ratios (20):

(20) $$\sqrt{\frac{M}{m_H}} = \frac{M}{m_{Pl}} = \frac{m_{Pl}}{m_H} = \frac{cH^{-1}}{l_{Pl}} = \frac{H^{-1}}{t_{Pl}} = \sqrt{\frac{\rho_{Pl}}{\overline{\rho}}} = \sqrt{\frac{c^5}{2G\hbar H^2}} = N \approx 5.73\times10^{60}$$

It is worth noting that all ratios (20) are *exact*. Besides, the large number $N = \sqrt{\frac{c^5}{2G\hbar H^2}} \approx 5.73\times10^{60}$ is not simply ratio of two quantities but it is a *formula* expressed by means of the fundamental constants *c*, *G*, $\hbar$ and *H*. Thus, the ratios (20) represent exact formulation of the *LNH* while the ratios (15) are approximate.

The relation (21) could be found from (4), (8), (14) and (19):

(21) $$v_0 = \frac{M}{\rho_{Pl}} = \frac{m_H}{\overline{\rho}} = \frac{8\pi}{3}\frac{G\hbar}{Hc^2} \approx 2.83\times10^{-43} m^3$$

The radius of the sphere having volume v_0 is r_0 ≈ 4×10^{-15} *m*, that is of the order of size of the atomic nucleus. Therefore, the formula (21) shows that when the size of the universe was of the order of atomic nucleus its density was close to the Planck density ρ_{Pl}. Besides, the volume v_0 of the recent universe having average density $\overline{\rho} \approx \rho_c \sim 10^{-26} kg/m^3$ holds matter and energy equivalent to the Hubble mass m_H.

As the large number *N* is inverse proportional to *H*, the former increases during the expansion. The ratios (20) show that the mass of the observable universe *M* increases linearly with the cosmological time H^{-1}, whereas Hubble (graviton) mass decreases. Besides, the total density of the universe $\overline{\rho} \approx \rho_c$ decreases quadratic with cosmological time. However, the time variations of these quantities are negligible:

(22) $$\frac{\dot{M}}{M} = -\frac{\dot{m}_H}{m_H} = -\frac{1}{2}\frac{\dot{\overline{\rho}}}{\overline{\rho}} = \frac{\dot{N}}{N} \sim H \approx 7.26\times10^{-11} yr^{-1}$$

In addition, the large number *N* and Dirac's large number N_D are connected by the approximate formula (23):

(23) $$N_D \sim N^{2/3} = \sqrt[3]{\frac{c^5}{2G\hbar H^2}} \approx 3.2\times10^{40}$$

Conclusions

Three mass dimension quantities m_i have been derived by dimensional analysis, in addition to the Planck mass $m_{Pl} \sim \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$ ≈ 2.17×10^{-8} *kg*. Four fundamental constants – the speed of light in vacuum (*c*), the gravitational constant (*G*), the reduced Planck constant ($\hbar$) and the Hubble constant (*H*) have been involved in the dimensional analysis. The first derived mass dimension quantity $m_1 \sim \frac{\hbar H}{c^2}$ ~ 10^{-33} *eV* has been identified with the Hubble mass, which seems close to the graviton mass. The enormous mass $m_2 \sim \frac{c^3}{GH}$ ~ 10^{53} *kg* is close to the mass of the Hubble sphere that

appears gravitationally connected universe for an arbitrary observer. Besides, this formula practically coincides with the Hoyle-Carvalho formula for the mass of the universe obtained by totally different approach. The identification of the two derived masses reinforces the trust in the suggested approach. It is remarkable that the Planck mass appears geometric mean of the masses m_1 and m_2, i.e. $m_{Pl} = \sqrt{m_1 m_2}$. The third derived mass $m_3 \sim \sqrt[5]{\frac{H\hbar^3}{G^2}} \sim 10^7$ *GeV* could not be identified unambiguously at present time, and it could be considered as heuristic prediction of the suggested approach concerning unknown very heavy particle or fundamental energy scale.

Besides, the order of magnitude of the total density of the universe has been estimated by means of the suggested approach. Finally, a unique formula for large number $N = \sqrt{\frac{c^5}{2G\hbar H^2}} \approx 5.73 \times 10^{60}$ has been derived relating cosmological parameters (mass, density, age and size of the observable universe) and fundamental microscopic properties of the matter (Planck mass, Planck density, Planck time, Planck length and Hubble mass). Thus, a precise formulation and proof of *LNH* has been found.

References:

1. P l a n c k, M. The Theory of Heat Radiation (New York: Dover Publications, 1959) – translation from German Ed. 1906.
2. G e o r g i, H., Q u i n n, H. R., W e i n b e r g, S. Hierarchy of Interactions in Unified Gauge Theories, Phys. Rev. Lett., 33, 451-454, 1974.
3. B e r g m a n n, P. G. The Riddle of Gravitation (New York: Dover Publications, 1992).
4. B r i d g m a n, P. W. Dimensional Analysis (New Haven: Yale University Press, 1922).
5. H u n t l e y, H. E. Dimensional Analysis (New York: Dover Publications, 1967).
6. K u r t h, R. Dimensional Analysis and Group Theory in Astrophysics (Oxford: Pergamon Press, 1972).
7. B h a s k a r, R., N i g a m, A. Qualitative physics using dimensional analysis, Artificial Intelligence, 45, 73-111, 1990.
8. P e t t y, G. W. Automated computation and consistency checking of physical dimensions and units in scientific programs, Software – Practice and Experience, 31, 1067-1076, 2001.
9. L e v y – L e b l o n d, J. M. On the conceptual nature of the physical constants, Riv. Nuovo Cim., 7, 187-214, 1977.
10. D u f f, M. J. Comment on time-variation of fundamental constants, Preprint: arxiv:hep-th/0208093, 2002.
11. D u f f, M. J., O k u n, L.B., V e n e z I a n o, G. Trialogue on the number of fundamental constants, J. High En. Phys., Issue 03, id. 023, 2002.
12. B a r r o w, J. D. The Constants of Nature: From Alpha to Omega (London: Jonathan Cape, 2002).
13. F r i t z s c h, H. The Fundamental Constants, a Mystery of Physics (Singapore: World Scientific, 2009).
14. H u b b l e, E. A Relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae, Proc. Nat. Acad. Sci., 15, 168-173, 1929.
15. F r i e d m a n, A. Uber die Krummung des Raumes, Z. Physik, 10, 377-386, 1922.
16. E i n s t e i n, A. Die Grundlage der allgemeinen Relativitatstheorie, Annalen der Physik, 354, 769-822, 1916.
17. P e e b l e s, P. J. Physical Cosmology (Princeton: Princeton University Press, 1971).
18. D i r a c, P. A. M. The Cosmological Constants, Nature, 139, 323, 1937.
19. W u, Y., W a n g, Z. Time variation of Newton's gravitational constant in superstring theories, Phys. Rev. Lett., 57, 1978-1981, 1986.
20. W e b b, J. K. et al. Further Evidence for Cosmological Evolution of the Fine Structure Constant, Phys. Rev. Lett., 87, id. 091301, 2001.
21. N a r l i k a r, J. V. The Structure of the Universe (Oxford: Oxford University Press, 1977).
22. C e t t o, A., d e l a P e n a, L., S a n t o s, E. Dirac's large-number hypothesis revised, Astron. Astrophys., 164, 1-5, 1986.
23. J o r d a n, P. Die Herkunft der Sterne (Stuttgart: Wiss.Verlagsges., 1947).
24. S h e m i – z a d e h, V. E. Coincidence of large numbers, exact value of cosmological parameters and their analytical representation, Preprint: arXiv:gr-qc/0206084, 2002.
25. P e a c o c k, J. A. Cosmological Physics (Cambridge: Cambridge University Press, 1999).
26. A n d r e e v, A. Y., K o m b e r g, B. V. Cosmological Parameters and the Large Numbers of Eddington and Dirac, Astron. Rep., 44, 139-141, 2000.
27. V a l e v, D. Phenomenological mass relation for free massive stable particles and estimations of neutrino and graviton masses, Preprint: arxiv:1004.2449, 2010.
28. M o h r, P., T a y l o r, B. J. CODATA recommended values of the fundamental physical constants, Phys. Chem. Ref. Data, 28, 1713-1852, 1999.
29. M o u l d, J. R. et al. The Hubble space telescope key project on the extragalactic distance scale. XXVIII. Combining the constraints on the Hubble constant, Astrophys. J., 529, 786-794, 2000.
30. M a o r, I., B r u s t e i n, R. Distinguishing among scalar field models of dark energy, Phys. Rev. D, 67, id. 103508, 2003.

31. G a z e a u, J. P., T o p p a n, F. A natural fuzzyness of de Sitter space-time, Class. Quantum Grav., 27, id. 025004, 2010.
32. L l o y d, S., Computational Capacity of the Universe, Phys. Rev. Lett., 88, id. 237901, 2002.
33. B e c k w i t h, A. W. Energy content of gravitation as a way to quantify both entropy and information generation in the early universe, J. Modern Phys., 2, 58-61, 2011.
34. G k i g k i t z i s, I., H a r a n a s, I., K i r k, S. Number of information and its relation to the cosmological constant resulting from Landauer's principle, Astrophys. Space Sci., 348, 553-557, 2013.
35. W o o d w a r d, J. F., C r o w l e y, R. J., Y o u r g r a u, W. Mach's principle and the rest mass of the graviton, Phys. Rev. D, 11, 1371-1374, 1975.
36. G e r s h t e i n, S. S., L o g u n o v, A. A., M e s t v i r i s h v i l i, M. A. On the upper limit for the graviton mass, Dokl. Phys., 43, 293-296, 1998.
37. V a l e v, D. Neutrino and graviton mass estimations by a phenomenological approach, Aerospace Res. Bulg., 22, 68-82, 2008; Preprint: arxiv:hep-ph/0507255.
38. A l v e s, M. E., M i r a n d a, O. D., de A r a u j o, J. C. Can massive gravitons be an alternative to dark energy, Preprint : arxiv:0907.5190, 2009.
39. G o l d h a b e r, A. S., N i e t t o, M. M. Mass of the graviton, Phys. Rev. D, 9, 1119-1121, 1974.
40. V a l e v, D. Estimations of total mass and energy of the observable universe, Phys. Int., 5, 15-20, 2014; Preprint: arxiv:1004.1035.
41. K r a g h, H. Cosmology and Controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe (Princeton: Princeton University Press, 1999).
42. C a r v a l h o, J. C. Derivation of the mass of the observable universe, Int. J. Theor. Phys., 34, 2507-2509, 1995.
43. M a n g a n o, M., T r i p p e, T. The top quark, Europ. Phys. J. C, 15, 385-391, 2000.
44. V a l e v, D. Three fundamental masses derived by dimensional analysis, Am. J. Space Sci., 1, 145-149, 2013.
45. B a l b i, A. et al. Constraints on cosmological parameters from MAXIMA-1, Astrophys. J., 545, L1-L4, 2000.
46. d e B e r n a r d i s, P. et al. A flat universe from high-resolution maps of the cosmic microwave background radiation, Nature, 404, 955-959, 2000.
47. S p e r g e l, D. N. et al. First-year Wilkinson microwave anisotropy probe (WMAP) Observations: Determination of cosmological parameters, Astrophys. J. Suppl. Series, 148, 175-194, 2003.

ОСНОВЕН ВСЕМИРЕН КРЪГОВРАТ

Велко Велков

Адрес: 1113 София, кв. „Изток", ул. „Гагарин" № 19, бл. 201, ап.4,
e-mail: velvel@mail.bg

Ключови думи: *физическа същност, вещество, „критична" плътност, всемирен кръговрат .*

Резюме: *Докладът представя идея за кръговрат на преобразуване на основополагаща физическа същност, изпълваща всемирното пространство, във вещество и обратно. Определени са вероятните числени стойности на плътността на същността и средната плътност на веществото във Всемира при това преобразуване, границите на тяхната промяна и съотношението им. Предложена е нова стойност за „критична" плътност и подход за определяне на периодичността на предполагаемия всемирен кръговрат.*

BASIC COSMOLOGICAL CYCLE OF THE UNIVERSE

Velko Velkov

Address: 1113 Sofia, "Gagarin" street 19, b. 201, app. 4,
e-mail: velvel@mail.bg

Key word: *physical Essence, matter, "critical" density, cosmology cycle.*

Abstract: *In the report it is presented the idea of the transformation of the fundamental physical Essence, with exactly definite parameters, in the matter and reverse.*

Съвременната физическа наука определя средната плътност на веществото в наблюдаваната част от Всемира, или нашата Вселена, на стойност между 10^{-29} – 10^{-30} g/cm^3 [1], [2], [3], а за „критична" определя стойността 10^{-28} g/cm^3. От друга страна, според една нова хипотеза, в [4] е развита идеята за отсъствие на вакуум и гравитация и обяснението ефекта на привличане на материалните тела с изтласкването им едно към друго, упражнявано върху тях от налягането на реална физическа същност, обективно изпълваща всемирното пространство. Показано е, че именно тази физическа същност, с точно определени физически параметри, е в основата, първопричината и източника на всички структури и процеси във Всемира, предпоставя ги и ги определя. Един от основните параметри на тази същност, а именно плътността, е определена със стойност от порядъка на 1,5.10^7 g/cm^3. В [4] също така е научно обосновано, че веществото и като следствие всички материални тела се поражда и структурират от и под влиянието на тази основополагащата същност чрез „кондензиране" на маси от същността в маси на веществото, от познатите ни елементарни частици до крупните материални структури, планети, слънца, галактики. Т.е. структурните частици на веществото не са нещо различно от уплътнена същност, но със значително по-висока стойност на плътността от тази на същността, от която произтичат и в резултат на това с нови допълнителни физически качества.

Съотношението между двете указани стойности за плътността е от порядъка на 10^{37} или средната плътност на веществото във всемирното пространство е 10^{37} пъти по-малка от плътността на същността. Точно толкова пъти според науката е по-слабо по сила „набеденото" гравитационно взаимодействие от електромагнитното! Това случайно съвпадение ли е или дълбоко предпоставена закономерност ?

Ако стойност от порядъка на 10^{37} отразява действително някакво фундаментално съотношение и „критичната" или пределна плътност на вещество във Всемира, определено от съвременната наука е от порядъка на 10^{-28} g/cm^3, то се очертава като вероятна следната верига от процеси. От хипотезата, представена и обоснована в [4], следва, че плътността на същността и средната плътност на породилото се от нея вещество са взаимно свързани и то в обратно пропорционална зависимост, т.е. колкото по-плътна е същността, толкова по-малка е средната плътност на веществото и обратно, защото те са функция и следствие една от друга.

Тази зависимост и известните ни стойности за двата параметъра позволяват да бъде аналитично разчетен с първо приближение възможния диапазон на вариране на техните стойности и съотношението им в процеса на еволюцията на Всемира както е показано в следващата таблица.

Плътност на същността, ρ_E, [g/cm^3]	Средна плътност на веществото, ρ_M [g/cm^3]	Съотношение между плътностите
10^8	10^{-31}	10^{39}
$1{,}5.10^7$	$\approx 10^{-30}$	$\approx 10^{37}$
10^6	10^{-29}	10^{35}
10^5	10^{-28}	10^{33}

Данните от ред 2 на таблицата се отнасят за стойностите на съответната плътност и съотношението между тях към настоящия период от еволюцията на Всемира.

Какво подсказват данните от таблицата. Доколкото основополагаща очевидно е същността, а материята във всичките си форми, на вещество и лъчение, следствие и продукт от еволюцията на нейните параметри, то има основание за допускане на следната верига от процеси. Нека за изходно състояние приемем едното от двете крайни съгласно таблицата, например горното, с плътност на същността 10^8 g/cm^3 и средна плътност на веществото 10^{-31} g/cm^3, то при това състояние почти няма вещество. Цялата енергия и съответно маса на веществото се е преляла чрез излъчване в същността, при което нейната плътност е достигнала указаната стойност. Вероятно това е пределна или „критична" плътност на същността и ако това обективно и действително е така, то в това състояние същността би трябвало да изпитва необходимост от фазов преход, при което да се „освободи" от тази критична плътност и да я намали. Вероятно от това състояние същността излиза „взривообразно" и преминава в друго. Според теорията на „Големия взрив" това е началото и раждането на Вселената и точка на сингулярност, т.е. на невалидност на известните ни физически закони. Според хипотезата от [4] това не е точка на сингулярност, а равностойна на всички останали точки и периоди от еволюцията на основополагащата същност и веществото, с точно определени стойности на физическите параметри, при което от същността със скок, а може би и като по бавен процес, се „кондензират" първичните образувания, или познатите ни елементарни частици с плътност в диапазона 10^{13}-10^{14} g/cm^3, т.е. значително по-висока от тази на същността, от която произтичат.

Следва да бъде отбелязано, че при такъв подход и обяснение за произхода и структурирането на елементарните частици, отпада въпроса за това кое им придава маса. Както и търсенето на „набедения" Х-бозон, когото съвременната наука настоятелно издирва, като причина и начало на техния генезис. Нима не е логична идеята, че никой не придава маса на частиците, а те просто си я извличат, придобиват от същността, по механизъм подобен, а може би аналогичен на процеса на кондензиране и концентриране от нея и в нейната среда. По вероятно е Х-бозона, като физически качества и параметри, да е отдавна отминала фаза при структурирането на елементарните частици, да е форма на ранния стадий на формирането им, междинното звено между същността и веществото в следващата му фаза на еволюция и сега неговото търсене и намиране да е безсмислено. Образно изразено, това събитие или процес може да бъде прието за начало и зараждане на познатата ни материя или вещество, условно именувана „светла" материя, при което естествено плътността на същността, или отново условно, „тъмната" материя се е понижила до стойност 10^5 g/cm^3, а средната плътност на веществото е нараснала и приела стойност 10^{-28} g/cm^3. Тази именно стойност на плътността на веществото съвременната наука приема за „критична", без ясно основание за това. Защото трудно е да се намери очевидна и убедително налагаща се причина във вещество да се превърне и по-голяма част от същността, но се превръща именно и само толкова. Следователно по-обективно е за „критична" да бъде приета стойността 10^8 g/cm^3, при която вероятно същността изпитва необходимост от фазов преход и промяна на стойностите на плътността си до преминаване към друго, крайно или гранично състояние, но очевидно устойчиво, съответстващо примерно на най-долния ред на таблицата.

Каква би следвало да е веригата по-нататък. Естествен процес изглежда, по-нататък от новото крайно състояние да следва еволюция към изходното състояние, т.е. намаляване на средната плътност на веществото, поради излъчване на енергия, съответно маса, и преливането й обратно в първична същност, при което отново се увеличава плътността на същността, до достигането й на отбелязаната по-горе пределна или „критична" стойност.

Много е вероятно, а и логично изглежда, така описаната последователност от процеси да е веригата на основния, вечен и неспирен кръговрат във Всемира, кръговрат на трансформация на същност във вещество и обратно.

Какви следствия може да има предполагаемия всемирен кръговрат или космологичен цикъл.

Последната колонка на таблицата подсказва, че съотношението между плътността на същността и средната плътност на веществото варират също в определените граници, т.е. състоянието на същността и веществото макар и много бавно по отношение мащабите на времето се променят в указаните граници. След като плътността на същността и веществото са променливи във времето, то логично изглежда и други параметри, както и параметрите на процеси, развиващи се в тях, също да са с променливи стойности. В частност, например, скоростта на електромагнитните колебания, които са продукт на същността и веществото би трябвало да е променлива, т.е. да не е константа. Скоростта на електромагнитните колебания може би следва да се разглежда като константа само в много малък мащаб на времето.

Интерес представлява въпросът за продължителността или цикличността на така описания всемирен кръговрат. От съотношенията и пропорциите на таблицата и известната ни възраст на Вселената, според науката от порядъка на 13-15 милиарда години, може да бъде направен извода, че сегашния стадий на еволюцията на Всемира се разполага някъде в края на третата и началото на последната четвърт от цикъла или общата продължителност на предполагаемия космически цикъл или кръговрат следва да е от порядъка на 17-20 милиарда години. От друга страна, според теоретичните обосновки и изчисления относно продължителността и баланса на двата основни вида реакции протичащи в слънцата, отразени в един от фундаменталните трудове на известния астрофизик Шварцшилд [5], остатъчният ресурс на слънцата и слънчевите системи от основната или главна последователност до тяхното затихване, угасване и отдаване на енергията, съответно масата, в същността се определя на стойност от порядъка на 50-60 милиарда години. Т.е. продължителността на космологичния цикъл се очертава да е от порядъка на 70-80 милиарда години.

Както се вижда, разликата в двете оценки, направени по два независими подхода е съществена, което налага сериозни изследвания за установяване на по-достоверната стойност за продължителността на основния всемирен кръговрат. Една от очертаващите се възможности в това отношение е в разкриването и установяването на причина или фактор, обуславящи ускорен, инфлационен преход от вещество към същност, което би могло да сближи двете стойности до приемливи разлики. Друга възможност е в прецизиране и уточняване на сегашната възраст на нашата Вселена, като част от Всемира. Коя от двете възможности е по-ползотворна в опитите да се установи с по-висока точност продължителността на всемирния кръговрат е въпрос на следващи изследвания.

В заключение следва отново да се обърне внимание на отношението 10^{37} тъй като то беше заложено и използвано като определящо при проведените анализи, разчети и изводи в доклада. Вече беше указано, че освен съотношение между плътностите на същността и веществото, то изразява и отношение на силите или интензивността на гравитационното и електромагнитното взаимодействия. В [4] е обосновано и показано, че гравитацията и съответно гравитационните взаимодействия и вълни не са реални физически явления или процеси и техния ефект се дължи на налягането на физическата същност върху материалните тела, формирани от нея в нейната среда. Така че съотношението 10^{37} следва да отразява пропорции и размерности, отговарящи и съответстващи на взаимното влияние на същността и веществото в процеса на тяхното преобразуване и еволюция, включително и на електромагнитните взаимодействия, явяващи се техен продукт.

В резултат на проведените изследвания, представени в доклада, се създават предпоставки за изясняването на редица все още не достатъчно пълно изяснени от съвременната наука въпроси за устройството и процесите, развиващи се в заобикалящия ни свят. Обобщено и кратко изразено новата информация се състои в това, че всички структури и процеси във Всемира произтичат от реална физическа същност, с определени физически параметри и се развиват циклично в нескончаем всемирен кръговрат.

Литература:

1. Шмутцер, Э. „Теория относительности. Современное представление”. Изд. „Мир”, Москва, 1981.
2. Эйнщейновский сборник. Москва, 1966 г.
3. Valev, D. “Consequances from conservation of the total density of the Universe during the expansion” and “Estimations of total mass and density of the observable Universe by dimensional analysis”. Aerospace Research in Bulgaria № 24. Bulgarian Academy of Sciences. Sofia. 2012.
4. Велков, В. „Хипотеза за космологичен модел на Всемира без гравитация”. Сборник доклади на трета международна научна конференция „Наука, образование, иновации”. Шумен 21-23 май 2014.
5. Martin Schwarzschild. Structure and evolution of the stars. Prinseton, New Jersey, 1958. В превод на руски: М. Шварцшильд. Строение и еволюция звезд. Изд. „Иностранной литературы”, Москва, 1961 г.

S E S 2 0 1 4
Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

ОТНОСНО ПОСТОЯНСТВОТО НА МИРОВИТЕ КОНСТАНТИ

Велко Велков

Адрес: 1113 София, кв. „Изток", ул. „Гагарин" № 19, бл. 201, ап.4,
e-mail: velvel@mail.bg

***Ключови думи**: физически константи, гравитационна, релативистка, квантова.*

***Резюме**: Докладът представя анализ относно постоянството на фундаменталните мирови константи – гравитационна, релативистка и квантова. Представени са доводи, подкрепени с числови изрази, за промяна на техните стойности в процеса на еволюцията на Всемира.*

ON FUNDAMENTAL CONSTANTS OF THE UNIVERSE

Velko Velkov

Address: 1113 Sofia, "Gagarin" street 19, b. 201, app. 4,
e-mail: velvel@mail.bg

***Key word:** physical constants, gravity, relativity, quantum.*

***Abstract:** The report includes analysis about constancy of the fundamental physical constants – gravity, relativity and quantum. It presents the reason about the change their values during the evolution of the Universe.*

Една от възможните насоки на развитие за съвременната физическа наука се свързва със създаването на квантова теория на гравитацията, чрез която да бъде постигнато обединението на гравитационното взаимодействие с останалите три вида взаимодействия – силно и слабо ядрени взаимодействия и електромагнитното взаимодействие, обединени в т.н. „Стандартен модел". Според автора на една от известните книги по космология [1] такава, „по обща от Общата теория на относителността (ОТО)", теория не съществува. Ако все пак такава теория бъде изградена някога, твърди той, в нейните основи би трябвало да бъдат заложени трите известни мирови константи: **гравитационната** или константата на Нютон, означавана в повечето източници с **G** , **релативистката** или константата на Айнщайн (**c**) и **квантовата** или константата на Планк (**ħ**).

За съжаление такава обща теория все още не е създадена, въпреки усилията на съвременната физическа наука и на редица водещи учени по създаването на „Теория на всичко", „Великото обединение", „Теория на суперструните" и други амбициозни напъни.

Стойностите на указаните константи, определяни като „фундаментални", в измервателната система CGS имат следните значения:

- $2{,}97.10^{10}$ cm/s – за скоростта на електромагнитните взаимодействия, в частност светлината, **c**;
- $6{,}68.10^{-8}$ $cm^3/g \cdot s^2$ – за гравитационната константа на Нютон **G**;
- $6{,}67.10^{-27}$ erg . s – за константата на Планк **ħ**.

От комбинацията на тези три константи във физиката се извеждат други важни и основни физически величини и параметри, като **плътност**, елементарна или планкова **дължина**, характеристично **време** и елементарна **маса**, като се приема, че съответно и те са с непроменливи и константни стойности. Използвайки формулите за изчислението им, представени в [1], стр. 170, за указаните физически величини се получават приблизително следните стойности:

- $5.\ 10^{93}$ g/cm^3 - за плътността;
- $1{,}6 \cdot 10^{-33}$ cm - за елементарна или планкова дължина;
- $0{,}5 \cdot 10^{-43}$ s - за характеристично или планково време;

- 2 . 10^{-5} g - за маса на „гравитона”.

Указаните по-горе стойности на пръв поглед имат парадоксални стойности – огромни или нищожно малки, но не може да има никакво съмнение, че те отразяват дълбоко залегнали в устройството на Всемира съотношения и пропорции на структуриране и взаимодействие. Показателна е например връзката или по-скоро съотношението между масите и размерите на елементарните частици, в частност протоните и електроните и средните маси и размери на крупните конфигурации, слънцата и планетите [2], стр. 41-42, както и много други съотношения и пропорции, отразени например в [3], [4]. В тези съотношения и пропорции, както и аналитичните изрази за изчисление на почти всички физически величини, неотменно присъстват фундаменталните или мирови константи. Именно поради това въпросът за постоянството на стойностите на тези мирови константи във времето или в процеса на еволюцията на Всемира освен интересен е и важен от научна и философска гледна точка, защото има решително значение за изграждане на по-пълна и цялостна картина и мироглед за устройството и процесите протичащи в него.

След като е очевидно, както ни сочат и подсказват процесите в околния свят и натрупаните знания, че всичко в него се променя във времето вследствие някакво, най-общо казано развитие, възниква логично въпроса възможно ли е да има физически величини и параметри с точно определени и постоянни във времето стойности, като например тези приемани за фундаментални константи. В търсене на отговор на този въпрос са ползотворни две нови публикации [5] и [6], в които е развита идеята и предложена хипотеза за наличието във всемирното пространство на основополагаща физическа същност, като основа и първоизточник на всички известни ни структури и процеси. В първата от тях са определени някои от основните физически параметри на тази същност и изчислени техните стойности. Нещо повече, обоснована възможността за промяна на стойностите им във времето, в резултат обективното развитие на основен космологичен кръговрат на процесите във Всемира.

Последователен анализ по въпроса за постоянството на трите основни константи, при сливането на информацията от известните трудове в единен информационен масив, води до следните заключения и изводи. Гравитационната константа на Нютон **G,** както е показано в [5], по своята размерност, отразява специфичен обем или обема отреден на единица маса, запълваща този обем, т.е реципрочната стойност на плътност. На тази база е изчислена плътността на съдържащото се във всемирното пространство физическо съдържимо, определено с термина „същност”. Получената стойност е от порядъка на 1,49. 10^{7} g/cm^{3}. Според хипотезата от [5] плътността на тази същност е променлива във времето вследствие на факта, че от нея се пораждат структурите на познатото ни вещество, елементарните частици, чрез процес на „кондензиране” или уплътняване на маси от същността в дискретни обеми. В [6] е определен аналитично диапазона на промяна на стойностите на плътността на основополагащата същност и средната плътност на веществото в хода на еволюцията, вследствие на преливане на маси (енергия) от същността към веществото и обратно. Периодичността на този процес е определен като основен космологичен кръговрат. След като е добре известна и опитно потвърдена стойността на гравитационната константа (**G**) в настоящия стадии, то на базата на определените стойности за плътността в хода на цикъла може да бъде изчислена и стойността на гравитационната константа. Получава се следния диапазон на вариране на стойността на гравитационната константа в процеса на еволюцията на Всемира - 10^{-5}-10^{-8} cm^{3}/g.s^{2}, т.е. съгласно предложената хипотеза, гравитационната константа не запазва своята стойност в процеса на еволюцията, а е много бавно променяща се във времето величина и само за сравнително по-малки периоди от време, може условно да бъде приемана за константа.

Като следствие от промяната на плътността на същността, т.е. средата на разпространение на различните известни видове взаимодействия, би следвало да се променя и стойността на скоростта на разпространение на електромагнитните взаимодействия, т.е. светлината. Ако действително стойностите за плътността на същността, определени съгласно [5] са адекватни, а актуалната (сегашната) скорост на електромагнитните колебания, означавана със символа **c** както е добре известно е от порядъка на 3.10^{10} cm/s, то тогава скоростта на електромагнитните взаимодействия в диапазона на възможните стойности за плътността на същността във времето може да бъде изчислена по обикновеното математическо правило и би следвало да има стойности както следва:

- 2.10^{8} cm/s - при плътност на същността 10^{5}g/cm^{3} ;
- 2.10^{9} cm/s - при плътност на същността 10^{6} g/cm^{3};
- 2.10^{11} cm/s - при плътност на същността 10^{8} g/cm^{3}.

Излиза, че в ранния стадий на цикъла от кръговрата на Всемира, скоростта на електромагнитните колебания е била с два порядъка по-малка от сегашната, а в бъдеще ще

достигне стойност с порядък по-висока. Това обяснява, а от друга страна променя доводите и обяснението на един от основните феномени, подкрепящи тезата за разширяваща се Вселена, а именно инфрачервеното отместване на спектъра на електромагнитните колебания. Не раздалечаването или разбягването на космическите обектите, а разпространението на електромагнитните колебания в среда с по-малка плътност назад във времето и съответно по-ниска скорост на разпространение е причината за наблюдаваното изместване на спектъра на електромагнитните колебания от по-далечните източници към инфрачервената област, достигащи до нас в настоящата епоха. Тенденцията показва също така нарастване на скоростта на светлината с още един порядък в бъдеще, със всички последици от това.

След като са на лице сериозни доводи и основания да се счита, че най-малко две от основните три мирови константи, а именно (**G**) и (**c**) са с променливи във времето стойности, то като следствие, с променливи стойности във времето би трябвало да бъдат и производните величини, които бяха отбелязани по-горе.

Преминавайки към разглеждането на въпроса за постоянството и на третата фундаментална константа или константата на Планк **ħ**, следва да бъде отбелязано, че нещата тук изглеждат по различно. Изследванията показват, че не могат да бъдат разкрити убедителни доводи или основания да бъде считана тя за величина с променлива стойност.

Съгласно науката, **ħ** се явява характерна, отговорна и определяща при структурирането и в процесите, произтичащи на микро ниво на организация на материята – вещество и лъчение, а както беше отбелязано в началото, косвено и на макро ниво. Нейното значение във физиката на елементарните частици и в квантовата механика е съществено и затова нейната стойност е определена строго и точно, а също физическия смисъл и размерността й като квант на действие. От какво може да зависи стойността на **ħ,** с какви други физически величини и параметри може да се свърже, може ли да бъде до такава степен независима и действително ли стойността и е неизменна. С първо приближение няма пряко отношение и не е свързана с физическите параметри на същността и в този смисъл не е подложена на влиянието на други фактори при формирането на своята стойност. Това заключение може и да не е справедливо и все още да не сме установили връзката на **ħ** с останалите физически величини. За сега като че ли следва да приемаме **ħ** за неизменна постоянна величина, т.е. фундаментална. В отсъствието на теоретични и експериментални резултати по въпроса следва да се задоволим с изразяването на някои предположения, които могат да бъда полезни в усилията ни и работата по проблемите на космологията и физиката на елементарните частици.

В контекста на предложената хипотеза за преобразуване на основополагащата същност във вещество, **ħ** вероятно е свързана и оказва влияние в процеса на образуването и синтеза на първичните структури на веществото чрез или по подобие на процеса кондензиране, водещ до дискретизация, квантоване и обособяване на структурите на веществото в средата на същността. Един от насочващите моменти по пътя на изясняването на въпроса за влиянието на **ħ** в процесите на Всемира е свързан с уточняването на това дали при всеки нов цикъл от всемирния кръговрат, дискретизацията на същността и структурирането на веществената компонента се осъществява на едно и също ниво в пространствено (а може би и енергетично) ниво или има разлика в пространствените и енергетични параметри при дискретизацията от цикъл към цикъл. Очевидно има само две възможности: ако **ħ** е действително константа, то Всемирът се е развивал и вечно ще се развива по един и същи начин в своя кръговрат. Ако обаче **ħ**, в следствие причини подлежащи на бъдещи изследвания, приема при всеки нов цикъл различни стойности, то съществуват множество възможности за устройството и развитието му.

Литература:

1. Левитан, Е. П. Физика Вселенной. Изд. „Наука”, Москва 1976.
2. Философские проблемы физики элементарных частиц. Под редакции И.В. Кузнецова и М.Э. Омельяновского. Изд. „Наука”. Москва 1964 г.
3. Victor J. Stenger. A Case Against the Fine Tuning of the Cosmos. University of Colorado 500 N Bermont St Lafayette, CO 80026 USA.
4. John C. Baez. Higher-Dimensional Algebra and Planck-Scale Physics. Department of Mathematics, University of California Riverside, California 92521, USA January 28, 1999.
5. Велков, В. Хипотеза за космологичен модел на Всемира без гравитация. Сборник доклади на трета международна научна конференция „Наука, образование, иновации”. Шумен 21-23 май 2014.
6. Велков, В. Основен космологичен кръговрат на Всемира. Сборник доклади на 10-та научно-техническа конференция с международно участие на ИКИТ- БАН SES 2014, 12-14 ноември 2014 г. София.

NIGHT SKY BRIGHTNESS OVER THE ROZHEN NATIONAL ASTRONOMICAL OBSERVATORY

Tsvetan Georgiev

New Bulgarian University
Institute of Astronomy and NAO – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: tsgeorgiev@nbu.bg

Keywords: *Night sky brightness*

Abstract: *Estimations of the night sky brightness are derived in the surface photometry of nearby galaxies, observed in 2003-2004 by the Schmidt telescope of the Rozhen NAO, Bulgaria, at 1750 m over the sea level, in an epoch of solar maximum. The average sky magnitudes in the BVR_C I_C bands occur 21.3, 20.7, 203 and 18.7 mag/sq.arcsec, respectively. The observed objects were placed up to 30 degree from the zenith and the standard error of the estimations is about 0.2 mag. The increasing of the night sky brightness is due to the grow of the nigh illuminations in the surrounding towns and villages in the period 1983-2003 is estimated to be about 0.4 mag or 1.4 times. Estimations of the brightness of the night sky over other astronomical sites are collected too.*

Introduction

The night sky brightness (NSB) restricts the deepness and accuracy of the astronomical photometry. In his classical work Garstang (1989) determined the natural NSB s to be 22.0 mag/sq.arcsec in V-band and 23.0 mag/sq.arcsec in B-band. At that time the most dark sky is registered occasionally over San Benito Mountain, V=22.06 mag/sq.arcsec, in 1976, as well as over Mauna Kea, B=23.05 mag/sq.arcsec in 1987.

Many contaminates to the NSB are well known – extragalactic background, unresolved stars of the Milky Way (in dependence on the galactic latitude), zodiacal light (in dependence on the ecliptic latitude), solar-cycle phase, artificial airglows (in dependence on zenith distance and azimuth), elevation above the sea level etc. (Walker 1970; Roch & Gordon 1973). Moreover, the airglow depends on the atmosphere transparency, which fluctuates by minutes, hours, days, seasons, years, epochs etc. So, the correct estimation of the NSB is a complicated task that needs many observations in a long period of time.

However, single approximate data are very useful too. This paper reports estimations of the NSB over Rozhen NAO in 2003-2004 . Collections of such data for other observing sites is present too.

The method and the results about Rozhen NAO

These estimations of the NSB are a buy product of the surface photometry of a few nearby galaxies (Georgiev, 2014). The observations were carried out in the summers of 2003and 2004 by the 50/70/170 cm Schmidt telescope of the Rozhen NAO, in the Rhodope Mountains, at 1750 m elevation. A CCD camera ST8 with scale 1.1 arcsec/pix and field 18x27 arcmin was explored. Shot filters with 3 mm thickness were used for BVRI bands (hereafter wew mwans BVR_C $I_{C)}$, as follows: 1BG13+1BG12+1BG39, 2GG495+1BG39, 1BG570+2KG3, 3RG9.

The radial profiles of the galactic images and the background estimations are based on the median pixel values of numerous concentric elliptical rims, centered on the galaxy nucleus. The axial ratio and the position angle of the rim system were adopted to fit the faint periphery of the galaxy image. The background value is estimated by the profile on distances from the center of the image that is 2-3 times larger than the radius at surface brightness 25 $mag.arcsec^{-1}$ in B band. This radius of the galactic image is extracted from the data in NED (NASA/IPAC Extragalactic Database, 2014) and HyperLeda (Université Claude Bernard, Lyon 1,2014).

Average NSB over Rozhen NAO in 2003-2004, in BVRI bands and respective standard deviations (in parentheses) , are: B = 21.28 ±0.29 , V=20.69 ± 0 .23, R = 20.33 ± 0.16 and I = 18.73

± 0.12 mag/sq.arcsec, respectively. The numbers of the estimations in different bands are between 5 and 8.The results of the single NSB estimations are presented on Fig.1

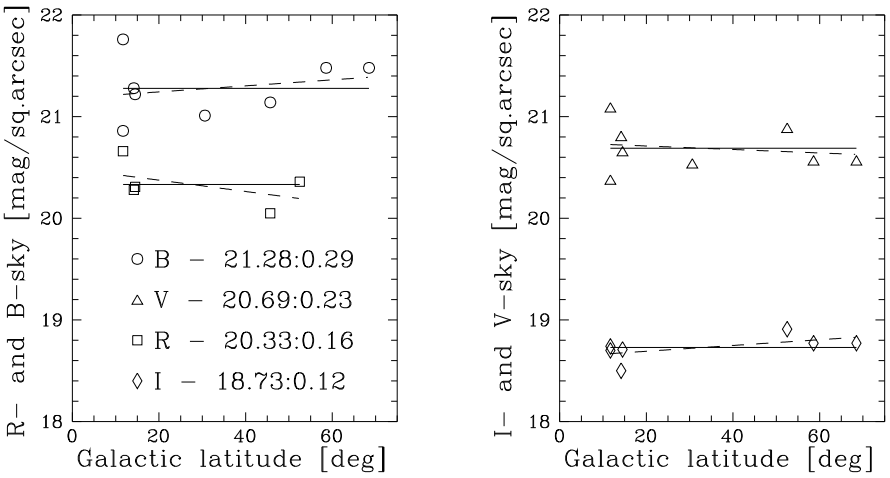


Fig. 1. Single estimations of the NSB over the Rozhen NAO in 2003-2004. Left panel: in B and R bands . Right panel: in V and I bands. Solid lines: levels of the average values. Dashed lines show the regressions on the galactic latitude of the used galaxy

The NSB in I band seems to be too high. It may be explained in particular by the sensitivity of the used CCD in the near infrared in combination of the lack of bounding filter for the long light waves. Generally, the number of the estimations is not high, the disturbing factors are many and the dependence on the galactic latitude occurs not significant (Fig.1).

The increasing of the Rozhen NSB in the period 1983-2003 is estimated to be about 0.4 mag or 1.4 times.

Other estimations of the night sky brightness

Garstang (1989) has been collected many data about NSB over astronomical observing sites. A part of these data are reproduced in Table 1. Many other estimations of the NSB have been published later. Some of them are collected in Table 2.

Neizvestny (1982) published observations of the NS over the SAO (USSR) in the Nord Caucasus, at 2050 m elevation. The observing period is 1976-181, in a solar-cycle maximum. He found average NSB with standard error about 0.05 mag as follows: 22.55 mag/sq.arcsec in B, 21.42 mag/sq.arcsec in V and 20.39 mag/sq.arcsec in R_J. The color index is 1.07.

Krisciunas (1997) reported observations of the NSB at 2800 m over the sea side near to the Mauna Kea Peack in 1985-1996, in a period of one solar cycle. He found the NSB in V-band is varying from 21.3 mag/sq.arcsec in the solar maximum to21.9 mag/sq.arcsec in the solar minimum, The mean value is 21.6 mag/sq.arcsec. The color-index remains practically constant: (B-V) = 0.93 .

Table 1. Night sky brightness in V-band after Garstang (1989)

Ste	Year	V-NSB	Ste	Year	V-NSB
Mauna Kea	1980	21.96	Cerro Tololo	1987	21.58
Kitt Peak	1987	21.92	Mount Palomar	1972	21.50
Sacramento Peak	1978	21.86	McDonald	1960	21.25
San Pedro Martir	1970	21.85	Lick	1973	20.37
Mount Hopkins	1980	21.82	Nount Wilson	1973	19.80

Benn & Ellison (1998) published data about NSB in La Palma for the period 1987-1996. They found the median sky brightness at high elevation, high galactic latitude and high ecliptic latitude, at sunspot minimum, to be B = 22.7 mag/sq.arcsec, V = 21.9 mag/sq.arcsec, R = 21.0 mag/sq. arcsec, similar to that at other dark sites. The main contributions to sky brightness are airglow and zodiacal light. The sky is brighter at low ecliptic latitudes (by 0.4 mag), at solar maximum (by 0.4 mag), and at high airmass (0.25 mag brighter at airmass 1.5).

Table 2. Collection of estimations of the night sky brightness in BVRI bands

Site	Years	B	V	R	I	B-V	V-R	R-I	B-R	V-I	Cit.
SAO, Russia	1976-1981	22.6	21.4	20.4	-	1.2	1.0	-	1.8	-	1
Mauna Kea*	1985-1996	22.5	21.6	-	-	0.9	-	-	-	-	2
La Palma	1987-1996	22.7	21.9	21.0	-	0.8	0.9	0.9	1.7	-	3
Paranal	2002	22.6	21.6	20.9	19.7	1.0	0.7	1.2	1.7	1.9	4
Paranal	1992-2006	22.7	21.7	20.9	19.6	1.0	0.8	1.3	1.8	2.1	5
CTIO	1992-2006	22.8	21.8	21.2	19.8	1.0	0.6	1.4	1.6	2.0	6
Calar Alto	2004-2007	22.9	22.0	21.4	19.2	0.9	0.6	1.2	1.5	2.8	7
Skinakas Obs.	2008	22.4	21.6	21.1	-	0.8	0.5	-	1.4	-	8
Mount Graham	2008	22.8	21.8	20.8	19.8	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	9
Padova Obs.	1987	20.9	20.2	-	-	0.7	-	-	-	-	10
Padova Obs.	1993	20.4	19.9	-	-	0.5	-	-	-	-	10
Rozhen Obs.	1983	21.8	20.8	-	-	1.0	-	-	-	-	11
Padova Obs.	1985	21.7	20.9	-	-	0.8	-	-	-	-	12
Rozhen Obs.	2003-2004	21.3	20.7	20.3	18.7	0.6	0.4	1.6	1.0	2.0	13
KrAO	2008	-	20.8	-	-	-	-	-	-	-	14

1. Neizvestny (1982); 2.Krisciunas (1997); 3.Benn & Ellison (1998); 4.Patat (2003); 5.Krisciunas et al. (2007); 6.Krisciunas et al. (2007); 7.Sanchez et al (2007); 8.Skinakas Observatory(2008); 9.Redani (2009); 10.Cinzano (2000); 11. Afanasiev (1983); Panov {1985); 13.This work;14. Grankin (2009). * Not over the peak, but At 2880 m over the sea level.

Patat (2003) estimated the typical NSB for Paranal and found that it is similar to those reported for other astronomical dark sites at a similar solar solar cycle phase. The zenith-corrected values averaged over the whole periodin UBVRI-bands are, respectively, 22.3, 22.6, 21.6, 20.9 and 19.7 mag/sq.arcsec, respectively.

Krisciunas et al. (2007) reported estimations of the average NSB over CTIO and Paranal in BVRI bands, in the period 1992 – 2006, with typical standard error 0.2, follows. For CTIO: 22.82, 21.79, 21.19, 19.85 mag/sq.arcsec and for Paranal: 22.66, 21.69, 20.91, 19.65 mag/sq.arcsec , respectively.

Sanchez ey al (2007) estimated the NSB over Calar Alto site and reported that the zenith-corrected values of the moonless NSB in UBVRI bands are 22.39, 22.86, 22.01, 21.36, and 19.25 mag/sq.arcsec, respectively. He clame that Calar Alto is a particularly dark site for optical observations up to the I band. The observing period is 2004-2007.

The NSB over the Scinakas Observatory (Crete Island) with standard error ~0.15 is B=22.36 ± 0.16, V =21.60 ± 0.14 and R=21.07 ± 0.14 mag/sq.arcsec, respectively (Skinakas Observatory, 2008)

Redani (2009) gave data about t Mount Gracham site, the place of the Large Binocular telescope. The zenith-corrected values of the NSB in UBVRI bands are 21.98, 22.81, 21.81, 20.82, and 19.78 mag/sq.arcsec, respectively.

Grankin (2009) reported that the NSB over and the Crimean Astrophysical Observatory in V band is 20.8 mag/sq.arcsec, respectively.

Conclusion

In the last 30 years the NSB over the Rozhen National Astronomical Observatory (NAO) in the Rhodope Mountains grows up obviously. The reason is the increase of the airglow from the nearby towns and villages. The main source of airglow is the developing winter mountain resort Pamporovo, with direct vicinity at 10-15 km from the Observatory.

This work confirm that the good astronomical site may be characterized with NSB in BVRI bands at least with 22.5, 21.5, 20.8 and 19.8 mag/sq.arcsec. From this point of view the Rozhen night sky is about 2.5 times brighter. The increasing of the Rozhen NSB in the period 1983-2003 is estimated to be about 0.4 mag or 1.4 times. So, the Rozhen NSB is relative high and this restricts the deep observations. In the same time the extinction of the clear Rozhen atmosphere in the beginning of the 20th remains relatively low, about 0.15 mag in B-band (Dimitrov, 2007).

References:

1. A f a n a s i e v, V. L., 1983, Private communication
2. B e n n, C. R.; E l l i s o n, S. L., 1998, New Astronomy Review 42, 503

3. C i n z a n o, F., 2000, Memorie della Società Astronomia Italiana, 71, 159
4. D i m i t r o v, D., 2007, Private communication
5. G a r s t a n g, R. H., 1989, Publ. Astron. Soc. Pacific 101, 306
6. G e o r g i e v, Ts. B., 2014, In preparation
7. G r a n k i n, K. N, 2009, http://astrotourist.info/analiz-zasvetki-v-krao
8. HyperLeda, 2014, http://atlas.obs-hp.fr/hyperleda/; http://www-obs.univ-lyon1.fr/hypercat
9. K r i s c i u n a s, K., 1997, Publ. Astron. Soc. Pacific 109,1181
10. K r i s c i u n a s, K., S e n l e r, D. L., R i c h a r d s, J., S c h w a r z, H. E., S u n t z e f f, N. B., V e r a, S., S a n h u e z a, P., I., 2007, PASP 119,687
11. NED, 2014, http://nedwww.ipac.caltech.edu
12. N e i z v e s t n y, S., 1982, Astropys. Invest. (USSR), 16, 49
13. P a n o v, K., 1984, Private communication
14. P a t a t, F., 2003, Astron. Astrophys. 400, 1183
15. R e d a n i, M., 200, Publ. Astron. Soc. Pacific 12, 778
16. R o c h, F. E., G o r d o n, J. L., 1973, *The light of the Night Sky,* Dordrecht, Reidel
17. Sánchez, S. F.; Aceituno, J.; Thiele, U.; Pérez-Ramírez, D.; Alves, J.,2007, Publ. Astron. Soc. Pacific 119,1186
18. Skinakas Observatory (2008), http://skinakas.physicsuc.gr
19. W a l k e r, M. F., 1970, PASP82, 682
http://www.lightpollution.it/dmsp/totbri.html

METHODS FOR EXPLORING THE DYNAMICAL PROCESSES IN BINARY STARS SYSTEMS

Daniela Boneva

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

Keywords: *Stars: Binary stars; Accretion; gas-dynamical simulations; light curves; polarization;*

Abstract: *We presented theoretical and observational methods on the investigation of the flow dynamics in accreting binary stars.*

We have modeled the dynamical processes in the primary star and in the accretion disc around it on the base of the gas-dynamical calculations.

The results reveal flow structure transformation properties and their relation to the observational events as the quasi-periodic variability in the luminosity.

МЕТОДИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДИНАМИЧНИ ПРОЦЕСИ В ДВОЙНИ ЗВЕЗДНИ СИСТЕМИ

Даниела Бонева

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

Introduction

Binary stars are dynamically active systems. It relates to the processes of: flow fluctuations such as density and velocity variations; structural transformations; wave-pattern formations; flickerings and bursts. They could be the result of tidally interacting processes between two stars, as well as the following mass transfer.

Tidal interaction between the out-flowing matters from donor through the point of libration L_1 and the flow around the accretor have been studied by gas-dynamical analysis [7], [3], [9], [14], [15]. Bisikalo et al. [2] have shown that even a small variation in mass transfer rate of the binary system, could disturb the equilibrium state of the hot accretion disc. Hence the conditions of the flow structure transformation in the close binary star system can be generated.

An investigation on the accreting flow morphology is presented in this survey. We consider compact binary stars with accretion disc around the primary. We suggest the flow transformation modeling due to the flow instability.

We show the relationship between the flow fluctuations and the flare-ups activity, which has an effect on the light curve shape's behavior. The accumulation of mass transferred to the surface of the white dwarf from the secondary star through an accretion disc could triggers an outburst. The rotating white dwarf in the system ejects most of the matter transferred from the secondary in a form of fireballs [18]. When they appear in a stochastic way on timescales of a few minutes with amplitude of a few 0.1 magnitudes [17], [1], this variability is called flickering and has been detected in the three main types of binaries that contain white dwarfs accreting material from a companion mass-donor star: cataclysmic variables (CVs), supersoft X-ray binaries, and symbiotic stars.

Variations in the brightness of dwarf nova stars could give an effect to the degree of polarization. The highly polarized emission can also be observed in a hot accretion flow [16]. We investigate the polarized emission properties of accreting binary star systems. Churazov et al. [8] proposed X-ray polarization as a mechanism to probe the flarings and the resulting, reprocessed X-ray should be polarized.

Methods and Results

- **Methods**

- We employ theoretical methods, based on gas-dynamical numerical calculations: Finite-difference scheme – high order; Roe solver; Box-framed scheme [4].
- It is applied the observational data of γCas, SS Syg, GK Per and AE Aqr.
- The polarimetry methods of exploring the brighten-up events in binary stars are also applied: Four Stokes parameters S0, S1, S2, S3 and Poincare vector *P* of polarization - characterize the intensity and polarization of the emission [8], [12], [13].

- **theoretical considerations**

Processes of the binary tidal interaction and high mass transfer rate could give rise to the disturbances of the flow parameters and then to a structure transformation. In the next calculations, we can see that the changes in the mass transfer rate are in a close relation with perturbations in the density. We employ with the theoretical methods, explained in the previous section. We set the initial conditions for the mass transfer rate and for the density, as well: $\dot{M}_0 \sim 10^{-5} M_{\otimes} / year$ and $\rho_0 \sim 10^{-6} \rho_* [gcm^{-3}]$, where $\dot{M}_0$ is the initial mass transfer rate; $M_{\otimes}$ is the solar mass; ρ_0 - initial value of the density; ρ_* - surface density of the star. The boundary conditions define the calculation box frames. We denote the boundary frame with $K(x,y,z)$ and then $K(x,y,z) \sim 10^{-6} \times 10^{-6} \times 10^{-6} \div 10^{-8} \times 10^{-8} \times 10^{-8} AU$ is in the range: In the disturbed regions, where the perturbation function with the variable mode number *m* takes place, the dynamics of the gas flow could be changed.

This way, in the studied regions, fluctuations in the density values are observed (Fig.1). The flow goes through some structure transformation after the mass transfer has been started. Figure 2 shows the initial density wave distribution, as it is received by the box-framed scheme calculations.

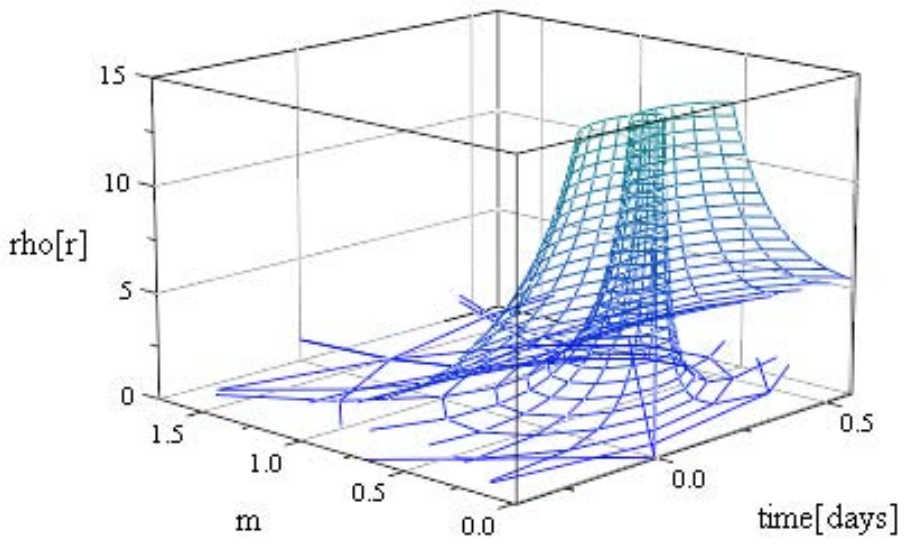


Fig. 1. Fluctuations of the density values $\rho_0 \times 10^n$ in the disturbed mass transfer area. The different values of the mode number *m* have an influence on this result *(m* is a *term* of *the perturbation function expression; rho=ρ)* [5]

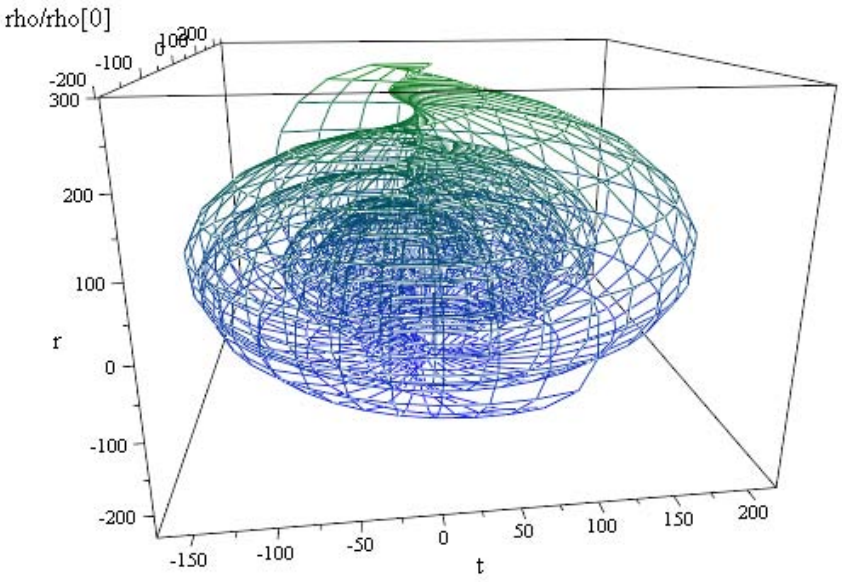


Fig. 2. Fluctuations of the flow during the initial mass transfer in the area close to L1 (*note*: *rho*=*ρ*)

- **observational and experimental results**

An expression of the flow dynamics could be detected as the brightness variability of some CVs and Be/X stars. A small number of systems, including γCas, SS Syg, GK Per and AE Aqr, exhibit strong optical flickering (stochastic brightness fluctuations on timescales of minutes to hours), The influence of dynamical processes in the flow could be seen on the light curve shape of these binaries.

To show this, we generate the light curve of GK Per (Perseus). GK Per is cataclysmic variable star, DN or classical novae: a compact white dwarf star and expanded cool giant star in a close orbit. The accumulation of mass transferred to the surface of the white dwarf from the giant star through an accretion disc eventually triggers an outburst (Fig. 3).

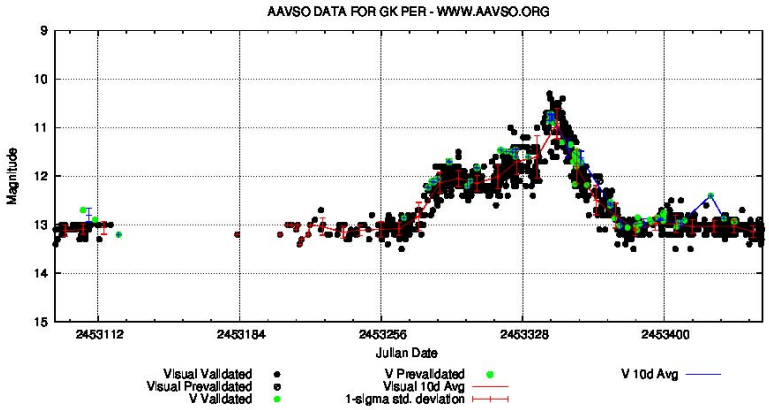


Fig. 3. GK Per (Perseus) light curve for different periods of time. GK Per is a CV star, DN or classical novae: a compact white dwarf star and expanded cool giant star in a close orbit. The image is created on the observational data of AAVSO /www.aavso.org/

Further we follow the research of Zamanov et al. in [18], where they have presented simultaneous multicolor observations of the fireballs of AE Aqr and they estimated the parameters of the blobs that produce the flares. In the current paper we only generate the light curve of AE Aqr to express the observational exhibition of the flow dynamics as the flickerings activity (Fig.4).

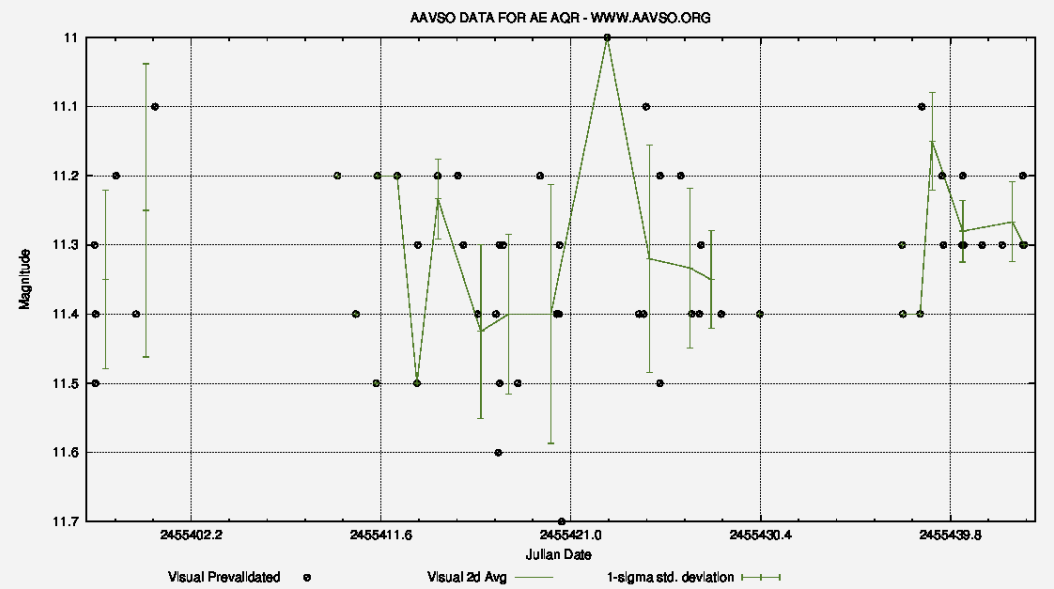


Fig. 4. AE Aqr (CV star) light curve indicates flare-ups. They could be caused by "blobs" that are transferring by the matter in the primary star (or the compact object). The image is created on the observational data of AAVSO /www.aavso.org/

Based on the observations, we apply our modeling in addition to the known models of the X-ray polarization (see Methods). We suggest the variable polarization's states could be the result of synchrotron radiation from the forming bursts. It is detected a range of degrees of X-ray polarization during the mass transfer period. The modeling prediction gives the polarization degree of the next two binaries, according to their light curves.

First to explore is SS Cyg, which is one of the optically brightest DN (dwarf nova). There is strong evidence in its light curve's shape for the production of bursts, which could be in the result of dynamically unstable processes in accreting flow around the primary (Fig.5a). During the bursts activity of this binary, the degree of polarization jumps to the higher rate of *P* and this value is normalized to **1** (Fig.5b). The increased level of *P* coincides with the maximum energy value of the burst's emission.

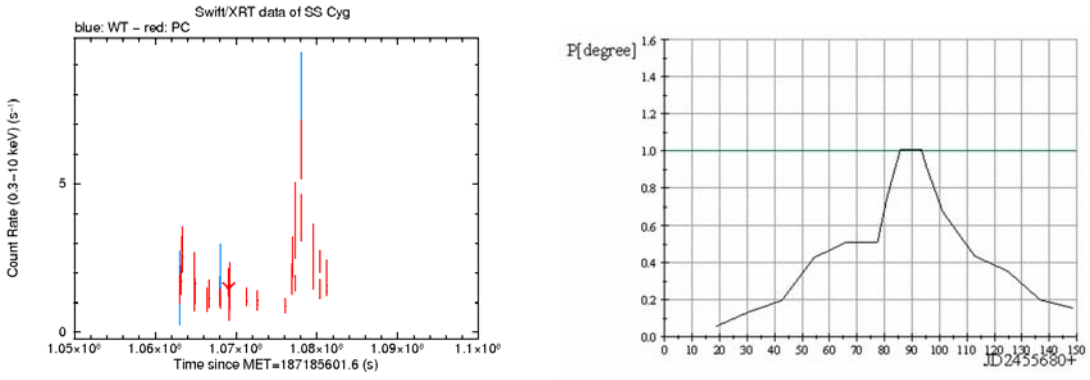


Fig. 5. Swift-XRT light curve of SS Cyg (Swift-XRT generator, Evans et al. 2009)) (5a). Polarization degree (**P**) during the bursts activity of SS Cyg (5b) [6]

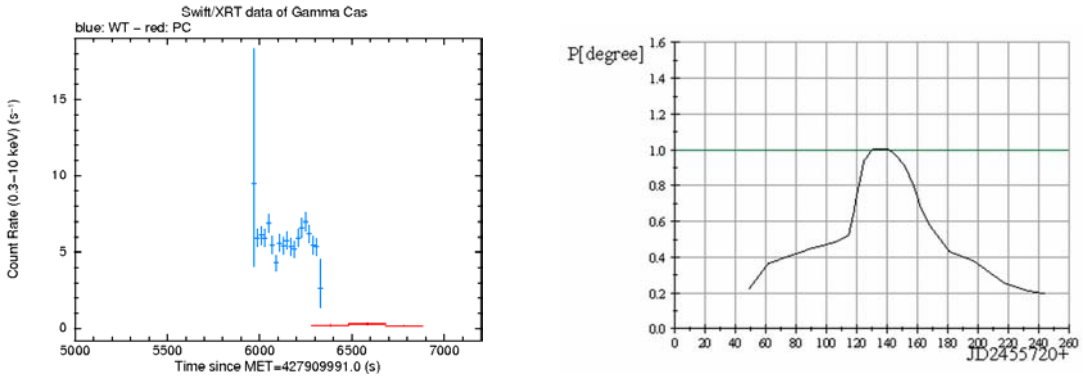


Fig. 6. Swift-XRT light curve of γ Cas (Be/X) (Swift-XRT generator, Evans et al. 2009) (6a). The high accretion rate here could give rise to the X-ray luminosity ($10^{34} \div 10^{39}$ erg/s). The rate of accretion is in a correlation with the level of mass transfer, which depends on density. Polarization degree (P) during the bursts activity of γCas (Be/X) (6b) [6]

The similar situation is observed in another binary star γ Cas (Cassiopeia), which is of Be/X stars type. Typical X-ray luminosities of Be/X-stars are ~ $10^{34} \div 10^{39}$ erg/s. Kaygarodov et al. [11] make an assumption that the X-ray emission is due to the accretion of matter by neutron star with mass ~ 1M◦ and they determine the relationship between X-ray luminosity and accretion rate. The higher luminosity rate, in the result of flares could affect on the polarization degree. This suggestion is shown at Figures 6(a,b).

Conclusion

We presented three different methods to investigate the accreting flow dynamics in binary star systems. We employ theoretical methods that include gas-dynamical numerical calculations. The observational data of four binary stars, as well as the light curve generator are applied. We also use the basic polarimetry methods and models to reveal the properties of dynamically active accretion disc.

In this study we showed once again that under the influence of tidal wave, the accretion flow could not remain stable and the conditions of patterns development are generated. In the result of interaction, the shock tidal wave may cause some perturbations in quantities, which could change the dynamics of the gas flow.

We report observations of the flare-ups and burst activity as seen at the light curve's shape of the studied binaries. In these two classes of compact binaries, presented in the section Results, some difference between the flickering is detected. The difference could be caused by physical properties of the accreting flow, as well as by the dominating flickering mechanism or their orbital periods.
The maximum values of the polarization degree ***P*** is reached during the maximum of the bursts.
The results show significant changes in the flow structure during the bursts activity of these binaries.

Acknowledgments:

- Part of the results are presented at the COST action MP1104 by the COST support
- This work made use of data supplied by the UK Swift Science Data Centre at the University of Leicester.
- The authors thank the AAVSO (American Association of Variable Star Observers) to provide the data of Light Curve Generator, contributed by observers worldwide and used in this research.

References:

1. B a p t i s t a, R., B o r t o l e t o A., 2004, ApJ, V. 128, 1, p.411
2. B i s i k a l o, D. V., Boyarchuk A. A., Kilpio A.A., Kuznetsov O. A., 2001, Astron. Rep., 45, 676
3. B i s i k a l o, D.V., Boyarchuk, A.A., Kaigorodov P.V., Kuznetsov O.A. 2003, Astron. Rep. 47, 809
4. B o n e v a, D., Filipov, L., 2012, http://adsabs.harvard.edu/abs/2012, arXiv1210.2767B
5. B o n e v a, D., Filipov L., Gotchev D., PASRB (Publ.Astron. Soc. Rudjer Boskovic), 12, 113-114, 2013.

6. B o n e v a, D., 2014, COST workshop: X-Ray polarization in astrophysics, http://ttt.astro.su.se/groups/head/cost14/talks/Boneva.pdf
7. B o y a r c h u k, A. A., Bisikalo, D. V., Kuznetsov, O. A., Chechetkin V. M. 2002, Adv. in Astron. and Astroph., Vol. 6, London: Taylor \& Francis
8. C h u r a z o v, E., Sunyaev, R., & Sazonov, S. 2002, MNRAS, 330, 817
9. F r a n k, J., King, A., Raine, D. 2002, Accretion Power in Astrophysics, 3-rd edition, Cambridge University Press, New York
10. E v a n s e, P. A. et al., 2009, MNRAS, 397, 3, p.1177
11. K a y g a r o d o v, P.V., Bisikalo, D.V., Kononov, D.A., Boneva, D.V..: 2013, *AIPC*, 1551, pp. 46-52
12. M a r i n, F., Karas V., Kunneriath D., and Muleri F., 2014, MNRAS, 441, 3170
13. M o l i n a r i, S., Bally, J., Noriega-Crespo, A., et al. 2011,ApJL, 735, L33
14. P r i n g l e, J. E., 1985, in Interacting Binary Systems (Chapter 1), eds. J.E. Pringle, R.A. Wade, Cambridge: Cambridge University Press
15. P r i n g l e, J. E. 1992, A. Note, ASP Conf. Series, 22, 14
16. V e l e d i n a, A., Poutanen J., Vurm I., 2013, MNRAS, 430, 3196
17. W a r n e r, B., 1995, Cataclysmic Variable Stars, Cambridge Univ. Press, Cambridge
18. Z a m a n o v, R. K., Latev G. Y., Stoyanov K.A., Boeva S., Spassov B., Tsvetkova S. V., 2012, AN, v. 333, 8, p. 736

RELATION BETWEEN IONIZATION YIELD FUNCTION AND IONIZING CAPABILITY DUE TO SOLAR COSMIC RAYS IN THE IONOSPHERE AND STRATOSPHERE CALCULATED BY CORSIKA AND CORIMIA PROGRAMS RESPECTIVELY

Peter Velinov

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

Key words: *cosmic ray ionization effects, ionization yield function, CORSIKA, ionizing capability, CORIMIA, ionization mechanisms, ionosphere, stratosphere*

Abstract: *The cosmic rays produced in solar flares are one of most important manifestation of solar activity. Two approaches have been developed to compute the cosmic ray ionization, e.g.: i) the code CORSIKA, including the package FLUKA, is statistical and he is based on a Monte Carlo simulation of the atmospheric cascades at Extensive Air Showers (EAS), while ii) the model CORIMIA is analytical. Usually the statistical simulations utilize the ionization yield Y function, while the analytical models use the ionizing capability C function. In the present work new formulas for ionization yield functions Y and ionizing capability C are derived for the solar cosmic rays, i.e. for sub-relativistic approximation. It is obtained also the relationship between the functions Y and C, which are practicable for the calculation of atmospheric ionization.*

ВРЪЗКА МЕЖДУ ПОРАЖДАЩАТА ЙОНИЗАЦИЯ ФУНКЦИЯ И ЙОНИЗИРАЩАТА СПОСОБНОСТ НА СЛЪНЧЕВИТЕ КОСМИЧЕСКИ ЛЪЧИ В ЙОНОСФЕРАТА И СТРАТОСФЕРАТА ИЗЧИСЛЕНИ ЧРЕЗ ПРОГРАМИТЕ CORSIKA И CORIMIA РЕСПЕКТИВНО

Петър Велинов

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

Ключови думи: *йонизационни ефекти на космически лъчи, пораждаща йонизацията функция, CORSIKA, йонизираща способност, CORIMIA, йонизационни механизми, йоносфера, стратосфера*

Резюме: *Космическите лъчи генерирани при слънчевите ерупции са едни от най-важните прояви на слънчевата активност. Понастоящем са разработени два подхода за изчисляването на йонизацията от космическите лъчи, т.н.: i) програмата CORSIKA, която включва пакета FLUKA, е статистическа и се базира на симулациите по метода Монте Карло на атмосферни каскади при широките атмосферни порои (ШАЛ), докато ii) моделът CORIMIA е аналитичен. Обикновено статистическите методи използват пораждащата йонизация функция Y, докато аналитичните модели използват функцията на йонизиращата способност C. В настоящата работа са изведени нови формули за пораждащата йонизация функция Y и за йонизиращата способност C от слънчеви космически лъчи, т.е. използвана е субрелативистична апроксимация. Получена е също така връзката между функциите Y и C, която има практическо значение за изчисляването на атмосферната йонизация.*

Introduction

The cosmic rays (CR) produced in solar flares (and in some other high-energy solar processes) are one of most important manifestation of solar activity and one of the main agents in solar-terrestrial relations [1, 2, 3]. Two approaches have been developed to compute the CR ionization, e.g.: *i*) the code CORSIKA (COsmic Ray SImulations for KAscade), including the Monte

Carlo package FLUKA (FLUktuierende KAskade) is statistical and he is based on a Monte Carlo simulation of the atmospheric cascade [4, 5], while *ii*) the model CORIMIA (COsmic Ray Ionization Model for Ionosphere and Atmosphere) is analytical [6]. Usually the statistical simulations utilize the ionization yield *Y* function [4, 5], while the analytical models use the ionizing capability *C* function [1, 7]. In the present work new formulas for ionization yield functions *Y* and ionizing capability *C* are derived for the solar cosmic rays and anomalous cosmic rays, i.e. for sub-relativistic approximation.

Statistical approach in ionization models

In *the statistical approach* is calculated initially the ionization yield function *Y* [4, 5]. Then, the integration by energy is carried out. In this approach all results depend on exact atmospheric density profile. In order to minimize this uncertainty, the CR ionization is computed per gram of the atmospheric matter rather than per cm^3. In this case, the uncertainties of the *q(h)*, computed using different atmospheric density profiles, do not exceed 1–2% in the low troposphere, which is less than statistical errors of computations.

CORSIKA is a physics computer software for simulation of extensive air showers induced by high energy cosmic rays [8]. It may be used up to and beyond the highest energies of 100 GeV. Program utilizes QGSJET (Quark Gluon String with JETs), and DPMJET (Dual Parton Model with JETs), and VENUS models, which are based on the Gribov-Regge theory and SIBYLL based on a minijet model. Hadronic interactions at lower energies are described either by the FLUKA (a German acronym for Fluctuating Cascade) model, by the UrQMD (Ultrarelativistic Quantum Molecular Dynamics) model, or by the GHEISHA (Gamma-Hadron-Electron-Interaction SH(A)ower) module [9].

Ionization Yield Function

First we have shown the ionization yield function *Y* which gives the number of ion pairs produced in one gram of the ambient air at a given atmospheric depth by one nucleon of the primary cosmic ray particle with the given energy per nucleon. The ionization yield function *Y* (ion pairs sr cm^2 g^{-1}), which corresponds to the atmospheric depth $\tilde{h}$, the primary cosmic rays with the kinetic energy E_k and the unit unidirectional flux (particles sr^{-1} cm^{-2}), is [4, 5]:

(1) $$Y\left(E_{\mathrm{k}}, \tilde{h}\right) = \frac{2\pi}{Q}\frac{\Delta E}{\Delta \tilde{h}}$$

where ΔE is the mean energy losses in the atmospheric layer centered at the atmospheric depth $\tilde{h}$ per one simulated primary nucleon with the kinetic energy E_k, and Q = 35eV is the average energy needed to produce one ion pair [1], and 2π is the geometrical normalizing factor.

Analytical approach in ionization models

At *the analytical approach* (f.e. the model CORIMIA) the electron production rate *q* [$cm^{-3}s^{-1}$] at height *h* [km] due to CR is [1, 6]:

(2) $$q(h) = \frac{2\pi}{Q}\int_{E_C}^{\infty} D(E)\left(\frac{dE}{dh}\right)dE$$

where *E* is the full energy of the penetrating particles;
$D(E) = K E^{-\gamma}$ is their differential spectrum [cm^{-2} $s^{-1}sr^{-1}GeV^{-1}$], *K* and *γ* are constants;
(*dE/dh*) are the ionization losses of CR particles according to the Bohr-Bethe-Bloch formula;
the multiplier 2π shows that the galactic CR penetrate isotropic from the upper hemisphere;
E_c is the corresponding geomagnetic cutoff energy in GeV/nucl.

Ionizing capability

$q(h)$ is closely connected with the CR ionizing capability. In general the ionizing capability function *C*(*h*) at given altitude *h* with atmospheric density *ρ* is determined by the expression [1, 7]:

(3) $$C(h) = q(h) / \rho(h)$$

This function physically represents the number of electron-ion pairs produced in one gram of matter (in this case atmospheric air) per second and characterizes the ionization effectiveness of the radiation factor [1, 7].

Relation between ionization yield function and ionizing capability

We want to combine the mentioned two approaches. For this purpose we introduce the function *Y* [4, 5] in the expression (2) after which we derive the formula:

$$q(h) = \int_{E_C}^{\infty} D(E) Y(E,h) \rho(h) dE \tag{4}$$

$\rho(h)$ is the density [g cm^{-3}] of atmosphere at height *h* and the ionization yield function *Y* [electron-ion pairs sr cm^2 g^{-1}] can be represented as:

$$Y(E,h) = \frac{2\pi}{Q}\left(\frac{1}{\rho}\frac{dE}{dh}\right) \tag{5}$$

Thus, the wanted connection between the functions $C(h)$ and $Y(h)$ will be:

$$C(> E_C) = \int_{E_C}^{\infty} D(E) Y(E,h) dE \tag{6}$$

Actually the CR ionizing capability $C(h)$ depends on the function of ionization losses and ionization potential of the medium *Q*, on the type of CR nuclei (or group of nuclei: p, He, L, M, H, VH and SH), on their spectrum and geomagnetic threshold of rigidity.

Formula for ionization yield function

Using the relation (5) and the formulas for ionization losses in [1] we can write the following formula for the ionization yield function:

$$Y(E) = 5.4 \times 10^{-2} \frac{Z^2}{\beta^2}\left(\ln\frac{E}{E_0}\beta + 4.5 - \frac{\beta^2}{2}\right) \tag{7}$$

where *Z* is the charge of the penetrating CR particle,

$\beta = v/c$ is the relative velocity, where *v* is velocity of the particle and *c* is the light velocity;
E and E_0 are the full energy and rest energy of the CR nuclei.

Relativistic approximation

Since the galactic CR are with relativistic energies then the condition

$$\beta = v/c \approx 1 \tag{8}$$

(exactly fulfilled at lower and middle latitudes) is valid. After assuming this ratio from the expression of ionization yield function (7) follows:

$$Y(E) = 5.4 \times 10^{-2}\ Z^2\left(\ln\frac{E}{E_0} + 4\right) \tag{9}$$

This means that

$$E >> E_0 \quad \text{or} \quad E \approx E_k \tag{10}$$

where

$$E_k = E - E_0 \tag{11}$$

is the kinetic energy of the particle. If we place ln E_0 = ln 0.938 in (9), we will receive the formula:

$$Y(E) = 5.4 \times 10^{-2}\ Z^2 (\ln E + 4.064) \tag{12}$$

or

$$Y(E) = 5.4 \times 10^{-2}\ Z^2 (\ln E + 4) \tag{13}$$

if the energy is expressed in units E_0 = 0.938 GeV.

Sub-relativistic approximation

In [3] a simplified formula is derived for the ionizing capability of solar cosmic rays:

$$C(h) = 5.4 \times 10^4 \sum_{i=1}^{n} \int_{E_{k\,max}}^{\infty} \int_{0}^{90^\circ} D_i(E_k) 83 Z_i^2 \times \frac{\ln\left(E_k^2 - 10^3 \tilde{h} Z_i^2 \sec\theta\right)^{\frac{1}{2}} + 3.2}{\left(E_k^2 - 10^3 \tilde{h} Z_i^2 \sec\theta\right)^{\frac{1}{2}}} \sin\theta\, d\theta\, dE_k \tag{14}$$

as $E_{k\,max}$ is the boundary energy (MeV/nucl) corresponding to the geomagnetic cutoff rigidity (GV).

If in (14) we ignore the variation of the logarithmic term (it changes much more slowly than the term E_k^{-1}), a more simple formula can be derived for the ionizing capability of solar cosmic rays. In the beginning we shall integrate this formula by the angle θ in order to obtain the mean ionization yield function of the isotropic CR particle flux at a given atmospheric depth $\tilde{h}$:

$$Y(\bar{\theta}, \tilde{h}) = 90\ Z^2 \int_0^{\theta_c} \frac{\sin\theta\, d\theta}{\left(E_k^2 - 10^3\ \tilde{h}\ Z^2\ \sec\theta\right)^{1/2}} \tag{15}$$

The solution of this integral is:

$$Y(\bar{\theta}, \tilde{h}) = 90\ Z^2 \left\{ \frac{\left(E_k^2 - E_A^2\right)^{1/2}}{E_k^2} - \frac{\left[E_k^2 - E_A^2(\theta_c)\right]^{1/2}}{E_k^2 \sec\theta_c} + \right.$$
$$+ \frac{1}{2} \frac{E_A^2}{E_k^2} \ln \frac{E_k + \left(E_k^2 - E_A^2\right)^{1/2}}{E_k - \left(E_k^2 - E_A^2\right)^{1/2}} -$$
$$\left. - \frac{1}{2} \frac{E_A^2}{E_k^2} \ln \frac{E_k + \left(E_k^2 - E_A^2 \sec\theta_c\right)^{1/2}}{E_k - \left(E_k^2 - E_A^2 \sec\theta_c\right)^{1/2}} \right\} \tag{16}$$

If we introduce the atmospheric cutoff energies

$$E_{Ai} = \left(10^3 \tilde{h} Z_i^2\right)^{1/2} = E_{Ai}(0^\circ) \tag{17}$$

and

$$E_{Ai}(\theta_c) = \left(10^3 \tilde{h} Z_i^2 \sec\theta_c\right)^{1/2} = E_{Ai} \sqrt{\sec\theta_c} \tag{18}$$

then for the ionizing capability from (14, 16) we obtain:

$$C(h) = 1.8 \times 10^5 \sum_{i=1}^{7} \int_{E_{\mathrm{k}\,\max}}^{\infty} D_i(E_{\mathrm{k}}) \frac{500\, Z_i^2}{E_{\mathrm{k}}} \times$$

$$\times \left[\left(1 - \frac{E_{\mathrm{A}i}^2}{E_{\mathrm{k}}^2} \right)^{1/2} - \frac{1}{\sec\theta_{\mathrm{c}}} \left(1 - \frac{E_{\mathrm{A}i}^2(\theta_{\mathrm{c}})}{E_{\mathrm{k}}^2} \right)^{1/2} + \right.$$

(19)

$$+ \frac{1}{2} \left(\frac{E_{\mathrm{A}i}}{E_{\mathrm{k}}} \right)^2 \left(\ln \frac{1 + \left(1 - E_{\mathrm{A}i}^2 / E_{\mathrm{k}}^2\right)^{1/2}}{1 - \left(1 - E_{\mathrm{A}i}^2 / E_{\mathrm{k}}^2\right)^{1/2}} - \right.$$

$$\left. \left. - \ln \frac{1 + \left(1 - E_{\mathrm{A}i}^2(\theta_{\mathrm{c}}) / E_{\mathrm{k}}^2\right)^{1/2}}{1 - \left(1 - E_{\mathrm{A}i}^2(\theta_{\mathrm{c}}) / E_{\mathrm{k}}^2\right)^{1/2}} \right) \right] dE_{\mathrm{k}}$$

where $E_{\mathrm{k}\,\max}$ is determined by the equations

$$E_{\mathrm{k}\,\max} = \max \begin{cases} E_{\mathrm{Ri}} = 10^3 \left\{ \left[\left(\dfrac{Z_{\mathrm{i}}}{A_{\mathrm{i}}} \right)^2 R^2 + 1 \right]^{\frac{1}{2}} - 1 \right\} \\ E_{\mathrm{Ai}} = \left(10^3 \tilde{h} Z^2 \sec\theta + \varepsilon \right)^{\frac{1}{2}} \\ E_{\mathrm{Ei}} \end{cases}$$

(20)

i.e. for each altitude E_{kmax} is the biggest of the three energies: the energy corresponding to the geomagnetic cutoff rigidity E_{Ri}, to the atmospheric cutoff E_{Ai}, and to the electric energy cutoff E_{Ei} outside the geomagnetic field. The energy ε is about 0.1 MeV [2, 9].

In order to estimate this theoretical result a numerical integration must be made. In [1, 3, 6] is considered the biggest SEP event (in the CR history after 1942) from 23.02.1956 and the spectrum

$$D(E_{\mathrm{k}}) = K\, E_{\mathrm{k}}^{-n} \tag{21}$$

is used. Precisely with the help of this spectrum should be resolved numerically the integral (19). So shall be obtained the searched values of the ionizing capability of the solar cosmic rays and anomalous cosmic rays, i.e. of the case of sub-relativistic particles, which play an important role in the ionization state of the high and polar latitude ionosphere and stratosphere.

Conclusion

The energetic cosmic rays initiate a nucleonic-electromagnetic cascade in the atmosphere, affecting its physical-chemical properties and ion balance [4]. This is a dominant source of ionization of the lower ionosphere and stratosphere [1, 3, 6, 7]. Our contribution to the models of the CR ionization makes a basis for a quantitative investigation of the mechanisms of solar-terrestrial relationships. CR are a key factor affecting the physical-chemical processes in the stratosphere and lower atmosphere, including the electric conductivities, electric currents and fields [10, 11] and the atmospheric chemistry (e.g. variations and planetary distribution of the ozone [12]). In general CR are

a key for understanding the space weather in the system ionosphere - atmosphere and in the Earth's environment.

In the present work we obtained a relation between the two approaches: the determination of the ionization yield *Y* function (used by the statistical code CORSIKA) and ionization capability *C* (used by the analytical model CORIMIA). We found a consistent method for the calculation of atmospheric ionization due to cosmic rays with solar and interplanetary (anomalous CR) origin.

The results of the full Monte Carlo simulation which are tabulated in a form of the ionization yield function [4, 5 etc.] can be applied much more widely. With the help of the achievements of this work the analytical models CORIMIA can use the results of statistical code CORSIKA that will allow comparison between the two approaches. As is known by CORSIKA is possible to estimate the CR ionization below 20-25 km and by the model CORIMIA - above this altitude. So those two approaches are complementary.

References:

1. Velinov P. I. Y., G. Nestorov, L. I. Dorman. Cosmic Ray Influence on the Ionosphere and on Radiowave Propagation, Publishing House of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 1974.
2. Miroshnichenko L. I. Solar Cosmic Rays, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2001.
3. Velinov P. I. Y., 2014. Formulas for Ionization Yield Functions and Ionization Capability of Solar Cosmic Rays in the Ionosphere and Atmosphere. C.R. Acad. Bulg. Sci., 67, 11,
4. Usoskin I., G. Kovaltsov., 2006, Cosmic Ray Induced Ionization in the Atmosphere: Full Modeling and Practical Applications. J. Geophis. Res., 111, D21206, doi:10.1029/2006JD007150.
5. Mishev A., P. I. Y. Velinov, 2014. Influence of Hadron and Atmospheric Models on Computation of Cosmic Ray Ionization in the Atmosphere - Extension to Heavy Nuclei. J. Atmos. Solar-Terr. Phys., 120, 12, 111-120.
6. Velinov P. I. Y., S. Asenovski, K. Kudela, J. Lastovicka, L. Mateev, A. Mishev, P. Tonev, 2013. Impact of Cosmic Rays and Solar Energetic Particles on the Earth Environment. J. Space Weather & Space Climate, 3, A14, 1-17.
7. Velinov P. I. Y., 1966. Contribution of Cosmic Rays to the Ionization of the Low Ionosphere. C.R. Acad. Bulg. Sci., 19, 10, 889-892.
8. Heck, D., 2004. The SLANT Option of Air Shower Simulation Program CORSIKA,Forschungs-zentrum Karlsruhe, Germany, Report FZKA 7082.
9. Heck, D., 2014. The MULTITHIN Option of the Air Shower Simulation Program CORSIKA. KIT Scientific Working Papers KIT-SWP-17, ISSN: 2194-1629.
10. Tonev P. Electric Breakdown Occurrence in Atmosphere above Lightning - Impact of Conductivity and Discharge Parameters. C.R. Acad. Bulg. Sci., 61, 2008, 3, 379-388.
11. Tonev P. Estimation of Currents in Global Atmospheric Electric Circuit with Account of Transpolar Ionospheric Potential. C.R. Acad. Bulg. Sci., 65, 2012, 11, 1593-1602.
12. Tassev Y., N. Kilifarska, D. Tomova. Statistical Analysis of Solar Proton Flux Influence on Thermodynamics of Middle Atmosphere in the North Hemisphere. C.R. Acad. Bulg. Sci., 67, 2014, 1, 95-100.

CONDITIONS FOR DEVELOPMENT OF RED SPRITES IN STRATO-MESOSPHERE BY DIFFERENT LEVELS OF SOLAR ACTIVITY

Peter Tonev, Peter Velinov

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

Keywords: *Streamer, lightning, convection-diffusion equations, Poisson's equation*

Abstract: *Red spites are transient luminous events at night above thunderstorms whose lower part is occupies the region from 75-85 km down to 40-50 km. In this region they consist of downward propagating and branching positive streamers driven by a post-lightning quasi-static electric field **E**. The problem studied is: do the spatial characteristics of sprites (esp., their lower boundary) show sensitivity to the solar activity realized by 11-year variations of strato-mesospheric conductivity, and thus, of **E**. We estimate by modeling the lower boundary reached by a streamer by different level of solar activity and show that the propagation of positive streamers is sensitive to the presumable 11-year conductivity changes. During solar maximum the sprite length is larger than during solar minimum, due to larger post-lightning electric fields determined by smaller conductivity.*

УСЛОВИЯ ЗА РАЗВИТИЕТО НА ЧЕРВЕНИ СПРАЙТОВЕ В СТРАТО-МЕЗОСФЕРАТА ПРИ РАЗЛИЧНИ НИВА НА СЛЪНЧЕВА АКТИВНОСТ

Петър Тонев, Петър Велинов

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

Ключови думи: *Стример, мълния, уравнения на конвекция-дифузия, уравнение на Пуасон*

Резюме: *Червените спрайтове са явление на преходно светене през нощта над гръмотевични бури, чиято долна част обхваща областта от 75-85 km до to 40-50 km. В тази област те се състоят от разпространяващи се надолу и разклоняващи се положителни стримери, които се поддържат от квази-статични електрически полета **E** след мълния. Решаваният проблем е дали пространствените характеристики на спрайтовете имат чувсвителност към нивото на слънчева активност чрез 11-годишни вариации на атмосферната проводимост, водещи до вариациии в електрическото поле **E**. Чрез модел се оценява долната граница достигана от стример при различна слънчева активност. Показана е чувствителността на тази граница към 11-годишните изменения на проводимостта през слънчевия цикъл. През слънчев максимум вертикалните размери на спрайт са по-големи от тези през слънчев минимум поради по-големите електрически полета след мълния, дължащи се на по-ниска проводимост.*

Relationships between solar activity and strato-mesospheric conductivity influenced by galactic cosmic ray modulation

The conductivity in the region where streamers of the red sprites [1-3] are propagated downwards (from ~75-85 down to ~40-50 km) varies with the solar activity (SA) by few tens of percent (up to 50%) at high middle and polar latitudes, due to latitudinal dependence of the galactic cosmic ray (GCR) flux cut-off rigidity (close to the equator this influence is negligible). We consider middle and high-middle latitudes where sprites occur frequently [1]. 11-year variations of conductivity between 40 and 75 km are considered: conductivity is accepted to be smaller by 10% - 50% during solar maximum, than during solar minimum, due to the modulation of GCR flux by SA. We adopt conductivity profile for the middle atmosphere [4] for moderate solar activity and consider also two profiles of modified conductivity by solar activity maximum and minimum, respectively.

Conductivity in strato-mesosphere and sprite-producing quasi-electrostatic fields

We study the quasi-electrostatic (QS) fields **E** after a positive cloud-ground (+CG) lightning discharge at nighttime possible to cause a sprite as an inception of a single positive streamer which propagates downwards and initialize a net of positive streamers by branching. The actual picture of sprites as composed by streamers was discovered by observations in the last decade [3]. The development of a sprite in time is shown in Fig.1a [7]. Fig.1b demonstrates the initial streamer velocity as function of its altitude.

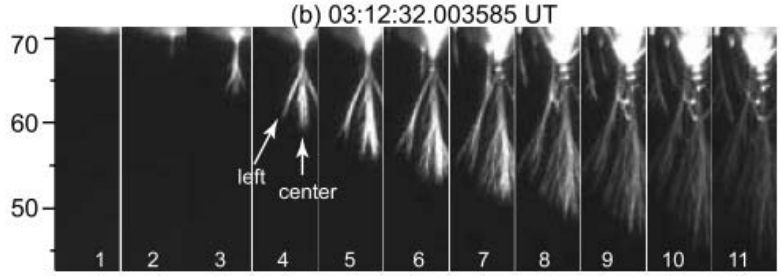


Fig.1a. - Succeeding pictures of development in time of a bright sprite taken by high-speed high-sensitive camera [7]. The structure of the sprite is formed by positive streamers which propagate downwards and branch.

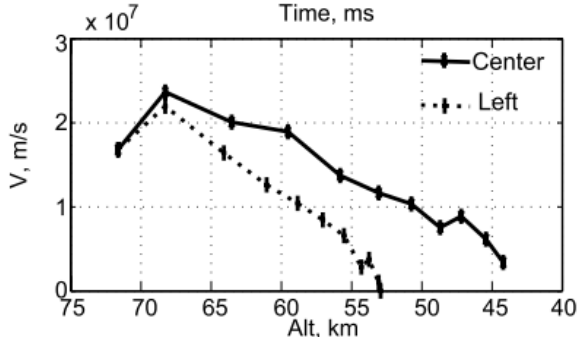


Fig.1b. - Velocity of propagation of fast positive streamers (the main and the secondary ones) in the bright sprite shown in Fig.1a as function of altitude [7] (faster streamers are branching more intensively).

The mechanism of the inception of an initial streamer at ~80-85 km is complex and not understood completely yet [3]. We assume that this mechanism is not sensitive to the solar activity variations (the nighttime conductivity at these altitudes does not depend significantly on SA). The propagation of downward streamers is realized by an applied electric field E when $E > E_{cr+}$. Here E_{cr+} is the electric breakdown threshold of a streamer type: this is the minimum electric field which allows further existence and propagation of a streamer. The height profile of E_{cr+} is shown in Fig.1. A streamer passes few tens of kilometers from its birth (at ~75-85 km, or at a lower altitude, after branching) to its end in time period of few milliseconds (with propagation velocity up to 10% of the speed of light). Hence, for continuous downward propagation of a streamer in the sprite body, the relation $E > E_{cr+}$ has to be fulfilled anywhere at the streamer position, at the proper time of its arrival.

Modeling the quasi-electrostatic fields E after lightning [5,6]

We study the quasi-electrostatic (QS) field **E** after +CG lightning discharge from the equation:

(1) $\nabla \cdot \mathbf{j}_M = 0$, where $\mathbf{j}_M = [\sigma]\mathbf{E} + \varepsilon_0 \, d\mathbf{E}/dt$.

for the Maxwell current $\mathbf{j}_M$. Computations are made in a sample case of a +CG lightning discharge which removes a normalized charge Q = 1 C located at altitude 10 km by an exponential decay in time τ_L=1 ms. The results for the vertical field E above the discharge are presented in Fig.2. The features of spatial and temporal distribution of E (slow decrease with the altitude increase, slow decay with time after reaching of its peak value) allow initiating of streamers and sprites [5].

We evaluate by (1) the electric field E applied to the initial streamer of a sprite. According to the observations, the inception of this streamer is at time t_i = 2.5 - 3 ms after the beginning of lightning at time t = 0 [2] (we accept t_i=3 ms). The profiles of the vertical electric field E computed from Eq. (1) at the time moments of arrival of the initial streamer at a given altitude are presented in Fig.3. The

curves 1, 2, and 3 show the electric field profiles for minimum, moderate, and maximum solar activity. The explanation is as follows: during solar minimum the conductivity is larger with respect to the conductivity during solar maximum, because of the more intense GRC flux in the first case. On the other hand, bigger conductivity leads to smaller electric fields. Fig.3 shows that significant long-term variations of the electric field with the solar activity variations take place.

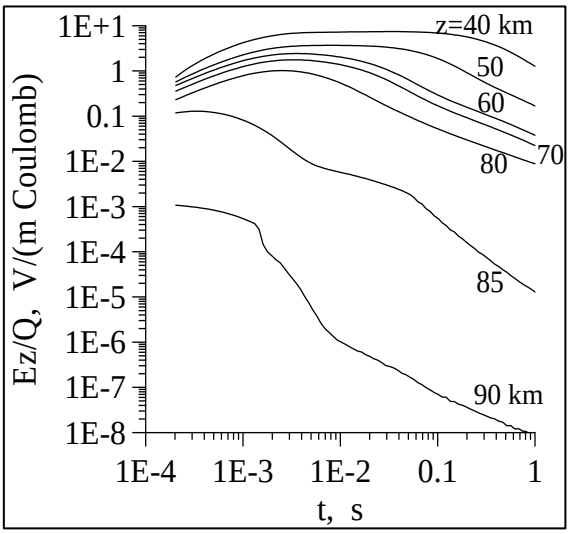


Fig. 2. - Normalized vertical component of the QS electric field |E /Q| at altitudes z= 40, 50, 60, 70, 80, 85, and 90 km computed by modeling in a case of a +CG lightning discharge which removes the electric charge Q from Z_Q=10 km in characteristic time τ_L=1 ms.

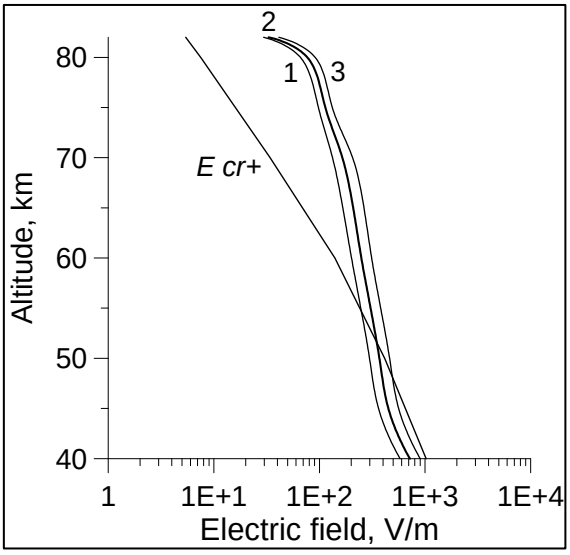


Fig. 3. - Electric fields as a function of altitude by minimum (curve 1), moderate (2) and maximum (3) solar activity generated by +CG lightning discharges from height 10 km. with removal of 100 C in 1 ms. The thin line E_{cr+} shows the threshold field of positive streamer propagation.

The comparison of the electric field **E** applied to the initial steamer with the threshold field E_{cr+} which supports streamer propagation shows the altitude where the streamer stops: it corresponds to the lower sprite boundary. Fig.3 shows that this boundary significantly depends on the solar activity level: it is located at 48, 52 and 55 km for maximum, moderate, and minimum SA, respectively. Thus, much stronger (due to the bigger electric field applied) and larger (extending to lower heights) streamers will take part by solar maximum with respect to solar.minimum.

Results in Fig.3 demonstrate that even small variations in conductivity provoked by solar activity changes (and thus in the post-lightning QS electric fields) lead to considerable changes in vertical dimension of sprites. These differences are most significant in cases of stronger +CG lightning discharges.

Actually, the velocity of a streamer propagation is not constant in time: there is an initial phase of acceleration of a streamer (typically, down to 70-65 km), followed by deceleration, as shown in Fig.1b. Actual functional dependences of the streamer speed v are not completely studied yet. To make estimations of streamer propagation with account of its varying velocity v, we accept here, according to observations, that the sample streamer accelerate down to z=68 km (as in Fig.1b) from a half (at z = 80 km) to full of its maximal speed v_{max}, and then it decelerate to 1/3 of v_{max}. at z=40 km. We adopt for the maximum speed v_{max}= 5% of the speed of light. The respective results are given in the Table with account to time of arrival of the streamer at the altitude of estimation. These results also show that during maximum solar activity the driving electric field is significantly larger than that during moderate and minimum SA. More than that, the streamer under these conditions propagates to the stratosphere slower than in the former case. Since the applied QS electric field at altitudes below ~60 km are larger in this case, the streamers stop at relatively lower altitude (the sprites are larger).

Table. QS electric fields applied to a streamer compared with E_{cr+} by same conditions as in Fig.3, but with a variable streamer velocity for minimum, moderate, and maximum SA. The time of streamer arrival is also shown. Shadowed rows are for the lowest boundary reached by the streamer for minimum (~ 54 km), moderate (~ 50 km), and maximum (~ 48 km) SA.

Altitude, km	Applied QS electric field *E,* V/m			E_{cr+}, V/m	$t_{arrival}$, ms Constant	$t_{arrival}$, ms Variable
	minimum SA	moderate SA	maximum SA			
80	66.1	77.0	91.2	7.5	3.00	3.00
75	76.6	105	111	16	3.33	3.55
70	120	157	196	34	3.67	3.96
65	147	183	229	69	4.00	4.31
60	191	238	296	140	4.33	4.71
55	252	313	391	241	4.67	5.19
54	274	332	397	279	4.74	5.31
50	322	405	434	415	5.00	5.79
48	360	429	486	510	5.13	6.01
45	417	517	564	652	5.33	6.61
40	697	864	1080	1025	5.67	7.94

Conclusions

Following main conclusions can be derived from the obtained results:

1. Solar activity has a significant long-term effect on the vertical size of red sprites provided by the 11-year changes of conductivities in the strato/mesosphere due to modulation of GCR flux. During maximum solar activity the sprites extend to lower heights than by minimum SA.
2. The account of the actual streamer velocity variations (the streamer initially accelerates, then decelerates) leads to slight lowering of its lower boundary.

References:

1. Sentmann, D. D., Wescott E. M. et al., Preliminary results from the Sprites94 Campaign: Red sprites, Geophys. Res. Lett., 22, 1995, 1205–1208.
2. Pasko, V. P., Theoretical modeling of sprites and jets, In: Sprites, elves and intense lightning discharges, *NATO Science Series II: Mathematics, Physics and Chemistry*, v.**225**, M. Fuellekrug, E.A. Mareev, M.J.Rycroft (Eds.), 2006, Springer, pp.253-311.
3. Pasko, V. P., Qin J., Celestin S., Toward Better Understanding of Sprite Streamers: Initiation, Morphology, and Polarity Asymmetry, Surv. Geophys, 34, 2013, 797-830, doi:10.1007/s10712-013-9246-y.
4. Hale, L., Middle atmosphere electrical structure, dynamics and coupling, J. Adv. Space Res., 4, 1984, 175-181.
5. Tonev, P., Main features of quasi-electrostatic fields in atmospheric regions due to lightning discharge, Sun and Geosphere, 1, 2006, 71-75.
6. Tonev, P., Velinov P. I. Y., Electric Atmosphere-Ionosphere Vertical Coupling above Thunderstorms of Different Intensity. J. Atmos. Solar-Terr. Phys., 69, 2007, 17-18, 2510-2522.
7. Li, J., Cummer, S. A., Measurement of sprite streamer acceleration and deceleration, Geophys. Res. Lett., 36, 2009, L10812,

ЗЕМНА АТМОСФЕРА И КОСМИЧЕСКА РАДИАЦИЯ 1. МАГНИТО-ЕЛЕКТРОННА АТМОСФЕРНА СТРУКТУРА

Маруся Бъчварова

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

Ключови думи: *Висока атмосфера, екзосфера, космическа радиация*

Резюме: *В тази работа е направен кратък преглед на магнито-електронната структура на атмосферата и е дискутирана ролята на космическата радиация при нейното формиране. Температурата е основен признак при разделянето на неутралната атмосфера на слоеве. Високата атмосфера (над 80-100 km.) се разделя на области на основата на броя на свободните електрони и йони и в зависимост от тяхното поведение.*

EARTH'S ATMOSPHERE AND SPACE RADIATION 1. MAGNETO-ELECTRONIC ATMOSPHERIC STRUCTURE

Marusya Buchvarova

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

Keywords: *Upper atmosphere, exosphere, space radiation*

Abstract: *In this work a brief review of magneto-electronic structure of the atmosphere is given and is discussed the role of cosmic radiation in its formation. The variation in temperature is a key feature in the separation of the neutral atmosphere of layers. The upper atmosphere (over 80-100 km.) is divided into regions based on the number of free electrons and ions and, depending on their behavior.*

Въведение

Галактичните космични лъчи (ГКЛ) имат важно значение за физиката на земната атмосфера, както и за околоземната среда. Те играят съществена роля за йонизацията на най-ниската част на йоносферния слой *D* под 60-70 km, и също така са основен инициатор на ядрено-електромагнитните взаимодействия под 30 km. в атмосферата. Потокът от вторични заредени частици, генериран от първичните космични лъчи, е единствен източник на положителни и отрицателни йони в земната атмосфера на височини над 2-3 km. [1]. ГКЛ определят химията и електричните параметри в атмосферата. Те създават озоносферата и влияят активно върху химичните реакции на атмосферните съставящи с азота O_3 [2]. Под 3 km. основен принос за йонизацията има естествената радиоактивност. Космичните лъчи (КЛ) създават космогенните ядра в космоса, атмосферата, хидросферата и литосферата като 10Be, 7Be, 3He and 3H.

Всичко изброено по-горе е доказателство за огромното значение на космичните лъчи за процесите на слънчево-земните връзки и слънчево-земната физика. Тук, в първата част на работата, касаеща земната атмосфера и влиянието на космическата радиация върху отделните й области и слоеве, ще направим кратък преглед на магнито-електронната структура на атмосферата, спирайки се на основните черти на йоносферата, магнитосферата и екзосферата.

Земна атмосфера: общ преглед

Радиацията, която идва до нас от космическото пространство бива: електромагнитна (със слънчев произход) и корпускулярна (със слънчев и галактичен произход).

Почти цялата лъчиста енергия от Слънцето, взимаща участие в радиациония баланс на Земята, лежи между 0.01 μm и 4 μm от електромагния спектър. Този интервал покрива ултравиолетовата област, видимата светлина и инфрачервената област [3]. Рентгенови лъчи, микровълните и радиовълните имат съвсем малък принос към общата лъчиста енергия. В Таблица 1 са дадени спектралните области от електромагнитния спектър на Слънцето. Тази Таблица се нуждае от някои разяснения. В астрофизиката и космическата физика меките рентгенови лъчи е прието да са между 0.1 nm и 10 nm. Границите между инфрачервената област, микровълните и радиовълните са условни и в различните области се приемат различно.

Видимата светлина и инфрачервената област имат най-голям принос към общата радиативна енергия, докато ултравиолетовата област съдържа ~ 7 до 9% от нея [4]. Радиовълните и X-rays имат много малък принос към пълната радиативна енергия. Въпреки, че потоците от частици (слънчев вятър и коронарно изхвърляне на маса - CME) оказват огромно влияние върху йоносферата и магнитосферата, загубата на енергия и на частици от атмосферата, предизвикана от тези събития е много малка [4, 5].

Таблица 1. Спектрални области на слънчевото лъчение [4]

Радиовълни	$\lambda > 1$ mm
Далечна инфрачервена област	$10\mu m < \lambda < 1$ mm
Инфрачервена област	$0.75\mu m < \lambda < 10$ μm
Видима светлина	0.4 μm $< \lambda < 0.75$ μm
Ултравиолет (UV)	0.12 μm $< \lambda < 0.4$ μm
Екстремен ултравиолет (EUV)	0.01 μm $< \lambda < 0.12$ μm
Меки X-rays	0.1 nm $< \lambda < 10$ nm
Твърди X-rays	$\lambda < 0.1$ nm

Над тропосферата слънчевата радиация с дължина на вълната < 0.3 μm (близък ултравиолет и X –rays) се абсорбира напълно [6, 7], между 0.15 μm и 0.31 μm се абсорбира от стратосферата и мезосферата [6, 8], докато под 0.12 - 0.16 μm се абсорбира основно над 100 km. [6, 8]. Обаче, над 100 km. абсорбираната енергия е пренебрежимо малка част от пълната радиативна енергия [6]. Schunk and Nagy [4, 5] дават, че EUV радиация достига до около 0.1% от общата слънчева лъчиста енергия. Въпреки тази изключително ниска стойност, фотойонизацията на неутралните молекули от слънчевия EUV и меката X-ray радиация е основната причина за образуването на плазма в йоносферата [4]. Освен споменатите основни източници, йонизацията на атмосферата може да се дължи също на метеорити (в слоя *E*) или на корпускулярна радиация, галактична и слънчева, в слоя *D*.

Атмосферата е газовата обвивка на Земята. Тя е най-плътна в ниските си слоеве, докато с височината нейната плътност намалява. Само за сведение ще отбележа, че общата маса на атмосферата е около 5-10 тона. Половината от нея се намира в първите 5 km., 75% е до 10 km., 95% - до 20 km., а на височина до 30 km. се съдържа около 99% от масата на атмосферата.

Над 35 km. атмосферната маса е не повече от 1%. Мезосферата и термосферата съдържат само около 0.1% от общата маса [9].

Близо до повърхността на Земята въздухът се състои от ~ 78% N_2, 21% O_2, 0.9% Ar, 0.1% CO_2 и следи от други съставящи [10]. До 100 km. пропорционалното съотношение между **основните газове** (N_2, O_2, Ar) не се мени с височината и съставът на въздуха е постоянен. Така, в първите 80 km., които съдържат почти цялата маса на атмосферата, въздухът е добре размесен и представлява хомогенна смес. Затова областта под 100 km. се нарича хомосфера или турбосфера. Името турбосфера е свързано с това, че турболенцията предизвиква размесване на атмосферните съставящи [11]. Около 100 km. се наблюдават едновременно два конкурентни процеса с еднаква важност: смесването на атмосферните съставящи е контролирано и от молекулярна дифузия [12]. Областта на преход от турболентно смесване към молекулярна дифузия се нарича турбопауза. Над турбопаузата атмосферните съставки не са добре премесени и тази област се нарича хетеросфера [12]. В нея съставът на въздуха търпи промени, а пропорционалното съотношение между постоянните компоненти се мени с височината. В хетеросферата (над 100 km.) се наблюдава дисоциация на молекулите и движенията им стават по-независими [11].

Макар, че съставът на атмосферата под 100 km. е относително еднороден, още над около 25 km. под влияние на слънчевата ултравиолетова радиация започва дисоциация на молекулите кислород и азот, което води до образуването на озон O_3 в средната атмосфера. Важна неутрална компонента на мезосферата е NO. Тя, както и O_3 са второстепенни съставки и имат фотохимичен произход [13]. Във високите части на атмосферата (> 80 km.) под влияние на слънчевия ултравиолет се образуват атоми и йони [14]. Над около 100 km. фотодисоциацията на доминиращите молекули N_2 и O_2 започва да отмества състава от O_2 и N_2 към O_2, O и N_2, N [13]. Все пак, около тази височина молекулният кислород и азот продължават да доминират [15]. Над около 120 km. много от кислорода е в атомна форма. Всъщност, това е ниската част на хетеросферата, която съдържа относително голяма концентрация на атомен кислород, а също така и елементите H, OH, NO, O_3 [12]. Въпреки това под 200 km. неутралният молекулен кислород, азот и аргон са доминиращи съставки [11].

В резултат на дифузията по-тежките атоми и молекули (кислород и азот) показват тенденция да остават в по-ниските слоеве, докато по-леките газове (като водород и хелий) изплуват към високите области на атмосферата. Тежката основна съставяща, молекулният азот, пада най-бързо с височината. Вследствие влиянието на молекулната маса върху дифузията, над 200 km. се наблюдава забележимо нарастване на относителното изобилие на по-леките съставящи. Около ~ 400 – 500 km. в атмосферата доминира атомният кислород със следи от молекулен азот. Наблюдава се и нарастване на леките съставящи, в началото - хелий, а след това и водород [12]. Тъй като азотните молекули се дисоциират по-бързо от кислородните, молекулното тегло намалява и кислородните атоми са доминиращите частици от около 400 km. до ~ 1000 km. [11]. Над 1000 km. атмосферата съдържа основно водород [11], [16].

Така, останалите в хетеросферата газове се разслояват по молекулна маса: по-тежките газове, азот и кислород, остават в ниската хетеросфера, докато леките, като водород и хелий, се простират много по-надалеч [17].

Атмосферата на височина до към 60 km. се състои основно от електрически неутрални молекули или атоми, поради което се нарича неутрална атмосфера. На височина от 80 км. атмосферният газ е толкова разреден, че свободните електрони могат да съществуват за кратък период от време преди да рекомбинират с околните положителни йони. Тази част от атмосферата, която съдържа голям брой свободни електрони се нарича йоносфера. Наличието на заредени частици, състоящи се от свободни електрони и йони, подсказва началото на йоносферната област, в която атмосферата има свойства едновременно и на газ и на плазма.

Магнито-електронна атмосферна структура

Йоносфера: основни слоеве и области, йонизираща радиация

Йоносферата включва по-малко от 0.1% от общата маса на планетната атмосфера, въпреки това тя е една изключително значима област. Йоносферата на Земята е разделена на три важни слоя: *D*, *E* и *F*. Слоят *F* (започва от височина над 140 km. и се простира до над ~ 500-600 km.) се образува основно от фотойонизацията на неутралните атоми / молекули от *EUV радиация*, а във високи ширини е резултат на изсипването на *заредени частици*. Основните газове, които се йонизират от тези лъчения са N_2, O_2, и O. Така, че йоните в този слой са N_2^+, O_2^+, O^+ и NO^+ [18]. N_2^+ реагира бързо, при което се получава NO^+. Наблюдават се и N^+ йони. Електронната плътност в този слой е ~ $10^{11} – 10^{12}$ m^{-3} [19]. Максимумът на йонизация в слоя *F* е на височина ~ 250-300 km. (според някои автори от ~ 200 km. до 400 km.). *F* има плътен слой от O^+ йони, като понякога през деня се разделя на два отделни слоя *F1* (140-200 km.) и *F2* (над 200 km.). Максимумът на електронната плътност във *F1* е ~ $3x10^{11}$ e^-/m^3 на обяд, а във *F2* е ~ $2x10^{12}$ e^-/m^3 през деня и ~ $3x10^{11}$ e^-/m^3 през нощта [20]. Във *F1* основните йони са NO^+ и O_2^+, срещат се и O^+ и N^+ йони. Той се наблюдава само през деня [21]. Основният носител на заряд във *F2* е O^+, наблюдават се също H^+ и He^+ йони [13, 21]. Йонната плътност във *F2* областта (10^6 cm^{-3}) е приблизително с фактор около 10 по-голяма от тази в слоя *E*, като неутралната плътност (10^8 cm^{-3}) е все още с два порядъка по-голяма от йонната плътност [4].

Областта *E* (90-150 км) се образува от *слънчево рентгеново (1-10 nm) лъчение и EUV (~100-150 nm)*, които йонизират молекулния азот и кислород, дисоциирайки ги до N_2^+ и O_2^+. N_2^+ изчезва бързо чрез обмен на заряд. В тази област NO^+ е доминиращ положителен йон, въпреки, че има само следи от неутралната молекула NO [13]. Така, основните йони в този слой са O_2^+ и NO^+, като се наблюдават и малки количества N_2^+ и O^+ [21]. Електронната концентрация на слоя *E* се мени в зависимост от ъгъла, под който падат слънчевите лъчи върху йоносферата. Следователно дневният максимум на електронната концентрация в този слой е

на обяд, а сезонният през лятото. Максимумът на електронната плътност в слоя е ~ 10^{11} e^-/m^3 през деня, докато през нощта той достига около $3x10^9$ e^-/m^3. *E* има максимум на електронната плътност на височина ~ 110-120 km [21, 22]. Слоят *E* започва да изчезва при здрачаване поради липса на инцидентна радиация от Слънцето и рекомбинацията започва да взема превес. Въпреки това през нощта, при спокойни условия, в този слой остава някаква остатъчна радиация и той е отслабен. Това отслабване е причина за нарастване на височината на максималната електронна концентрация, тъй като рекомбинацията протича по-бързо в по-ниските части.

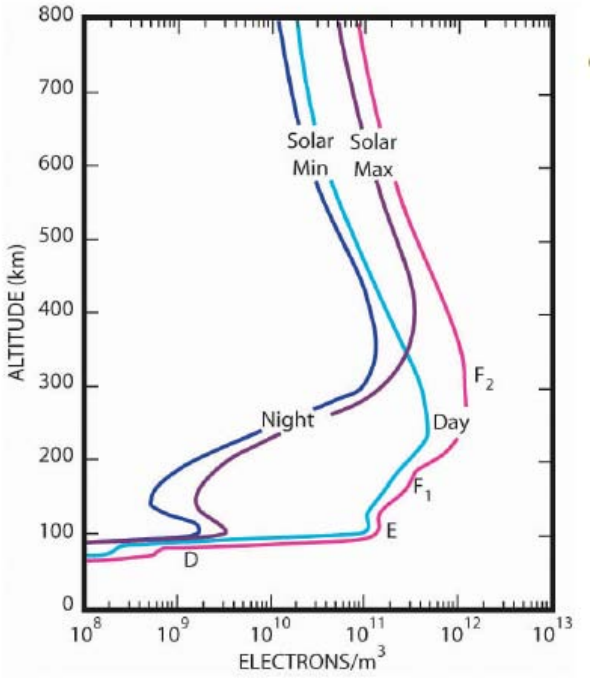
В слоя *E* понякога се наблюдава локално повишаване и неоднородности в електронната плътност, известни като спорадичен слой *E* [18]. Спорадичните *E*-събития могат да продължат от няколко минути до няколко часа [23]. Причините за образуването на такъв слой могат да бъдат най-разнообразни. В средни ширини образуването му се дължи основно на метални йони от метеоритен произход.

Нощният слой и спорадичният слой *E* дължат образуването си на електронни и метеоритни атаки [24].

Формирането на слоя *D* е резултат от следните източници на йонизация: (1) слънчева Lyman-alpha (121.5 nm), йонизираща малката съставна част NO, (2) слънчеви рентгенови лъчи (0.1 - 1 nm) йонизиращи N_2 и O_2, (3) *слънчеви и галактични космични лъчи*, йонизиращи всички атмосферни съставящи и (4) фотойонизация на метастабилен O_2 от слънчево UV лъчение (λ <111.8 nm) [18, 25; 26]. Йоните O_2^+ и NO^+, създадени при тези процеси се конвертират в сложни молекулни съединения H_3O^+ $(H_2O)_n$ [4; 18]. Този слой се наблюдава на височина между 50 и 90 km. с подслой, наречен космически слой *C* (с максимум на йонизация при ~ 55 km.) [22, 27]. Космическият слой *C* е разположен на височина под около 70 km. и е образуван основно от космични лъчи [21, 28].

Йонизацията в този слой е слаба и варира най-често между 10^8 – 10^{10} e^-/m^3 [19, 20]. Електронната концентрация, обаче, се изменя в зависимост от слънчевия цикъл, сезона или денонощието [21].

При спокойни условия слоят *D* съществува само през деня, през нощта изчезва, тъй като рекомбинацията е по-силна от йонизацията [29, 30]. Въпреки това, обаче, той може да бъде създаден по всяко време на деня или нощта от високоенергетични заредени слънчеви частици, свързани с геомагнитните смущения. Ракетните и сателитни наблюдения показват, че слънчевите космични лъчи, слънчевите протони с енергия от 1 до 100 MeV и вероятно слънчевите електрони с енергия над 10 keV, са вероятни източници на йонизация в този слой [21].



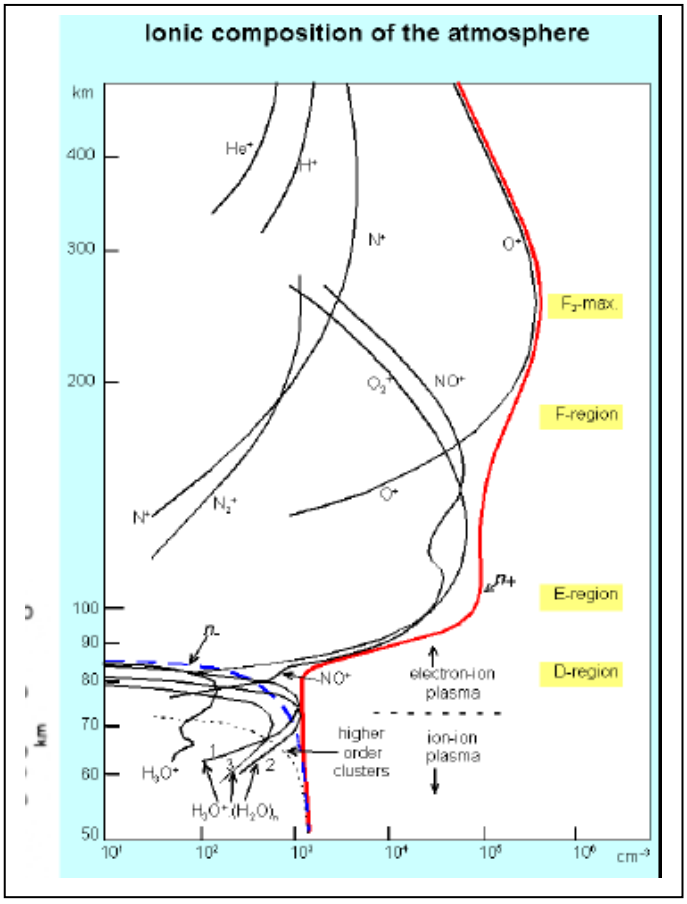
Фиг. 1. Характерни дневни и нощни профили на електронната плътност в йоносферата за слънчев минимум и слънчев максимум. Фигурата е от Anita Aikio [19]

Под 70 km. доминираща е йонизацията от високоенергетични космични лъчи (слънчеви и галактични) [27, 31, 32]. През нощта ГКЛ създават остатъчна радиация. Най-ниската част на слоя *D* се дължи на йонизация от ГКЛ с енергии над 1 GeV [31].

Слоят *D* е най-ниската част на йоносферата. В него под 85 km. в атмосферната химия и състав доминират йонни клъстери (като $(NO)^+(H_2O)n$, $H^+(H_2O)n$, $O_2^+(H_2O)n$ [33], а също така и положителни и отрицателни йони (например O_2^-) [19]. Над 85 km. йонните клъстери отстъпват мястото си на доминантни йони на молекулните йони от слоя *E*: O_2^+ и NO^+ [33, 34 35].

На фиг. 1 са показани дневните и нощни профили на електронната плътност в йоносферата за слънчев минимум и слънчев максимум, а на фиг. 2 – йонен състав в отделните йоносферни слоеве.

Областта над *F2*, където електронната плътност започва да намалява бавно с височината, достигайки до плазмосферата, се нарича висока йоносфера (topside ionosphere-*eng*). На средни ширини високата йоносфера се простира от 500-600 km. до 1500 km., но в повечето случаи тази област е под ~ 1 000 km. В нея през деня под преходната област (където концентрациите на O^+ и H^+ са изравнени) доминиращи се йоните на атомния кислород O^+ [4, 41, 42, 43].



Фиг. 2. Йонен състав на атмосферата. Графиката е от J. Papon, M. Cohen, B. Cotts, and N. Haque [20]

Много изследователи подчертават факта, че йоносферата е вградена в неутралната атмосфера. Дори в максимума на слоя *F* с електронна плътност е 10^{12} m^{-3} , неутралната атмосфера е с плътност ~3×10^{14} m^{-3}. В по-ниските части, в областта на *D* и *E* слоя, плътността на неутралите смазва електронната плътност, достигайки 10 порядъка над нея [36]. Плътността на неутралите е ~ 10^{21} m^{-3} при 60 km., ~10^{19} m^{-3} при 100 km. и достига до ~10^{14} m^{-3} при ~ 400 km [37]. Степента на йонизация на йоносферната плазма се определя от отношението N/Nm, където N е концентрацията на заредените частици (разглеждаме плазмата като квазинеутрална среда, $N_e \approx N_i \equiv N$), а Nm е концентрацията на неутралната компонента (неутрални атоми и молекули). Степента на плазмена йонизация в йоносферата расте с височината. Под 100-120 km. степента на плазмена йонизация е минимална (N/Nm ~ 10^{-8} – 10^{-6}), за височини около и малко над 300 km. N/Nm ~ 10^{-4} и около и малко над 1 000 km. степента

на йонизация на плазмата достига 10%. При по-големи височини, над 1 000 km., плазмата е напълно йонизирана, $N/Nm \gtrsim 1$ [26, 38, 39, 40].

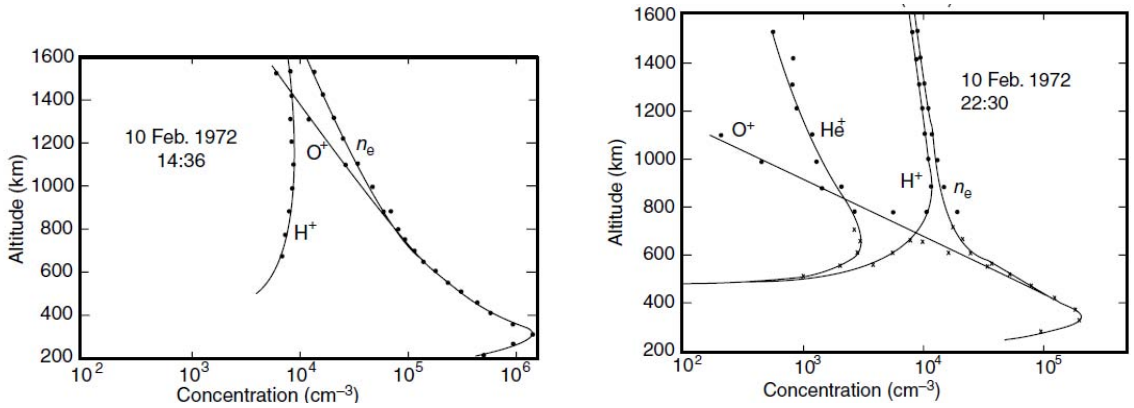
Тук трябва да споменен, че йоносферата не бива да се разглежда като стационарна система от слоеве, тъй като тя е изложена на постоянни промени. Степента на йонизация в нея се мени според сезона, часа на денонощието, промяната на слънчевата активност, географската ширина и т.н. Освен това, преходът между отделните слоеве с различна електронна концентрация става плавно. Въпреки това хипотезата за слоестия строеж на йоносферата е приета навсякъде и битува и до днес, а най-вероятно ще битува и в бъдеще.

Над 600 km. концентрацията на частици силно намалява. Всъщност над тази височина започва влиянието на земното магнитно поле и неговата конфигурация започва да играе съществена роля при определяне поведението на заредените частици

Плазмосфера и магнитосфера

Над високата йоносфера е разположена плазмосферата. Долната граница на тази област се определя като слой, след който се извършва преход от доминиране на кислородни към доминиране на водородни йони (фиг. 3) [44, 45 46].

Плазмосферата може да се разглежда едновременно като разширение на йоносферата на ниски и средни ширини и като вътрешна част на магнитосфера [48]. Тя се простира на височина от 1 000 – 3 000 km. В нея плазмата е почти напълно йонизирана. В плазмосферата, а също и във високата йоносфера доминират транспортните процеси в плазмата [4].



Фиг. 3. Дневен (ляв панел) и нощен профил (десен панел) на йонния състав във високата йоносфера и протоносфера, измерени в Arecibo, Puerto Rico [4, 47]

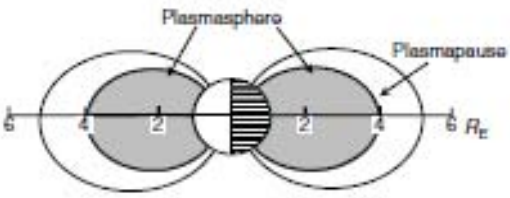
Плазмосферата има формата на тор (фиг. 4). Магнитното поле в нея се описва като диполно, а магнитни силови линии са затворени. Тя е съставена от студена (около 1 eV, най-много до 10 eV) и плътна (десетки до хиляди частици в cm^3) плазма, която обгражда Земята при геомагнитни ширини под около 65^0 [49, 50]. В тази област плазмата е с йоносферен произход и се върти, заедно със Земята. Въртенето на плазмосферата, обаче, е с около 10% по-бавно от това на планетата, ~ 27 h [51]. Доминатният йон в тази област е H^+, вторият по разпространение е He^+ и много малко съдържание на O^+ [52, 53, 54, 55, 56]. Основния йонен състав често се дава в следното отношение: 77% H^+, 20% He^+ и 3% O^+ [57].

Плазмосферата може да бъде разделена на две зони: вътрешна и външна. Вътрешната зона е слабо повлияна от геомагнитните смущения, докато външната забележимо варира с магнитните бури и суббури. Въпреки, че магнитните силови линии в тази област остават затворени, възможни са случаи, при които се наблюдава поток на плазмата към външните части на магнитосферата [58]. Външната зона на плазмосферата е по-топла, с температура до приблизително десетки eV [59, 60].

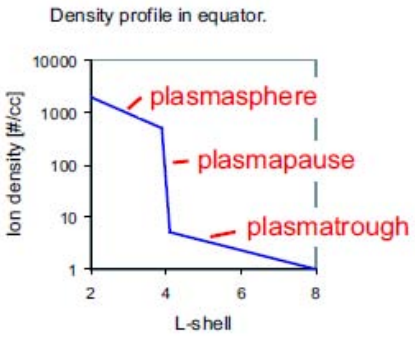
Смята се, че вътрешната област на плазмосферата е в дифузно равновесие [61]. През периоди на по-дълги, относително спокойни геомагнитни условия външната област може да стане дифузна, с постепенно падане на плазмената плътност. С нарастване на магнитната

активност, обаче, тя ерозира и плазмосферните йони се устремяват към външните части на магнитосферата [62].

Външната граница на плазмосферата, т.н. плазмопауза, се определя като област, където плазмената плътност рязко пада с около 1 до 2 порядъка и достига до няколко частици в cm^3 [60, 63, 64]. Плазмопаузата е границата на въртящата се със Земята плазма. При съвсем спокойни периоди тази граница може да бъде отнесена към въртящата се плазма, докато при активни събития, тя става много динамична в отговор на променящата се среда [65, 66]. Най-често границата на плазмосферата е на около 25 000 - 26 000 km. (~ 4-5 земни радиуса) [67]. Тя може да се простре и до ~ 7 земни радиуса при много спокойни условия. Плазмосферата е по-близо до Земята при геомагнитна активност и при много смутена среда, може да достигне дори до ~3 земни радиуса [63, 67]. На фиг. 4 е дадена схема на плазмосферата и нейната гранична повърхност – плазмопаузата.



Фиг. 4. Схема на плазмосферата с нейната гранична повърхност, наречена плазмопауза [4, 5]

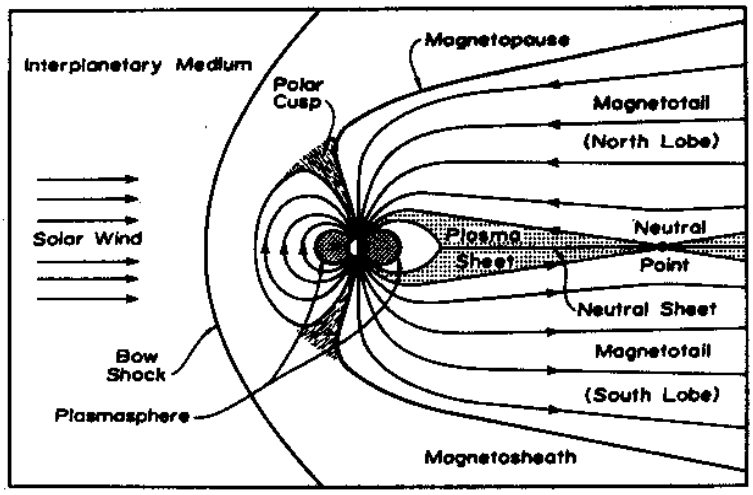


Фиг. 4а. Плазмена плътност над екватора [74]

Плазмопаузата разделя студената и плътна област на земната плазмосфера от външната част на магнитосферата, където плазмата е топла (~100– 1000 eV) и с ниска плътност (над плазмопаузата до няколко частици на cm^3, намалявайки към външната ѝ граница) [68, 69]. Над плазмопаузата магнитните силови линии са неспособни да следват движението на Земята, тъй като са повлияни силно от електричните полета, създадени от слънчевия вятър [70]. Плазменото поведение в тази част на магнитосферата се определя основно от индуцираната от слънчевия вятър конвекция [71].

Отвъд плазмопаузата се простира област, наречена "plasma trough" - *eng*. Тук типичните плътности са от порядъка на 1-10 частици на cm^3 (фиг. 4а) [68, 72, 73].

Наблюденията показват наличието на плазмосферни структури, такива като “notches”, “shoulders”, “channels”, “fingers”, “crenulations” (*eng*.), които в момента са обект на активно изучаване. Много често тези структури се простират отвъд плазмопаузата [52, 53].



Фиг. 5. Схема на магнитосферата [80, 81].

Границата между магнитосферата и слънчевия вятър се нарича магнитопауза. Магнитопаузата разделя слънчевото от земното магнитно поле. Определя се като тънък

плазмен слой, където налягането на слънчевия вятър е в равновесие с налягането от магнитосферната плазма [75]. От дневната страна на Земята магнитопаузата се простира до около 10 земни радиуса над повърхността. Когато, обаче, налягането от слънчевия вятър е прекалено силно, дневната страна на магнитопаузата може да бъде компресирана и да достигне разстояние под 6-7 земни радиуса [75]. От нощната страна формата на магнитопаузата е удължена и образувайки дълга магнитна опашка, може да се простре на разстояние до около 1 000 земни радиуса [76].

Между магнитопаузата и плазмопаузата концентрацията на плазмата е ≤ 1 cm^{-3} [69, 77, 78, 79]. На фиг. 5 е дадена схема на магнитосферата [80, 81].

Във вътрешната област на магнитосферата, освен плазмосферата, се наблюдават още две основни плазмени популации: кръговите токове и поясите на Ван Алън.

Радиационни пояси

Радиационните пояси са открити от Ван Алън, американски физик, и неговата група от Университета на Айова. Те носят името на своя откривател [82].

Радиационните пояси са два динамични, тороидални пояса, обграждащи Земята и центрирани около екватора, които съдържат високоенергетични заредени частици – предимно протони и електрони, захванати от магнитното поле на планетата [83, 84, 85].

Вътрешният радиационен пояс е по – близо до Земята. Той е центриран на разстояние ~3 000 km. [84, 86], а се простира средно от ~ 1 000 до ~ 6 000 km. (~ 0.15 до ~ 1 земен радиус) [82, 85, 87, 88]. Някои оценяват външната му и вътрешна граница да са съответно при ~ 650 km. и ~10 000 km. над земната повърхост [89, 90, 91]. Вътрешният радиационен пояс е най-близо до земната повърхност (до ~ 250 km.) над Атлантическия океан край бразилското крайбрежие (район на т.нар. Южноатлантическа магнитна аномалия) [82, 90, 92, 93]. Този пояс е съставен от частици със слънчев и галактичен произход. Състои се основно от протони с енергия от ~ 10 до 50 MeV [84]. Смята се, че протоните с енергия, надхвърлящи 50 MeV в по-ниските части при по-малки височини се дължат на бета-разпад на неутрони, създадени при стълкновения на космични лъчи с ядра от високата атмосфера [86]. Поясът съдържа също и електрони с енергии от стотици keV (като е напълно стабилен за MeV електрони [84, 94]); срещат се и електрони с по-ниски енергии [95], нискоенергетични протони [96, 97, 98] и кислородни йони [93, 99] с енергии между 1 и 100 keV [90, 91, 99]. За източник на по-нискоенергетичните протони в този пояс се смята дифузията на протони вследствие на промените на магнитното поле при геомагнитни бури [91, 100].

Външният пояс е разположен на разстояние между ~3 земни радиуса (15 000-20 000 km.) и ~7-10 земни радиуса (40 000-60 000 km.) Най-голям интензитет този пояс има на разстояние ~ 3 - 5 земни радиуса [82, 84, 85, 89, 90]. Състои се основно от електрони с енергия до 10 MeV [82, 90, 93], но също така и от различни йони. Много от йоните са във вид на протони, но определен процент са алфа-частици и O^+ йони, които постъпват от магнитопаузата в резултат на стълкновения или се опитват да напуснат гравитационното поле на Земята през магнитосферата [84, 90, 91, 93, 101].

И така вътрешният радиационен пояс е съставен основно от протони, а външният от електрони, като вътрешният за разлика от външния не съдържа хелиеви йони. Причината за наличието на хелиеви йони във външния пояс е слънчевия вятър [85, 102]. Интензитетът на вътрешния пояс е най-силен между 2 000 и 5 000 km [90].

Смята се, че повечето от частиците в тези пояси са със слънчев произход, а друга част са ГКЛ [87]. Електроните във външния радиационен пояс се инжектират от геомагнитната опашка вследствие на геомагнитни бури и се енергизират при взаимодействия вълна –частица [82, 91].

Радиационните пояси са динамични области около планетата. Те имат следната структура: стабилна вътрешна зона и силно променлива външна зона [103]. Така, вътрешният пояс е относително стабилен, докато външният е много динамичен [104]. Най-общо казано характерното време на живот на енергетичните протони във вътрешния пояс е ~ 10 години [105]. Броят на космичните йони е относително малък и вътрешният пояс ги акумулира бавно. Обаче, тъй като този пояс е много стабилен (времето на живот на частиците в него достига до 10 години), той се изгражда с години и интензитетите в него са високи [90, 105].

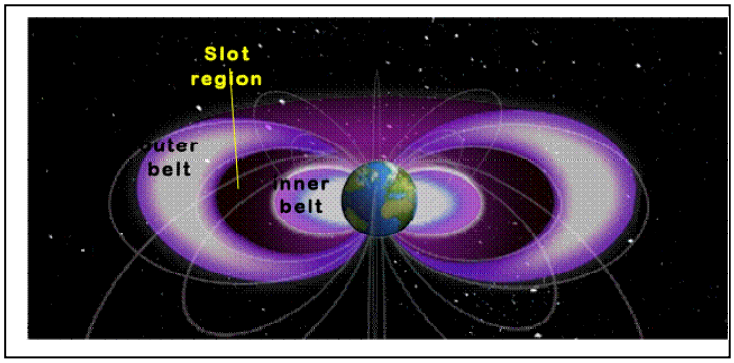
Външният радиационен пояс е по-голям и по-размит от вътрешния. Той може силно да нарасне или да намалее в резултат на геомагнитна буря или на промени в магнитното поле на Земята [106]. Вариациите могат да бъдат едновременно както в радиална посока, така и в населеността на енергетичните частици [91, 93, 107].

Външният пояс се формира или изчезва в резултат на различни условия в космоса [103], свързани със слънчеви събития и процеси и явления, определящи космическото време [105]. Той се създава чрез инжектиране на енергетични частици вследствие на геомагнитни бури, което го прави много по-динамичен от вътрешния [93].

Външният радиационен пояс проявява забележими вариации във времето в мащаб: часове, дни, седмици или месеци [108]. Потокът електрони във външния пояс може да варира с порядъци през интервали от няколко дни. Тези промени корелират с времето на силни магнитни смущения [85].

Слънчевата активност също оказва влияние на радиационните нива през поясите, т.е флуктуациите в техния интензитет са частично повлияни и от слънчевия цикъл [83, 90]. Въпреки, че вътрешният пояс е сравнително стабилен, той е подложен на случайни пертурбации вследствие на геомагнитни бури, чиито интензитет варира с 11-годишния слънчев цикъл [109].

Областта между вътрешния и външния пояс в англоезичната литература се нарича „safe zone", „safe slot" или "slot region" [82, 91, 94]. Тази зона обикновено е изпразнена от енергетични електрони, но при силни бури може да бъде попълнена от такъв тип частици [94, 96]. Простира се между ~ 2 до ~ 4 земни радиуса [82, 110].



Фиг. 6. Вътрешен и външен радиационен пояс [111]

Фиг. 6 представя двата радиационни пояса на Ван Алън с областта между тях [111].

Радиационните пояси растат или се свиват, понякога се сливат, а понякога образуват три вместо два пояса [89]. Неотдавна, през 2013 бе съобщено, че е наблюдаван преходен, трети радиационен пояс в продължение на около месец [82].

Ядрените тестове в космоса водят до образуване на изкуствени радиационни пояси [87, 112].

Геокороната е луминисцентната част на най-външната област на земната атмосфера-екзосферата [113]. Тя представлява огромен облак от неутрален водород около Земята [114]. Вижда се посредством слънчевия ултравиолет (Lyman-alpha), който се разсейва резонансно от неутралния водород [113, 115].

Магнитосферата е почти напълно йонизирана плазма, в която не се наблюдават стълкновения между частиците. Тъй като ударите са много редки, този неутрален облак може да съществува заедно с плазмата във вътрешните части на магнитосферата с относително слаби смущения [114].

В геокороната освен водород, който е основен елемент, се наблюдават и малко неутрални атоми хелий и кислород. Тази обвивка се простира отвъд 4-5 земни радиуса с намаляваща плътност и достига поне до 15.5 земни радиуса.

Геокороната е част от екзосферата. Долната граница на екзосферата се нарича екзопауза. Над екзопаузата сблъсъците между частиците се наблюдават толкова рядко, че съществува вероятност за атомите, движещи се с достатъчно висока скорост да напуснат земното гравитационно поле и да попаднат в междупланетната среда. В тази област, обаче, има и гравитационно свързана компонента, която включва частици, следващи балистични траектории, както и „сателитни атоми", които прекарват известно време на орбита около Земята преди да се върнат в по-плътните слоеве на атмосферата [116].

Екзопаузата за заредените частици е на по-големи височини от тази за неутралите. За полярните области началото на екзосферата за неутралните частици започва от 500 - 600 km. (~1 000 km. за средни ширини), докато плазмената екзопауза е между 1 500 и 3 000 km. [4].

Горната граница на екзосферата се дефинира като разстояние, при което слънчевото радиационно налягане върху атомния водород превишава гравитационното влияние на Земята

[117]. Теоретичната външна граница на екзосферата надхвърля 15.5 земни радиуса (~ 100 000 km.) и достига до ~ 30-31 земни радиуса (около 190 000 km. [30, 116, 117]).

Заключение

В тази статия сме засегнали само една малка част от темата, свързана със земната атмосфера и ролята на космическата радиация в отделните й области и слоеве. Тъй като материята, третираща тази тематика, не може да бъде изложена в рамките на един доклад, тя ще бъде представена на отделни части. В първата част сме се постарали да представим основните черти, свързани с магнито-електронната структура на планетната атмосфера. В максимума на йоносферния слой *F* само около 1% от неутралната атмосфера е йонизирана [19]. Степента на йонизация след този максимум нараства, като над 600 km. започва влиянието на земното магнитно поле, което расте с височината. Над 1 000 km. атмосферата е напълно йонизирана и в тази област магнитното поле определя напълно структурата на плазмата [36]. При тези височини транспортните процеси на заредените частици са основно под негово влияние.

Йонизиращото действие на слънчевата електромагнитна радиация се наблюдава във всички слоеве на йоносферата и е определящо при формиране на нейната структура. Корпускулярната радиация със слънчев произход има йонизиращо действие в слоя *D* на земната йоносфера. Най-ниската част на този слой се образува от йонизация на ГКЛ с енергия над 1 GeV. Тъй като ГКЛ са най-високоенергетични от всички типове корпускулярна радиация, те проникват много дълбоко в земната атмосфера, като предизвикват атмосферни каскади над около 20 km. от повърхността, участват в образуването на космогенни изотопи, а също така оказват влияние и върху атмосферната химия. Във втората част на тази работа ще бъде разгледана ролята на космическата радиация за процесите и явленията в неутралната атмосфера.

Литература:

1. S t o z h k o v, Y.I., N.S. S v i r z h e v s k y, V.S. M a k h m u t o v. Cosmic Ray Measurements in the Atmosphere. Workshop on Ion-Aerosol-Cloud Interactions, 18 - 20 Apr 2001, CERN, Geneva, Switzerland, pp.41-62
2. V e l i n o v, P. I. Y. Compt. rend. Acad. bulg. Sci. 53, 2000, pp. 37-40
3. S o k o l i k, I. N. Radiation balance and solar radiation spectrum, in: Global Ecology (Editor: Sven Erik Jørgensen), pp. 214-215
4. R. S c h u n k , A. F. N a g y. Ionospheres: Physics, Plasma Physics, and Chemistry. Second Edition, 2009, p. 31, 67.
5. C h a p p e l l, C. R. Conference on Magnetospheric–Ionospheric Coupling, Trans. A.G. U. 55, 776, 1974
6. H a n s l m e i e r, A. The Sun and Space Weather, 2006
7. H u n t e n, D.M., J.-C. G e r a r d, L. M. F r a n c o i s. The atmosphere's response to solar irradiation, in: The Sun in Time (Editors: C. P. Sonett, M. S. Giampapa, M. S. Matthews), p. 469
8. Committee on Global Change. Solar influences on global change (edited by National Research Council (U.S.)), 1994, p. 50.
9. V e s l l l n d, P., S. M.o.r.g.a.n, L. H e l n e. Introduction to Environmental Engineering - SI Version. Third Edition, 2010
10. Glossary, http://www.braeunig.us/space/glossary.htm
11. B r e k k e, A. Physics of the Upper Polar Atmosphere. Second Edition, 2013
12. H o b b s, P.V. Introduction to Atmospheric Chemistry, 2000
13. G h o s h, S.N. The Neutral Upper Atmosphere, 2002, pp.10-12
14. S a h a, K. The Earth's Atmosphere: Its Physics and Dynamics, 2008
15. B a n k s, P. M., G. K o c k a r t s, Aeronomy Part A, 1973
16. S u l p h e y, M. M., M. M. Safeer. Introduction to Environment Management, Third Edition, 2015
17. Chapter 3 - The Atmosphere, http://myweb.cwpost.liu.edu/vdivener/ers_1/chap_3.htm
18. H a l d e r, S. A. et al. D, E, and F Layers in the Daytime at High-latitude Terminator Ionosphere of Mars: Comparison with Earth's Ionosphere Using COSMIC Data, J. Geophys. Res. 114, A03311, doi:10.1029/2008JA013709, 2009
19. Aikio, A. Ionosphere and Radar measurements, 2010, https://www.eiscat3d.se/drupal/sites/default/files/EISCAT_Radar_School_2012/01_McCrea_Ionosphere.pdf
20. P a p o n, J., M. C o h e n, B. C o t t s, N. H a q u e. Ionospheric Morphology. IHY Workshop on Advancing VLF through the Global AWESOME Network
21. Z o l e s i, B., L. R. Cander. Ionospheric Prediction and Forecasting. Chapter 2: The General Structure of the Ionosphere, 2014

22. Ionosphere, http://roma2.rm.ingv.it/en/research_areas/4/ionosphere
23. Ionosphere, http://en.wikipedia.org/wiki/Ionosphere
24. The Earth's ionosphere, http://utd500.utdallas.edu/ionosphere.htm
25. P u l i n e t s, S.A., K. B o y a r c h u k. Ionospheric Precursors of Earthquakes, 2004, p.18
26. G u r e v i c h, A. V. Nonlinear Phenomena in the Ionosphere, 1978
27. The Ionosphere, Chapter 4, http://www.uio.no/studier/emner/matnat/fys/FYS3610/h04/undervisningsmateriale/Chapter%204-25August.pdf
28. Ionosphere, http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/D-layer
29. Ionosphere and magnetosphere. Ionosphere, http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1369043/ionosphere-and-magnetosphere
30. Atmospheric Structure, http://www.albany.edu/faculty/rgk/atm101/structur.htm
31. B a u e r, S., H. L a m m e r. Planetary Aeronomy: Atmosphere Environments in Planetary Systems, 2004, p.19;
32. W e b b e r, W. The Production of Free Electrons in the Ionospheric D Layer by Solar and Galactic Cosmic Rays and the Resultant Absorption of Radio Waves, J. Geophys. Res. 67, 1962
33. J o h n s o n, R. M., T. L. K i l l e e n. The Upper Mesosphere and Lower Thermosphere: A Review of Experiment and Theory, p. 39
34. G o r d i l l o-V á z q u e z, F. J. The ionosphere of the Earth, International Summer School – Workshop "Spectroscopy of the atmospheres (SPECAT 09)", June 28 – July 10 2009, Jaca, Spain.
35. B a n k s, P. M., G. Kockarts. Aeronomy, Part 2, p. 126
36. H a w l i s c h k a, S. et al. Chapter 1 – Morphology and Dynamics, in: RTO-TR-IST-051 Characterising the Ionosphere (Editor: G Wyman), 2009
37. C h e r n o g o r, L. F., N. B l a u n s t e i n. Radiophysical and Geomagnetic Effects of Rocket Burn and Launch in the Near-the-Earth Environment, CRC Press Book, 2013
38. B l a u n s t e i n, N., E. P l o h o t n i u c. Ionosphere and Applied Aspects of Radio Communication and Radar, 2008
39. B l a u n s t e i n, N., C. C h r I s t o d o u l o u. Radio Propagation and Adaptive Antennas for Wireless Communication Links, 2007, p. 241
40. P u l i n e t s, S., K. B o y a r c h u k. Ionospheric Precursors of Earthquakes, 2004, p.18
41. G a r z ó n, D. P., C. G.M. B r u m, E. E c h e r, N. A p o n t e, M. P. Su l z e r, S. A. G o n z á l e z, R. B. K e r r, L. W a l d r o p. Response of the Topside Ionosphere over Arecibo to a Moderate Geomagnetic Storm. J. Atm. Solar Terr. Phys. 73, 2011
42. W e s t, K. H., R. A. H e e l l s, F. J. R I c h. Solar Activity Variations in the Composition of the Low-latitude Topside Ionosphere. J. Geophys. Res. 102, 1997
43. W a t t, T. M. Ion Distribution and Temperature in the Topside Ionosphere Obtained from the Alouette Satellite. J. Geophys. Res. 70, 1965
44. G o n zá l e z-C a s a d o, G., J. M. J u a n, M. H e r n á n d e z-P a j a r e s, J. S a n z. Two-component Model of Topside Ionosphere Electron Density Profiles Retrieved from Global Navigation Satellite Systems Radio Occultations. J. Geophys. Res. 118, 7348–7359, doi:10.1002/2013JA019099, 2013
45. S i b a n d a, P., L. A. M c K i n n e l l. The Applicability of Existing Topside Ionospheric Models to the South African region. South African Journal of Science 105, September/October 2009
46. S h i, X., P. G u o, J. S. P i n g. Improve the Topside Ionospheric Model Using Cosmic Electron Density Profile Data. Advances in Geosciences 21: Solar Terrestrial (ST), 2010
47. H a g e n, J. B., P. H s u. The Structure of the Protonosphere above Arecibo. J. Geophys. Res. 79, 4269, 1974
48. 2008 Workshop: Space Weather Effects and Aeronomy Studies at the Plasmaspheric Boundary Layer, http://cedarweb.hao.ucar.edu/wiki/index.php/2008_Workshop:Space_Weather_Effects_and_Aeronomy_Studies_at_the_Plasmaspheric_Boundary_Layer
49. D a n d o u r a s, I. Detection of a Plasmaspheric Wind in the Earth's Magnetosphere by the Cluster Spacecraft. Ann. Geophys. 31, 2013
50. Planetary Electrodynamics (Editors: S. C. Coroniti, J. Hughes), 1969
51. The Earth's magnetosphere, text-book chapters 13 – 15 http://theory.physics.helsinki.fi/~xfiles/plasma/08/lect07/MagnetosphereS.pdf
52. L e m a i r e, J. F., K. I. G r i n g a u z, D. L. C a r p e n t e r, V. B a s s o l o. The Earth's Plasmasphere, 1998
53. The Earth's Plasmasphere: A CLUSTER and IMAGE Perspective (Editors: F. Darrouzet, J. De Keyser, V. Pierrard). Originally published in Space Science Reviews Volume 145, Issues 1–2, 2009
54. K e l l e y, M. C. The Earth's Ionosphere: Plasma Physics and Electrodynamics, 2009
55. Plasmasphere, http://pluto.space.swri.edu/image/glossary/plasmasphere.html
56. Menk, F. W., I. R. Mann, A. J. Smith, C. L. Waters, M. A. Clilverd, D. K. Milling. Monitoring the Plasmapause Using Geomagnetic Field Line Resonances. J. Geophys. Res. 109, 2004
57. I l i e, R. Inner Magnetosphere: Plasma Sheet and Ring Current. GEM 2007 - Student Tutorial, University of Michigan

58. K h a z a n o v, G. V. Kinetic Theory of the Inner Magnetospheric Plasma, 2009
59. N e w e l l, P. T., C.-I. M e n g, Substorm Introduction of _< 1-keV Magnetospheric Ions Into the Inner Plasmasphere. J. Geophys. Res. 91, 1986
60. G r i n g a u z, K. The cold plasma throughout the magnetosphere, in: Physics of Solar Planetary Environments: Vols. I & II (Editor: D. J. Williams), 1976, p. 672
61. Tu, J., P. S o n g, B. W. R e i n i s c h , X. H u a n g, J. L. G r e e n, H. U. F r e y, P. H. R e i f f. Electron Density Images of the Middle- and High-latitude Magnetosphere in Response to the Solar Wind. J. Geophys. Res. 110, 2005
62. D a n d o u r a s, I. The Plasmaspheric Wind. 40th COSPAR Scientific Assembly, 2-10 August 2014, Moscow, Russia. Abstract D3.1-6-14, Publication Date: 2014
63. P i t k¨a n e n, M. Hadron Models and Related New Energy Issues (Editors: F. Smarandache, V. Christianto), 2007, p.78;
64. D a r r o u z e t, F. et al. Density Structures inside the Plasmasphere: Cluster Observations. Ann. Geophys. 22, 2004
65. J o h n s t o n, W. R. The Earth's plasmasphere and related electrodynamics, 2006, http://www.johnstonsarchive.net/physics/ps-paper.html;
66. J o h n s t o n, W. R. The role of the plasmasphere in radiation belt particle energization and loss. Dissertation, The University of Texas at Dallas, 2009, http://gradworks.umi.com/33/73/3373943.html
67. Encyclopedia Britannica, http://www.britannica.com/EBchecked/topic/463589/plasmapause
68. Plasmasphere, http://pluto.space.swri.edu/image/glossary/plasmasphere3.html
69. The Tail of the Magnetosphere, http://www-spof.gsfc.nasa.gov/Education/wtail.html
70. M o h a n a k u m a, K. Structure and composition of the lower and middle atmosphere, in: Stratosphere Troposphere Interactions: An Introduction, 2008, pp. 1-53
71. M e n k, F., Z. K a l e, M. S c i f f e r, P. R o b i n s o n, C. W a t e r s, R. G r e w, M. C l i l v e r d, I. Mann. Remote Sensing the Plasmasphere, Plasmapause, Plumes and Other Features Using Ground-based Magnetometers. J. Space Weather Space Clim. 4, A34, 2014
72. F r a s e r, B. J., J. L. H o r w i t z, J. A. S l a v i n, Z. C. D e n t, I. R. M a n n. Heavy Ion Mass Loading of the Geomagnetic Field near the Plasmapause and ULF Wave Implications. Geophys. Res. Lett. 32, 2005
73. H.o r w i t z, J. L., C. R. C h a p p e l l. Observations of Warm Plasma in the Dayside Plasma Trough at Geosynchronous Orbit. J. Geophys. Res. 84, 1979
74. D e n t, Z. C., I. R. M a n n. Magnetospheric Cold Plasma Morphology and Dynamics, http://physics.usask.ca/~koustov/sew/reports/dent.pdf
75. Space Physics Handout 2 : The Earth's Magnetosphere and Ionosphere, http://www.sp.ph.ic.ac.uk/~mkd/Handout2.PDF
76. Ionosphere and magnetosphere. Magnetosphere, http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1369043/ionosphere-and-magnetosphere/272037/Magnetosphere
77. G r i n g a u z, K. The cold plasma throughout the magnetosphere, in: Physics of Solar Planetary Environments: Vols. I & II (Editor: D. J. Williams), 1976, p.677
78. Planetary Electrodynamics (Editors: S. C. Coroniti, J. Hughes), 1969
79. Magnetospheric Plasma Sources and Losses: Final Report of the ISSI Study Project on Source and Loss Processes of Magnetospheric Plasma (Editors: B. Hultqvist, M. Øieroset, G. Paschmann, R. Treumann), 1999
80. R u s s e l l, C. T. Configuration of the magnetosphere, in: Critical Problems of Magnetospheric Physics (Editor: E. R. Dyer), 1972, p. 1
81. R u s s e l l, C. T. The response of the magnetosphere to the solar wind, in: The Magnetospheres of The Earth and Jupiter (Editor: V. Formisano), 1975, pp. 39-53, http://www-ssc.igpp.ucla.edu/personnel/russell/papers/response/
82. Van Allen radiation belt, http://en.wikipedia.org/wiki/Van_Allen_radiation_belt
83. Earth's radiation belt: Van Allen probes reveal 'zebra stripes' in space, http://www.sciencedaily.com/releases/2014/03/140319153200.htm
84. E m i l i a n i, C. Planet Earth: Cosmology, Geology, and the Evolution of Life and Environment, 1992, p.263
85. Ionosphere and magnetosphere, Van Allen radiation belts, http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1369043/ionosphere-and-magnetosphere/272041/Van-Allen-radiation-belts
86. Van Allen radiation belt, http://www.britannica.com/EBchecked/topic/622563/Van-Allen-radiation-belt
87. Van Allen Radiation Belts, http://science.howstuffworks.com/dictionary/astronomy-terms/van-allen-radiation-belts-info.htm
88. What are Van Allen Belts?, http://functionspace.org/topic/3607/What-are-Van-Allen-Belts-
89. Radiation Belts Shield Earth From High-Energy Particles, http://www.space.com/27979-van-allen-belts-barrier-particles.html

90. Van Allen Radiation Belt, http://www.redorbit.com/education/reference_library/space_1/solar_system/2574610/van_allen_radiation_belt/
91. Van Allen radiation belt, http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Van%20Allen%20radiation%20belt
92. The Van Allen Belts. NASA/GSFC. Retrieved 2011-05-25
93. Radiation belts, https://wiki.oulu.fi/display/SpaceWiki/Radiation+belts
94. Z h a o, H., X. L i. Modeling Energetic Electron Penetration into the Slot Region and Inner Radiation Belt. J. Geophys. Res. 118, 2013
95. Radiation Belts of the Earth, http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Radiation+Belts+of+the+Earth
96. E s p o s i t o, G. Study of Cosmic Ray Fluxes in Low Earth Orbit Observed with the AMS Experiment. PhD thesis, 2002, p. 24.
97. B e v e l a c q u a, J. J. Health Physics in the 21st Century, 2008, p. 258
98. G h o s h, S. N. Electromagnetic Theory and Wave Propagation. Second Edition, 2002, p.172.
99. C l a e y s, C., E. S i m o e n. Germanium-based Technologies: From Materials to Devices, 2007, p. 228.
100. T a s c i o n e, T. F. Introduction to the Space Environment (Second Edition), 1994
101. Earth's Atmosphere: Radiation Belts, Ionosphere and Exosphere, http://www.artinaid.com/2013/04/earths-atmosphere-radiation-belts-ionosphere-and-exosphere
102. Van Allen radiation belts, http://www.infoplease.com/encyclopedia/science/van-allen-radiation-belts.html
103. An "Impenetrable Barrier" Protects the Earth from Killer Electrons, http://io9.com/an-impenetrable-barrier-protects-the-earth-from-kille-1664123021
104. Electron Radiation Belts, http://www.fp7-spacecast.eu/help/bg_rb.pdf
105. S h a o, X., K. P a p a d o p o u l o s, A. S. S h a r m a. Control of the Energetic Proton Flux in the Inner Radiation Belt by Artificial Means. J. Geophys. Res. 114, 2009
106. Earth's Atmosphere: Radiation belts, ionosphere and exosphere, http://www.artinaid.com/2013/04/earths-atmosphere-radiation-belts-ionosphere-and-exosphere/
107. J o h n s t o n, W. R. The Role of the Plasmasphere in Radiation Belt Particle Energization and Loss, 2007, http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.217.57
108. Van Allen Belts – Description, http://science.jrank.org/pages/7142/Van-Allen-Belts-Description.html
109. S h a r m a, S. Atomic And Nuclear Physics, 2008, p. 487
110. D a n d o u r a s, I. Planetary Radiation Belts Detection and Analysis from Low-energy Particle Instruments. HEWG Workshop, Porto Venere, June 2011
111. The NASA LWS Radiation Belt Storm Probe Mission, http://web.atmos.ucla.edu/~rmt/page9.html
112. Van Allen Radiation Belt, http://www.crystalinks.com/vanallenbelt.html
113. Geocorona, http://en.wikipedia.org/wiki/Geocorona
114. D e K e y s e r, J. Structure of the Magnetosphere, http://www.aeronomie.be/en/topics/solarsystem/magnet-structure-en.pdf
115. S a t o, M., S. K a m e d a, I. Y o s h i k a w a, M. T a g u c h i, R. F u n a s e, Y. K a w a k a t s u. Development of Geocoronal Hydrogen Lyman Alpha Imaging CAmera (LAICA). Japan Geoscience Union Meeting, Japan, 2014
116. Geocorona, http://pluto.space.swri.edu/image/glossary/geocorona.html
117. Exosphere, http://en.wikipedia.org/wiki/Exosphere

ПРЕДСКАЗАТЕЛНИ ВЪЗМОЖНОСТИ НА МОДЕЛИТЕ ЗА МОДУЛИРАНЕ НА СПЕКТЪРА НА ГАЛАКТИЧНИТЕ КОСМИЧНИ ЛЪЧИ ПРЕЗ СЛЪНЧЕВИЯ ЦИКЪЛ

Маруся Бъчварова, Димитър Драганов

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

Ключови думи: *Моделиране, галактични космични лъчи, слънчев цикъл*

Резюме: *В тази работа са представени най-често използваните модели за модулиране спектъра на галактичните космични лъчи през слънчевия цикъл и са дискутирани техните предсказателни възможности. Представен е и модел, чиито параметри са свързани с подходящо избрани слънчево-хелиосферни и геомагнитни индекси. Понеже потокът на галактичните космични лъчи за определена енергия показва известно закъснение спрямо стойностите на тези индекси, ние можем да използваме това, за да предскажем интензитета на космическото лъчение през слънчевия цикъл.*

PREDICTIVE ABILITIES OF GALACTIC COSMIC RAY MODELS

Marusya Buchvarova, Dimitar Draganov

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

Keywords: *Modeling, galactic cosmic rays, solar cycle*

Abstract: *In this work, we present and discuss predictive abilities of galactic cosmic ray models. A model, whose parameters can be presented as a function of the solar-heliospheric and geomagnetic parameters, are given. Because the flux of GCR has a delay relatively to the values of determined parameters, we can use them to predict the intensity of the galactic cosmic rays.*

Въведение

Съществуването на Земята е немислимо без енергията, която получава от Слънцето. Освен електромагнитната радиация от Слънцето, нашата планета е изложена на непрекъснатото влияние на поток от високоенергетични частици, които са в състояние да влияят както върху здравето на живите организми и живота на планетата, така и върху атмосферната химия.

Магнитното поле на Земята и дебелината на нейната атмосфера пазят живота от убийствената космическа радиация и затова, тук на Земята, нейното влияние в ежедневието не е толкова осезаемо. Космическата ера, обаче, доведе със себе си пускането на много спътници и апарати за различни цели извън пределите на земната атмосфера, както и необходимостта от изпращането на хора в открития космос, там, където влиянието на потоците корпускулярна радиация върху техниката и здравето на човека придобива огромно жизненоважно значение.

В зависимост от източниците си корпускулярната космическа радиация се дели на аномална, слънчева и галактична. От изброените три типа радиация галактическата е най-високоенергетична и поради това с най-високопроникваща способност в земната атмосфера, оказвайки влияние на най-ниските й слоеве.

Основните процеси, влияещи на транспорта на галактичните космични лъчи (ГКЛ) в хелиосферата, са добре разбрани. Те са обобщени в транспортно уравнение, развито от Паркер през 1965. Обаче адекватното описание между модулационните процеси в

хелиосферата и модулираните спектри на ГКЛ си остава все още трудна и нерешена задача, понеже теоретичните модели съдържат много параметри, чиито стойности са неизвестни в хелиосферата. Това налага развиването на теоретични приближения и емпирични модели за описване на галактическия спектър през слънчевия цикъл [1].

Емпирични и полу-емпирични модели за описване на интензитета на галактичните космични лъчи [1].

Поради трудностите, свързани с подробното описание на влиянието на хелиосферата и слънчевата активност върху модулацията на интензитета на космичните лъчи, наличието на различни емпирични и полу-емпирични модели е от фундаментално значение при моделиране на разнообразието от химични и физични процеси в атмосферата и междупланетната среда [2, 3]. В тази глава ние дискутираме най-често използваните модели, които дават възможност да бъде предсказан интензитета на галактичните космични лъчи, съчетавайки теорията със закономерности и зависимости, получени от наблюденията.

Модел на Nagashima and Morishita

Nagashima and Morishita в [4, 5] извеждат уравнение, което представлява една функционална зависимост между интензитета на космическото лъчение I (t) и подходящо избран индекс на слънчевата активност, зададен с S (t):

$$(1) \qquad I(t) = I_{\infty} - \int_{\tau=0}^{\infty} f(\tau) S(t-\tau) d\tau \ ,$$

където $I(t)$ and I_{∞} са съответно модулирания и немодулирания интензитет на космическото лъчение. Тук единиците за интензитет са в броячни единици. $S(t - \tau)$ е функция, представяща подходящо избрани индекси на слънчевата активност за време ($t - \tau$) ($\tau \geq 0$), а $f(\tau)$ е характеристична функция [4, 5, 6]. Използвайки уравнение (1) и различни индекси (един или комбинация от няколко), като брой слънчеви петна [5], слънчеви потоци [7], геомагнитни индекси [6] и др., изследователите получават много добро съответствие между предсказаните и измерени по-късно интензитети на галактичните спектри. Mavromichalaki et al. [8, 9] има огромен принос, свързан с приложението на моделното уравнение (1). Той разглежда различни слънчево-хелиосферни параметри и изучава тяхната връзка с хелиосферната модулация на галактичните спектри през три различни фази на слънчевия цикъл и за различни полярности на хелиосферното магнитно поле.

Уравнение (1) се извежда на базата на теорията за конвекция-дифузия [10, 11, 12, 13], отчитайки Compton–Getting factor C и приемайки известни предположения. Според тази теория плътността на галактичните космични лъчи $U(r, P)$ за сферично-симетрична модулационна област при квазистационарни условия за енергии над няколкостотин MeV/nucl се дава чрез израза:

$$(2) \qquad U(r,P) = U_{\mathrm{LIS}}(R,P_{\mathrm{R}}) \exp\left[- \int_{r}^{R} \frac{CV}{k(r',P)} dr' \right]$$

Тук U_{LIS} е диференциалната плътност на границата на хелиосферата за разстояние R, V е скоростта на слънчевия вятър, κ е радиален дифузен коефициент, а P е твърдостта на частиците. На базата на уравнение (2), след известни съображения и трансформации Nagashima and Morishita [4, 5] дават формула (1).

Модел на ГКЛ, изведен от Nymmik и съавтори

Моделът на ГКЛ, изведен от Nymmik и съавтори в тази работа ще бъде наречен MSU (*Moscow State University*) модел [14–16]. Той отчита модулационните ефекти на магнитното поле на Слънцето през 22-годишния слънчев цикъл. MSU дава диференциалните интензитети на галактичните ядра (електрони и йони на елементите от водород до уран) като функция на твърдостта P в определен момент t, D_i in $\mathrm{s^{-1}\,m^{-2}sr^{-1}\,GV^{-1}}$, посредством зависимостта:

$$(3) \qquad D_i(P,t) = D_{i0}(P) \left(\frac{P + P_0(t)}{P} \right)^{-\Delta_i(P, \operatorname{sgn} z, P_0, t)} .$$

Тук $D_{i0}(P) = D_{(i)\mathrm{LIS}}(P)$ е немодулирания диференциален спектър на ГКЛ за *i* – тата частица; P_0 (t) $= P_0(W(\nabla T(\, n, P, t)))$ е ефективен модулационен потенциал, изразен като функция на слънчевата активност посредством средномесечната стойност на числото на Волф *W*. $W(\nabla T\,)$ е средномесечната стойност на числото на Волф за време $t - \nabla T$ [15]; с *n* е означен номерът на слънчевия цикъл. Функцията $\Delta_i = \Delta_i\ (P,\ \mathrm{sgn}\ z,\ P_0,\ t)$ отчита влиянието на модулацията в зависимост от заряда *z* на частицата.

В модела MSU [16] ефективният модулационен потенциал е свързан със слънчевата активност. Тъй като измененията в спектъра на ГКЛ следват измененията в активността на Слънцето с определено закъснение (time lag (∇T)), знаейки *W* (мярка за нивото на слънчевата активност в модела), законите по които вариациите в потока частици закъсняват спрямо вариациите в слънчевата активност и основните трендове, свързани с промените на хелиосферното магнитно поле, MSU модел е способен да предскаже потокът на галактичните космични лъчи през 22-годишен слънчев цикъл [16]. Когато ефектите от времезакъснението (time lag) ∇T са осреднени през слънчевия цикъл, ∇T се представя в най-общ вид като функция, която зависи от твърдостта *P* на частиците и от това какъв е слънчевия цикъл: четен или нечетен. В детайли обаче, времезакъснението има своите особености, които са общи само за четен и особености общи само за нечетен цикъл [16, 17].

Кратковременните прогнози от модела се правят на базата на измерения вече брой слънчеви петна, средносрочните прогнози са на основата на предсказания брой слънчеви петна и покриват 3 до 4-годишни периоди напред [16]. Дългосрочните прогнози зависят от точността, с която се предсказват числата на Волф W за настоящия и следващите слънчеви цикли и се подпомагат от модели, даващи изменението с времето и бъдещото поведение на магнитното поле на Слънцето [16].

Модел Badhwar–O'Neill

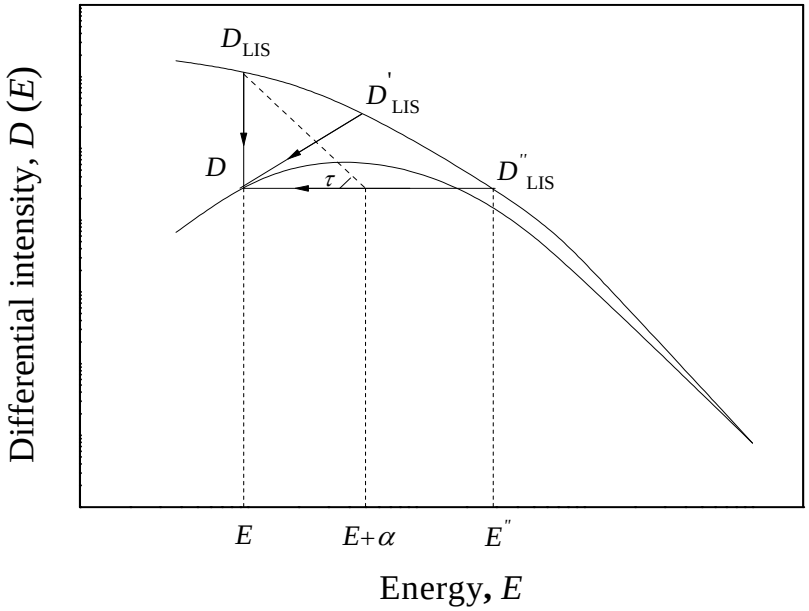
Моделът *Badhwar–O'Neill* (BO) дава възможност да се определят спектрите на галактичните космични лъчи за всички йони от водород до никел през 22-годишния слънчев цикъл. Посредством решаването на радиалната част на сферично-симетричното Fokker–Planck уравнение, използвайки експериментални данни (приложен е методът на Fisk [18]), този модел оценява време-зависимата част, $k(t)$, на дифузния коефициент $k(r, t) = k(t)k_0\beta_c P k_1(r)$ [19]; ($\beta_c = v/c$ = (particle speed/speed of light)) . Влиянието на магнитното поле на Слънцето върху навлизащите в хелиосферата космически частици се дава със зависимостта: $k(r, t)/V(r, t) = (k_0/V)\,\beta_c P k_1(r)/\phi(t)$ [20], where V = 400 km s^{-1} for all t. Стойността $k(t)$ се променя монотонно със слънчевата активност [19] и е обратно пропорционална на т.нар. deceleration parameter, $\phi(t)$ [19]. В моделът $\phi\,(t)$, в MV, е пряко свързан със слънчевата активност и неговата стойност определя нивото на слънчева модулация. Този параметър е свързан с енергията и твърдостта, необходима на частиците, за да преминат през хелиосферата и достигнат 1 AU [20]. Оригиналният Badhwar–O'Neill модел [19, 21, 22] дава метод за предсказване на модулацията, определяйки зависимостта на $\phi\,(t)$ от измерванията на Climax неутронния монитор, както и от броя на слънчевите петна в по-ранно време; най-добрата корелация между $\phi\,(t)$ и броячните отношения на неутронния монитор (Climax) е намерена за закъснение от ~ 3 месеца, а между $\phi\,(t)$ и броя слънчеви петна – приблизително 9 месеца. Корелационните функции са различни за три различни конфигурации на междупланетното магнитно поле: положителна полярност (т.е северната полусфера на слънчевото магнитно поле е с положителна полярност), отрицателна и за време, през което магнитното поле променя своя знак [21]. BO моделът е основан на стандартната теория за конвекция-дифузия при моделиране на галактическите спектри и параметърът ϕ не зависи от заряда на частиците [21]. Ако знаем ϕ за даден елемент, LIS може да бъде определен за останалите елементи посредством фитването на измерените експериментални спектри към транспортното Fokker–Planck уравнение [23]. През 2004 моделът беше приложен към ACE (Advanced Composition Explorer) измерванията на галактичните космични лъчи, осигурявайки по-прецизни спектри на частиците [20]. В него елемента кислород е избран за дефинирането на $\phi\,(t)$ при определена параметризация на LIS [23, 24]. След намирането на $\phi\,(t)$ от ACE/CRIS спектри на кислорода, моделът пресмята LIS за всички останали елементи [23, 24] . В новата, ревизирана версия на модела е определен и $\phi_{\mathrm{CLI}}(t)$, използвайки данните от неутронния монитор Climax и са получени галактичните спектри след 1973 [23, 24]. Последната версия BO'10 включва по-новите 1997–2010 ACE данни и покрива шест слънчеви цикъла [23]. При определянето на $\phi\,(t)$ BO'10 борави с брой слънчеви петна (the International Sunspot Number) [25].

Модел на Buchvarova и съавтори [1, 3]

Модела на Buchvarova и съавтори за краткост тук ще бъде наречен *CRSA (cosmic-ray-spectrum approximation)* модел [2, 3]. Този модел представя тригонометрична зависимост, използвайки логаритмична скала (виж фиг.1)

$$\beta = \frac{\ln(D_{\mathrm{LIS}}(E+E_0)) - \ln(D(E))}{\ln(E+\alpha) - \ln(E)}, \quad (4)$$

където α и β са параметри, като $\beta = \tan\tau$; τ - ъгъл в точка, съответстваща на енергия $E + \alpha$; $D_{\mathrm{LIS}}(E + E_0)$ е локалния междузвезден спектър.



Фиг. 1. Локален междузвезден спектър, D_{LIS} (E+E_0), и модулиран диференциален спектър на ГКЛ, $D(E)$, като функция на кинетичната енергия E; τ - ъгъл в точка, съответстваща на енергия $E + \alpha$ [2, 3]

След известни трансформации уравнение (4) приема вида:

$$D(E) = D_{\mathrm{LIS}}(E)\left(1+\frac{\alpha}{E}\right)^{-\beta} . \quad (5)$$

На фиг. 2 е показана интерпретацията на модела CRSA [3] посредством функцията $f(P)$ (omnidirectional distribution function). Тази фигура показва, че:

$$\beta_P(P) = \frac{\ln(f_{\mathrm{LIS}}(P)) - \ln(f(P))}{\ln(P+\alpha_P) - \ln(P)}, \quad (6)$$

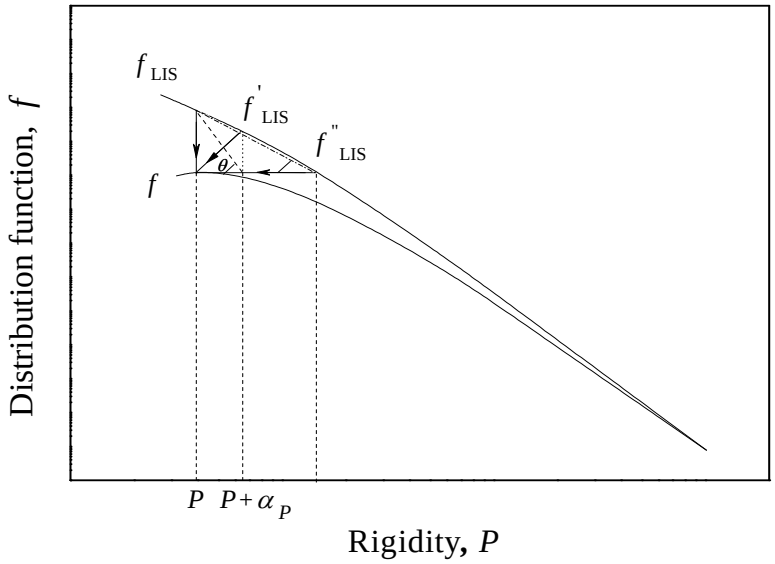
$\beta_P = \tan\theta$. След известни трансформации уравнение (6) се презаписва във вида:

$$f(P) = f_{\mathrm{LIS}}(P)\left(\frac{P+\alpha_P}{P}\right)^{-\beta_P} . \quad (7)$$

Диференциалният интензитет на космичните лъчи, $D(E)$, е свързан с диференциалната плътност, $U(P)$, чрез зависимостта [26]:

$$D(E) = c(A/Z)U(P)/4\pi. \quad (8)$$

Тук c е скоростта на светлината, A е масовия номер, а Z е заряда на частицата. Логаритмувайки двете страни на уравнения (2) и (5), получаваме:



Фиг. 2. Локален междузвезден спектър, $f_{LIS}(P)$, и модулиран спектър на ГКЛ, $f(P)$, описани чрез функция на разпределение $f(P)$; θ - ъгъл в точка, съответстваща на твърдост $P + \alpha_P$ [3]

(9) $$\ln\left[\frac{U(r,P)}{U_{LIS}(R,P_R)}\right] = -\int_r^R \frac{CV}{k(r',P)}dr'$$

(10) $$\ln\left[\frac{D(E)}{D_{LIS}(E)}\right] = -\beta \ln\left(1+\frac{\alpha}{E}\right).$$

Полагайки изразът $\ln(D(E)/D_{LIS}(E))$ от уравнение (10) в уравнение (9), отчитайки (8), се извежда една зависимост, която свързва параметрите на CRSA модела с основни физични параметри, определящи модулацията на космическото лъчение през слънчевия цикъл:

(11) $$\int_r^R \frac{CV}{k(r',P)}dr' = \beta \ln\left(1+\frac{\alpha}{E}\right).$$

Основен недостатък на оригиналния CRSA модел е, че параметрите α и β не зависят от времето t и твърдостта на частиците P, а също и това, че моделът не отчита основни трендове във вариациите на хелиосферното магнитно поле, т.е. влиянието на различните конфигурации на магнитно поле през 22-годишния слънчев цикъл се игнорира [3]. Нашата цел е за в бъдеще да развием оригиналния CRSA модел, свързвайки стойностите на неговите параметри α и β с подходящо избрани слънчево-хелиосферни индекси [3]. По този начин нашият модел би имал практическо приложение чрез предсказателните си възможности. За тази цел Buchvarova and Draganov [1] извеждат формула, която дава връзката между параметрите α_P и β_P на моделното уравнение (7) и подходящо избрани слънчево-хелиосферни и геомагнитни индекси за определена твърдост P_ξ:

(12) $$\beta_P \ln\left(1+\frac{\alpha_P}{P_\xi}\right) = G\left(\sum_i a_i X_i\right)$$

$G = G\left(\sum_i a_i X_i\right)$ е функция на определена линейна комбинация от селектирани индекси X_i; a_i са коефициенти [9].

Развитието на уравнение (12) в бъдеще е свързано с намирането на най-добри корелации между вариациите в интензитетата на ГКЛ и вариациите на подходящо избрани

слънчево-хелиосферни параметри (число на Волф, слънчев поток, междупланетно магнитно поле и т.н.) през 22 –годишния слънчев цикъл [3].

Заключение

В тази работа е направен преглед на най-често използваните модели на ГКЛ, като са дискутирани техните възможности за предсказване на интензитета на космическото лъчение. В статията е представен и модел, който параметризира спектъра с две величини α и β, които се менят в зависимост от нивото на слънчевата активност. Разгледана е и възможността за в бъдеще тези параметри да бъдат зададени като функция на времето и твърдостта на частиците. За тази цел е изведена зависимост, която дава връзката между параметрите α_P и β_P и линейна комбинация от подходящо избрани слънчево-хелиосферни и геомагнитни индекси за определена твърдост P_ξ.

Литература:

1. B u c h v a r o v a, M., D. D r a g a n o v. Proceedings of the 4th School and Workshop on Space Plasma Physics. *AIP Conference Proceedings*, 1551, pp. 170-178, 2013.
2. B u c h v a r o v a, M., I. B u c h v a r o v and P. V e l i n o v. Planet. Space Sci. 59, 2011.
3. B u c h v a r o v a, M., D. D r a g a n o v. Solar Phys. 284, 2013.
4. N a g a s h i m a, K., I. M o r i s h i t a. “Long Term Modulation of Cosmic Rays Part I – Basic Equation as a Function of Solar Activity, Derived from Coasting Solar Wind Model” in *Proceedings of 16 ICRC* **3**, edited by S. Miyake, Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo, Chiba 277-8582, pp. 313–318, 1979.
5. N a g a s h i m a, K., I. M o r i s h i t a. Planet. Space Sci. 28, 1980.
6. X a n t h a k i s, J., H. M a v r o m i c h a l a k I and B. P e t r o p o u l o s. Astrophys. Space Sci. 74, 1981.
7. H a t t o n, G. J. Solar Phys. 66, 1980.
8. M a v r o m i c h a l a k i, H., A. B e l e h a k i and X. R a f i o s. Astron. Astrophys. 330, 1998.
9. M a v r o m i c h a l a k i, H., E. P a o u r i s and T. K a r a l i d i. Solar Phys. 245, 2007.
10. G l e e s o n, L. J., W. I. A x f o r d. Astrophys J. 149, 1967.
11. F i s k, L. A., W. I. A x f o r d. J. Geophys. Res. 74, 1969.
12. P a r k e r, E. N. Phys. Rev**.** 110, 1958.
13. P a r k e r, E. N. Planet. Space Sci. 13, 1965.
14. S u s l o v, A. A., R. A. N y m m i k. “A semi-empirical model for large scale modulation of galactic cosmic ray energy spectra” in *Proceedings of 21 ICRC* **6**, edited by R. J. Protheroe, University of Adelaide, Adelaide SA 5005, pp. 33–37, 1990.
15. N y m m i k, R. A., M. I. P a n a s y u k, T. I. P e r v a j a and A. A, S u s l o v. Nucl. Tracks Radiat. Meas. 20, 1992.
16. N y m m i k, R. A., M. I. P a n a s y u k and A. A. S u s l o v. Adv. Space Res. 17, 1996.
17. N y m m i k, R. A. Adv. Space Res. 26, 2000.
18. F i s k, L. A. J. Geophys. Res. 76, 1971.
19. B a d h w a r, G. D., P. M. O’N e i l l. Adv. Space. Res. 14, 1994.
20. O’N e i l l, P. M. Adv. Space Res. 37, 2006.
21. B a d h w a r, G. D., P. M. O’N e i l l. Adv. Space Res. 17, 1996.
22. B a d h w a r, G. D., P. M. O’N e i l l. “Time lag of twenty-two year solar modulation” in *Proceedings of 23 ICRC* **3**, edited by R. B. Hicks, D. A. Leahy and D. Venkatesan, Department of Physics and Astronomy, The University of Calgary, Calgary T2N 1N4, pp. 535–538, 1993.
23. M e r t e n s, C. J. et al. “Atmospheric Ionizing Radiation from Galactic and Solar Cosmic Rays”, in *Current Topics in Ionizing Radiation Research*, edited by M. Nenoi, InTech, HR-51000 Rijeka,pp. 683–738, 2012.
24. O'N e i l l, P. M. Advances in Space Research 37, 2006.
25. O'N e i l l, P. M. IEEE Transactions in Nuclear Science 57, 2010.
26. M o r a a l, H. Space Sci. Rev. 19, 1976.

МЕТОД НА ОСКУЛИРАЩИТЕ ЕЛЕМЕНТИ ЗА ИЗУЧАВАНЕ ДВИЖЕНИЕТО НА ЕКВАТОРИАЛЕН ЕЛИПСОВИДЕН СПЪТНИК НА ЗЕМЯТА ПРИ НАЛИЧИЕ НА ДИНАМИЧНА СИМЕТРИЯ

Костадин Шейретски[1], Румен Шкевов[2], Николай Ерохин[3]

[1]Университет за национално и световно стопанство
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[3]Институт за космически изследвания – Руска академия на науките
e-mail: ksheiretsky@space.bas.bg

Ключови думи: *Небесна механика, асимптотични методи, нелинейни диференциални уравнения*

Резюме: *Разгледано е движението на екваториален елипсовиден спътник в частен случай на симетрия на формата му :* $A = C$. *Използван е методът на оскулиращите елементи за определяне еволюцията на орбиталните параметри с времето. Изведена е обща формула за прецесията на спътници движещи се в централно гравитационно поле.*

OSCULATING ELEMENTS' METHOD FOR STUDYING THE EARTH'S EQUATORIAL ELLIPTICAL SATELLITE'S MOVEMENT IN A SPECIAL CASE OF DYNAMIC SYMMETRY

Kostadin Sheiretsky[1], Rumen Shkevov[2], Nikolay Erokhin[3]

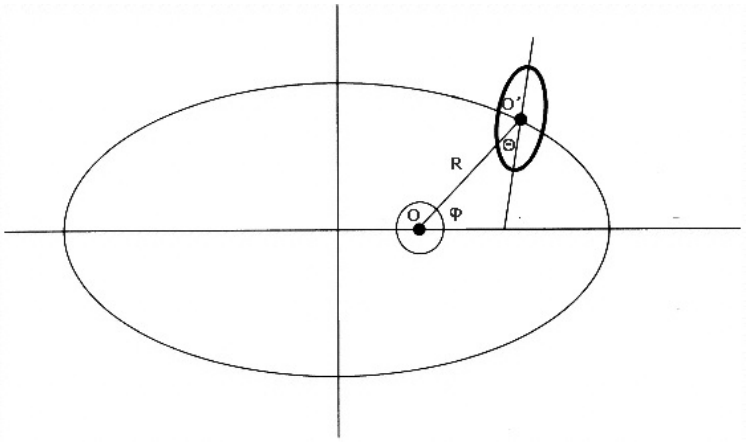
[1]University of National and World Economy
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Space Research Institute – Russian Academy of Sciences
e-mail: ksheiretsky@space.bas.bg

Keywords: *Celestial mechanics, Asymptotic methods, Nonlinear differential equations*

Abstract: *The equatorial elliptical satellite's movement is examined in a special case of dynamic symmetry between the two semi axis A=C. The method of osculating elements' is used for determing the evolution's orbit parameters (with) over time. A common formula for the satellite's precession, moving in the central gravity field is deduced.*

Въведение

Определяме положението на центъра на масата на спътника O' посредством полярни координати R, φ, с център на к.с. O съвпадащ с центъра на планетата, а положението на една от централните оси на инерция на спътника спрямо радиус-вектора отбелязваме с ъгъл Θ (Фиг.1).



Фиг. 1. Дефиниране на полярната координатна система.

Движението на спътник по екваториалната равнина на Земята, се осъществява под действието на силовата функция [1]

$$U = -\frac{\mu m}{R} - \frac{\mu m \varepsilon R_e^{\,2}}{3R^3} - \frac{1}{2}\frac{\mu}{R^3}\left[\sin^2\Theta(B+C-2A) + \cos^2\Theta(A+B-2C)\right] -$$

(1)

$$-\frac{1}{2}\frac{\mu\varepsilon R_e^{\,2}}{R^5}\left[\sin^2\Theta(2B+2C-3A) + \cos^2\Theta(2A+2B-3C)\right] + \frac{1}{2}\frac{\mu\varepsilon R_e^{\,2}}{R^5}(C+A-B),$$

където $\mu = M\gamma$. M -маса на планетата, γ - универсална гравитационна константа, R_e - екваториален радиус на Земята, A, B, C са главните инерчни моменти на спътника, m - маса на спътника.

В сила е и уравнението на Ойлер

$$B\frac{d}{dt}\left(\dot\theta + \dot\varphi\right) + \frac{\mu}{R^3}(A-C)\left[3 + 5\varepsilon\frac{R_e^{\,2}}{R^2}\right]\sin\Theta\cos\Theta = 0\,. \tag{2}$$

Описването на динамичната система може да се сведе до задача за движението на спътника в централно поле, ако съществува определен тип динамична симетрия $A = C$. Изразът за потенциалната енергия зависи само от разстоянието до масовия център на спътника.

$$U = -\frac{\mu m}{R} - \frac{\mu m \varepsilon R_e^{\,2}}{3R^3} - \frac{1}{2}\frac{\mu}{R^3}(B-A) - \frac{3}{2}\frac{\mu\varepsilon R_e^{\,2}}{R^5}(B-A). \tag{3}$$

Следователно пълната енергия на системата е

$$\frac{1}{2}m\left(\dot R^2 + R^2\dot\varphi^2\right) + \frac{1}{2}B\left(\dot\theta + \dot\varphi\right)^2 - \frac{\mu m}{R} - \frac{\mu m \varepsilon R_e^{\,2}}{3R^3} - \frac{1}{2}\frac{\mu}{R^3}(B-A) - \frac{3}{2}\frac{\mu\varepsilon R_e^{\,2}}{R^5}(B-A). \tag{4}$$

От уравнението на Ойлер, веднага следва, че

$$\dot\Theta + \dot\varphi = const. \tag{5}$$

Понеже полето в което се движи спътникът е централно, тогава се запазва и моментът на импулса на орбиталното движение

$$MR^2\dot\varphi = const. = C\,. \tag{6}$$

При такова приближение, големината на прецесията на перицентъра е

$$\Delta\omega_\pi = \frac{6\pi}{P^2}\left[\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{3} + \frac{1}{2}\frac{(B-A)}{m}\right]. \tag{7}$$

Използване на метода на оскулиращите елементи

За разлика от Кеплеровото движение на спътник, смутеното движение се определя от диференциални уравнения, които в общия случай са неинтегруеми [2]. Методът на оскулиращите елементи е предложен от Лагранж. Oskulatio (лат.) значи целувам, като се има предвид близостта на оскулиращите елементи до действителните величини характеризиращи

системата. Тъй като смущаващите сили са много по-малки в сравнение с основната сила на Нютоновото привличане, трябва да се очаква, че смутеното движение малко се различава от несмутеното Кеплерово движение. Основно се оказва допускането, че движението се извършва по някакъв вид елиптична орбита, но орбиталните елементи не са постоянни, а се менят с времето. Получената „елипса" се нарича оскулираща елипса, а самите нейни елементи – оскулиращи елементи.

Уравненията на оскулиращите елементи в случая на централна смущаваща сила имат вида [2]:

(8)
$$\frac{de}{dt} = \sqrt{\frac{P}{\mu}} S(R) \sin\nu ,$$
$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{1}{e}\sqrt{\frac{P}{\mu}} S(R) \cos\nu ,$$
$$\frac{dP}{dt} = 0 .$$

Тук $S(R)$ е ускорението на смущаващата сила, e, P са съответно, ексцентрицитета на оскулиращата елипса и нейния фокален параметър. Абсолютното значение на радиус-вектора се задава с формулата

(9)
$$R = \frac{P}{1 + e\cos\nu} .$$

Вижда се, че $P = P_0 = const.$, т.е. фокалният параметър на екваториалната орбита остава постоянен. Това свойство се проявява при произволни централни смущения.
Конкретният вид на изразите в случая са

(10)
$$\frac{de}{dt} = -\sqrt{\mu P}\left[\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^4} + \frac{3}{2R^4}\frac{(B-A)}{m} + \frac{15}{2}\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^6}\frac{(B-A)}{m}\right]\sin\nu ,$$
$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\sqrt{\mu P}}{e}\left[\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^4} + \frac{3}{2R^4}\frac{(B-A)}{m} + \frac{15}{2}\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^6}\frac{(B-A)}{m}\right]\cos\nu .$$

Целесъобразно е да се премине към диференциали не по времето, а по истинската аномалия ν. Отчитаме факта, че

(11)
$$\varphi = \nu + \omega ,\ R^2\dot{\varphi} = \sqrt{\mu P} ,$$

оттук следва:

(12)
$$\frac{d\nu}{dt} = \frac{\sqrt{\mu P}}{R^2} - \frac{\sqrt{\mu P}}{e}\left[\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^4} + \frac{3}{2R^4}\frac{(B-A)}{m} + \frac{15}{2}\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^6}\frac{(B-A)}{m}\right]\cos\nu .$$

Търсеният вид на уравненията е:

(13)
$$\frac{de}{d\nu} = -\frac{\sqrt{\mu P}\left[\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^4} + \frac{3}{2R^4}\frac{(B-A)}{m} + \frac{15}{2}\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^6}\frac{(B-A)}{m}\right]\sin\nu}{\frac{\sqrt{\mu P}}{R^2} - \frac{\sqrt{\mu P}}{e}\left[\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^4} + \frac{3}{2R^4}\frac{(B-A)}{m} + \frac{15}{2}\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^6}\frac{(B-A)}{m}\right]\cos\nu} ,$$

(14)
$$\frac{d\omega}{d\nu} = \frac{\frac{\sqrt{\mu P}}{e}\left[\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^4} + \frac{3}{2R^4}\frac{(B-A)}{m} + \frac{15}{2}\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^6}\frac{(B-A)}{m}\right]\cos\nu}{\frac{\sqrt{\mu P}}{R^2} - \frac{\sqrt{\mu P}}{e}\left[\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^4} + \frac{3}{2R^4}\frac{(B-A)}{m} + \frac{15}{2}\frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{R^6}\frac{(B-A)}{m}\right]\cos\nu} .$$

Въвеждаме два малки в сравнение с единицата параметъра:

$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon R_e^{\,2}}{3P^2}$ и $\varepsilon_2 = \frac{(B-A)}{2mP^2}$, нека $\varepsilon_0 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$.

Следователно в приближение до първата степен на параметъра ε_0, уравненията се записват така:

(15) $$\frac{d\omega}{d\nu} = \frac{3\varepsilon_0}{e_0}(1+e\cos\nu)^2\cos\nu$$

(16) $$\frac{de}{d\nu} = -3\varepsilon_0(1+e\cos\nu)^2\sin\nu$$

Решението на уравнение (15) е

(17) $$\omega = 3\varepsilon_0\left(\nu + \left(\frac{1}{e_0}+\frac{3e_0}{2}\right)\sin\nu + \frac{\sin 2\nu}{2} + \frac{e_0\sin 3\nu}{6}\right).$$

Решението на уравнение (16) се дава с израза:

(18) $$e \approx e_0 - 6\varepsilon_0\sin^2\frac{\nu}{2}$$

От (18) следва, че в оскулиращия перигей $e = e_{\max} = e_0$. В оскулиращия апогей $e = e_{\min} < e_0$.

Енергията на смутеното движение, записана в оскулиращи елементи е:

(19) $$\frac{m\mu(e^2-1)}{2P} - \frac{\mu m\varepsilon R_e^{\,2}}{3R^3} - \frac{1}{2}\frac{\mu}{R^3}(B-A) - \frac{3}{2}\frac{\mu\varepsilon R_e^{\,2}}{R^5}(B-A) = H.$$

От тук следва, че в оскулиращия перигей $e = e_{\max} = e_0$. В оскулиращия апогей $e = e_{\min} < e_0$.

Прецесията на спътник, движещ се в централно поле и потенциал близък до Нютоновия, може да се изведе сравнително лесно, като се използва фактът, че орбитата на спътника не се отличава много от кеплеровата.

Прецесия на спътник в централно гравитационно поле

Ще докажем по-общо твърдение, чрез което да пресмятаме прецесията за различен тип смущаващи потенциали [3÷5].
Нека е дадено поле с потенциал от вида

(20) $$U = -\frac{k}{R} + \overline{\beta}\,R^n,\ [\overline{\beta}] << 1,$$

където $n \in Z$. Поставя се задачата да се намери ъгълът на прецесия на материална точка движеща се в полето.

От диференциалното уравнение за траекторията, може да запише съгласно [3]:

(21) $$\Delta\varphi = \int_{R_{\min}}^{R_{\max}} \frac{\frac{G}{R^2}}{\sqrt{2m\left(E+\frac{k}{R}-\delta U\right)-\frac{G^2}{R^2}}}dR = -2\frac{\partial}{\partial G}\int_{R_{\min}}^{R_{\max}}\sqrt{2m\left(E+\frac{k}{R}-\delta U\right)-\frac{G^2}{R^2}}dR,$$

където сме положили $\overline{\beta}\,R^n = \delta U$, G е моментът на импулса на тялото. Разлагаме подинтегралния израз по степените на δU. Нулевият член на разложението дава 2π, а члена от първи ред се представя с израза:

(22) $$\delta\varphi = \frac{\partial}{\partial G}\int_{R_{\min}}^{R_{\max}} \frac{2m\delta U}{\sqrt{2m\left(E+\frac{k}{R}\right)-\frac{G^2}{R^2}}}dR = \frac{\partial}{\partial G}\left(\frac{2m}{G}\int_0^{\pi} R^2\delta U d\varphi\right).$$

Използваме факта, че орбитата се отличава малко от Кеплеровата, тогава може да запишем уравнението за R:

(23) $$R = \frac{P}{1+e\cos\varphi}.$$

Нека положим

(24) $\lambda = -(2+n).$

Нека $\lambda = 0$, тогава

(25) $\Delta\omega = \dfrac{2\pi\overline{\beta}}{kP}.$

Когато $\lambda \neq 0$, като заместим в интеграла (23) се получава:

(26) $\delta\varphi = \dfrac{\partial}{\partial G}\left(\dfrac{2m}{G}\int\limits_0^{\pi}\dfrac{\overline{\beta}}{R^{\lambda}}d\varphi\right) = \dfrac{\partial}{\partial G}\left(\dfrac{2m\overline{\beta}}{GP^{\lambda}}\int\limits_0^{\pi}(1+e\cos\varphi)^{\lambda}d\varphi\right).$

Разлагаме подинтегралния израз на (26) и взимаме първите три члена:

$$(1+e\cos\varphi)^{\lambda} \approx 1+\lambda e\cos\varphi+\frac{\lambda(\lambda-1)}{2!}e^2\cos^2\varphi+\ldots.$$

Тогава, за интеграла (26) записваме израза

(27) $\delta\varphi \approx \dfrac{\partial}{\partial G}\left(\dfrac{2m\overline{\beta}}{GP^{\lambda}}\int\limits_0^{\pi}\left(1+\lambda e\cos\varphi+\dfrac{\lambda(\lambda-1)}{2}e^2\cos^2\varphi\right)d\varphi\right).$

Вземат се под внимание формулите за интеграла на площта: $G^2 = mkP$ и интеграла

$$\int\limits_0^{\pi}\cos^2\varphi d\varphi = \frac{\pi}{2}.$$

Окончателният израз който се получава е:

(28) $\Delta\omega = -\dfrac{2\pi(2\lambda+1)m^{\lambda+1}k^{\lambda}\overline{\beta}}{G^{2(\lambda+1)}} + O(e^2).$

Така изразихме прецесията, за широк клас случаи с точност до втората степен на ексцентрицитета.

В конкретния случай

(29) $\delta U = -\dfrac{\mu m\varepsilon R_e^{\,2}}{3R^3} - \dfrac{1}{2}\dfrac{\mu}{R^3}(B-A) - \dfrac{3}{2}\dfrac{\mu\varepsilon R_e^{\,2}}{R^5}(B-A).$

Очевидно, стойността на прецесията ще бъде сума от стойностите на прецесиите породени от членовете с различни степени на R. Достига се до израза

(30) $\Delta\omega = \dfrac{6\pi}{P^2}\left[\dfrac{\varepsilon R_e^{\,2}}{3} + \dfrac{1}{2}\dfrac{(B-A)}{m}\right] + \dfrac{21\pi}{P^8}\dfrac{\varepsilon R_e^{\,2}(B-A)}{m^4\mu^4}.$

Заключение

Методът на оскулиращите елементи значително облекчава аналитичния подход при изучаване траекторията на спътници. При движение в централно гравитационно поле, основна роля играят ексцентрицитета и прецесията на орбитата, като в разумни приближения се получават лесни за интегриране диференциални уравнения. В случая на централно действаща сила е възможно и да се изведе обща формула за намиране на прецесията на орбитата.

Литература:

1. Б е л е ц к и й, В. В., Движение искусственого спутника относительно центра масс. Наука. Москва,1965.
2. Б е л е ц к и й, В. В., Очерки о движении космических тел. Наука. Москва,1975.
3. Л а н д а у, Л., Л и ф ш и ц, Е., Теоретическая физика, т. I. Механика. Изд. "Наука", Москва, 1988.
4. Л и х т е н б е р г, А., Л и б е р м а н, М., Регулерная и стохастическая динамика. Мир. Москва, 1984.
5. M a r k e y e v, A. P., Non-linear oscillations of a satellite at 1:1:1 resonance. Journal of Applied Mathematics and Mechanics, 76, p.36-47, 2012.

ГЕОМАГНИТНИ БУРИ, СЛЪНЧЕВИ ДРАЙВЕРИ И ФИЗИОЛОГИЧЕН СТАТУС НА ЧОВЕКА

Светла Димитрова, Катя Георгиева

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

Ключови думи: *Артериално кръвно налягане, субективни психо-физиологични оплаквания*

Резюме: *Разгледано е влиянието на геомагнитните бури в зависимост от слънчевия драйвер. Резултатите показват проява на различни физиологични реакции към геомагнитните бури, причинени от магнитни облаци и бурите вследствие на високоскоростни слънчеви потоци.*

GEOMAGNETIC STORMS, SOLAR DRIVERS AND HUMAN PHYSIOLOGICAL STATE

Svetla Dimitrova, Katya Georgieva

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

Keywords: *Arterial blood pressure, subjective psycho-physiological complaints*

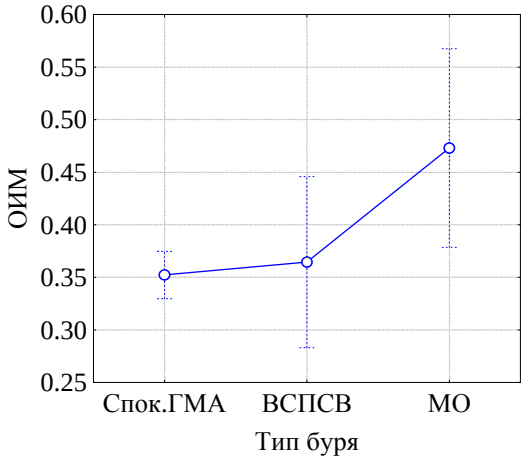
Abstract: *Effects of geomagnetic storms, depending on the causing solar drivers, have been studied. Results revealed different physiological reactions to geomagnetic storms driven by magnetic clouds and to storms caused by high speed solar wind streams.*

Въведение

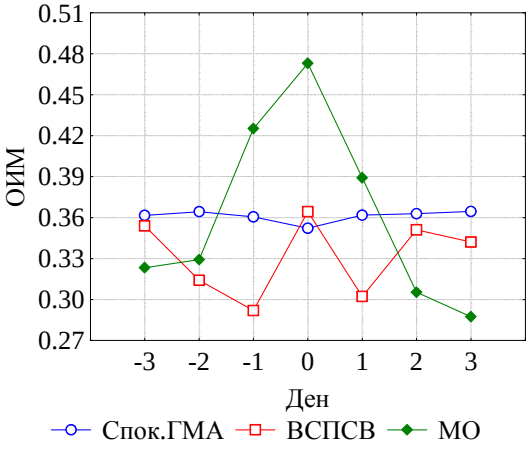
Редица изследвания показват, че вариациите на геомагнитната активност (ГМА) оказват влияние на здравето на човека. Наред с това изследванията разкриват различни видове връзки, които се променят в зависимост от фазата на цикъла на слънчевата активност (СА) и медицинските данни [1-6]. Зависимостите са нелинейни и биофизичните механизми, чрез които хелио-геофизичните фактори и техните вариации повлияват на физиологичното състояние на човека все още не са изяснени.

Предишни наши изследвания показаха, че геомагнитните бури в зависимост от слънчевия драйвер оказват различни ефекти върху сърдечно-съдовото състояние на човека [7, 8]. Бяха анализирани данни за Софийска област за пациенти с остър инфаркт на миокарда (ОИМ) за период от 9 години (1995-2004). Бе установено, че бурите, предизвикани от магнитни облаци (МО) са свързани със статистическо достоверно повишение на броя на пациентите с ОИМ в сравнение с бурите, причинени от високоскоростни потоци слънчев вятър (ВСПСВ), Фиг. 1. Такава тенденция се наблюдава дори в дните непосредствено преди и след геомагнитните бури Фиг. 2, [7].

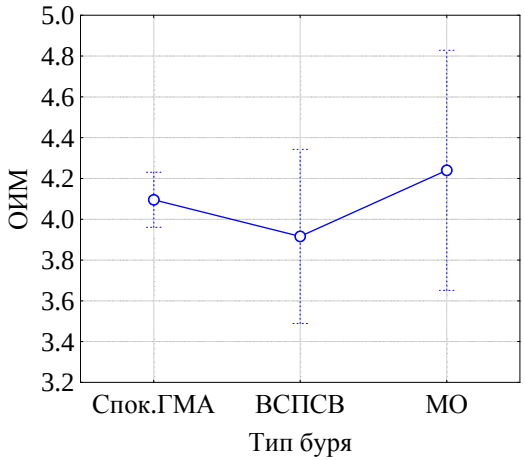
Същевременно бяха изследвани и данни за района на гр. Баку за период от 3 години по време на намаляваща фаза на СА (2003-2005). Бе установена тенденция за нарастване на динамиката на ОИМ при геомагнитни бури, предизвикани от МО, въпреки че резултатите не са статистически достоверни, Фиг. 3-4 [7].



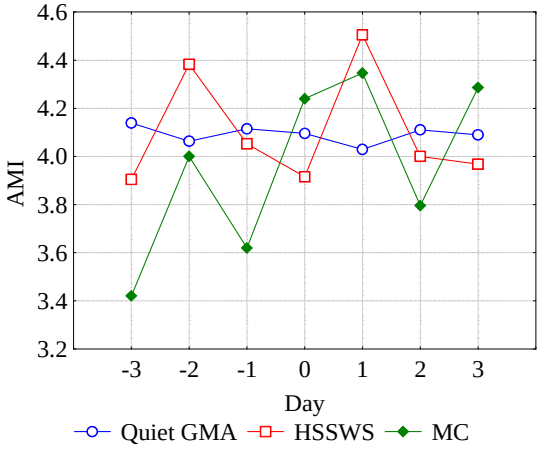
Фиг. 1. Влияние на ГМА върху броя случаи с ОИМ, данни за София, 1995-2004



Фиг. 2. Влияние на ГМА върху ОИМ, преди, по време и след развитието на геомагнитни бури, данни за София, 1995-2004

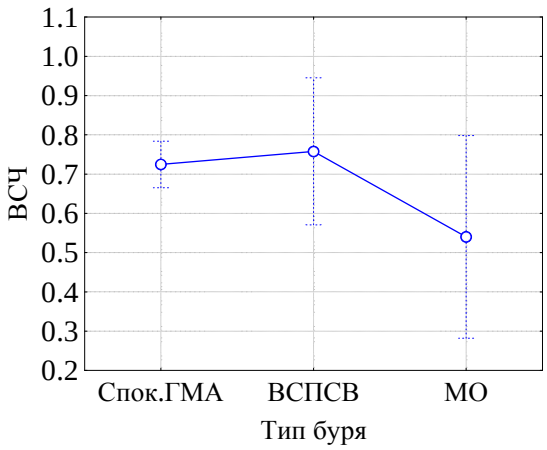


Фиг. 3. Влияние на ГМА върху броя случаи с ОИМ, данни за Баку, 2003-2005

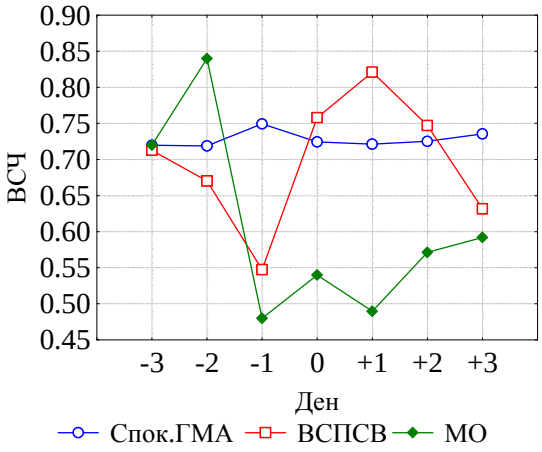


Фиг. 4. Влияние на ГМА върху ОИМ, преди, по време и след развитието на геомагнитни бури, данни за Баку, 2003-2005

Други анализи разкриха, че случаите на внезапна сърдечна смърт (ВСЧ) в района на Баку за същия период от 3 години са се повишили в дните на геомагнитни бури, предизвикани от ВСПС и непосредствено след тях, Фиг. 5-6 [8].



Фиг. 5. Влияние на ГМА върху броя случаи на ВСЧ, данни за Баку, 2003-2005



Фиг. 6. Влияние на ГМА върху ВСЧ, преди, по време и след развитието на геомагнитни бури, данни за Баку, 2003-2005

По време на максимална СА преобладават геомагнитните бури вследствие на МО, докато в годините на минимална СА тези, които са от ВСПСВ. Трябва да се отбележи, че анализирания период за София област обхваща почти целия 23-ти слънчев цикъл (нарастваща, максимална и намаляваща фаза), докато данните за Баку са само за намаляващата фаза на 23-тия слънчев цикъл. Вероятно това е причината за различията в резултатите.

Тези резултати провокираха провеждането на подобни анализи на други данни, свързани с физиологичното състояние на изследвани здрави лица.

Материал и методи

Бяха анализирани регистрациите на 86 здрави лица, изследвани в София, на които бяха измервани артериално кръвно налягане (АКН) и сърдечна честота (СЧ). Пулсовото налягане (ПН), алгебричната разлика между систоличното и диастоличното кръвно налягане бе изчислявано и бяха събирани данни за субективни психо-физиологични оплаквания (СПФО). Измерванията на физиологичните показатели бе провеждано по време на максимална СА и ГМА, всеки работен ден през есента на 2001 г. и пролетта на 2002 г. по едно и също време на деня за всяко изследвано лице в групата. Бяха събрани общо 2799 регистрации за всеки от изследваните физиологични показатели [5, 6].

Бе използван дисперсионен анализ (ANOVA), за установяване дали е статистически достоверно влиянието на типа геомагнитни бури (в зависимост от техния драйвер – МО или ВСПСВ). Бе анализиран и ефекта на вида бури до 3 дни преди и след тяхното развитие, прилагайки метода на наложените епохи. По време на изследвания период са регистрирани 4 бури, предизвикани от ВСПСВ и 10 бури, причинени от МО. Допълнително бе приложен и Post hoc анализ (Newman-Keuls test). С него се установява дали между средните аритметични на даден физиологичен показател в две различни комбинации от нива на факторите (спокойна ГМА, бури от ВСПСВ и бури от МО) съществува достоверна разлика.

Резултати

Бе приложен ANOVA, за да се изследва влиянието на ГМА върху изследваната група. В Табл. 1 е показано нивото на статистическа достоверност (p) на влиянието на видовете бури върху физиологичните параметри в дните преди (-3, -2, -1), по време (0) и след (+1, +2, +3) геомагнитните бури.

Резултатите показват, че въздействието на геомагнитните бури върху систоличното кръвно налягане (СКН), диастоличното (ДКН) и СПФО е статистически достоверно ($p<0.05$) в дните на геомагнитните бури (ден 0), Табл. 1.

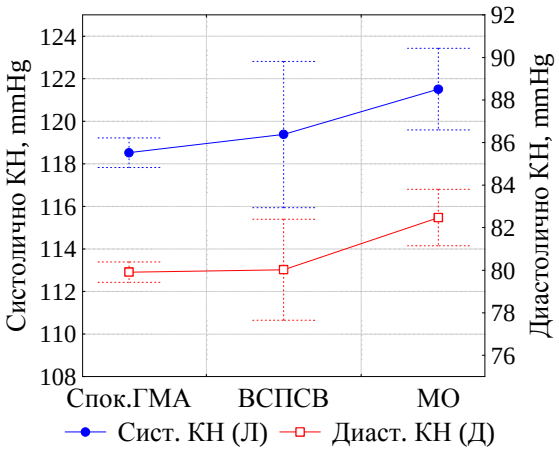
СКН се повишава слабо по време на бури, предизвикани от ВСПСВ и по-изразено в дните на бури вследствие на МО, Фиг. 7. ДКН запазва почти същите стойности по време на бури от ВСПСВ в сравнение с условия на спокойна ГМА и се повишава статистически достоверно при бури, предизвикани от МО, Фиг. 7. Post hoc анализите потвърдиха статистически достоверното повишение на ДКН по време на бурите, дължащи се на МО.

СЧ има тенденция за повишаване по време на геомагнитни бури, особено тези, които са вследствие на МО (Фиг. 8), въпреки че не бяха установени статистически достоверни изменения на СЧ и ПН (Табл. 1).

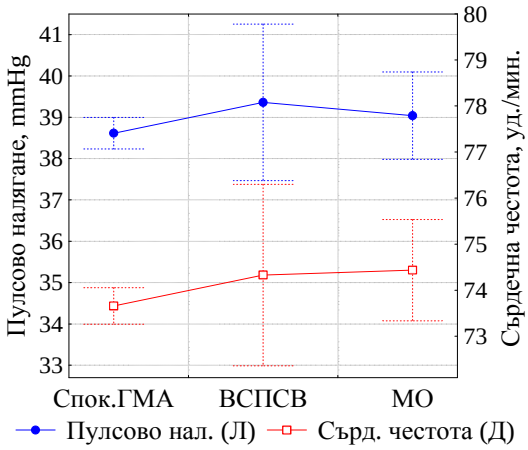
Резултатите показват статистически достоверно влияние на типа геомагнитни бури върху СПФО, Табл. 1. Post hoc анализите разкриха статистически достоверно нарастване на процента лица в групата, които съобщават СПФО по време на двата вида бури в сравнение с условията на спокойна ГМА. За този физиологичен показател обаче бе установено, че е по-висок по време на бури, предизвикани от ВСПСВ (27% от лицата в групата докладват СПФО) в сравнение с бурите, вследствие на МО (17%), Фиг. 9.

Табл. 1. Ниво на статистическа достоверност (p) на влиянието на геомагнитните бури върху физиологичните показатели в дните преди, по време и след геомагнитните бури

Ден	***p***				
	СКН	**ДКН**	**ПН**	**СЧ**	**СПФО**
-3	0.05	0.044*	0.338	0.517	0.006*
-2	0.446	0.366	0.856	0.98	0.373
-1	0.443	0.053	0.212	0.635	0.125
0	0.016*	0.002*	0.59	0.361	0.000*
+1	0.223	0.083	0.896	0.233	0.01*
+2	0.035*	0.109	0.106	0.877	0.817
+3	0.117	0.161	0.365	0.377	0.001*

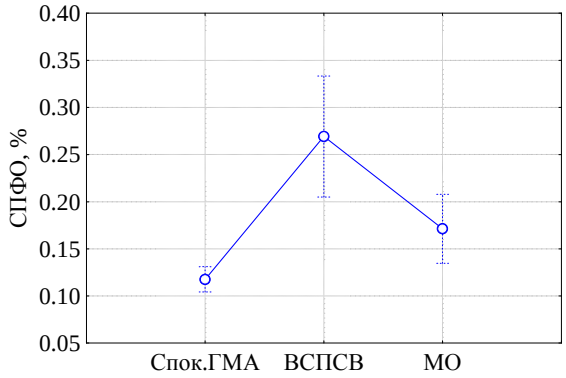


Фиг. 7. Влияние на ГМА върху систоличното и диастоличното кръвно налягане



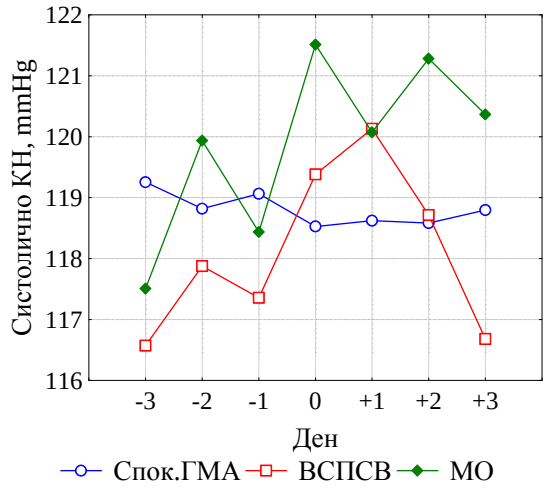
Фиг. 8. Влияние на ГМА върху пулсовото налягане и сърдечната честота

Анализите на влиянието на ГМА върху АКН в дните преди и след бурите разкриват, че СКН и ДКН са по-високи за целия разглеждан период от дни (7-дневен) по отношение на бурите, предизвикани от МО в сравнение с тези, дължащи се на ВСПСВ (Фиг. 10 и Фиг. 11). АКН запазва по-високи стойности до +3-тия ден след бури вследствие на МО. Бурите, свързани с ВСПСВ повишават СКН и ДКН основно в +1-вия ден.

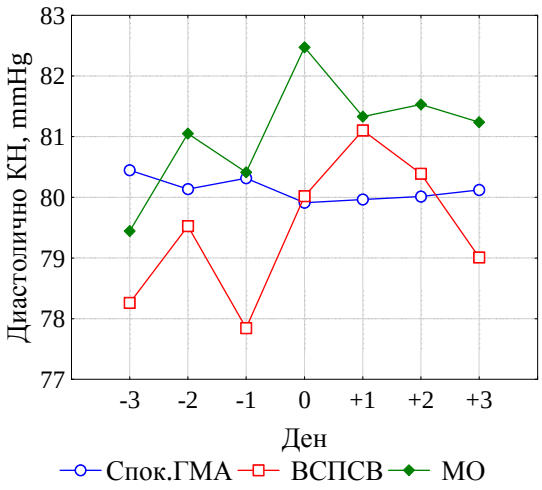


Фиг. 9. Влияние на ГМА върху субективните психо-физиологични оплаквания

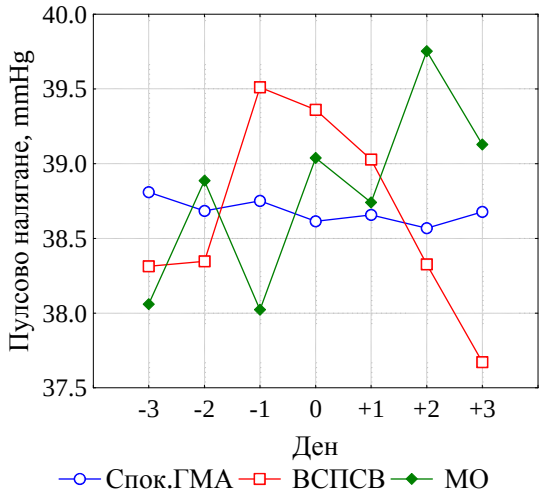
Резултатите показаха, че ПН се повишава от -1-вия до +1-вия ден на бурите, предизвикани от ВСПСВ и от -1-вия до +3-тия ден на бурите от МО (Фиг. 12), въпреки че влиянието не е статистически достоверно, Табл. 1.



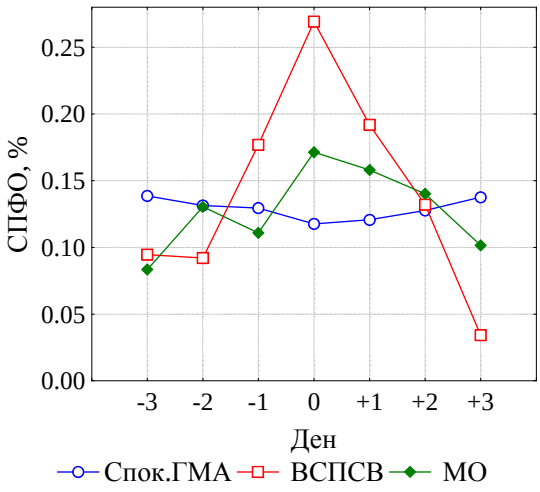
Фиг.10. Влияние на ГМА върху систоличното кръвно налягане преди, по време и след геомагнитните бури



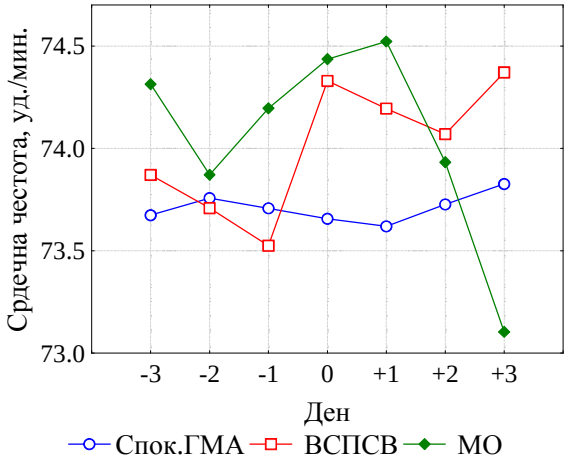
Фиг.11. Влияние на ГМА върху диастоличното кръвно налягане преди, по време и след геомагнитните бури



Фиг. 12. Влияние на ГМА върху пулсовото налягане преди, по време и след геомагнитните бури



Фиг. 13. Влияние на ГМА върху субективните психо-физиологични оплаквания преди, по време и след геомагнитните бури



Фиг. 14. GMA Влияние на ГМА върху сърдечната честота преди, по време и след геомагнитните бури

СПФО се повишават от -1-вия до +1-вия ден на бурите, дължащи се на ВСПСВ, достигайки най-висока стойност в 0-вия ден, както и в 0-вия и +1-вия ден на бурите, свързани с МО, Фиг. 13.

Стойностите на СЧ са по-високи в дните на бурите, предизвикани от МО, като са най-високи в 0-вия и +1-вия ден на двата типа геомагнитни бури, Фиг. 14.

Заключение и дискусия

Резултатите показват, че геомагнитните бури влияят на физиологичното състояние на здрави лица. Промените във физиологичните показатели са свързани с адаптивните процеси към вариациите на физичните фактори на околната среда в дните преди, по време и след гео-ефективните слънчеви събития.

- Въздействието на бурите, предизвикани от МО върху артериалното кръвно налягане е по-силно и ясно изразено.
- Бурите, дължащи се на ВСПСВ са свързани с по-голям брой лица, съобщаващи за наличието на СПФО.

Анализите предполагат, че здравите лица проявяват адаптивна реакция, за да се приспособят към промените в космическото време. Тази реакция не е застрашаваща за тяхното физиологично и сърдечно-съдово състояние, а е в рамките на нормата. Тъй като лицата с намалени компенсаторни способности са по-чувствителни към вариациите на факторите на

околната среда, ще бъде от полза да вземат навреме предпазни мерки за предотвратяване на негативни физиологични реакции и намаляване по този начин възможните значими клинични ефекти.

Установените ефекти показват, че са необходими бъдещи изследвания в тази насока. Определянето на степента на влияние на факторите на слънчевата активност върху сърдечно-съдовите параметри ще позволи да се направят препоръки при какви промени на съответните фактори ще бъде желателно да се прилагат предпазни мерки. Необходими са още изследвания за потвърждаване на тези неблагоприятни ефекти и определяне на параметрите на хелио-геофизичните фактори, които най-силно въздействат на физиологичното състояние на човека.

Литература:

1. C o r n e l i s s e n, G., F. H a l b e r g, T. B r e u s et al., Non-photic Solar Associations of Heart Rate Variability and Myocardial Infarction, J. Atm. Solar-Terr. Phys., 2002, vol.64, pp. 707–720.
2. S t o u p e l, E., K a l e d i e n e R., P e t r a u s k i e n e J., D o m a r k i e n e S., R a d i s h a u s k a s R., A b r a m s o n E., I s r a e l e v i c h P., S u l k e s J., Three Kinds of Cosmophysical Activity: Links to TemporalDistribution of Deaths and Occurrence of Acute Myocardial Infarction, Med. Sci. Monit., 2004, vol.10, No.2,pp. 80-84.
3. S t o u p e l, E., Cardiac Arrhythmia and Geomagnetic Activity, Indian Pacing and Electrophysiology J., 2006, vol.6, pp.49-53.
4. B a b a y e v, E. S., A l l a h v e r d i y e v a A. A., Effects of Geomagnetic Activity Variations on the Physiological and Psychological State of Functionally Healthy Humans: Some Results of Azerbaijani Studies, Advances in Space Research, 2007, vol.40, pp.1941-1951.
5. D i m i t r o v a, S., Relationship between Human Physiological Parameters and Geomagnetic Variations of Solar Origin, Advances in Space Research, 2006, vol.37, pp.1251-1257.
6. D i m i t r o v a, S., Different Geomagnetic Indices as an Indicator for Geo-effective Solar Storms and Human Physiological State, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2008, vol. 70, No.2-4, pp. 420-427.
7. D i m i t r o v a, S., E. S. B a b a y e v, F. R. M u s t a f a, I. S t o i l o v a, T. T a s e v a, K. G e o r g i e v a, 2009, Geomagnetic Storms and Acute Myocardial Infarctions Morbidity in Middle Latitudes, Sun and Geosphere, 4(2), pp. 72 – 78.
8. D i m i t r o v a, S., E. S. B a b a y e v, K. G e o r g i e v a, V. N. O b r i d k o, F. R. M u s t a f a, 2009, Possible Effects of Solar and Geomagnetic Activity on Sudden Cardiac Death in Middle Latitudes, Sun and Geosphere, 4(2), pp. 84 – 88.

S E S 2 0 1 4
Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

ELECTRONIC KINETICS OF MOLECULES IN UPPER ATMOSPHERES OF EARTH AND MARS DURING SOLAR PROTON PRECIPITATIONS

Andrey Kirillov[1], Rolf Werner [2], Veneta Guineva[2]

[1]*Polar Geophysical Institute – Russian Academy of Sciences, Apatity, Murmansk region, Russia*
[2]*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences*

Abstract: *Electronically excited molecules play very important role in chemical kinetics in a mixture of atmospheric gases. It is known that the excitation decreases activation barriers of chemical reactions and increases the rates of chemical processes. The precipitation of energetic protons in the atmospheres of terrestrial planets causes the electronic excitation of molecules. Recent investigations of Seppala et al. [2008, J. Geophys. Res., v.113, A11311] and Lillis et al. [2012, J. Geophys. Res., v.117, E03004] consider the precipitations of solar energetic particles in the atmospheres of Earth and Mars, consequently. We suggest a model of electronic and vibrational kinetics of molecular components in the atmospheres of terrestrial planets. The calculated quenching rate coefficients of electronically excited molecules are applied in the simulations of vibrational populations of CO, N_2, O_2 electronic states in the mixture of N_2, O_2, CO, CO_2 gases. We consider triplet states $a^3\Pi$, $a'^3\Sigma^+$, $d^3\Delta$, $e^3\Sigma^-$ of CO; triplet states $A^3\Sigma_u^+$, $B^3\Pi_g$, $W^3\Delta_u$, $B'^3\Sigma_u^-$ of N_2; Herzberg states $c^1\Sigma_u^-$, $A'^3\Delta_u$, $A^3\Sigma_u^+$ of O_2. Vibrational populations of the excited molecules are calculated for the atmospheres of Earth and Mars.*

Introduction

Recent investigations of Seppala et al. [2008] and Lillis et al. [2012] consider the precipitations of solar energetic particles in the atmospheres of Earth and Mars, consequently. The inelastic interaction of solar particles with atomic and molecular components of the atmospheres causes electronic (and vibrational) excitation of the atoms and molecules.

It is known the odd-nitrogen compounds (NO_y) and the odd hydrogen compounds (including the hydroxyl radical OH) are important components. Toumi (1993), Siskind et al. (1993) have proposed that the reactions of singlet molecular oxygen $O_2(b^1\Sigma_g^+)$ with either molecular hydrogen H_2 or nitrous oxide N_2O could be sources of OH and NO_y, respectively.

Moreover, sometimes the interaction of metastable molecular nitrogen $N_2(A^3\Sigma_u^+)$ with molecular oxygen O_2 is considered as possible source of nitrous oxide at altitudes of the middle atmosphere [Zipf, 1980, Nature; Zipf and Prasad, 1980]. Also Prasad and Zipf [1981] have studied the influence of nitrous oxide formed in the interaction of N_2^* in the atmosphere during solar proton events on atmospheric chemical balance.

Solar protons precipitating in the middle atmospheres of terrestrial planets produce effectively secondary electrons in collisions with N_2, O_2 molecules in the atmosphere of Earth and with CO_2 molecules in the atmosphere of Mars. The electrons take active part in the production of different electronically excited states of main atmospheric components N_2, O_2, CO, CO_2 [Konovalov and Son, 1987, Bhardwaj and Jain, 2009]. When collisional lifetimes of the states are less or comparable with radiational ones at the altitudes of the middle atmosphere so the collisional processes influence the electronic kinetics of the components. Therefore the energy of solar protons is accumulated on electronic states of molecules in radiational and collisional processes.

The main aim of our study is the calculation of the quenching rate coefficients for electronically excited molecules in collisions with CO_2, CO, N_2, O_2 ground-state molecules and the application of the removal rates in the study of electronic kinetics of main components in upper and middle atmospheres of terrestrial planets disturbed by precipitation of energetic solar protons.

Electronic Quenching

One year ago Kirillov, Werner, Guineva (2013) have presented the quenching rate coefficients for electronically excited N_2 and O_2 molecules. They have used analytical expressions for the rate coefficients of electronic quenching in molecular collisions based on quantum-mechanical Landau-Zener and Rosen-Zener approximations and presented by Kirillov [2004a,b]. Franck-Condon factors for the calculations related with transitions in N_2 molecule are taken from [Gilmore et al., 1992].

Franck-Condon factors for the transitions in O_2 molecule are calculated applying Morse approximation [Kirillov, 2004b].

Here we present the results of our new investigations for $CO(a^3\Pi_r)$ molecules effectively produced in dissociative processes

(1) $$p(e_{sec}) + CO_2(X^1\Sigma_g^+) \rightarrow CO(a^3\Pi_r) + O(^3P)$$

related with the collisions of protons and secondary electrons with main component CO_2 of Mars atmosphere. Since the concentrations of CO_2 in Mars atmosphere are significantly higher than the concentrations of CO, N_2, O_2 components so the consideration of the quenching processes of $CO(a^3\Pi_r)$ can be limited by collisions with CO_2 molecules.

To estimate the quenching rate coefficients of $CO(a^3\Pi_r)$ in collisions with CO, N_2, CO_2 molecules we follow the results published by Kirillov (2013, 2014) for EV-processes in collisions of $O_2(b^1\Sigma_g^+)$ and $O_2(c^1\Sigma_u^-, A'^3\Delta_u, A^3\Sigma_u^+)$ with CO_2, CO, N_2, O_2 molecules. Therefore we consider the processes

(2) $$CO(a^3\Pi_r,v) + CO(X^1\Sigma^+,v=0) \rightarrow CO(X^1\Sigma^+,v>>0) + CO(X^1\Sigma^+,v^*=1,2,3)$$

(3) $$CO(a^3\Pi_r,v) + N_2(X^1\Sigma_g^+,v=0) \rightarrow CO(X^1\Sigma^+,v>>0) + N_2(X^1\Sigma_g^+,v^*=1,2,3)$$

(4) $$CO(a^3\Pi_r,v) + CO_2(0,0,0) \rightarrow CO(X^1\Sigma^+,v>>0) + CO_2(v_1,v_2,v_3)$$

Here we apply in the calculations of the removal rates for the EV-processes the following formula

(5) $$k(v) = k_o\, \alpha\, \beta \sqrt{\frac{T}{300}} \exp\left(-\frac{|\Delta E|}{\gamma\sqrt{T/300}} + \frac{\Delta E}{2k_B T} \right),$$

where k_o, α, β and γ are parameters, ΔE is the energy defect of the interaction, k_B and T are the Boltzmann constant and temperature. The parameter γ =105 cm^{-1} is taken according to collisions of isoelectronic excited N_2 [Kirillov, 2004a,b].

We believe the parameter α is related with gas-kinetic radius of a collision. According to Kirillov [2013, 2014] we have put α equal to 1.69, 0.72, 1 for the collisions CO–CO_2, CO–N_2, CO–CO, respectively. We believe β≈0.17 for EV-processes in CO^*–CO, CO^*–CO_2 collisions and β≈0.07 for EV-processes in CO^*–N_2 collisions with the excitation of one vibrational quantum of target-molecule. We suggest β≈0.17^2≈0.029 for the collisions CO^*–CO_2 with the excitation of (110), (101), (011) modes and for the collisions CO^*–CO with the excitation of two vibrational quanta of CO. β≈0.07^2≈0.005 for the collisions CO^*–N_2 with the excitation of two vibrational quanta of N_2. Respectively, we apply β≈0.17^3 and β≈0.07^3 in the cases of the excitation of three vibrational quanta of target-molecules CO and N_2.

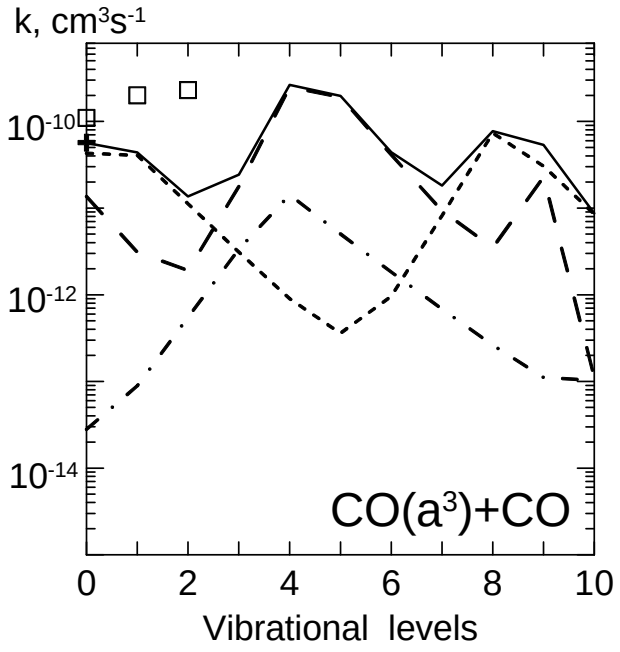


Fig. 1. The calculated quenching rate constants for the collisions $CO(a^3\Pi_r,v=0–10)$+CO (solid line) are compared with experimental data of [Taylor and Setser, 1973] (squares) and [Wysong, 2000] (cross). The contributions of the EV-processes with v^*=1,2,3 are shown as long-dashed, short-dashed, dash-dotted lines, respectively

In Figs.1-3 we compare the results of our calculations with experimental data of [Taylor and Setser, 1973] and [Wysong, 2000]. The calculations are made only for the EV-processes (2-4). The exceeding of experimental values over the results of the calculations for v=1,2 of $CO(a^3\Pi_r)$ in collisions with CO and N_2 molecules could be related with the contributions of EE-processes

(6) $CO(a^3\Pi_r,v) + CO(X^1\Sigma^+,v=0) \rightarrow CO(X^1\Sigma^+,v) + CO(a^3\Pi_r,v)$,

(7) $CO(a^3\Pi_r,v) + N_2(X^1\Sigma_g^+,v=0) \rightarrow CO(X^1\Sigma^+,v) + N_2(A^3\Sigma_u^+,v)$.

Here we do not consider the EE-processes (6) and (7).

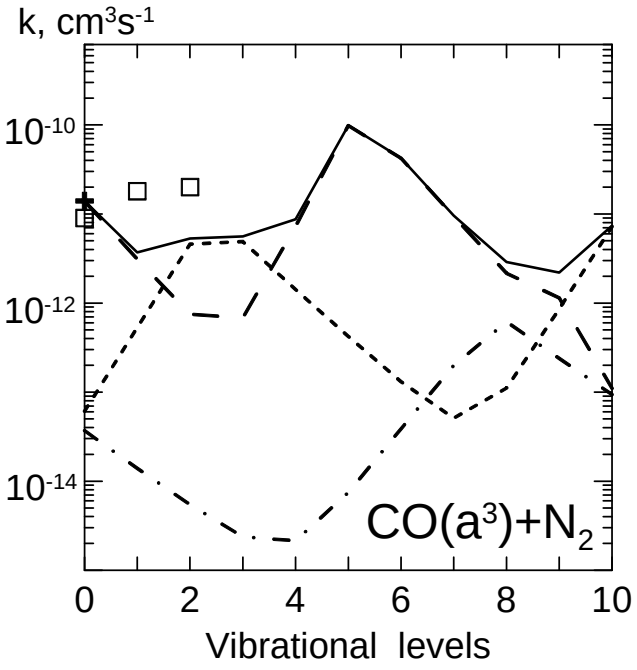


Fig. 2. The calculated quenching rate constants for the collisions $CO(a^3\Pi_r,v=0–10)+N_2$ (solid line) are compared with experimental data of [Taylor and Setser, 1973] (squares) and [Wysong, 2000] (cross). The contributions of the EV-processes with v^*=1,2,3 are shown as long-dashed, short-dashed, dash-dotted lines, respectively

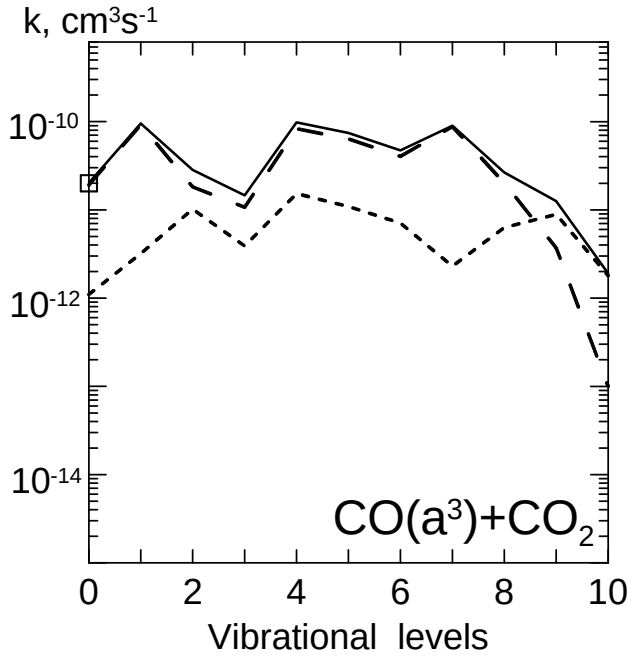


Fig. 3. The calculated quenching rate constants for the collisions $CO(a^3\Pi_r,v=0–10)+CO_2$ (solid line) are compared with experimental data of [Taylor and Setser, 1973] (square). The contributions of the EV-processes with one and two vibrational quanta of CO_2 are shown as long-dashed, short-dashed lines, respectively

Vibrational Populations of Electronically Excited N_2 and Co in the Atmospheres of Earth and Mars

To estimate vibrational population of $N_2(A^3\Sigma_u^+,v)$ we calculate the populations of the $B^3\Pi_g$, $W^3\Delta_u$, $B'^3\Sigma_u^-$, $C^3\Pi_u$ states of N_2. The rate coefficients for all intermolecular and intramolecular electron energy transfer processes are calculated as described by Kirillov, Werner, Guineva (2013). Fig.4 is a plot of the calculated relative vibrational populations of the $A^3\Sigma_u^+$ state of N_2 ($[N_2(A^3\Sigma_u^+,v)]/[N_2(A^3\Sigma_u^+,v=0)]$) at the altitude of 50 km. Concentrations of main atmospheric components are taken as $[N_2]=1.2\times10^{16}$ cm^{-3}, $[O_2]=3.1\times10^{15}$ cm^{-3}.

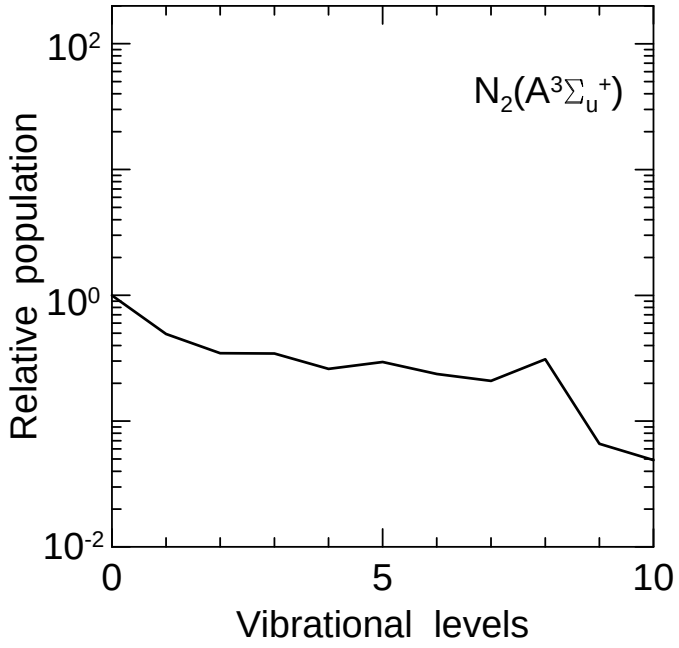


Fig. 4. The calculated relative vibrational population of the $A^3\Sigma_u^+$ state of N_2 at the altitude of 50 km of Earth (solid line)

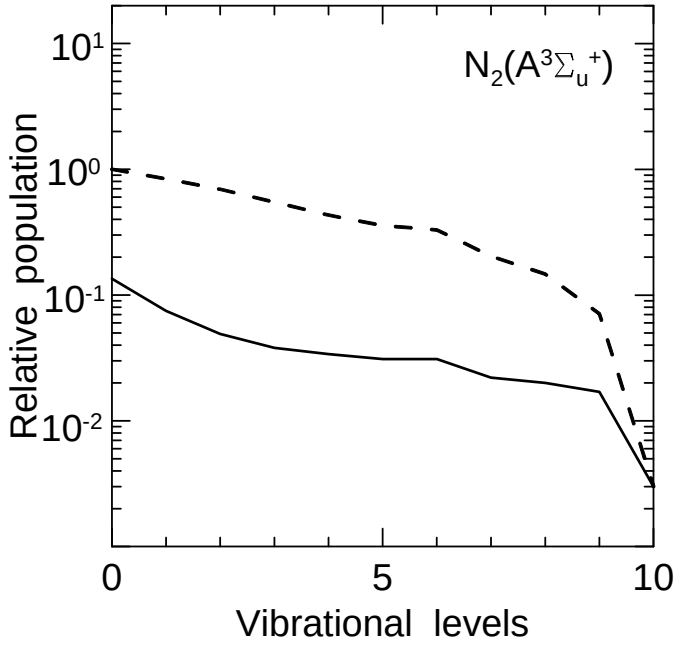


Fig. 5. The calculated relative vibrational populations of the $A^3\Sigma_u^+$ state of N_2 at the altitude of 50 km of Mars: dashed and solid lines – without and with the contribution of intermolecular processes in collisions with O_2

To calculate the population of the *v*-th vibrational level of the $A^3\Sigma_u^+$ state in the atmosphere of Mars we use the steady-state equations with the production rates of the states by solar protons, with applying of the rate constants for intermolecular and intramolecular electron energy transfer processes for collisions with N_2 and O_2 molecules and with using of Einstein coefficients for spontaneous radiational transitions. Only intramolecular electron energy transfer processes are considered for collisions with CO_2 molecules. The quenching and production of electronically excited states of N_2 in inelastic molecular collisions are taken into account.

To estimate vibrational population of $N_2(A^3\Sigma_u^+,v)$ we calculate the populations of $B^3\Pi_g$, $W^3\Delta_u$, $B'^3\Sigma_u^-$, $C^3\Pi_u$ states of N_2. Fig.5 is a plot of the calculated relative vibrational populations of the $A^3\Sigma_u^+$ state of N_2 ($[N_2(A^3\Sigma_u^+,v)]/[N_2(A^3\Sigma_u^+,v=0)]$) at the altitude of 50 km of Mars. Concentrations of main atmospheric components are taken as $[CO_2]= 8\times10^{14}$ cm^{-3}, $[N_2]=2.3\times10^{13}$ cm^{-3}, $[O_2]=1.1\times10^{12}$ cm^{-3}. Results of the calculation of $N_2(A^3\Sigma_u^+,v)$ are given in Fig.5 for two cases. At first we have made the calculation without the inclusion of intermolecular electronic energy transfer processes in collisions with O_2 molecules. In the second instance the contribution of the processes is taken into consideration. The normalising of presented populations is made on the populations of vibrational level *v*=0 of the $A^3\Sigma_u^+$ state for the first instance. Although concentrations of molecular oxygen are one-two orders lower concentrations of CO_2 and N_2 it is seen from Fig.5 that these intermolecular processes are very important in the population of the $A^3\Sigma_u^+$ state at altitudes of middle atmosphere of Mars during solar proton precipitation.

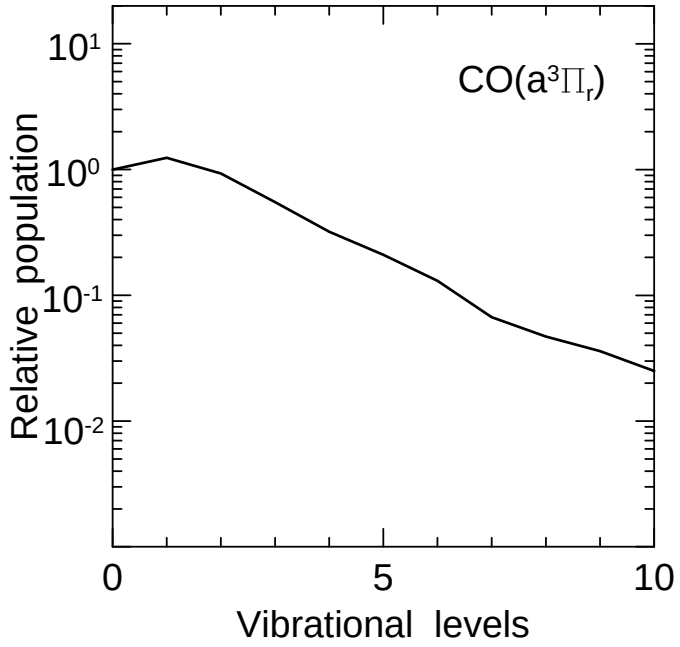


Fig. 6. The calculated relative vibrational population of the $a^3\Pi_r$ state of CO at the altitudes of Mars (solid line)

To estimate vibrational population of $CO(a^3\Pi_r,v)$ we calculate the populations of $a'^3\Sigma^+$, $d^3\Delta_i$, $e^3\Sigma^-$ states of CO. To calculate the population of the *v*-th vibrational level of the $a^3\Pi_r$ state we use the steady-state equations with the production rates of the states by solar protons and with using Einstein coefficients for spontaneous radiational transitions. Fig.6 is a plot of the calculated relative vibrational populations of the $a^3\Pi_r$ state of CO ($[CO(a^3\Pi_r,v)]/[CO(a^3\Pi_r,v=0)]$) at the altitudes of Mars.

References:

1. Bhardwaj, A. and Jain S. K. Monte Carlo model of electron energy degradation in a CO_2 atmosphere. // J. Geophys. Res., 2009, v.114, A11309.
2. Gilmore, F. R. et al. Franck-Condon factors, r-centroids, electronic transition moments, and Einstein coefficients for many nitrogen and oxygen band systems. // J. Phys. Chem. Ref. Data, 1992, v.21, p.1005–1107.
3. Kirillov A. S. Application of Landau-Zener and Rosen-Zener approximations to calculate rates of electron energy transfer processes. // Adv. Space Res., 2004a, v. 33, p. 993–997.
4. Kirillov, A. S. Calculation of rate coefficients of electron energy transfer processes for molecular nitrogen and molecular oxygen. // Adv. Space Res., 2004b, v. 33, p. 998–1004.

5. K i r i l l o v, A. S. The calculations of quenching rate coefficients of $O_2(b^1\Sigma_g^+,v)$ in collisions with O_2, N_2, CO, CO_2 molecules. // Chem. Phys., 2013, v. 410, p. 103-108.
6. K i r i l l o v, A. S. The calculation of quenching rate coefficients of O_2 Herzberg states in collisions with CO_2, CO, N_2, O_2 molecules // Chem. Phys. Lett., 2014, v.592, p.103-108.
7. K i r i l l o v, A., W e r n e r R., G u i n e v a V. The distribution of solar proton energy on electronic states of molecules in the mixture of N_2, O_2, CO, CO_2 gases. // Programme of Ninth Scientific Conference "Space, Ecology, Safety", 20–22 Nov. 2013, Sofia, Bulgaria, p.8.
8. K o n o v a l o v, V. P. and S o n E. E. Degradation spectrum of electrons in gases // Khimiya plasmy, 1987, v.14, p.194–227, in russian.
9. L i l l i s, R. J. et al. Evidence for superthermal secondary electrons produced by SEP ionization in the Martian atmosphere. // J. Geophys. Res., 2012, v.117, E03004.
10. P r a s a d, E. E. and Zipf E.C. Atmospheric nitrous oxide produced by solar protons and relativistic electrons. // Nature, 1981, v.291, p. 564-566.
11. S e p p a l a, A. et al. The effects of hard-spectra solar proton events on the middle atmosphere. // J. Geophys. Res., 2008, v.113, A11311.
12. S i s k i n d, D. E. et al. An evaluation of $O_2(b^1\Sigma_g)$ as a possible source of OH and odd-nitrogen in the stratosphere and mesosphere. // Geophys. Res. Lett., 1993, v.20, p.2047-2050.
13. T a y l o r, G. W. and S e t s e r D. W. Quenching rate constants for $CO(a^3\Pi,v=0,1,2)$. // J. Chem. Phys., 1973, v.58, p.4840-4851.
14. T o u m I, R. A potential new source of OH and odd-nitrogen in the atmosphere. // Geophys. Res. Lett., 1993, v.20, p. 25-28.
15. W y s o n g, I. J. Measurement of quenching rates of $CO(a^3\Pi,v=0)$ using laser pump-and-probe technique. // Chem. Phys. Lett., 2000, v.329, p.42-46.
16. Z i p f, E. C. A laboratory study on the formation of nitrous oxide by the reaction $N_2(A^3\Sigma_u^+) + O_2 \rightarrow N_2O + O$. // Nature, 1980, v.287, p.523-524.
17. Z i p f, E. C. and P r a s a d E. E. Production of nitrous oxide in the auroral D and E regions. // Nature, 1980, v.287, p. 525-526.

Session 2

Aerospace Technologies and Biotechnologies

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

30 ГОДИНИ КОСМИЧЕСКИ БИОТЕХНОЛОГИИ В БЪЛГАРИЯ

Таня Иванова, Илияна Илиева, Йордан Найденов

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

Ключови думи: *Интеркосмос, Орбитална станция МИР, Космическа оранжерия СВЕТ*

Резюме: *Направен е обзор на извършената организационна, изследователска и инженерна дейност при изпълнението на един от най-успешните български проекти – Космическата оранжерия (КО) СВЕТ, във връзка с 30-годишнината от стартирането му. КО СВЕТ е първата автоматизирана апаратура за провеждане на дългосрочни експерименти с растения на борда на Орбиталната станция МИР. Създадена е с цел разработка на космически биотехнологии за развитие на растенията – основно звено на Биологичните системи за осигуряване живота на екипажите при бъдещите полети до Марс. В периода 1990-2000 година в нея бяха осъществени експериментални изследвания с различни култури от международни екипажи и колективи по програмите «Интеркосмос» и МИР-НАСА. Дадени са накратко основните научни резултати, доказващи възможността за нормално развитие на растенията в микрогравитация, както и проектите по които продължава наземната научна работа по усъвършенстването на оранжерийните системи (за мониторинг и осветление) и биотехнологиите.*

30 YEARS SPACE BIOTECHNOLOGIES IN BULGARIA

Tania Ivanova, Iliana Ilieva, Yordan Naydenov

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

Keywords: *Interkosmos, MIR Orbital Station, SVET Space Greenhouse*

Abstract: *An overview of the organizational, research and engineering activities during one of the most successful Bulgarian projects – SVET Space Greenhouse (SG) is made, on the occasion of the 30th anniversary of its inception. SVET SG is the first ever automated equipment, designed for long-term experiments with plants, and has operated on board MIR Orbital Station. It was created in order to develop space biotechnologies to growing plants – basic functional groups of the Biological Life Support Systems for the future long-duration manned missions to Mars. The experimental research was carried out by the international crews and teams in the frame of Interkosmos and MIR-NASA programmes in the period 1990-2000. Basic scientific results are presented in brief, proving the possibility of normal development and use of plants in microgravity, as well as the projects for improvement of greenhouse systems (monitoring and lighting) and biotechnologies, the scientific work on which is continuing in laboratories on ground.*

Въведение

През 1984 година, на двустранна международна среща в Института по медико-биологични проблеми (ИМБП), Москва, в тържествена обстановка бе подписан договорът за сътрудничество с тогавашната Централна лаборатория за космически изследвания (ЦЛКИ) при БАН, за разработка и изработване на първата автоматизирана Космическа оранжерия (КО) СВЕТ за дългосрочни изследвания с растения в условия на безтегловност. Преговорите за това сътрудничество започнаха около година преди това, когато водещите учени на колективите от двата института – Г. Й. Мелешко от ИМБП и Т. Иванова от ЦЛКИ се срещнаха и обсъдиха възможностите на страните за реализиране на такъв проект на едно от ежегодните съвещания на Постоянно-действащата работна група по „Космическа биология и медицина” на програмата „Интеркосмос” в Кечкемет, Унгария. Българските учени и специалисти се включиха в темата „Изследване на пътищата и методите за използуване на растенията и животните в

Биологичните системи за осигуряване живота (БСОЖ) на космическите екипажи", най-важното звено на които са растенията [1].

Основание за реализуемост на такава задача даваше постигнатия през 1982 г. резултат от руските учени в това ново направление „Космическо растениевъдство", които след 20-годишни неуспешни опити за отглеждане на растения в безтегловност, бяха получили първите семена от растението *Arabidopsis* в камерата "Фитон-3" на борда на Орбиталната станция "Салют-7". Проведените дотогава биологични експерименти в Космоса бяха доказали, че безтегловността все пак е съвместима с нормалните жизнени функции на растителните организми, но те предявяват изключително високи изисквания при подготовката и провеждането на опитите. Трябваше да се разработят технологии за култивиране на необходимите за храна на космонавтите видове растения (натрупващи мазнини, белтъчини, въглехидрати и витамини), а не моделно растение като *Arabidopsis*. За осъществяването на успешни експерименти се изискваше много точно спазване на оптималните условия за растеж и хранене на растенията, към които те са привикнали на Земята, регулирането на температурата, влажността и осветеността на средата им на развитие в точно определени граници. А това можеше да бъде постигнато, ако с помощта на прецизна сензорна система и микропроцесорно устройство се мерят и управляват изпълнителните механизми за регулиране параметрите на средата в кореновата и листната зона на растенията [2,3].

Разработката на космически оранжерийни системи и биотехнологии за отглеждане на растения в условия на микрогравитация се оказа изключително трудна научна задача, изпълнена успешно от българските учени от БАН, първоначално с подкрепата и с финансирането на българското правителство. Техническата част на проекта поеха специалисти от ЦЛКИ (сега ИКИТ), които вече имаха 15-годишен опит в разработката на космическа апаратура за изследване на околоземната плазма, а с биологичната част се заеха учени от Института по физиология на растенията (сега ИФРГ).

През изминалите три десетилетия са разработени три поколения българска КО СВЕТ, в първите две от които се проведоха 8 дългосрочни експеримента с растения на борда на Орбиталната станция (ОС) МИР в продължение на 680 дни в периода 1990-2000 година. Имаше много проблеми, но работата на апаратурата в орбиталния комплекс показа, че правилно са подбрани основните технически решения и биотехнологии за отглеждането на растения в космически условия.

Първата Космическа оранжерия СВЕТ

Първата модификация на КО СВЕТ бе разработена през 80-те години (по Договор 820/1983 с ДКНТП) и изпратена в орбита като щатна апаратура в модул "Кристал", скачил се към ОС МИР на 10 юни 1990 година. Комплексът апаратура на КО СВЕТ беше преминал успешно всички приемо-предавателни изпитания и бе изстрелян безвъзмездно благодарение на международната програма за сътрудничество „Интеркосмос", която ни предоставяше изцяло необходимата руска космическа техника, инфраструктура и логистика (космодруми, ракети, станции и пр.).

Намиращите се на борда руски космонавти от поредния постоянно пребиваващ екипаж, който беше предварително обучен на тренажор, осъществи монтажа на кабелите между блоковете и по специална тестова програма извърши проверка за правилността на функционирането им. С командата „СТАРТ" на историческата дата *16 юни 1990 г.* беше ознаменувано началото на многото успешни бъдещи стартове на българската КО СВЕТ.

Първоначално беше решено да бъдат отгледани два вида зеленчукови култури (салата и репички), които се характеризират с висока продуктивност и сравнително къс вегетационен цикъл (30-45 дни). И това не беше случайно, тогава България беше известна с качествените си зеленчуци, които изнасяше в цяла източна Европа. Проверени бяха по няколко вида сортове от тях и подбрани най-подходящите за условията в орбиталния отсек, при сравнително висока температура (25°C), ниска влажност на въздуха (40%) и ниска осветеност, все неподходящи за тези пролетни култури. За хранителна среда за растенията бе подбран субстратът „Балканин", допълнително обогатен с минерални соли по оригинална българска технология, за да се използва години наред за отглеждане на много последователни вегетации без торене [4].

Специално конструираната за целта микрокомпютърна система за управление на оранжерията следи и поддържа автоматично параметрите на околната среда във вегетационната камера, осигурявайки оптимални за развитието на растенията условия, близки до земните.

Космонавтите Александър Баландин и Анатолий Соловьов проведоха първите дългосрочни експерименти със зеленчукови растения (репички и китайско зеле) за витаминозна добавка към рациона на космонавтите. На 29-тия ден част от растенията бяха обрани и

хербаризирани, а на тяхно място засадени нови семена, от които се развиха втора вегетация 23-дневни растения. В края на експеримента те бяха обрани заедно с първоначално засетите 54-дневни растения и при завръщането си на 8 август 1990 г. екипажът донесе увити в мокри салфетки свежи биологични образци в отлично състояние и от двете вегетации. Физиологичните им характеристики бяха изследвани с апаратура LI-COR още на площадката за приземяване на спускаемия отсек от учените-биолози Александър Машинский (ИМБП-РАН) и Димитър Величков (ИФР-БАН), представители на двете страни, участнички в експеримента (фиг. 1а). Морфологичните им характеристики бяха нормални, но се забелязва почти двойно забавяне на растежа и увеличаване на съдържанието на сухо вещество. За пръв път бе получен кореноплод (репичка) в условия на космически полет, макар и с над 3 пъти по-малко свежо тегло на подземната част [5].

Втората Космическа оранжерия СВЕТ-2 и научни експерименти

Втората модификация КО СВЕТ-2 бе разработена през 90-те години с финансиране от НАСА и изстреляна през 1996 г. по програмата МИР-НАСА на различни носители. В нея бяха проведени серия от дългосрочни експерименти с различни растителни култури с цел доказване възможността за осъществяване на пълен вегетационен цикъл на растения в безтегловност – получаване на "космически" семена. Към българската апаратура американските учени от Лабораторията по космическа динамика, Университета на Юта, добавиха и своя система за мониторинг на средата и за измерване на газовия обмен в камерата GEMS /Gas Exchange Measurement System/. Целта бе да се измерва количеството въглероден диоксид на входа и изхода на системата, за да може да се прогнозира ролята на фотосинтезата за биологичното пречистване на въздуха в бъдещите космически станции за далечни мисии на човека с по-големи оранжерии на борда. В КО СВЕТ-2 бяха проведени няколко дългосрочни експерименти с различни видове растения по програма МИР-НАСА-3,5 (1996-97) и по руската програма (1998-2000).



Фиг. 1. (а) Биолозите А. Машинский и Д. Величков измерват фотосинтетичната активност на свежи растителни проби, току-що донесени от ОС МИР, Казахстан, 8 август 1990 г.; (б) Клас от пшеница сорт *Apogee*, отгледана в КО СВЕТ-2 на борда на ОС МИР през 1998-99 г.

Два последователни експеримента с пшеница сорт *Super Dwarf* бяха проведени по програма МИР-НАСА-3 с участието на американски астронавти с цел – постигане на пълен жизнен цикъл на развитие (от посяти на борда семена да се получат растения със семена). По време на първия 123-дневен експеримент, проведен през 1996 г. от американската астронавтка Шанън Люсид, се получиха зрели растения с класове с по-малки размери, но повече на брой от наземните. Джон Блаха проведе втория 42-дневен експеримент за получаване на зелени растения, които бяха замразени [6]. Образци от растенията и от двата експеримента бяха върнати за изследване на Земята. Оказа се, че първите космически класове не съдържат семена, въпреки усъвършенстваните биотехнологии, а причина за стерилитета на пшеницата не е безтегловността, а наличието на големи концентрации газ етилен (над 1%) в атмосферата на ОС МИР [7].

Три последователни експеримента с растения *Brassica rapa* бяха проведени през 1997 г. по програмата МИР-НАСА-5 в сътрудничество с Университета на Луизиана и с участието на американския астронавт Майкъл Фоул. За пръв път се получават "космически" семена и е доказана възможността за репродуктивност на растенията в безтегловност [8].

Два последователни научни експеримента с нов сорт пшеница (*Apogee*), по-устойчив на високото съдържание на етилен на борда бяха проведени в КО СВЕТ-2 по руската научна програма през 1998-99 г. Руският космонавт Сергей Авдеев отгледа първите 508 "космически" семена пшеница от 12 растения с 29 формирани класа (фиг. 1б). Част от тях бяха засети отново и се развиха второ поколение растения, отново до пълен вегетационен цикъл. Това беше голямо постижение в областта на фундаменталната гравитационна биология, тъй като за първи път се отглеждаха "космически" семена от две генерации пшеница в Космоса [9].

Последните изследвания с растения в КО СВЕТ-2 бяха осъществени от 28-ия екипаж на ОС МИР (космонавтите Сергей Зальотин и Александър Калери) през 2000 г., когато бяха засети семена от различни видове салатени култури. По един образец от получените растения бяха изпратени на Земята, а останалите за пръв път бяха предоставени за храна на космонавтите за да се оценят вкусовите качества на растителния материал.

При експерименталните изследвания проведени в КО СВЕТ-2 са постигнати уникални резултати, доказващи че безтегловността не е пречка за развитието на растенията и те могат да бъдат използвани пълноценно за създаването на БСОЖ на екипажите при дълготрайни мисии [10]. Нямаше съмнения, че на бъдещите орбитални или междупланетни станции ще бъдат създадени ефективни космически оранжерии на базата на българските технологии, както беше при оранжерията ЛАДА, работила на новата Международната космическа станция (МКС) [11].

Разработка на Космическа оранжерия СВЕТ-3

С приключването на изследванията на ОС МИР, започна разработката на трето поколение КО СВЕТ-3 за МКС и търсенето на проекти с външно финансиране. През 1999 г. се включихме в проект за разработка на космическа оранжерия SGH (Space GreenHouse) за МКС в сътрудничество с Италианската космическа агенция (ASI), в който участваха 10 научни центрове и университети. През 2000 г. бе подписан договор за разработка на оранжерийна установка EARM (Equipment for Agricultural Research in Microgravity) в сътрудничество с Бразилия (BRAZSAT) за изследване на продуктивността на соята на борда на МКС (по програмата за полета на първия бразилски космонавт Маркос Понтес). Направена бе предварителна оценка за осъществимостта и цената на проектите (Feasibility Study), но редица политически обстоятелства (терористичните атаки, катастрофата на совалката „Колумбия", войната в Ирак) попречиха на финансирането и реализацията им.

В новата адаптивна концепция на КО СВЕТ-3 се предвижда да се измерват не само параметрите на средата, в която се отглеждат растенията, но и някои физиологични параметри свързани с растежа и развитието им през целия вегетационен период. Наред с основните климатични параметри – температурата и влажността на въздуха и субстрата, ще се следят фотосинтезата, транспирацията, височината, температура и площ на листата и други параметри, свързани със „здравето" на растенията. Събирайки и обработвайки тези данни, микрокомпютърната система за управление адаптивно поддържа параметрите на околната среда, така че да се осигурят оптимални резултати – здрави и жизнени растения с богата биомаса [12].

Основните възли на третото поколение КО СВЕТ-3 бяха оптимизирани с българско финансиране от ФНИ по Национална научна програма „Космически изследвания" (2004-2006). Разработена бе нова система за разширен мониторинг на параметрите на средата в листната зона и управление с помощта на съвременна микроконтролерна система за събиране на данни ME-4610 [13].

Целта бе да се замени оригиналният Блок управление (БУ) на КО СВЕТ-2 [14], като функционалността и задачите му изцяло се поемат от нарочна приложна програма, изпълнявана на стандартен персонален компютър. Този виртуален БУ позволява голяма гъвкавост при надграждането и модификациите в конфигурацията на КО СВЕТ-3 по време на нейната разработка, технически изпитания и верификация на цялостната концепция, чрез биотехнологични лабораторни експерименти с растения [15].

Оригиналната система за мониторинг на субстратната среда в Кореновия модул бе разширена с такава за следене параметрите на въздушната среда в листната зона, като бяха добавени сензори за отчитане на температурата и относителната влажност на въздуха, светлинния интензитет, атмосферното налягане и скоростта на вертикално движение на въздушния поток в Камерата за отглеждане на растения [16].

Разработен бе и нов Блок за осветление (БО) на съвременни светлинни източници – червени (R), зелени (G) и сини (B) светодиоди (LEDs), заместващи използваните в КО-СВЕТ-1,2 флуоресцентни лампи. Задачата бе осъществена по проекта „Оранжерея-Марс" (2006-2010),

изпълняван в партньорство с ИМБП, Москва, във връзка с подготовката и провеждането на експеримента „Марс-500" – наземна имитация на полета на човека до Марс [17].

Разработени бяха две модификации на БО на RGB LEDs, на мощни светодиоди БО-LED и на маломощни – БО-LED-М, с регулируеми параметри на светлината [18]. Проведени бяха дългосрочни експерименти с различни видове зеленчуци (салата и листна цикория), насочени към изследване влиянието на интензитета (плътност на фотосинтетичния фотонен поток) и спектъра на светлината с цел установяване на границите, при които изследваните перспективни за космоса растения се развиват най-добре [19,20].

Изследвано бе влиянието на съотношението зелена/синя светлина при постоянен дял на червената светлина 70%. След сравняване на резултатите от анализа на растенията от двата експеримента – морфометричните характеристики (свежо и сухо вещество) и хлорофилната флуоресценция бе установено, че физиологичното състояние на растенията отгледани при по-високо процентно съдържание на синя светлина в спектъра (10% G, 20% B) е по-добро в сравнение с това на растения, отгледани при съотношение на светлината 20% G към 10% B [21].

Получените досега резултати задават рамката на бъдещите ни изследвания в тази област: уточняване на спектралния състав и съотношението на червена/зелена/синя светлина в него, както и установяване на минималния и максималния светлинен интензитет, които БО на светодиоди трябва да осигурява при съответния спектрален състав за да се постигне осветление, оптимално за растежа и развитието на отглежданите в КО СВЕТ-3 растения.

Заключение

Българските учени от ИКИТ ще продължат активно научната си дейност, свързана с усъвършенстването на Космическите биотехнологии и разработването на оранжерийни системи (основно за мониторинг на средата и светодиодно осветление), с помощта на модерно оборудваната със съвременна апаратура Лаборатория за биотехнологични изпитания (проект ИКАМОС по ОП „Развитие на конкурентоспособността на българската икономика" от 2013 г.). Системата за изследване на физиологичните параметри на образци от опитните растения включва апарат за едновременно измерване на фотосинтеза и хлорофилна флуоресценция, скенер за определяне на листната повърхност и квантов сензор за измерване на фотосинтетичния фотонен поток на фирмата LI-COR. В Лабораторията е включена и Аналитична система за биохимични анализи на образци от различни етапи на развитие на растенията.

Работата на българските учени е вдъхновена от приближаващото се реализиране на полета на човека до Марс в близките 1-2 десетилетия и вярата, че утрешните поколения на нашата цивилизация ще овладеят близкото и далечното космическо пространство, ще го населяват и ще пътуват из него. А за осъществяването на тези мисии няма да може да се изпращат товарни кораби с храна, вода и кислород, както сега до МКС, а ще са необходими космически оранжерии с възможно по-големи площи. Те ще са жизнено важни и за създаването на първите научно-изследователски станции с хора на Луната и Марс, особено след като бяха открити огромни подпочвени залежи от замръзнала вода на тях, но където гравитацията е съответно шест и три пъти по-слаба от земната. Животът в тези станции ще се осигурява с помощта на изкуствени затворени биологични системи, в които ще се пресъздава земната биосфера с всички необходими растителни и животински видове – достатъчно, за да се осъществява равновесие за поддържане на въздух, нормален за дишане, за пречистване на водата и за осигуряване на храна.

Литература:

1. Иванова, Т. Биологични системи за осигуряване на живота на космическите екипажи. *Сборник с доклади от Юбилейна научна сесия „40 години от първия полет на човек в космоса"*, Д. Митрополия, 12-13 април 2001, УДК 629.7.048, том 3, 2002, 159-164.
2. Ivanova, T. N., P. T. Kostov, S. M. Sapunova, H. S. Dobrev, I. W. Dandolov. Sensors and Methods for Measurement of the Environment parameters in "SVET" Space Greenhouse. *Compt. rend. Acad. Bulg. Sci.*, 45, 11, 1992, 55-58.
3. Иванова, Т. Н., И. В. Дандолов, П. Т. Костов. Автоматизирана система за управление на Космическа оранжерия. *Сборник с доклади от Юбилейна научна сесия „110 години Въздухоплаване в България"*, Д. Митрополия, 25-26 април 2002, том 2, 2002, 398-403.
4. Ivanova, T., I. Stoyanov, G. Stoilov, P. Kostov, S. Sapunova. Zeolite Gardens in Space. NATURAL ZEOLITES Sofia '95. *Proceedings of the Sofia Zeolite Meeting '95*, 18-25 June 1995, G. Kirov et al. (eds), PENSOFT, 1997, 3-10.

5. Ivanova, T. N., Yu. A. Bercovich, A. L. Mashinskiy, G. I. Meleshko. The First Vegetables Have been Grown up in the "SVET" Greenhouse by Means of Controlled Environmental Conditions. *Microgravity Quarterly*, Vol. 2, No. 2, 1992, pp. 109-114.
6. Ivanova, T. N., P. T. Kostov, S. M. Sapunova, I. W. Dandolov, F. B. Salisbury, G.E. Bingham, V. N. Sytchov, M. A. Levinskikh, I. G. Podolski, D. B. Bubenheim, G. Jahns. Six-Month Space Greenhouse Experiments – a Step to Creation of Future Biological Life Support Systems. *Acta Astronautica*, Vol. 42, Nos. 1-8, 1998, pp. 11-23.
7. Levinskikh, M. A., V. N. Sychev, T. A. Derendyaeva, O. B. Signalova, F. B. Salisbury, W. F. Campbell, D. L. Bubenheim, G. Jahns. Analysis of the Spaceflight Effects on Growth and Development of Super Dwarf Wheat in Greenhouse SVET. *J. Plant Physiology*, 156(4), 2000, pp. 522-529.
8. Musgrave, M. E., A. Kuang *et al*. Gravity Independence of Seed-to-Seed Cycling in *Brassica rapa*. *Planta*, 210, 2000, pp. 400-406.
9. Levinskikh, M. A., V. N. Sychev *et al*. Growth and Development of Plants in a Row of Generations under the Conditions of Space Flight (Experiment Greenhouse-5). *Aviakosm. Ekolog. Med.*, 35(4), 2001, pp. 45-49.
10. Ivanova, T. Greenhouse Aboard Mir Shows Plants Can Thrive in Space. *21st CENTURY – Science and Technology*, Vol. 15, No. 2, 2002, 39-47.
11. Bingham, G. E., I. G. Podolsky, M. A. Levimskikh, V. N. Sychev. LADA, A New Joint Russian - U.S. Plant Greenhouse: Continuing the "Svet" Science and Technology Development Tradition on ISS, *Grav. and Space Bio. Bul.*, 15(1), 2001, Rep. SERGEB99.
12. Kostov, P., T. Ivanova, I. Dandolov, S. Sapunova, I. Illeva. Adaptive Environmental Control for Optimal Results during Plant Microgravity Experiments. *Acta Astronautica*, Vol. 51, Nos. 1-9, 2002, pp. 213-220.
13. Naydenov, Y., T. Ivanova, I. Dandolov, I. Ilieva. Plant Shoot Environment Monitoring and Control in the SVET Space Greenhouse. *Proceedings of the 60th International Astronautical Congress*, 12-16 October 2009, Daejeon, Republic of Korea, Curran Associates Inc., Vol. 1, 2010, pp. 299-306.
14. Naydenov, Y., T. Ivanova. "SVET" Space Greenhouse Control Unit: Automation of Plant Cultivation in Microgravity. *Journal of the Technical University at Plovdiv „Fundamental Sciences and Applications"*, Vol. 16, Book 1, 2011, pp. 429-434.
15. Naydenov, Y., T. Ivanova, I. Ilieva, I. Dandolov. Virtual Control Unit for SVET Space Greenhouse. *Proceedings of the 6th Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Safety" (SES 2010)*, 2-4 November 2010, Sofia, Bulgaria, 2011, pp. 118-123.
16. Naydenov, Y. "SVET" Space Greenhouse Monitoring System Development. *Ecological Engineering and Environment Protection*, Vol. 4, 2011, pp. 66-71.
17. Ivanova, T., V. Sychev. Project „Greenhouse-Mars" – Plant Growth Study with Different Spectra LED Light Units. *Proceedings of the 2nd Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Nanotechnology, Safety" (SENS 2006)*, 14-16 June 2006, Varna, Bulgaria.
18. Ivanova, T., I. Dandolov, I. Ilieva, Y. Naydenov, M. Levinskih, V. Sychev. New LEDs Light Module developed on „Greenhouse-Mars" Project. *Aerospace Research in Bulgaria*, Vol. 23, 2009, pp. 85-102.
19. Ilieva, I., Y. Naydenov, T. Ivanova, I. Dandolov, D. Stefanov, E. Gesheva. Morphometrical Characteristics and Photosynthetic activity of Radicchio under RGB LED Lighting. *Proceedings of the 7th Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Safety" (SES 2011)*, 29 November - 1 December 2011, Sofia, Bulgaria, 2012, pp. 119-124.
20. Ilieva, I., T. Ivanova, Y. Naydenov, I. Dandolov, D. Stefanov. Plant Experiments with Light-Emitting Diode Module in SVET Space Greenhouse. *Advances in Space Research*, 2010, Vol. 46, No. 7, pp. 840-845.
21. Ilieva, I., Y. Naydenov, T. Ivanova, I. Dandolov, D. Stefanov, E. Gesheva, V. Nenova. Effect of the Green:Blue Light Ratio on the Physiology of Radicchio Under RGB Lighting. *Proceedings of the 8th Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Safety" (SES 2012)*, 4-6 December 2012, Sofia, Bulgaria, 2013, pp. 239-243.

S E S 2 0 1 4
Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ СРЕДСТВАТА И ПРОГРАМИТЕ ЗА ОБУЧЕНИЕ НА ОПЕРАТОРИ НА БЛА В БЕЗПИЛОТНИТЕ ЛЕТАТЕЛНИ КОМПЛЕКСИ

Петър Гецов, Зоя Хубенова, Георги Сотиров

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

Ключови думи: *безпилотните летателни комплекси, безпилотните летателни апарати (БЛА), човек-оператор, обучение, тренажор.*

Резюме: *В статията са разгледани изискванията към средствата и програмите за обучение на оператори на БЛА в безпилотните летателни комплекси (БАК). Показани са основна конфигурация и възможности на тренажор за обучение на оператор на БЛА и на екипаж (от двама оператори). В рамките на една обща методика за използване на безпилотните летателни комплекси е предложена програма за обучение - теоретичен курс, тренажорна и практическа подготовка. Разглеждат се проблемни въпроси по организацията и сертифицираното на БАК в РБългария.*

REQUIREMENTS TO RESOURCES AND TRAINING PROGRAMS FOR UAV OPERATORS IN UNMANNED AERIAL COMPLEXES

Petar Getsov, Zoya Hubenova, Georgi Sotirov

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

Key words: *unmanned aerial complex, unmanned aerial vehicle (UAV), man-operator, training, simulator.*

Abstract: *In the paper are discussed the requirements to resources and training programs for operators in unmanned aerial complexes (UAC). There are shown the basic configuration and capabilities of the simulator for training UAV instructor and crew (operator of UAV and operator of UAV payload). Within a common methodology for the use of unmanned aerial complexes is proposed training program - a theoretical course, simulator's and practical training.There are considered problematic issues in the organization and certification of UAC in Bulgaria.*

1. Актуалност на проблема – безопасност на полетите на БЛА и ролята на човешкия фактор (ЧФ).

В настоящо време във все по-голям брой страни в света се разширява използването на безпилотни летателни апарати (БЛА), дължащо се най-вече на низката себестойност и много-функционалност. Възможните сфери на приложение, извън военната сфера са твърде разнообразни: мониторинг на нефтопроводи и язовири, опазване на горски масиви, наблюдение на опасни обекти и др. Управлението на БЛА изисква широк диапазон от практически опит, в значителна степен идентичен с навиците на летците от пилотажната авиация. От тези позиции обучението на оператори за дистанционно управляеми летателни апарати (ДУЛА) с използването на виртуални тренажори е основен етап при формиране навици за управление на самолета с прилагане на съвременните възможности на компютърното моделиране, на различни авиосимулатори и тренажори [1].

Растящият брой от най-разнообразни БЛА – от най-миниатюрните до най-големите, принуждават обществото и съответните оторизирани органи в редица страни да отделят все по-голямо внимание на подготовката на пилоти от нова класа, работещи в наземни командни пунктове. По тази причина различните инстанции трябва да съсредоточат своите

научноизследователски и развойни дейности върху по-нататъшното разработване на технологии, необходими за безопасната интеграция на безпилотните авиационни комплекси (БАК), свързано с осигуряване на защита спрямо различни видове атаки, въвеждане на прозрачни и хармонизирани аварийни процедури, създаване на капацитет за вземане на решения за осигуряване на предсказуемо поведение на летателните апарати при полет, както и за отчитане на човешкия фактор [2]

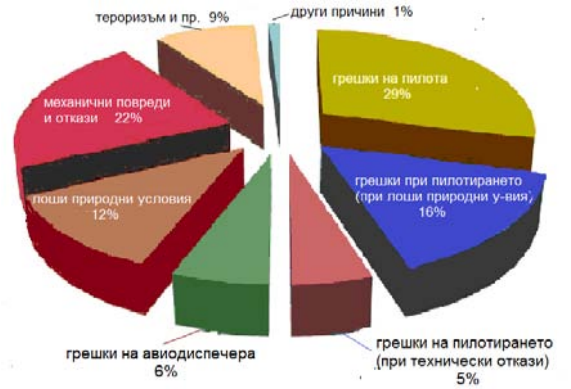
Статистиката на най-големите авиокатастрофи в света (1974-2014 г,) показва, че основна причина за трагедиите във въздуха си остава човешкия фактор (*грешките на екипажа или диспечера)*. Въз онова на данните от статистиката, публикувани в Интернет [3,4], следва, че около 70% от катастрофите се дължат на «човешкия фактор», при което, примерно 50 % от тях са от грешки на пилотирането (табл. 1.):

Табл.1. Причини за възникване на катастрофи с фатален край по десетилетия (в %)

Causes of Fatal Accidents by Decade (percentage)

Cause	1950s	1960s	1970s	1980s	1990s	2000s	All
Total Pilot Error	58	63	44	57	55	57	53
Pilot Error	42	36	25	29	29	34	32
Pilot Error (weather related)	10	18	14	16	21	18	16
Pilot Error (mechanical related)	6	9	5	2	5	5	5
Other Human Error	3	8	9	5	8	6	6
Weather	16	9	14	14	8	6	12
Mechanical Failure	21	19	20	21	18	22	20
Sabotage	3	5	11	12	10	9	8
Other Cause	0	2	2	1	1	0	1

Източник: база данни PlaneCrashInfo.com (http://www.planecrashinfo.com)



Фиг. 1. Процентно съотношение на причините за авиокатастрофите (отчетени са *1 300 авиокатастрофи по света в период 1950 - 2008 г. с над 10 човешки жертви)*

По настояще в България и в другите страни практически в правно отношение не е решен въпроса с интеграцията на безпилотните летателни апарати в единното въздушно пространство. Този проблем се обуславя от необходимостта, за запазването на високо ниво на безопасност на полетите. В тази връзка по света на този тип ЛА се разрешават полети само в строго ограничени въздушни пространства, специално резервирани за военни или граждански нужди.

Съществуващите дистанционно управляеми летателни системи (ДУЛС), в частност БЛА, представляват сложна и обемна техника, която изисква добре обучени професионалисти. За по-доброто осигуряване на безопасността на полетите и авиационната безопасност се предлага от системна гледна точка описанието на БАК да се разглежда като сложна ергатична система, в състава на която са включени, освен безпилотния летателен апарат и станцията за наземно управление, операторите и обслужващия персонал, но задължително и системата за подготовка на оператори и средствата за обучение (тренажори) [5].

2. Задължения и отговорности на оператора на БЛА

За изпълнение на полетните задачи, включително и предполетен контрол, излитане, полет по маршрут, кацане, принципно са необходими двама оператори. При това операторът трябва да знае:

- реда и правилата за експлоатация на БЛА;
- основите за управление на самолета, аеродинамика, метеорология;
- спецификата за използване на БЛА за граждански нужди за различни стопански дейности;
- правилата за радиовръзка;
- техника на безопасност при работа с БЛА.

Работната среда за управление на БЛА е силно динамична и поставя специфични предизвикателства и изисквания към операторите. Например, операторите трябва да работят продължителни периоди от време при постоянно търсене на информация за ситуацията на полета. През това време, операторът „абсорбира" и обработва огромни количества информация, като най-вече се очаква бързо и неочаквано да я оценява и да реагира по съответния начин. В същото време да комуникира и общува с други колеги. Допълнително усложняване на ролята на оператора е високото ниво на отговорност и изискванията за безопасност, тъй като БЛА може да лети във въздушното пространство или близо до земята, като застрашава други самолети или хора. Според американската армия (Aeromedical Research Laboratory) тези предизвикателства изисква комбинация от различни умения, състоящи се от различни *когнитивни, моторни и други способности* [6].

Подбор на оператори. Подборът на лица за различни позиции, в зависимост от техните способности и умения е важна задача, която е от голямо значение и за кандидата. У нас в тази област богат опит има натрупан в *Научно-приложения център по военномедицинска експертиза, авиационна и морска медицина (НПЦВМЕАММ) към* ВМА-София, където разполагат със съответната методика и оборудване. Разработват се различни инструменти за тестване, които дават възможност да се прецени дали кандидатът притежава качествата, необходими за конкретната позиция. С колегите от *НПЦВМЕАММ* имаме дългогодишно сътрудничество в областта на изследване на човека-оператор и работата му в екстремни условия. В лабораториите им се използват разработените от нас апаратури при съвместните ни научни проекти (Плевен-87, BeON – 01 и др.) [7,8].

За кандидатите, които се оценяват, се определя дали притежават необходимите умения за работа и доколко са склонни да бъдат поставени на подходящо място, както и дали демонстрират по-висока производителност при дежурство.



Фиг. 2. Структура на професионално-важните качества на оператора (пилота)

Операторът трябва:

- да има готовност за управление на БЛА в съответствие с полетното задание и за действия в извънредни случаи при полет;
- да знае изискванията за безопасност на полета по планираното полетно задание;
- да знае реда за използване на документите за аеронавигационна информация, като своевременно да осъществява справка на работните данни с контролните;
- да знае реда за управление на БЛА при ограничено използване (или без използване) средствата за връзка и радиотехническото осигуряване на полетите;
- да съблюдава установените правила за радиообмен;
- да знае особеностите за пилотиране на БЛА, навигация и експлоатация на двигателите на БЛА, осигуряващи безопасността на полетите;
- да съблюдава предполетните режими;
- да проверява и приема БЛА преди полета съгласно Ръководството по експлоатация (РЕ);

– да анализира метеорологичната, орнитологичната и въздушна обстановка преди полета и по време на полет;
– да управлява БЛА в съответствие с полетното задание;
– да държи връзка и изпълнява командите, постъпващи от РВД, под чиито управление се намира;
– да контролира фактическото състояние на горивото (респ. акумулаторните батерии) на БЛА и разхода по време на полета;
– да съблюдава и изпълнява изискванията, изложени в авиационните правила, при подготовка и изпълнение на полетите.

3. Обучение и подготовка на операторите за полет на БЛА

Във връзка със създаването в ИКИТ-БАН на „*Лаборатория за подбор, обучение и контрол на оператори на безпилотни летателни апарати*" е предвидено оборудването ѝ с тренажор за определен безпилотен апарат (платформа), позволяваш да се провежда подготовка, както на пилоти на БЛА (UAS Pilot), така и на оператори за полезния товар (UAS Sensor Operator), в това число при подготовка в конкретни територии и при различни варианти на взаимодействие на екипажа.

Целта на обучението е: Реализация на образователна програма за обучение на кандидати (професионални летци и аматьори), насочени за управление и сертифициране на безпилотни летателни апарати (БЛА), приложими за използване им за оперативно природо-ресурсен и екологичен мониторинг на околната среда, а също за професионална ориентация на юноши и младежи, проявяващи интерес към авиация, екология и други технически и естествени науки. В случая под апарат се разбира най-вече безпилотен летателен апарата (БЛА), но може и да се разшири до наземни и водни платформи, носещи аналитична апаратура.

Комплексът за обучение включва:

- Безпилотни летателни апарати (платформи) – 2-3 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 всяка платформа, товар или мисия.

При работа на тренажора операторите БЛА и при разработката на програмите за обучение е необходимо да се осигури подготовка на екипажите в обем и по направление, представени на фиг. 2



Фиг. 2. Предназначение на тренажора на БАК

Тренажорна подготовка. За лабораторията бе подбран тренажор тип ***C-Star*** на фирмата ***Simlat***, специализирана да осигурява най-съвременни системи за обучение и симулатори за наблюдение и разузнаване (ISR) за безпилотни летателни системи (БЛА) [9]. Тренажорът е с възможност за включване на различен полезен товар, платформа или мисия, в зависимост от изискванията, включително симулация и интеграция на наземните контролни станции.

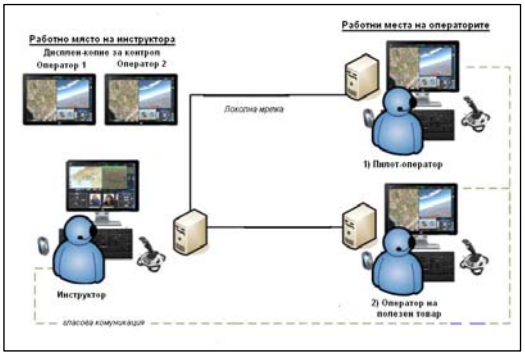
Симулационната система за обучение предлага оптимално решение за осигуряване в кратък период от време концентрирани сесии и повтарящи се задачи с различни платформи и сценарии. Предимствата на системата са:

- Няма нужда от свободна писта или свободно въздушно пространство;
- Не е необходимо подходящо време за полет;
- Няма нужда от оперативно оборудване (платформа, полезен товар, гориво и т.н.);
- Възможност да те съветва и обучава Инструктор с по-висока квалификация.

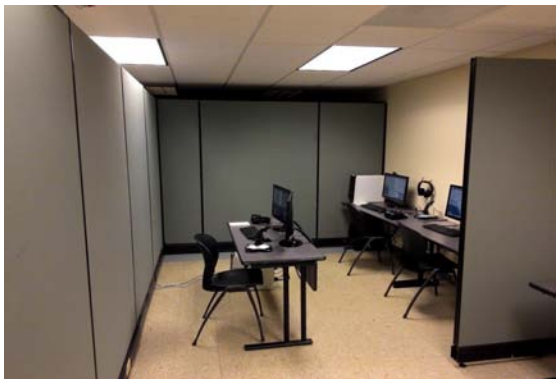
Дава възможности за проиграване и проучване на опасни ситуации**:**

- Възможност да се симулират неидеални условия или заблуждение, като при това се придобиват определени основни умения;
- Възможност да обучение при извънредни ситуации по реалистичен начин;
- Възможност да се придобие опит при враждебни сценарии, които в реалността не могат да бъдат организирани (превозни средства, хора, зони с ограничен достъп).

Конфигурацията на тренажор е показана на фиг. 3 , а общия вид на фиг. 4:



Фиг. 3. Структурна схема на тренажор с две места за обучение



Фиг. 4. Общ изглед на тренажора

Технологията на обучение дава да се усвоят основните задачи като: основните елементи на полет; контрол на мисията и интерпретация, радио комуникация; работа в екип и пр. преди да преминат към следващата стъпка – управление на реален безпилотен самолет.

В нашия случай платформата е известна и постоянна, но се ще има и възможност в центъра да се обучават стажанти за различни платформи и концепция за обучение (независимо от платформа, например нов вид товар или експлоатация на системата).

Със системата ***Simlat*** могат да се *извършват различни изследвания*. Тези симулатори са добър и продуктивен инструмент за провеждане на експерименти, такива като инженеринг (напр. измерване на производителността на системата), човешки фактори (напр. проучване на производителността на оператора), безопасност на полета и др.

Поддържани задачи на обучението. Тренажорът ***C-Star*** поддържа следните основни процедури:

- Подготовка за излитане;
- Рулиране/позициониране на място на старта;
- Излитане;
- Летене/ тръгване;
- Обхождане на площта/областта на мисията;
- Работа в екип и радио комуникация;
- Мисия ISR (Surveillance and Reconnaissance (ISR): модел на полета – ръчен и автономен; EO/IR режими/работа с полезния товар; EO/IR за наблюдение и интерпретация;
- Транзит на площ Летище/аеродрум;
- Връщане/Пристигане;
- Кацане;
- Рулиране/Място за паркиране.

Поддържани приложения:

- Начално обучение
- Тренировъчно обучение
- Тренировки за Мисии
- Научни изследвания.

Симулации на:

- Платформата - БЛА
- Полезения товар /механика, оптика/
- Времето и околна среда
- Симулация на сценарии на мисии

Подготовката на операторите се състои от:

- теоретични занятия;
- обучение по програми на тренажора- симулатор ***Simlat***;
- практически занятия с радиоуправляеми авиомодели;
- практически занятия с БЛА на полигон.

Система за подготовка на операторите обхваща всички страни на учебния процес и в частност: организация на обучението; разработка но учебни планова и материали за провеждане на занятия; проверка на знания; успеваемост.

Програмата за обучение е съставна част от *комплексната програма* за подготовка на операторите, 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. *Програмата за обучение* и подготовка на операторите принципно се разделя в 4 етапа [1]. Разработва се *Учебно-тематичен план***,** включващ освен теоретични и практически часове в рамките съответно на 50-90 часа.

Ролята на човека при осигуряване функционирането на системата за БЛА е основна, заключаваща се в организация на процеса на планиране, подготовка и използване на системата за управление и оценка на резултата и ефективността от действията БЛА. Освен това, интерфейсът "оператор на БЛА-ЕИМ" в архитектурата на системата за управление се счита за главен. Важно е всички елементи и разработени процедури да бъдат подготвени и проверени на практика, да са изучени, за да осигуряват непрекъснат контрол от страна на оператора [10].

4. Организация и сертифициране на БАК

В настояще време на въпроса за организация на полетите на БЛА в общото въздушно пространство се отделя все по-голямо внимание. В ИКАО, Евроконтрола, FAA, RTCA, EUROCAE се водят дискусии на базата на какви принципи и технически решения трябва да се организират такива полети, но съгласувано решение все още няма.

Съществуват различни концепции за интеграцията на БЛА в общото въздушно пространство (ОВД). Едната концепция предполага да се разпространят на БЛА всички съществуващи норми на ОВД. Втората концепция предлага да се организират полетите с БЛА в специално определени зони.

Европейския документ на European Aviation Safety Agency (EASA) се нарича „Принципи сертификация за летелна годност на безпилотни авиационни системи (БАС)" [11]. Изложени са политиките, които определят общите принципи за сертификация на типа безпилотни авиационни системи (включително охрана на околната среда). Това е първа крачка по пътя за разработка на всеобхватни норми за гражданските БАС. Тази политика представлява междинна фаза, а материалът е предназначен да съдейства за приемането на стандартизационни процедури и сертификация в Европа.

Политика на САЩ се свежда до това,че внедряването на БАС в националната система на въздушното пространство (NAS) не трябва да причинява вреда и да обременява съществуваща националната система на въздушното пространство (NAS) - RTCA, DO-304 [12,13]. Тяхната Федерална Авиационно Администрация (Federal Aviation Administration) има издадени стандарти на САЩ (DO-344, DO-320, DO-304, AWP-2, AWP-1). В САЩ има утвърдена директива, относно процеса на получаване на сертификат за летателна годност.

ИКАО е координатор при създаването на международна нормативна база, свързана с безпилотната авиация. Основният издаден документ е Cir328 AN/190 – Unmanned Aircraft Systems(UAS) [14]. В него, като използват Стандарти и Препоръки (SARPS), допълвани от правилата за аеронавигационно обслужване (PANS) и различни инструкции, се дава фундамента, осигуряващ изпълняването на регулярни полети на БАС по света, които да са безопасни и ефективни по аналогия със пилотируемите самолети.

Особено внимание в света се отделя на различните аспекти на ЧФ и ролята му за безопасността на полетите. При разработка на програмите за обучение на операторите на БЛА е целесъобразно да се отчитат изискванията на международните стандарти и програми за

подготовка на оператори на БЛА, като: стандарти на САЩ (ASTM F 2635-07, ASTM F 2636-08); стандарти на НАТО (STANAG 4670 2006); програмите за обучения (CJCSI 3255.01 2009) и др.



Фиг. 5. Международни стандарти за подготовка на оператори на БЛА

Литература:

1. Гецов, П., З. Хубенова, Г. Сотиров, Професионален подбор и тренажорна подготовка на оператори на безпилотни авиационни комплекси, Third International Scientific Ionference Science, Education, Innovation, 2014, Vol. 1, p. 50-63
2. Европейски икономически и социален комитет, CCMI/126 Дистанционно управляеми летателни системи: „Отваряне на европейския авиационен пазар за сигурно и устойчиво гражданско използване на дистанционно управляеми летателни системи“, TEN/553-EESC2014, H. Malosse.
3. Aviation Accident History**,** http://www.planecrashinfo.com/cause.htm
4. Статистика крупнейших авиакатастроф мира за 1974-2014, http://forinsurer.com/public/09/07/07/3824
5. Getzov, P., Z. Hubenova, D. Yordanov, W. Popov, Modeling of the Human – Operator in a Complex System Functioning Under Extreme Conditions, Journal AEROSPACE RESEARCH IN BULGARIA, 2014, Vol. 25, p. 206-227.
6. Army Unmanned Aircraft System, Operations, Headquarters, Department of the Army, Distribution Restriction-Approvedfor public release; distributionis unlimited, 2008
7. Dimitrov,, I., S. Tanev, P. Getsov, P.Trendafilov, H. Hristov, L. Aleksiev, S. Doshev. Scientific Research Complex for the Study of Human Operator in Extreme Conditions. RAST 2011 5-th International Conference – Resent Advances in Space Technologies, p.825, June 9-11, Istanbul
8. Алексиев, Л., Дошев С., Человеческий фактор в эксплоатации безпилотных летательных средств, Международный виртуальный журнал МАШИНЫ ,ТЕХНОЛОГИИ ,МАТЕРИАЛЫ, бр. 8-9 / 2008, стр. 64-67; http://mech-ing.com/journal/Archive/2008/tom4/18_121.alexiev-doshev.tm08.pdf
9. Full Crew Training Systems (C-STAR); http://www.simlat.com/#!full-crew-solution/cnu3
10. Ann Austin, Reg., Unmanned aircraft stems : UAVS design, development and deployment / British Library, UK, 2010
11. Policy Statement Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems (UAS), Doc E.Y013-01/25-08-2009; http://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/E.Y013-01_%20UAS_%20Policy.pdf
12. Integration of Civil Unmanned Aircraft Systems(UAS) in the National Airspace System (NAS) Roadmap, 2013; https://nppa.org/sites/default/files/UAS_Roadmap_2013.pdf
13. UAS Global Airspace Integration RTCA Special Committee 203 ICAO & LACAC UAS Seminar For Caribbean + South America Regions; http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/04_Walker-John_Padina-Group_USA_for-RTCA_Presentation.pdf
14. Unmanned Aircraft Systems (UAS), Cir328 AN/190 ICAO, www.icao.int

ФЕНОМЕНЪТ ИЗМЕНЕНО СЪСТОЯНИЕ НА СЪЗНАНИЕТО В РАБОТАТА НА ОПЕРАТОРИТЕ НА СЛОЖНИ ЕРГАТИЧНИ СИСТЕМИ

Геннадий Маклаков

Сибирски държавен университет по телекомуникации и информатика. Новосибирск, Русия
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Ключови думи: *ергатична система, моделиране, човек-оператор, изменено състояние на съзнанието, виртаулна реалност.*

Резюме: *В доклада е направен анализ на условията, необходими за ефективна работа на операторите в ергатични системи. Привежда се описание на разработения от автора ентропийно – информационен метод за измерване на нивото на изменено състояние на съзнанието. Описан е модел на човека-оператор, за да се изследва психическото му състояние с помощта на системи за виртуална реалност. Моделът позволява да се оцени влиянието на външните фактори върху човека, което определя поведението му и вземането на решения в екстремални ситуации.*

THE PHENOMENON OF ALTERED STATE OF CONSCIOUSNESS IN THE WORK OF A HUMAN OPERATOR OF ERGATIC COMPLEX SYSTEMS

Gennady Maklakov

Siberian State University of Telecommunications and Informatics. Novosibirsk, Russia
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Keywords: *Ergatic system, modeling, human-operator, altered state of consciousness, virtual reality.*

Abstract: *The report analyzes the conditions necessary for the effective operation of the operator's human-machine system. Bring description of the development of the author entropy - information available on its method for measuring the level of an altered state of consciousness. A model of a human operator to investigate the psychological state by using the virtual reality systems is described. The model allows assessing the impact of external factors on man, which determines its behavior and decision making in extreme situations.*

Въведение

В края на XX и началото на XXI век възниква нова ситуация в живота на човечеството и на отделния човек. Тя се изразява в нарастваща заплаха, предизвикана от резултатите на собствената му дейност. Защо?

- Усложнява се и се усъвършенства техниката, появяват се още неизучени (или малко изучени) технически проблеми и нарушения, които неизбежно създават предпоставки за увеличаване на риска от възникване на аварии.
- Възможностите на човека да предотвратява авариите все по-забележимо изостават от ускореното развитие на съвременната техника и нейните разширяващи се възможности.
- Резултат от изоставането е фактът, че все повече нещастни случаи и катастрофи се случват по вина на човека, а не на техниката. Особено значително е това явление във високотехнологичните производства (атомни електроцентрали, хидроелектроцентрали, химически производства, системи за управление на въздушния и наземния транспорт и т.н.), изискващи особено внимание от обслужващия персонал.

Статистиката недвусмислено показва, че в ергатичните системи (системите «човек - машина») най-уязвимо звено става човекът-оператор или, както е прието да се нарича – човешкият фактор. Че успешното функциониране на сложните ергатични системи зависи от ефективността и сигурността, с която работят операторите, е отдавна известно. Трябва обаче да подчертаем, че тази зависимост е толкова по-голяма, колкото по-сложен е видът операторска дейност. Поради това особено внимание заслужава управлението на динамични обекти, в частност пилотирането на самолети и космически апарати.

За усъвършенстване на професионалните си навици и умения операторите полагат много усилия, в това число минават и обучение на различни тренажори. Анализите на извънредни ситуации обаче показват, че в такива случаи неадекватно реагират дори професионалисти от висока класа. Защо се случва това?

Според мен една от значимите причини е, че съществуващите тренажори имат много съществена слабост: не осигуряват възможност да се тренира управление на съзнанието.

Феноменът изменено състояние на съзнанието

Изследвания, проведени в много авторитетни научни организации (Международна академия по проблемите на човека в авиацията и космонавтиката, Москва; Държавен научно-изследователски изпитателен институт по авиационно-космическа медицина, Москва; Институт за космически изследвания и технологии при Българската академия на науките, София и др.) дават основание да се твърди с голяма степен на вероятност, че у авиационните специалисти, попаднали в екстремални ситуации, възниква изменено състояние на съзнанието (ИСС).

Според класическото определение на А. Лудвиг ИСС са «всякакви психически състояния, индуцирани от физиологически, психологически или фармакологични събития и агенти от различно естество, които се разпознават от субекта или от външни наблюдатели и представляват съществени отклонения в субективните преживявания или в психическото функциониране от определени генерализирани за дадения субект норми в състояние на активно бодърстване» (Ludwig, 1966).

На науката е известно, че човек в изменено състояние на съзнанието може съществено да повиши своите способности и да приеме възможно най-правилно решение в аварийна ситуация - при това за невероятно кратко време.

Например академик В. Понамарьов, бивш ръководител на научно-изследователски изпитателен институт по авиационно-космическа медицина (Русия), посочва много случаи, когато в аварийни ситуации при изпитания на нови самолети летците приемат вярно решение за една - две секунди. В същото време при нормални условия на конструкторите, които великолепно познават самолета, за намиране на правилно решение са им необходими десетки минути, а понякога и час.

Има още много такива примери за положително въздействие на ИСС върху начина, по който човек реагира в специални ситуации. Възможно е обаче в състояние на ИСС процесът на вземане на решения да бъде блокиран напълно и това да се окаже фатално. Без съмнение, налице е необходимост да се повиши нивото на безопасност на полетите. Това може да стане като се използват методи за обективен контрол върху състоянието на съзнанието и прогнозиране на поведението на човека в екстремални ситуации.

Проблеми при изследването на ИСС

Преди да говорим за ИСС, трябва да определим какво всъщност е съзнание. Обаче ясни дефиниции за него няма. То е едно от основните понятия във философията, а също така и в социологията и психологията. Във всяка от тези науки, в различно време и от различни автори са дадени десетки и дори стотици различни определения. Тъй като думата се използва в широк спектър от направления, терминът «съзнание» е труден за определяне. Понякога го трактуват като мисли, друг път – като възприятия или въображение и пр. Такова изобилие свидетелства за едно нещо: съзнанието представлява по същество нещо изключително, проявяващо се в дейността на мозъка, но в наше време все още не съществува единно разбиране за неговото смислово значение.

Като работно определение тук можем да приемем дефиницията, въведена от японския изследовател Мичио Каку (Michio Kaku). Най-общо той дефинира: "Съзнанието е процес на създаване на модел на света с помощта на множество обратни връзки в различни параметри като температура, пространство, време и отношение към другите за постигнето на определена цел като намиране на брачен партньор, храна или подслон". Човешкото съзнание Мичио Каку определя като „специфична форма на съзнание, която създава модел на света и след това го симулира във времето, като преценява миналото, за да прогнозира бъдещето.Това изисква

преглед и преценяване на множество обратни връзки за вземане на решение за постигане на една или друга цел." (Michio Kaku, 2014).

Ситуацията става още по-сложна, когато възниква необходимостта съзнанието да бъде описано с помощта на математически изрази, да се построи модел на съзнанието и на неговите състояния. Как да стане това?

Анализът на работите на съвременни учени като Пенроуз Р., Тарт Т., Каку М., Менский М., Доронин С., Налимов В. и други, посветени на изследване на съзнанието, показва като най-ефективен подход използването на квантовата физика за описване на този феномен.

Квантовата концепция за съзнанието позволява да се обяснят две основни негови свойства**:** първото е – свръхинтуиция (неосъзнато възприемане), второто – управление на субективната реалност. Доста странни свойства, като се има предвид, че свръхинтуицията например, е получаване на информация „от никъде", тоест, достъп до такава информация за нашия свят, която в обичайно състояние не можем да получим.

Но да се върнем към изследването на ИСС. То е изключително сложна задача и проблемите, които възникват, са разнообразни. Например:

- Отсъства достатъчно пълно теоретично описание на състоянието на съзнанието (както вече посочих).
- Прилагането на квантовата физика, което е безспорно сред най-перспективните методи при изследване на съзнанието, поставя още една съществена задача: как да минимизираме влиянието на изследователя (наблюдателя) върху обекта на изследване (съзнанието).

Пътищата за решаване на тези проблеми според мен могат да бъдат:

- да разглеждаме човека като биосистема – «черна кутия»
- моделирането да се извършва на базата на системите за виртуална реалност.

Ще се спра само на един от проблемите, възникващи при изследване на квантови обекти, а именно: минимизиране на влиянието на изследователя върху съзнанието. За тази цел можем да използваме модели, базирани на системите за виртуална реалност.

Системи за виртуална реалност

Терминът «виртуална реалност» е въведен в началото на 70-те години на миналия век от Джарон Ланир (Jaron Lanier).

Общоприетото определение за система за виртуална реалност (СВР) е: високо развита форма на компютърно моделиране, реализираща илюзията за непосредствено влизане и присъствие на ползвателя в реално време в изкуствен свят и позволяваща той да действа в нея непосредствено с помощта на специални сензорни устройства, които свързват движенията му с аудиовизуални ефекти. При това зрителните, слуховите, осезателните и моторните усещания на ползвателя се заменят с техни имитации, генерирани от компютъра. Ще поясня със свои думи: СВР - това е компютърна система, която имитира реалния свят в съзнанието на човека.

Подчертавам, че системата за виртуална реалност е форма на компютърно моделиране. Тя реализира илюзията за непосредствено присъствие на ползвателя в реално време в изкуствен (виртуален) свят . Тази система позволява да се действа в нея непосредствено с помощта на специални сензорни устройства, които свързват движенията на човека с аудиовизуални ефекти.

С други думи, системата за виртуална реалност създава усещане, че се намираме в реална триизмерна среда и че можем успешно физически да взаимодействаме с нея.

СВР се развиват интензивно в различни направления. Това са:

- Развлечения (3D видеофилми, 3D атракциони, 3D игри, 3D фото и т.н.).
- Образователни системи (системи за виртуално повествувание, системи за ускорено обучение и др.).
- Авиация и космонавтика (тренажорни комплекси, изследване на сложни системи при тяхното производство).
- Медицина (създаване на практически навици у лекарите при провеждане на операции и оказване на неотложна лекарска помощ).
- Психология (изследвания на психофизиологическите характеристики на човека и особеностите на човешките възприятия, разпределение на вниманието в сложна среда, тренинг по психология на общуването и т.н.).

- Научни приложения (индуцирана реалност, показване на научни данни, например, в нанотехнологиите, в микросвета, във физическите процеси и т.н.).
- Бизнес приложения (VIP-демонстрации, изложбени технологии, показване на многостепенна управленска информация и др.).

Искам да подчертая: широкото използване на СВР е обусловено от това, че те, като високо развита форма на компютърно моделиране, осигуряват достоверни резултати. А за да осъществим процеса на моделиране, е необходимо първо да решим задачата за измерване на нивото на ИСС. Смятам, че за тази цел е подходящ така наречения СИРЕГ-метод.

Основни принципи на СИРЕГ-метода

Теоретичната основа на метода беше разгледана и обсъдена в мой доклад на международния конгрес на Дружеството на психолозите в България през 2011 година.

Основните принципи, на които се изгражда методът за регистрация, са два:

- работата на функционалните системи на организма се осъществява не само на вещественo и енергийно равнище, но и на информационно;
- биохимичният състав на кръвта достатъчно пълно отразява функционирането на психосоматичните структури на човека. Реологичните характеристики на кръвта отразяват състоянието на съзнанието.

При разработването на метода изходжаме от следното положение: приемането и обработването на информация у човека се осъществява с помощта на универсалния код на р-пропорциите (р-кодове на Фибоначи), в чиято основа лежат параметрите на златното сечение.

По този начин равнището на хармоничност във функционирането на биосистемите е целесъобразно да се оценява с помощта на параметрите на златното сечение. И така, постулира се следният израз: «в общия случай максималното **(Hmax)** и текущото **(Ht)** значение на ентропията на биосистемата трябва да се отнасят едно към друго чрез инвариантите на златното сечение». Ако представим значението на параметрите на златното сечение във вид на действителните корени **X1, X2, ..., Xp+1** (**p>0**) на уравнението: **Xp+1 + Xp = 1** , то съотношението между максималното и текущото значение на ентропията ще се изрази във вида:

$$Ht=\Re(X1, X2, ..., Xn)\ Hmax ,$$

където $\Re$ - оператор на множество решения на изходното уравнение.

В най-простия случай (p=1) могат да се използват следните значения на параметрите на златното сечение: 0,618 и 0,382.

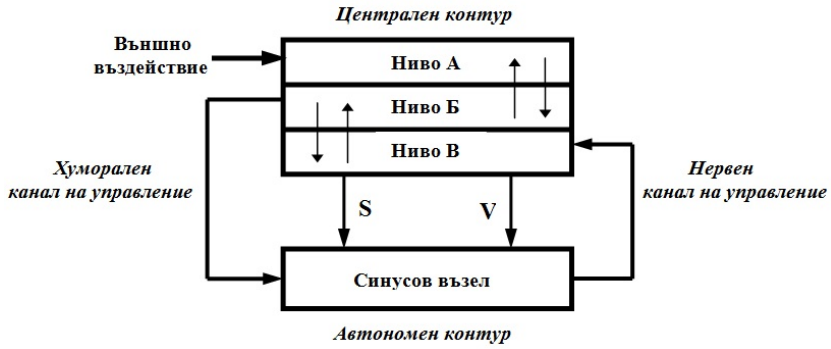
Нивото на ИСС оценяваме като степен на отклонение на реално функциониращата биосистема от нейното хармонично състояние.

Принципи за построяване на модел на човека-оператор на сложни ергатични системи

Ще изтъкнем 3 основни принципи за изграждането на модел на човека-оператор на сложни ергатични системи:

- При разработването на психофизиологически модел на човека-оператор изхождаме от общосистемния принцип, че всички ултрасложни системи (живи, социални, икономически и т.н.) са хомеостатични. (Определяме хомеостазата като относително динамично постоянство на състава и свойствата на вътрешната среда и устойчивост на основните психофизиологични функции на организма).
- Всякакви физиологични, физически, химически или емоционални въздействия, било то температура на въздуха, промяна в атмосферното налягане, вълнение, радост, мъка, могат да станат повод за излизането на организма от състояние на динамично равновесие.
- В организма се осъществява поддържане на равновесие (хомеостаза) както между различните функционални системи, така и вътре в тях. Този процес е свързан с осигуряването на постоянна синхронизация на колебанията в отделните звена на системата на управление и изисква загуби на енергия и информация.

Психофизиологическият модел на човека-оператор е показан на фиг.1 и представлява двуконтурна система на управление на хомеостазата.



Фиг. 1. Двуконтурна система на управление на хомеостазата
(S - симпатична нервна система; V - вагусов нерв)

Централният контур се явява управляващ и може условно да бъде представен като състоящ се от три нива (виж. фиг.1):

- **ниво А** съответства на процесите на управление, осигуряващи преустройването на функционалната дейност на организма, свързано с изменените условия във външната среда;
- **ниво Б** съответства на процесите на управление, осигуряващи хомеостатичното регулиране на взаимодействията на различни физиологични системи в организма;
- **ниво В** съответства на процесите на управление, осигуряващи уравновесяване на различните параметри вътре в отделните системи.

Този модел позволява да се оцени влиянието на външните фактори върху психиката на човека, която определя поведението му и вземането на решения.

Структурната схема за провеждане на експеримент за изследване на ИСС е представена на фиг.2. В центъра е обектът на изследване (летец, космонавт, оператор на



Фиг. 2. Структурна схема за провеждане на
експеримент за изследване на ИСС

сложни системи и други). На главата му е поставен шлем с минидисплей и с акустична система. Има и датчици, позволяващи да контролираме психофизиологическото състояние на човека. Специални сензорни ръкавици възпроизвеждат тактилните усещания. Долу вляво е показан летец-инструктор. Той задава равнището на ИСС и възпроизвежда съответни екстремални ситуации в процеса на полета. Долу вдясно са участващите в експеримента психолог и лекар-специалист по авиационна медицина. Задачата им е да контролират психофизиологическите параметри и, ако се налага – степента на натоварване на човека в ИСС. При необходимост се внасят корекции.

Показаната схема мина апробация в Кировоградската летателна академия, Украйна.

Заключение

В заключение можем да отбележим областите, в които е целесъобразно да се използва моделиране на ИСС. Това са:

- прогнозиране на поведението на човека в сложни ергатични системи (авиационен и космически персонал, оператори на атомни и електрически централи, опасни химически производства и др.);
- повишавене на ефективността на подготовката на авиационни специалисти по проблемите на човешкия фактор;
- обучение на операторите на сложни ергатични системи да управляват своето психическо състояние в екстремални ситуации;
- разработване на методи за профилактика и възстановяване на работоспособността на персонала в сложни производства;
- контрол върху психическото състояние на човека при професионално обучение в системите за виртаулна реалност;
- провеждане на научни изследвания в областта на психологията и психиатрията за изучаване на психическите състояния на човека.

Основавайки се на проведените изследвания, можем да формулираме следните изводи:

- Биохимичният състав на кръвта достатъчно пълно отразява функционирането на психосоматичните структури на човека. Реологичните характеристики на кръвта дават представа за състоянието на съзнанието.
- За предотвратяване на произшествия и повишаване нивото на безопасност в сложните ергатични системи са необходими методи за изучаване на изменените състояния на съзнанието.
- Особено важни са тези методи за предотвратяване на аерокосмически произшествия и повишаване на нивото на безопасност на полетите.
- Моделирането чрез използване на виртуална реалност е един от най-ефективните методи за това.
- Предложената система за моделиране може да бъде приложена за прогнозиране, оценка и контрол на функционалното състояние на операторите на сложни ергатични системи с цел предотвратяване на аварийни ситуации.
- Методът за моделиране е подходящ също при разработването на оптимален план за лечебно-профилактични дейности, насочен към стабилизиране на емоционалното състояние на хора, преживели екстремални ситуации.

Литература:

1. Береговой, Г. Т., Завалова И. Д., Ломов Б. Ф., Пономаренко В. А. Экспериментально-психологические исследования в авиации и космонавтике. М., 1978
2. Каку, М. Бъдещето на ума. Бард. София. 2014
3. Маклаков, Г. Методи за регистриране изменените състоянието на съзнанието: проблеми и перспективи. // Българско списание по психология. Официално издание на дружестов на психолозите в България. Сборник научни доклади 3-4/2011. VI Национален Конгресс по психология. София, 18-20 ноември 2011. Изд. ДПБ. София. 2011.- С. 198-205.
4. Маклаков, Г. Психофизиологино 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.- P. 153-162.
5. Носов, Н. А. Виртуальная психология. – Москва, Издательство «Аграф», 2000.– 432 с.

МЕТРОЛОГИЯ НА ЗРЕНИЕТО ЗА ЛЕТЦИ

Васил Кавърджиков[1], Десислава Пашкулева[1], Иван Николов[2]

[1]Институт по механика – Българска академия на науките
[2]Физически факултет – Софийски университет „Св. Кл. Охридски"
e-mail: kavarj@imbm.bas.bg; dessip@imbm.bas.bg; ivandn2@phys.uni-sofia.bg

Ключови думи: *метрологични характеристики на очите, фотометрия*

Резюме: *Всички пилоти преминават задължителен контрол на очите от офталмолози преди старта на полетите. Окото преобразува светлинната енергия в зрителни усещания, представляващи сложен физико-биологичен процес. Хората получават 86-90% от информацията за биосферата и Космоса с помощта на цветното и обемно зрение. Метрологичните характеристики на очите при критични светлинни условия и физични натоварвания за летците и пилотите на скоростни машини се измерват чрез комплексни офталмологични методи и уреди.*

В работата са представени формули, числени данни и таблици за метрологичните характеристики на очите и зрението. Също така са представени офталмологичните методи за контрол на зрението. Докладът е илюстриран с фигури на оптико-електро-механични дисплеи, използвани от летците.

VISION METROLOGY FOR PILOTS

Vasil Kavardzhikov[1], Dessislava Pashkouleva[1], Ivan Nikolov[2]

[1]Bulgarian Academy of Sciences, Institute of Mechanics
[2]Sofia University, Faculty of Physics, Dept. of Optics and Spectroscopy
e-mail: kavarj@imbm.bas.bg; dessip@imbm.bas.bg; ivandn2@phys.uni-sofia.bg

Keywords: *metrological characteristics of eyes, photometry*

Abstract: *All pilots should be subjected to mandatory eye checks by an ophthalmologist before flying. The eye converts light into visual sensations in a complex physical and biological process. People get 86-90% of the information from the biosphere and outer space using their perception of colour and volume. The metrological characteristics of eyes in critical lighting conditions and physical loads for pilots and pilots of speed machines are measured by complex ophthalmologic methods and devices.*

The work presents formulas, numerical data and tables with metrological characteristics of eyes and vision. Ophthalmologic methods for vision control are also presented. The report is illustrated with figures on opto-electro-mechanical displays used by pilots.

Въведение

Зрението е изключително важна сетивна способност на човека. Човешкият зрителен апарат се състои от две очи, свързани чрез оптичните нервни пътища едновременно с двете полукълба на малкия мозък [1]. Зрението е мозъка изнесен отпред, с помощта на който хората получават 86-90% от цялата информация за биосферата и космическото пространство.

Зрението остарява и бързо се износва, особено при постоянната работа с компютри и дисплейни системи. След 50 години много хора развиват опасните болести като глаукома или макулна дегенерация, но нямат болестни оплаквания и незабелязано губят зрението си. Влошаването на зрението води до намаляване на работоспособността. Задачата на всеки и особено на очните лекари и оптици е окото да се запази здраво и способно да функционира. Чрез носенето на очила по лекарско предписание и при страдащите от зрителни недостатъци може да се постигне добро зрение. Обикновено свързваме очите си с очилата, които носим, но не поддържаме ежедневна хигиена, профилактика и защита на зрението си. Наложителни са

ежегодни прегледи при лекари офталмолози, тъй като от глаукомата се губи периферното зрение, а макулната дегенерация ликвидира централната зрителна острота на пациентите.

За летците качественото зрение има решаваща роля, тъй като те получават 10^{12} бита данни във вид на цветни обемни картини. Строг контрол и измерване на зрението се изисква за всички летци. Нито един пилот с хронични заболявания или намалено зрение не може да премине тестовете, на които се подлага летателния състав. За летците характеристиките на зрението трябва да бъдат значително по-високи в сравнение с измерените данни за хората от другите професии.

Целта на работата е да се систематизира информацията за метрологичните характеристики на очите и зрението и за офталмо-метричните методи за техния контрол. Тази информация е предпоставка за повишаване на качеството на работата на летците и превенция за възможните зрителни увреждания.

Основни метрологични характеристики на очите

Човешкото око може да различи отделните детайли на предметите на основата на видими разлики в яркостта или цвета на тези структури. Едни от най-важните характеристики на окото са: разделителна способност, зрителна адаптация на светло и на тъмно, прагова яркост, контрастна чувствителност, стереоскопична острота. Техните дефиниции са дадени в [1, 2].

От гледна точка на метрологията за летците много важна характеристика на окото е неговата разделителна способност (РС). За светло адаптирано око с диаметър на входната зеница D_o = 2 mm дифракционната *ъглова РС* се изчислява по физичния критерия на Рейли от [3]:

$$\psi_0 = \frac{120''}{D_0}, \quad (1)$$

като дифракционната РС е равна на $\psi_0 = 60''$. *Физиологичната РС* е

$$\psi_0 = \frac{\Delta y'}{f_0'}, \quad (2)$$

където $\Delta y'$ = 0,005 mm е минималното разстояние между разделените образи на две светещи точки (по Рейли) върху фоторецепторите на централната ямка, f_0' – задното фокусно разстояние на окото, при което физиологичната РС е равна на една ъглова минута – $\psi_0 = 1'$.

Физиологически човешкото око може да раздели образите на две светли точки, ако между тях има едно нераздразнено конусче [3]. *Линейната РС* в равнината на измервания обект се определя от

$$\Delta y = L_0 \psi_0, \quad (3)$$

като разстоянието на най-ясно виждане е стандартизирано за L_o = 250 mm, при което Δy = 0,1 mm за виждане наблизо. При работа с линейни скали и микрометрични уреди нониусната чувствителност на окото е в пределите на 0,05 – 0,1 mm. За виждане на далече *стереоскопичната (паралаксна) РС* на окото се изчислява от израза

$$\varphi_0 = \frac{b\Delta R}{R^2}, \quad (4)$$

където b е базовото разстояние между очите, R – дистанцията до отдалечения обект, ΔR – стереоскопичният паралакс. За радиуса на стереоскопичното виждане Rs = 1320 m паралаксната чувствителност на окото е φo = 10” като паралаксната острота достига 5 – 10” при работа със стерео-далекомер (4).

За летците друга важна характеристика на окото е *скоростта на зрителното възприемане.* Времето **з**а възникване на зрително усещане t_v зависи от *яркостта* на светлинния източник и от дължината на вълната λ, като то се определя от 0,1 s до 0,025 s. Това време зависи и от *контраста* на обекта и фона. *Скоростта на зрителното възприемане* се

определя чрез времето като $S_v = 1/t_v$. Зрителното усещане не възниква веднага при попадане на светлина върху ретината и не изчезва веднага при прекратяване на светлинното дразнение, т.е. *окото има инерция*. За различаване на конфигурацията на наблюдаваните обекти е нужно време t_v, в течение на което се извършват фотохимичните реакции в ретината, нервите и малкия мозък на главата. Бързината на зрителните реакции се ограничава от скоростта за получаване на последователните образи. *Устойчивостта на ясно виждане* се характеризира с отношението на времето за ясно виждане към времето на неясно виждане при продължително наблюдение на дребни обекти (напр. отчетни скали и монитори). При *яркост* на фона около 50 lx се получава оптимална стойност на устойчивото виждане за около 3 min: Това е важно за точните визуални измервания, ограничавани от честотно-контрастната характеристика на окото.

Основните метрологични характеристики на зрението са систематизирани в Таблица 1. Особеностите на визуалните наблюдения от космическите кораби и аерокосмическите методи са разгледани в [4] и [5]. Задължителните изисквания към летците са: а) да бъдат със зрителна острота 1,2 – 1,3 (25% над приетата норма) без корекции за всяко око и без смущения в цветното и обемно зрение; да притежават скорост на зрителни реакции около 0,025 s (4 пъти по-високо от стандартизираните показатели за водачите на автомашини).

Таблица 1. Основни метрологични характеристики на окото и зрението

Измервани зрителни характеристики	**Стойност (от)**	**Стойност (до)**
Фокусно разстояние (ФР) на окото (без акомодация)	f = -17,055 mm (предно ФР)	f_0' = 22,785 mm (задно ФР)
Диаметър на зеницата	D_0 = 2,0 mm (за дневно зрение)	D_0 = 8,0 mm (за сумрачно зрение)
Относителен отвор	D_0 / f_0' = 1:20	D_0 / f_0' = 1:2,8
Разделителна способност (РС)		при:
- дифракционна РС	60”	D_0 = 2 mm
- физиологична РС	1’	f_0' = 22,8 mm
- линейна РС	0,1 mm	l_0 = 250 mm
- стереоскопична РС	10”	R_S = 1320 m
Оптична сила (в диоптри, dpt)	58,64 dpt (без акомодация)	70,57 dpt (при максимална акомодация)
Радиуси на очната леща	R_1 = 10 mm (в покой)	R_2 = -6 mm (без акомодация)
Кривина на роговицата	R_1 = 7,7 mm (за въздуха)	R_2 = 6,8 mm (в сълза)
Показатели на пречупване	n_c = 1,376 (за роговицата)	n_0 = 1,386 (за лещата)
Разстояние между зениците на очите	b_e = 58 – 72 mm	b = 65 mm (средно статистическо разстояние)
Спектрална чувствителност	λ_{max} = 555 nm (за дневно зрение)	λ'_{max} = 505 nm (при сумрачно зрение)
Видим диапазон	λ_1= 380 nm	λ_2 = 780 nm
Динамичен диапазон	$1 – 10^5$ cd/m² (за светло адаптирано око)	$1 – 10^{-7}$ cd/m² (за тъмно адаптирано око)
Скорост на зрителното възприемане	$Sv = 1 / t_v$; критична честота 16 – 25 Hz	t_v = 0,1 – 0,05 s (време за устойчиво виждане)
Информационен обем на цветното зрение	10^{12} bts (при работа с две очи)	86 – 90 % (от цялата информация)
Контрастна (прагова) чувствителност	K_t = 0,002	2 – 5 % (праг на контраста)
Зрително поле (моно и бинокулярно)	$2\omega_h$ = 160º (хоризонтално), $2\omega_s$ = 180 – 200º (с две очи)	$2\omega_v$ = 130º (вертикално)
Дефекти на зрението - късогледство - далекогледо	 –0,25 dpt +0,50 dpt	 –20 dpt +10 dpt

Офталмо-метрични методи за метрология на очите

Биомедицинската метрология на зрението се разделя на няколко направления, които са систематизирани в Таблица 2.

Метрологичните характеристики на очите за летци, при различни светлинни условия и физични натоварвания, се определят чрез адаптометрия, честотно-контрастна офталмометрия, фузометрия, талболтометрия и други медицински техники. Особено важна е фузиметрията, която определя сливателната способност на мозъка при работа с две очи (когато летецът е надолу с главата или е под голямо натоварване не трябва да се появява раздвояване на

образите на командното табло). *РС*, която както беше споменато по-горе е важна за метрологията на летците, се измерва с методите на визометрията: за всяко око поотделно, при гледане надалеко и наблизо. Допълнително се измерва оптичната предавателна функция или честотно-контрастната характеристика в бяла светлина и монохромно с филтри (зелен, червен и син). За двете очи едновременно се измерва *обемната РС* с методите на стереоскопията, след което стереометрично се изследва цветното зрение и с помощта на оптотипи се проверява разпознаването на основните цветове от летците. При работа с оптични уреди се измерва *дифракционната РС* съвместно с окото, монокулярно и бинокулярно. *Линейната РС* се изследва чрез четене на дребен текст, при работа с монитор или измерване на обекти със сложна микроструктура, при което се използват очила и измервателни устройства (микрометри, нониуси и др.).

Таблица 2. Офталмо-метрични методи за метрология на очите

Вид измерване	Измерване	Стандартни единици	Точност
Офталмометрия	Пълен преглед на очите	D	± 0,1 D
Визометрия	Зрителната острота	дневно виждане	0,1 – 1,2
Гониометрия	Централното и периферно зрително поле	0 – 360°	± 0,5^{o}
Рефрактометрия	Оптичната сила	20 – 100 D	± 0,1 D
Кератометрия	Параметрите на роговицата	0,5 – 50 D	± 0,1 D
Стереометрия	Стереоскопична разделителна способност, обемно цветно зрение	50” – 5”	± 1”
Фузометрия	Устойчивост на зрението	0,1 – 5 min	± 0,05 min
Тонометрия	Вътрешно очно налягане	10 – 50 torr	± 0,5 torr
Адаптометрия	Адаптация на очите	1 – 30 min	± 1 min
Талбометрия	Скорост на зрителното възприятие	10 – 100 Hz	± 1 Hz
Диоптометрия	Оптичната сила на офталмологичните лещи	-50 D – +50 D	± 0,1 D

Очите на летците са "обучени" и измерванията на зрението се изпълняват в "динамични условия" на различни тренажори. В България летец с очила не се допуска, т.к. той е непригоден. Обучението на летците е едно от най-скъпите образования за държавата и тя не може да си позволи заради физиологични промени във възрастта да се лишава от подготвените кадри с опит. Например в Япония, монтират коригираща оптика в шлемовите-дисплеи на летците. На фиг.1. и фиг.2 са показани шлемови-дисплеи, които представляват прецизни оптико-електро-механични (ОЕМ) системи за разширяване на зрителните възможности на пилотите.



Фиг. 1. ОЕМ система повишаваща точността на измерванията и насочването на летеца-бомбардировач



Фиг. 2. Прецизна ОЕМ система разширяваща зрителните възможности при измерване и прицелване на летеца-изтребител

Видеотерминалите и дисплеите се използват като масови средства за приемане и предаване на информация при летците. При работа с такива средства най-натоварена е зрителната система. Пилотите са подложени на по-високо напрежение за постигане на ясни образи поради влошения яркостен контраст в зрителното поле и появяването на нестабилност на очната акомодация. Зрението представлява адаптивна и динамична система, която постоянно сканира широки зрителни полета с променливо осветление. Работоспособността на летците зависи и от ефективната защита на очите от вредни светлинни. Освен острите и хронични слънчеви увреждания на ретината, в медицинската практика се регистрира голям брой увреждания на зрението от индустриални и транспортни светлинни източници. Заслепяването не винаги се предизвиква от силна светлина. И при слабо осветление могат да

се появят отблясъци вследствие на отражението от плоски повърхнини. Отразяването на светлината от снежни площи и от водни повърхности може да заслепи очите на летците до непоносимост. Шлемовите-дисплеи на летците трябва да филтрират лъчеви въздействия: синята светлина с УВ–А и УВ–В, заслепяващите слънчеви лъчи, ярките лазерни снопове, силните ИЧ лъчения и др. Някои приложения на оптичните полимери в бинокулярни дисплеи, предназначени за летци и космонавти, са дадени в [6].

Заключение

Всички пилоти преминават задължителен контрол на очите от офталмолози преди старта на полетите. Окото преобразува светлинната енергия в зрителни усещания, представляващи сложен физико-биологичен процес. Хората получават 86-90% от информацията за биосферата и Космоса с помощта на цветното и обемно зрение. Метрологичните характеристики на очите при критични светлинни условия и физични натоварвания за летците и пилотите на скоростни машини се измерват чрез комплексни офталмологични методи и уреди.

Литература:

1. M a r r, D. Vision. W. H. Freeman&Co. 1982
2. P a s h k o u l e v a, D., V. K a v a r d z h i k o v, I. N i k o l o v. Metrological characteristics of the eyes by light measurements. Proc. of the Science and Education 2014, Kardzhali, Bulgaria, pp. 146-150, 2014.
3. S m i t h, W. Modern Optical Engineering. McGraw-Hill. 2000
4. M a r d i r o s s i a n, G. Natural ecocatastrophes and aerospace techniques and instrumentations for their study. Prof. Marin Drinov Acad. Publ. House. 2000 (in Bulgarian)
5. M a r d i r o s s i a n, G. Aerospace methods in ecology and environment studying. Prof. Marin Drinov Acad. Publ. House. 2003 (in Bulgarian)
6. N i k o l o v, I.D., N. S u l t a n o v a, S. K a s a r o v a. Some aerospace applications of optical polymers. Aerospace Research in Bulgaria, 26, 2014

THE METHOD OF TRADITIONAL WAY OF CLEANING THE BODY AND SPIRIT

Adrijana Todeska

QI HOLISTIC CENTER, Skopje Macedonia
e-mail: info@qi.mk;

Key words: *Traditional medicine, cupping therapy, purifying blood, old method of cleaning the blood*

Abstract: *The way of taking care of health in old cultures in the world, is new for all of us, but there are some old medicine reports which are transmitted from one generation to another and now available to us as a way of purify the body and blood.*
There are a lots of ways of purifying the blood, many of them are with eating specific foods , or not to eat food, or drinking some herbs, some teas, some mixtures for cleaning the body, Paradoxically , animal blood can be used as a cleansing agent in some ritual purification processes , and when this purification has been completed , but not before , the people are free to eat of the new corps….etc etc…They use to clean the body of animals and they eat the animal clean… and by that way they cleaned themselves ….

All that cleaning of blood means that the old cultures knows a lot about the way how to clean themselves and the food they eat, by cleaning the animals blood.

But the most used method is this way of purifying the blood and body and which is directly to blood, is with clean cupping therapy method.

Always the humanity has been in touch with lots of diseases and consequences from different reasons, from there is the neediness of different ways of treating the diseases and sickness. For therapeutic methods they used a lot for us now unknown or known for us methods. From the most known methods which they used than and we use now are phytotherapy, massage, purifying blood, purifying blood in the home animals, spiritual methods etc…which are used today as traditional way of treating diseases, also acupuncture, scraping therapy, cupping therapy etc…etc…

Introduction

From the beginning of humanity the people has different health problems from different reasons, they realize that main part of being health is to have a clean blood ,so they used a lots of ways to clean the blood by purifying the blood from specific places on the body. And after that procedure they believe that they are healthier than before.

That conditions which make diseases are endogenous and exogenous reasons.

In exogenous reasons can be unhealthy food ,geo-pathogenic or cosmic radiations, as well as technical sources of radiations which the known geo-pathologist Dr. Stoian Velkovski sad that 95% of cancer diseases are from geo and cosmic radiations.

In endogenous reasons are generic factors, chromosomes, DNK and RNK.

The knowledge about the role of purifying blood and being with better healthier after that method is becoming in use on peoples after the use on animals, as well as sheep's ,cows. The humans start to treat the high blood pressure by this method, diseases of lung and heat ,digestive organs etc…they used to clean the blood by different ways of purifying blood from different parts or points on the human body. So today we investigated that there are a lots of ways how to do that but we choose the method of purifying blood with cups or with cupping method, like in fig. 1.



Fig. 1. The method of purifying blood cleaning

The cupping method is not used just for this method, this method is used for different diseases and conditions and when the muscle is with beep injuries we often use cupping method without bleeding to relief the pain in muscles. There will also be edema in the area involving the coagulation of sticky proteins. The combining presence of these elements usually results in stagnation of circulation to the area - resulting in pain in the area and discomfort, dysfunction, and chronic conditions.

The vacuum formed by Cupping draws up the old non-circulating stagnant blood and sticky fluids from the area, bringing them up to the surface and away from the injury so that healthy free circulation can be restored to the affected area, thus creating space for oxygen, living cells and nutrients for faster recovery.

Where there is dead, static blood, lymph, cellular debris, pathogenic factors, and toxins present in the body, Cupping can leave marks which indicates that the stagnation or disease has been moved from the deeper tissue layers to the surface.

In many countries - this is a non-issue; they've experienced themselves the amazing detoxifying effects suction therapy can provide. But in some industrialized countries, where Allopathic Medicine still over-shadows more holistic, natural approaches, these surface discolorations are misinterpreted as damage rather the result of debilitating agents being drawn to the surface. Westerners also live in an image conscience society that also has a heightened sensitivity to domestic abuse... so, without sufficient understanding, some people are unnerved upon seeing this important after effect of the treatment. Once people underside what these marks are, and feel the results - the concerns disappear.

The color and pattern of the marks depend on the level of stagnation in the area, and range from a bright red to dark purple, usually lasting 3 days to a week - sometimes longer if the person is very sick or sedentary. If there is no stagnation present, there will be only a pink marking which disappears in a few minutes to a couple of hours.

People who live/work/play in toxic environments (or were exposed to a heavy dose of toxic material) may consistently mark. Sites where there is old trauma or injury may require multiple Cupping treatments to remove all stagnation (Fig.2 cupping therapy without purifying blood).



Fig. 2 .Cupping therapy without purifying

Materials for the method

In this researching for this work we research methods and techniques for treating different disease and conditions. For this research we need this materials:
1.seven star needle like in fig 3.



Fig. 3. Seven star needle.
2.cupping set Fig 4.



Fig 4. Cupping set.
3. Fire for making vacuum in cups, cotton ,alcohol.

The method of purifying blood with cupping method

One of the oldest medical treatments, which involves suctions that draw out stagnant or congested blood from a wound deliberately cut in the body, The practice in some cultures has persisted to the present day with many in the region still using it to treat ailments from traditionally; the main instrument used to create a vacuum was a hollowed-out bull's horn. The specialist would locate meridians on the patient's body - such as the back of the neck to treat headaches, or the inside shoulder for chest pains - and then place the bell of the horn on the site. With a sharp knife, the healer would slice very fine, superficial cuts into the targeted area and then re-cover the marked skin with the horn, while sucking the horn's mouthpiece to extract dead blood cells from the wound. A clot of dark blood would begin accumulating in the cup. Modern medicine has all but eliminated the old ways headaches and eye problems to gout and heart disease. "We know that when we do cupping therapy, making these suctions on the skin and clearing out the stagnated blood, it can decrease problems like chest diseases and blood pressure because we remove the bad blood," explained Dr Mohamed Tamimi, a physiotherapist who treats patients using hijama at the Al Rahma Medical Center. In the same way that a tree log can impede a river's flow, the idea is that "bad" or dark clotted blood is to blame for circulation problems. "When there is an area of water that becomes stagnant, when there is not running water, what happens?" Dr Tamimi said. "This water, after time, will bring diseases and flies, so it's the same with blood. We can say a section is more liable to be diseased and infected." "Kidney problems, heart problems, stroke, gout - these can be treated with this procedure," he said, adding that he would prescribe the treatment for anyone feeling fatigued, restless, stressed or

sluggish. "It is in my view that it feels like 20 or 30 times more effective than a massage," said DR tamimi . The procedure has changed over the centuries, with modern medicine and concerns about hygiene and infection. he also sad

But in this method we do as old cultures we use clean and non infected materials.

As D-r Stojan Velkoski from the institute Gape in Skopje says that, the water have the memory of bad energy and as we know that the main ingredient in blood is water we can be sure that when we change the water or when we remove the water from the body we can clean the body from the energy who make the disease, and when we make the purifying method on specific places on the body that water will be the first one who will go out of the body. And after that the body will be cleaned from the bad memory.

Researching tell us that this method who is known from old way of treating disease in Chinese traditional medicine(TCM),is one of the most used ways of purifying blood in the world now. They used to clean the Qi and blood in the body by using cupping method of treating diseases. The theory of cleaning the blood and the body ,or the time when this method is made is when the weather is “good”(means quiet, clean), which means not too hot and not too cold , or in autumn and spring when the weather is nice and calm and when the energy is clean and strong. Then there are places in the body where some meridians are associated with others and make a energetic connection and balanced the energy knowing like Qi and blood. The most used meridian for this way of purifying blood is UB meridian this meridian is from the head and goes through paravertebral bout sides on back ,then on the back side of legs and ends on the fit. From the points of back this meridian has connection with other organs in the body and other meridians. This are the points where we make the cleaning.

- BL 13 – LUNG by putting the cup on this area we clean the cold in blood and qi stagnation in lung meridian. We improve the immune system and better breathing.
- BL 14- PERICARDIUM- by putting the cup on this area we clean the heat in this meridian and we improve the better working of heart muscle.
- BL15-HEART-by putting the cup on this area we clean the dampness and heat in heart meridian and heart like organ ,and we tonify the organ
- BL-20-SPLEEN by putting the cup on this area we clean the spleen meridian and the blood formation in the body cell of all body
- BL-19 GALL BLADDER by putting the cup on this area we clean the toxins and bad energy in gall bladder as organ and we tonify the digestive system
- BL-23 KIDNEY by putting the cup on this area we clean the kidneys from toxins and heating in them.
- BL-27 SMALL INTESTINE by putting the cup on this area we clean the stagnation of Qi energy in the digestive system, and make better energy from food which will be in small intestine after the treatment
- BL-28 BLADDER by putting the cup on this area we clean the stagnation of bladder energy and blood.
- BL-21- STOMACH by putting the cup on this area we clean the stomach heating and we clean the organ as well, cleaning the emotions and inner energy.
- BL 25- LARGE INTESTINE by putting the cup on this area we clean the stagnation of blood and qi in the organ and make the better movement of toxins from into the out of the body
- BL 18-LIVER by putting the cup on this area we clean the liver stagnation as in portal blood circulation as well as like organ, and we improve the clean blood and stronger Qi.

How we do the method:

- After finding the area of acupoints on the back, we preparing the person for the cleaning method. He or she lay on stomach and we start to make an explanation about the method, the way of and how we will clean his or she’s blood

-Than we clean the back with the cotton and alcohol, specially the places where we have to put the glasses.

- Than we take the sterile seven star needles, and we start to puncture on the accupoint area, we choose 6 to 12 places from where we clean the body.
- Than we put the hot cup (we take the cup and with fire we remove the oxygen from the cup and by quick movement we put on the place). We do not move the cup we put it on the place and we wait for the process to be come real.

-Than we do the same thing on all area of acupints on back and we wait for 5 do 10 min, while we wait we can see that the glasses are full of blood which is darker and sticky and smells unusual. That blood-filled: is full of old and stagnated energy. Like in fig. 5.



Fig. 5. Purifying method
At the end we take the clean cotton with alcohol and we remove cup by cup, and we put the cotton for 2-3 minutes on the area

The close connection of this places on the body make the way of cleaning the blood in the body, cleaning the energy in the body, and bad memories of the blood.

After the treatment we suggest to person to eat just rise for three days and to drink a lots of water 5-6 l each day.

Results

The main result is that we have cleaned the body and blood by removing dirty blood and energy from the body. After removing the glasses from the body, we can see the sticky, blood full of toxins and the color is not red as we know is darker and smells unusual (Fig. 6).



Fig. 6. After cupping method

Cupping has few major side effects aside from the pain of skin cuts. One potentially serious risk is infection if we don't use alcohol and sterile needles, Other possible minor side effects that may occur is feeling of slight light headedness post therapy, this is similar to the sensation one feels after having blood taken when donating blood. Cupping encourages blood flow to the cupped region (hyperemia), one may therefore feel warmer and hotter as a result of vasodilatation taking place and slight sweating may occur. Pregnant women or menstruating women, cancer (metastatic) patients and patients with bone fractures or muscle spasms are also believed to be contra-indicated. Some practitioners suggest that a low risk blood clotting is possible and therefore walking and staying awake after a procedure is advisable.

The positive effects of this method are that we can see changes in the blood structure in the blood picture. After this method we can see from one sample blood test that MCHC and MCV are in better condition than before the blood cleaning method.

This method is known as body cleaning method and can be use twice per year.

Blood cleaning is because remove Qi stagnation in the body and mind. And it can be used for treating different diseases as well as high blood pressure, digestive problems, eye problems, problems with blood circulation, bone problems, menstrual problems, infections, colds, and many other conditions.

Purpose

The purpose is to insights the effectiveness of the TCM method in treating diseases, and improving the better health, which is mentioned in the results of this method.

Conclusion

The conclusion is that the main result is that we have cleaned the body and blood by removing dirty blood and energy from the body. After removing the glasses from the body, we can see the sticky, blood full of toxins and the color is not red as we know is darker and smells unusual.

References:

1. Z a k L a M a j a, Medicina stanovanja, Akvarijus, Beograd, 1989;
2. P r e d r a g K a l i c a n i n, D u s i c a L e c i c – T o s e v s k i, I r i d a P e t k o v i c, Tradicionalna I naucna medicina, Matra, Beograd, 1993;
3. M i l a n R y z l, Parapsihologija, Prosvjeta, Zagreb, 1983;
4. M i o m i r M. K o m a t i n a, Medicinska geologija, Tellur, Beograd, 2001;
5. I l k a y Z i h n i C h i r a l i, Traditional Chinese Medicine Cupping Therapy;
6. Dr. N a s s e r S a l e h, Lexicographer, Cupping Manual=Hijama;
7. Nasser, Cupping-Operator Saleh - 2005 - Preview
8. My wreathing books from traditional Chinese medicine education in tayjuan sanxiprovince-central china in 2005.-AUTHORS are professors of the university.

ДЛИТЕЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ПУЛЬСА: ДЛИННОПЕРИОДНЫЕ КОМПОНЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ОТНОШЕНИЙ ПОКАЗАНИЙ МОНИТОРИНГА

Олеся Исайкина[1], Юрий Кукса[2], Игорь Шибаев[3]

[1]ГНЦПМ (Государственный научный центр профилактической медицины), Москва, Россия
[2]ЦГЭМИ ИФЗ РАН, Троицк, Россия
[3]ИЗМИРАН, Троицк, Россия
e-mail: ishib@izmiran.ru

Ключевые слова: *Систолическое и диастолическое артериальные давления (САД,, ДАД), частота сердечных сокращений (ЧСС), корреляция, частотный спектр*

MONITORING OF ARTERIAL PRESSURE AND PULSE: LONG-PERIOD COMPONENTS OF THE CORRELATION RELATIONS OF INDICATIONS OF MONITORING

Olesia Isajkina[1], Yuriy Kuksa[2] , Igor Shibaev[3]

[1]SRCPM (the State research centre of preventive medicine), Moscow, Russia
[2]GEMRC IPE RAS, Troitsk, Russia
[3]IZMIRAN, Troitsk, Russia
e-mail: ishib@izmiran.ru

Keywords: *Systolic arterial pressure (SAP), diastolic arterial pressure (DAP), pulse, correlation, frequency spectrum*

Abstract: *Work bases on given long monitoring Systolic arterial pressure (SAP), Diastolic arterial pressure (DAP) and frequency of intimate reductions (HPM). Measurements was carried out since March, 25, 1997 on present time twice per day: in the morning, after dream, and in the evening. In the previous publications [1,2] the general estimation of these indications more than for 13 years is given and comparison of indications of monitoring to the data of atmospheric pressure and magnetic variations for 2000 (the Centre of forecasts of space weather, IZMIRAN) is carried out . For comparison and the analysis numbers reflecting in time dynamics of factors of correlation which are received at simultaneous scanning researched medical characteristics are used. The given work analyzes time dynamics) longperiod a component of these numbers on all interval of supervision. Comparison to results of works [1,2] will be carried out , communication with Wolf's numbers is discussed.*

Введение

Работа опирается на длительные наблюдения, мониторинг, следующих показаний -- систолического артериального давления (САД), диастолического артериального давления (ДАД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС). Измерения проводятся с 25 марта 1997 г. по настоящее время дважды в сутки : утром, после сна, и вечером. В предыдущей публикации [1] дана общая оценка этих показаний более чем за 13 лет. Напомним, что дневник самоконтроля пациента (мужчина, 1940 г. рождения) с гипертонической болезнью II стадии 2-й ступени ведется на фоне приёма гипотензивных препаратов. Гипотензивный препарат принимается один раз в сутки утром после снятия показаний. Такой самоконтроль позволяет врачу точнее оценивать истинный уровень артериального давления и подбирать антигипертензивный препарат при длительном лечении, обеспечивая нормальную жизнедеятельность пациентов.

Сопоставление показаний мониторинга с атмосферным давлением и магнитными вариациями за 2000 год представлено в работе [2]. Привлекаются данные Центра прогнозов космической погоды ИЗМИРАН. Для сравнения и анализа использовались ряды, отражающие во времени

динамику коэффициентов корреляции, которые получены при одновременном сканировании исследуемых медицинских характеристик. Хотя отсутствие четкой функциональной связи между артериальным давлением и пульсом соответствует общему представлению, но такой подход позволил выделить ряд ситуаций, когда корреляцию ЧСС с АД можно сопоставить с внешними условиями. Также отмечено, что утреннее состояние организма более чувствительно к фоновому воздействию.

В настоящей работе развивается этот подход и анализируются длиннопериодные компоненты характеристик, связанных с данными мониторинга, на всем интервале наблюдений (более 17 лет). Информативна динамика пульсового давления для утреннего и вечернего состояний, видны возрастные изменения показаний и их относительная устойчивость.

Также привлекаются корреляционные отношения между утренними и вечерними данными. Проводится сопоставление с результатами работ [1,2], обсуждается связь с числами Вольфа.

Возрастная динамика пульсового давления и его устойчивость

Динамику состояния организма, при самоконтроле артериального давления, в нашем случае демонстрирует Рис. 1. На рисунке приведены среднемесячные значения пульсового артериального давления нормированного на соответствующую полусумму верхнего и нижнего давлений (**2x{[САД]--[ДАД]} / {[САД]+[ДАД]}**) для утренних и вечерних показаний.

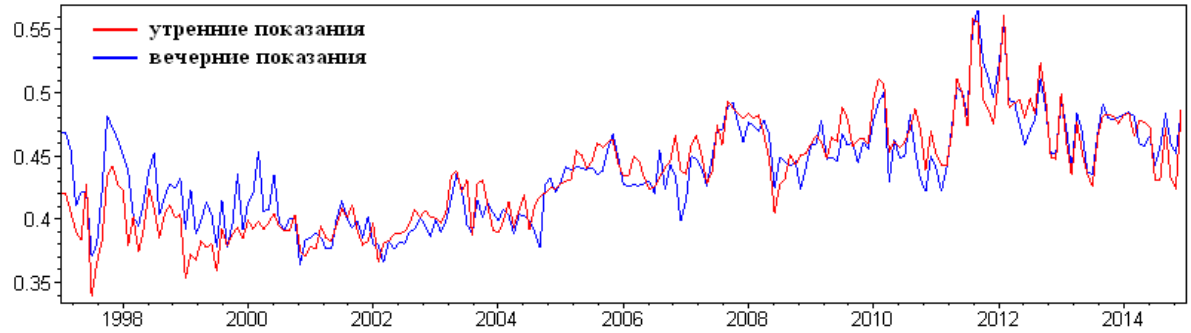


Рис. 1. Среднемесячные значения нормированного пульсового давления, OX -- календарная дата

Видно, что утренние показания (красная кривая) с 1999 года достаточно упорядоченны. Вечерние данные близки к утренним показаниям и имеют устойчивый тренд со второй половины 2000 года. С этого момента, т.е. с 60 летнего возраста пациента, можно говорить о сбалансированном состоянии его организма. Приведем оценочную таблицу изменения с возрастом средних величин кровяного давления [3].

Возраст (в годах)	Артериальное давление (в мм рт.ст.)	
	систолическое	диастолическое
16—20	100—120	70—80
20—40	120—130	70—80
40—60	До 140	До 90
Старше 60	150	90

Тогда возрасту 40—60 лет соответствует показание 0.43 нормированного пульсового давления, а старше 60 лет соответствует 0.5. В нашем случае четко прослеживается возрастная динамика давления, а «асимптотика», равная 0.5, достигается только к 72 годам пациента, что подтверждает эффективность самоконтроля.

Длиннопериодные характеристики утренних и вечерних корреляционных рядов

Вычисляя коэффициент линейной корреляции соответствующих фрагментов длины dT для рядов A и B и сканируя этот интервал dT по всей временной оси мы получим временную зависимость коэффициента корреляции — Corr(A&B/dT; t). Отобразив, таким образом, всё разнообразие состояний на диапазон значений [-1 ; +1] можем оценивать состояние организма по степени гладкости и синхронности изменения коэффициентов корреляции.

Далее анализируются корреляционные ряды полученные при интервале сканирования 5 дней :

К1(t) = Corr(ЧСС&САД/ 5дн.; t) – динамика коэффициента корреляции между ЧСС и САД ;

К2(t) = Corr(ЧСС&ДАД/ 5дн.; t) – корреляции между ЧСС и ДАД ; К3(t) – между САД и ДАД.

Динамика полугодовых (усредненных за полгода) значений коэффициентов корреляции на всем

интервале наблюдений представлена на Рис. 2. Четко выделяется период порядка 3 лет на вечерних корреляционных связях пульса с артериальным давлением. Это согласуется с результатом работы [1], где явно выраженная семидневная компонента в вечерних показаниях ЧСС также модулируется периодом ~ 3 года (в спектрах утренних данных САД, ДАД и ЧСС недельная компонента фактически отсутствует).

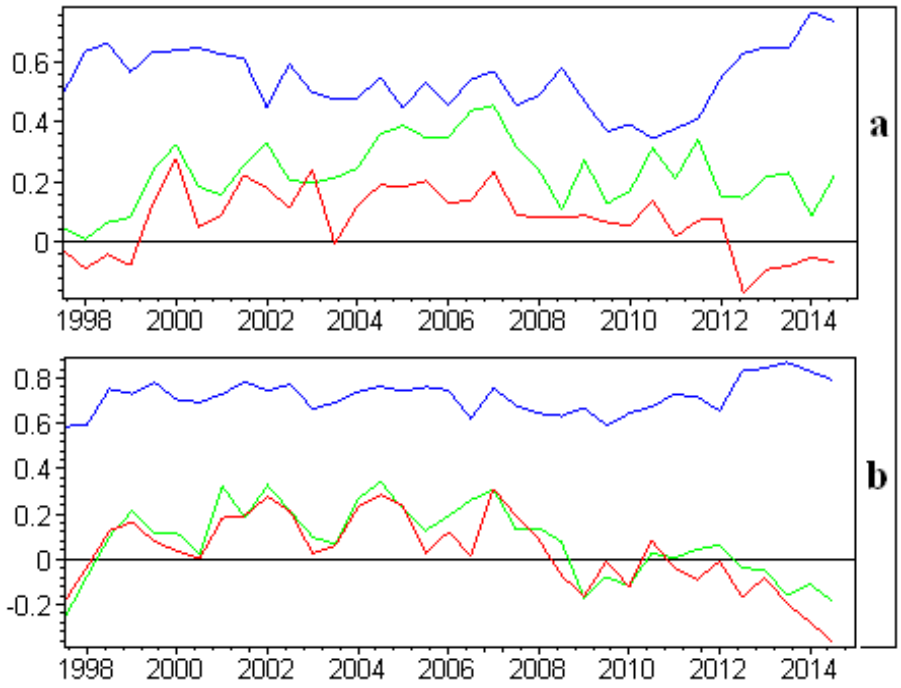


Рис. 2. Полугодовые значения коэффициентов корреляции : a) утро , b) вечер.
----- K1(t) ; ----- K2(t) ; ----- K3(t). Ось OX -- календарная дата

Корреляционные отношения утро–вечер

Для анализа связи утреннего и вечернего состояний пациенга используется этот же подход, но сканируются утренний и вечерний ряды одного и того же функционального показания мониторинга **:**

Кчсс(t)– динамика коэффициента корреляции между утренними и вечерними показаниями ЧСС;
Ксад(t)– динамика коэффициента корреляции между утренними и вечерними показаниями САД;
Кдад(t) – корреляции утро-вечер показаний ДАД. Динамика полугодовых значений коэффициентов корреляции утро--вечер представлена на верхней части Рис. 3.

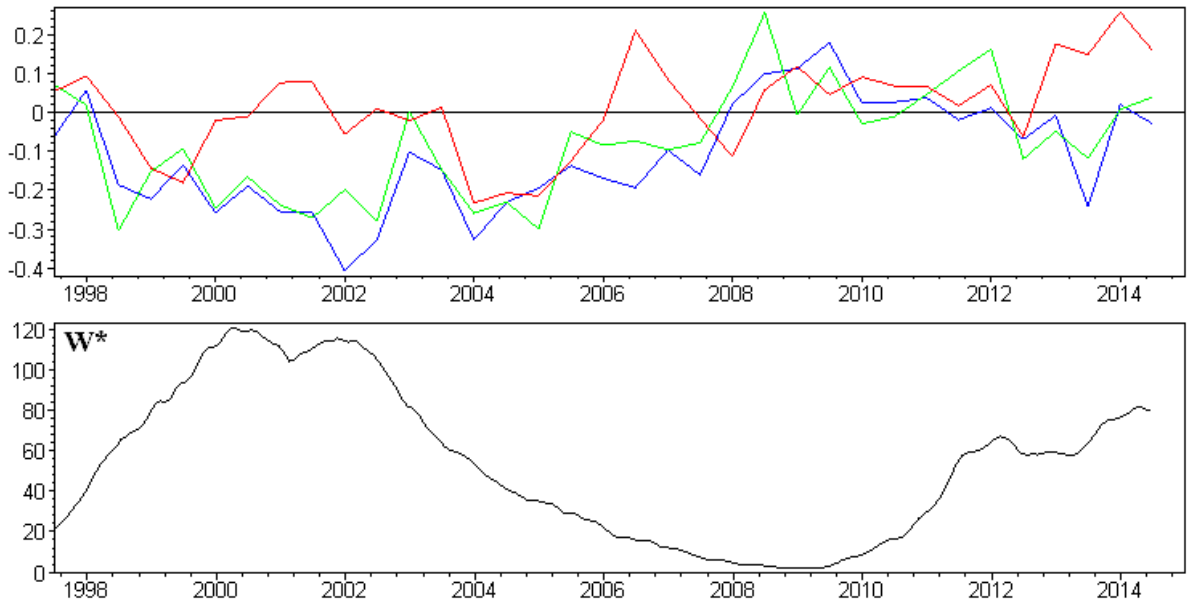


Рис. 3. Сопоставление временной динамика коэффициентов корреляции утро-вечер данных мониторинга (верхний рисунок) с ежемесячными числами Вольфа (нижний рисунок).
----- Кчсс(t) ; ----- Ксад(t) ; ----- Кдад(t) . Ось OX -- календарная дата

Рассмотрим взаимосвязь утренних и вечерних показаний ЧСС (красная кривая на Рис. 3). Отрицательная корреляция до 2001 года согласуется с периодом «неустойчивого состояния» по показаниям среднемесячных значений нормированного пульсового давления (Рис 1). Далее, в работе [1] отмечалось, что наименьшие утренние значения пульса в 2004 и 2005 годах связаны с приемом препарата беталок, который имеет свойство накапливаться в организме и понижать пульс. Это может объяснить «провал» Кчсс(t) в этот период на Рис. 3. С учетом этих замечаний, можно говорить о «независимости» утренних и вечерних показаний ЧСС вплоть до 2013 года.

Проведем сопоставление корреляционных связей утро-вечер для САД и ДАД (зеленый и синий цвета на Рис. 3) с числами Вольфа W* (нижняя часть Рис. 3.). Кривые Ксад и Кдад достаточно близки, но выделяется скачок их показаний в 2003 году, хотя гладкость кривой Кчсс(t) при этом не нарушается. Это, скорее всего, отражает индивидуальное поведение пациента, а не реакцию на внешнее воздействие. Привлечем, для уточнения, среднемесячные данные показаний мониторинга за 2002–2005 годы Их динамика представлена на Рис. 4. и подтверждает вышесказанное. Сопоставляя уточненные кривые Ксад и Кдад с W* видим, что они меняются в противофазе с числами Вольфа.

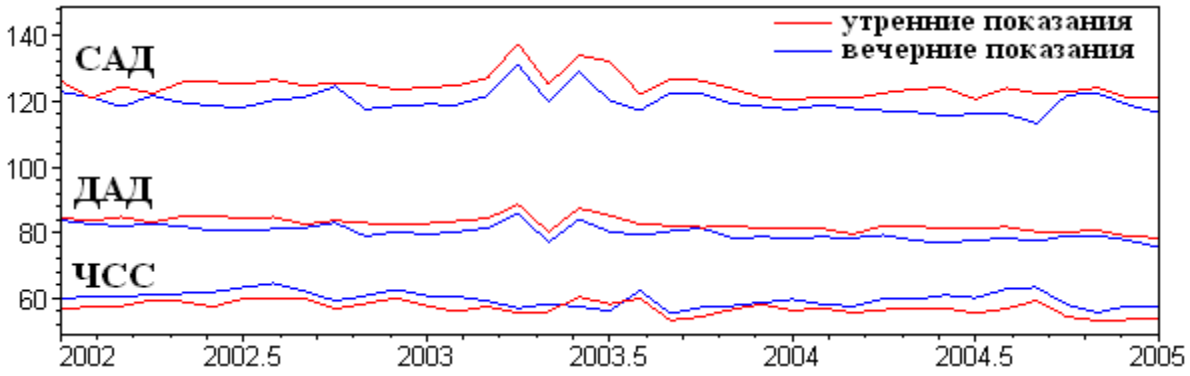


Рис. 4. Обзор среднемесячных данных показаний мониторинга. Ось OX -- календарная дата

Заключение

В данной работе, развивающей подход предложенный в публикации [2], показана эффективность анализа таких функций, как корреляционные отношения и нормированная разность, т.е. функций от двух регистрируемых параметров состояния. Далее, простым усреднением, выделяются длиннопериодные компоненты исследуемых связей на всей временной оси. Это позволило получить следующие результаты **:**

- в вечерних показаниях выделена модуляция с периодом около трех лет **;**
- продемонстрирована возрастная динамика данных мониторинга **;**
- корреляционные связи утро-вечер для САД и ДАД меняются в противофазе с числами Вольфа**.**

В публикации [4] анализируются **длительные** наблюдения ряда физиологических параметров (включая пульс с артериальным давлением) восьми испытуемых и подчеркнута важность проведения подобных исследований, несмотря на единичные случаи. Мы разделяем эту точку зрения и вносим свой посильный вклад.

Литература:

1. I s a i k i n a, O., Yu. K u k s a, I. S h i b a e v. Analyses of Characteristics of Long-Term Monitoring of Arterial Pressure and Pulse. Journal of Environmental Science and Engineering, V. 1, № 9 (B), p.1064 -- 1073, 2012.
2. И с а й к и н а, О., Ю. К у к с а, И. Ш и б а е в. Оценка устойчивости артериального давления и пульса при изменениях геомагнитной активности и атмосферного давления. Proceedings of Ninth Scientific Conference with International Participation SES 2013, Sofia, Bulgaria, *20* – 22 November 2013, p. 36 – 42, 2014.
3. Кровяное давление. Большая Советская Энциклопедия, Москва, «Советская энциклопедия», с. 471—472, 1973.
4. Х а л б е р г, Ф., Ж. К о р н е л и с с е н, К. О т с у к а, И. В а т а н а б е, Л. Б и т и, Л. Г у м а р о в а, М. Р е в и л л а, О. Ш в а р ц к о п ф ф, Я. С и г е л о в а, Р.Б. С и н г х. Мониторинг хрононоосферы для познания человеком себя и окружающей среды. Геофиз. процессы и биосфера. Т. 12, № 4, с. 5 – 35, 2013.

ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОКОНУСНОСТИ ЛОПАСТЕЙ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА

Михаил Владов[1], Георги Сотиров[2], Дмитрий Добров[1], Ангелина Чожгова[3]

[1]Молдова, Кишинев, «Comelpro» SRL,
e-mail: office@comelpro.com
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: gsotirov@space.bas.bg
[3]Технический Университет- София, филиал Пловдив
e-mail:ani_angeliq@abv.bg

Ключовые слова: *лопасти несущего винта, вертолет*

Резюме: *В статье представлен обзор методов определения соконусности лопастей несущего винта вертолета. Представлены возможности авиастроительныых фирм из США, Руссии, Франции а также и предимства и недостатков методов и средств определения несоконусности лопастей несущего винта вертолетов.*

REVIEW OF METHODS FOR HELICOPTER ROTOR BLADES TRACKING

Mihail Vladov[1], Georgi Sotirov[2], Dmitrii Dobrov[1], Angelina Chozhgova[3]

[1]Moldova, Chisinau
e-mail: office@comelpro.com
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gsotirov@space.bas.bg
[3]Technical University- Sofia, Plovdiv Branch
e-mail:ani_angeliq@abv.bg

Key words: *rotor blades, helicopter.*

Abstract: *The article provides an overview of methods for rotor blades tracking. There are shown possibilities of companies from the USA, Russia, France as well as advantages and disadvantages of the methods and means of rotor blades tracking.*

1. Актуальность проблемы

Одним из важнейших вопросов, с которым сталкивается техническое обслуживание вертолетов, является вопрос о трекинге и балансировке винтов. Существующие балансировочные системы используют различные методики, но каждая из них решает одну задачу – уменьшение разрушительных вибраций, генерируемых несущим и рулевым винтом.

В среднем в 70% случаев при балансировке винтов требуется от 2 до 5 испытательных полетов, чтобы добиться снижения уровня вибраций ниже допустимых пределов. Для решения оставшихся 30% случаев нынешние системы не запрограммированы, поэтому иногда может потребоваться более 10 испытательных полетов, замена динамических компонентов, догадок и других дорогостоящих действий для того, чтобы изменить динамический профиль вибрации вертолета.

Из литературы [1.2,3,] известны несколько методов определения несоконусности лопастей несущего винта (НВ) вертолета. Так для определения несоконусности лопастей несущего винта вертолетов типа Ми-8/17/24 согласно [1] используют контактный, так называемый метод «отбития конуса» НВ. На рис.1 представлена фотография, на которой показано приспособление для «отбития конуса» - в торец трубы вставляется скрученный в

трубку ватман, т.н. "факел" (как раз для того, чтобы не бить торец лопасти), по которому, и смотрят отметки от лопастей.



Рис. 1. Фото «отбития конуса» НВ

В [4] также представлены простейшие методы механического отслеживания кистью или флагом.

Второй, бесконтактный метод в котором используют оптические системы измерения несоконусности лопастей НВ. Основными преимуществами оптических систем измерения несоконусности лопастей НВ вертолета является большая точность измерений и регулировки, безопасная эксплуатация и оперативность проведения работ. Однако этот принцип требует установки на одной из лопастей НВ специальной светоотражающей ленты для определения этой лопасти как точки отсчета «первой» лопасти, относительно которой и производится регулировка конуса лопастей НВ. На рис.2 показана приклейка светоотражательной ленты на лопасть вертолета МИ-17.



Рис. 2. Установка светоотражающей ленты на лопасть НВ

В [4] описан так называемый метод зеркала, когда зеркало устанавливается снизу на концах лопасти. Лампой значительной мощности подсвечивается концы лопастей и их можно увидеть. Другой вариант используется стробоскопический эффект. Лампа-вспышка оператором в кабине направляется на нижнюю сторону лопастей, которые, идентифицируют материалы разных цветов закрепленных на лопастях. Лампа мигает с частотой, равной числу лопастей на оборот ротора. Вследствие стробоскопического эффекта, относительное положение лопастей можно увидеть легче, чем в методе зеркала. Там же изложен простой метод оптического отслеживания на основе диффузного отражения лазерного света. На рис. 3 представлена блок схема и внешний вид практической реализации аппаратуры для проверки несоконусности НВ.

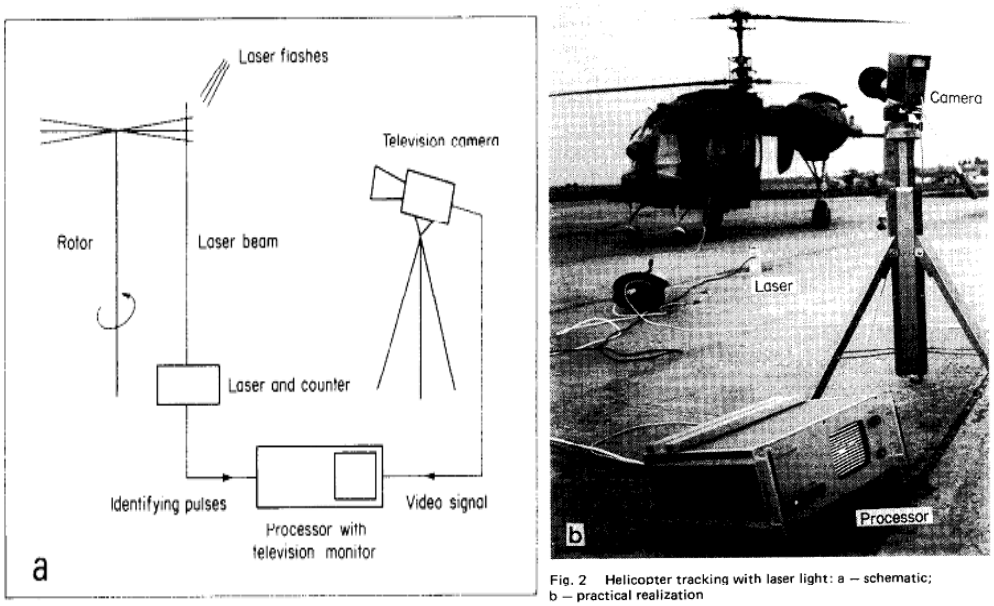


Рис. 3. Блок схема и фото практической реализации аппаратуры для проверки несоконусности НВ

Ниже приведены примеры аппаратуры определения соконусности и балансировки лопастей несущего винта вертолетов с использованием оптических головок - видеокамер, которые связаны с узлами обработки видеосигнала, блоком выделения координат законцовок лопастей, блоком усреднения координат законцовок лопастей, формирователем изображения лопастей и блоком распознавания первой лопасти и блоком вывода информации и имеющим некоторые отличия в методиках определения соконусности и балансировки лопастей:

1. Аппаратура определения соконусности вращения лопастей несущего винта вертолетов «СПАРК-КОНУС» [5], Научно-Производственного Объединения «СПАРК», Россия, рис.4.



Рис. 4. Аппаратура «СПАРК-КОНУС»

Аппаратура предназначена для определения соконусности вращения лопастей несущего винта вертолетов различных типов. Аппаратура используется взамен устаревших приспособлений при опробовании вертолета:

- на земле;
- на режиме висения;
- на различных полетных режимах.

Основные технические характеристики

Наименование показателя	Значение
Максимальная погрешность измерения несоконусности, мм	не более ± 1,0
Электропитание, В	27±20%
Масса, кг	не более 8,5
Габаритные размеры камерной головки, мм	340x125x125
Длина кабеля питания, м	5
Длина кабеля между камерной головкой и блоком обработки, м	7
Ток потребления, А	не более 0,25
Источник и напряжение питания, В	бортовая сеть, 24В
Рабочий диапазон температуры окружающей среды, °С	-25...+55

2. Аппаратура регулировки несущего винта «Оптикон-Вибро» [6], Новосибирского авиаремонтного завода, Россия, смотри рис.5.



Рис. 5.

а) Внешний вид аппаратуры б) Установленная аппаратура на вертолете МИ-8

Аппаратура «Оптикон-Вибро» позволяет производить замеры не только на земле, но и в полете.

Аппаратура состоит из следующих узлов:

- видеоголовки обеспечивающей преобразование оптического изображения лопастей НВ в видеосигнал и его цифровую обработку;
- синхронизатора обеспечивающего определение фазы вращения НВ;
- видеоконтрольного устройства обеспечивающего отображение, обработку и хранение результатов измерений;
- устройство наведения, осуществляющее настройку оптической оси видеоголовки в рабочую зону.

Для выполнения измерений устройство наведения в сборе с видеоголовкой и синхронизатором устанавливается в проеме блистера грузовой кабины с помощью легкосъемного крепления. Для обеспечения работы синхронизатора на комлевую часть «первой» лопасти наклеивается светоотражающая пленка.

Основные технические характеристики

Наименование показателя	Значение
Максимальная погрешность измерения несоконусности, мм	не более ± 1,0
Поле измерения видеоголовки относительно оптической оси, мм	800
Электропитание, В	27±30%
Масса, кг	не более 6,5
Габаритные размеры, с креплением мм	434x434x344
Потребляемая мощность, вт	не более 3,7
Рабочий диапазон температуры окружающей среды, °С	-35...+60

3. Аппаратура Zing™ Test FasTrak™ Optical Tracker, Honeywell, автоматического оптического слежения лопастей и днем и ночью без участия оператора [7] установлена на корпусе вертолета, смотри рис.6.



Рис. 6. Пример установки аппаратуры Zing™ Test FasTrak™Optical Tracker

Основные технические характеристики:

Наименование показателя	**Значение**
Максимальная погрешность измерения несоконусности, мм	не более ± 1,0
Электропитание, В	12±10%
Масса, кг	не более 1,1 lbs.
Габаритные размеры, высота , диаметр,мм	125x88
Потребляемая мощность, вт	не более 3,6
Рабочий диапазон температуры окружающей среды, °С	-40...+70

4. Комплект аппаратуры MicroVibTM II (США), смотри рис.7, содержит все необходимое для определения соконусности и балансировки несущих и рулевых винтов и приводных валов. Одним из существенных достоинств является оперативное проведение замеров оператором, которое проводится ручным наведением камеры на исследуемые лопасти НВ

Аппаратура состоит из следующих узлов:

- датчики вибрации с магнитным креплением- 3шт;
- набор кабелей и монтажные кронштейны;
- 4-х канальный мультиплексор с адаптером видеокамеры;
- оптическая камера высокого разрешения;
- портативные электронные весы;
- светоотражающие ленты;
- MicroVibTM анализатор.



Рис. 7. Комплект MicroVibTM

Прибор предназначен, в зависимости от набора, для балансировки и выведения соконусности лопастей несущих винтов вертолетов, как на земле, так и в полете, выполнения балансировки рулевых винтов, пропеллеров, вентиляторов, турбин (в т.ч. элементов горячих секций), валов трансмиссий, настройки гасителей вибраций, записи параметров вибрации (виброускорений) в кабине, анализа вибраций редукторов подшипников и других элементов трансмиссии.

В базе данных прибора MicroVib II имеются настройки для балансировки всех зарубежных и вертолетов типа: Ми-2, Ми-8, Ми-26, «Ансат», в том числе соосной схемы типа Ка-26, Ка-226, Ка-32 и всех их модификаций.

Следующим шагом развития процедуры регулировки несоконусности лопастей НВ вертолета является динамическая балансировка несущего винта вертолетов. Используются методы оптимизации процесса динамической балансировки несущего винта на основе вибрационных данных использующих измерение вибрации фюзеляжа вертолета в направлениях X,Y и Z относительно строительной оси вертолета.

В статье [8] представлен пример модернизации вертолетов Ми-8 при участии британской компании Bristow Helicopters, МВЗ им М.Л. Миля, ЦИАМ им. П.И. Баранова и ЗАО «Авиашельф» с установкой комплексной бортовой системы ROTABS-3 компании Maggitt Avionics. Разработанная система и бортовое оборудование, позволяет принимать решение о регулировках в системе несущего винта в результате сбора и обработки данных измерения вибраций фюзеляжа вертолета на различных режимах летной эксплуатации. Сейчас это бортовая система контроля двигателей БСКД ОАО «ТЕХПРИБОР», г. Санкт-Петербург, а также система регулировки несущего винта «ОПТИКОН-Вибро» ОАО «НАРЗ», г. Новосибирск. В литературе [9] проведен обзор существующих подходов к процедуре динамической балансировки несущего винта вертолетов. Рассмотрены методы оптимизации процесса динамической балансировки несущего винта на основе вибрационных данных. Приведены результаты исследования возможности реализации системы балансировки на основе

существующей бортовой системы контроля и диагностики и их сравнение с результатами работы системы Rotabs-3 для балансировки несущего винта вертолета Ми-8. Бортовая система балансировки основного и хвостового винтов Rotabs-3 известна, например из [10]. Rotabs-3 была успешно испытана и/или используется для снижения вибраций и балансировки винтов на широком круге легких и тяжелых вертолетов, типа: AS 332 (Супер Пума МК я и П), AS316/319, BO 105, BK 117, 109, Denel Oryx, Bell 206B Jet Rangers, S 76, SH 60, CH-53G, CH53 E, Ми-2, Ми-8, Ми-24 и PZL Сокол. Комплект Rotabs-3 представлен на рис.8.

Система Rotabs-3 решает проблему по источнику вибрации, и регулировка винтов проводится по наилучшей из возможных комбинаций наименьшего уровня вибрации.

Корректировки Rotabs-3 вычисляются из данных о вибрации, собранных вертолетной интегрированной системой диагностики (HIDS) или сейчас чаще называемой HUMS (Health and Usage Monitoring Systems) системой.



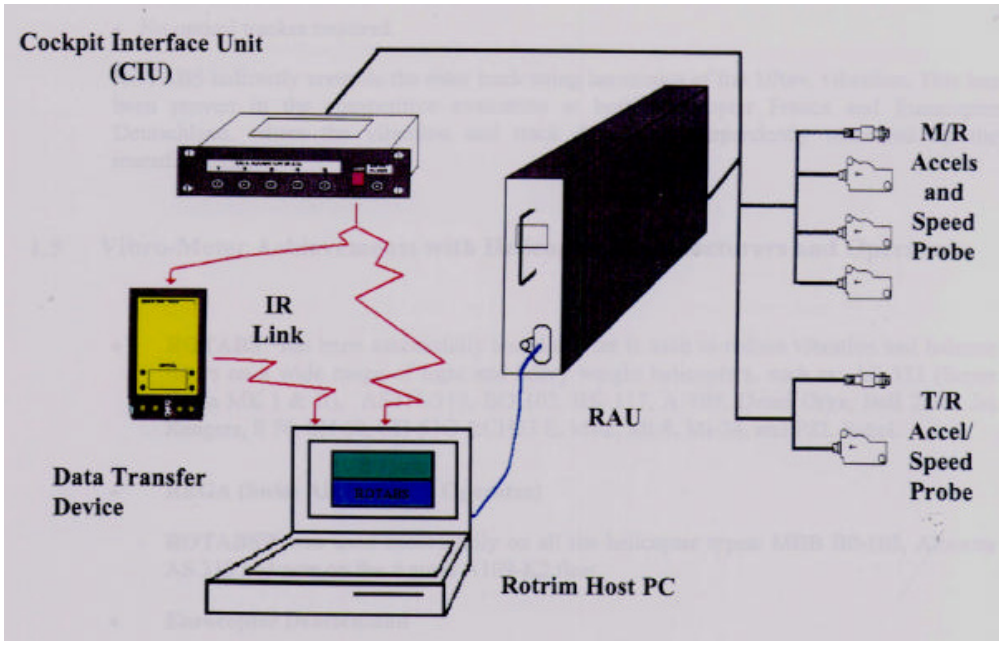


Рис. 8. Комплект Rotabs-3

Используются шесть вибропреобразователей в трех местах на фюзеляже. Эти вибропреобразователи расположены следующим образом: одноосные вибропрео-бразователи вертикальной вибрации, а также двухосные вибропреобразователи вертикального и бокового ускорения, прикрепленные к переборке сразу за спиной первого и второго пилотов. Один из них расположен вблизи левого плеча пилота, другой находится вблизи правого плеча другого пилота. Трехосный вибропреобразователь, воспринимающий вертикальную, боковую и горизонтальную вибрацию, расположен на потолке кабины, примерно в средней части фюзеляжа. Система одновременно обрабатывает все каналы вибропреобразователей, а затем принимает решение по регулировке несоконусности лопастей НВ вертолета, используя функцию передачи из набора данных обучения, которые включают чувствительность шага

гайки тяги поворота лопастей НВ и чувствительность изгиба триммеров лопастей НВ. Из литературы [1] известно, что один оборот тяги поворота лопасти изменяет высоту конца лопасти примерно на 60-65мм, а отгиб триммеров лопасти на 1º вверх или вниз повышает или понижает плоскость вращения конца лопасти при оборотах несущего винта 95% на 20-25мм. На рис.9, показан пример элементов регулировки соконусности лопастей НВ вертолета МИ-8/17.

Сначала проводится, так называемое, обучение системы, при этом проводится контроль следа лопастей вертолета с применением камеры строчной развертки, нацеленной (от линии сканирования камеры) из окна левой стороны вертолета и управляемой членом экипажа.

Данные каналов вибрации отображаются в виде " A + B " и " A - B " используя терминологию твердого тела, “A+ B” мера вертикального движения фюзеляжа в местах пилота и второго пилота, в то время как “A - B” мера крена фюзеляжа вокруг продольной оси. Данные собирались на четырех испытаниях и при следующих режимах: на земле, в режиме висения, при скорости полета 120 узлов (192км), скорости полета 140 узлов (224км) и максимальной скорости поступательного движения.



а) Гайка тяги поворота лопастей НВ б) Триммеры лопастей НВ

Рис. 9. Элементы регулировки соконусности лопастей НВ

При этом, меняя положение угла тангажа лопастей НВ, поворотом по часовой или против часовой стрелки, гайки тяги поворота лопастей НВ записывались данные вибрации и трека лопастей НВ для разных углов тангажа. Аналогично записывались данные вибрации при изменении угла триммеров лопастей НВ.

Далее балансировка винтов проводится по записанным в базе данных вибраций и обработанным данным вибраций за один полет с учетом процедуры обучения описанной выше.

В литературе [11] - устройство для динамической балансировки несущего винта вертолета содержащее оптическую головку, узел обработки видеосигнала, содержащий блок предварительной обработки, блок выделения координат законцовок лопастей, блок усреднения координат законцовок лопастей, блок измерения временных интервалов, формирователь изображения лопастей и блок распознавания первой лопасти, и узел вывода информации, включающий блок накопления информации и блок индикации, дополнительно включены датчик ускорения, узел обработки сигнала датчика ускорения, включающего блок анализа разбалансировки. На рис. 10 представлена структурная схема устройства для динамической балансировки несущего винта вертолета. Предлагаемое устройство позволяет контролировать результаты регулировки лопастей НВ по уровню вибрации и производить дополнительные регулировки по их уменьшению.

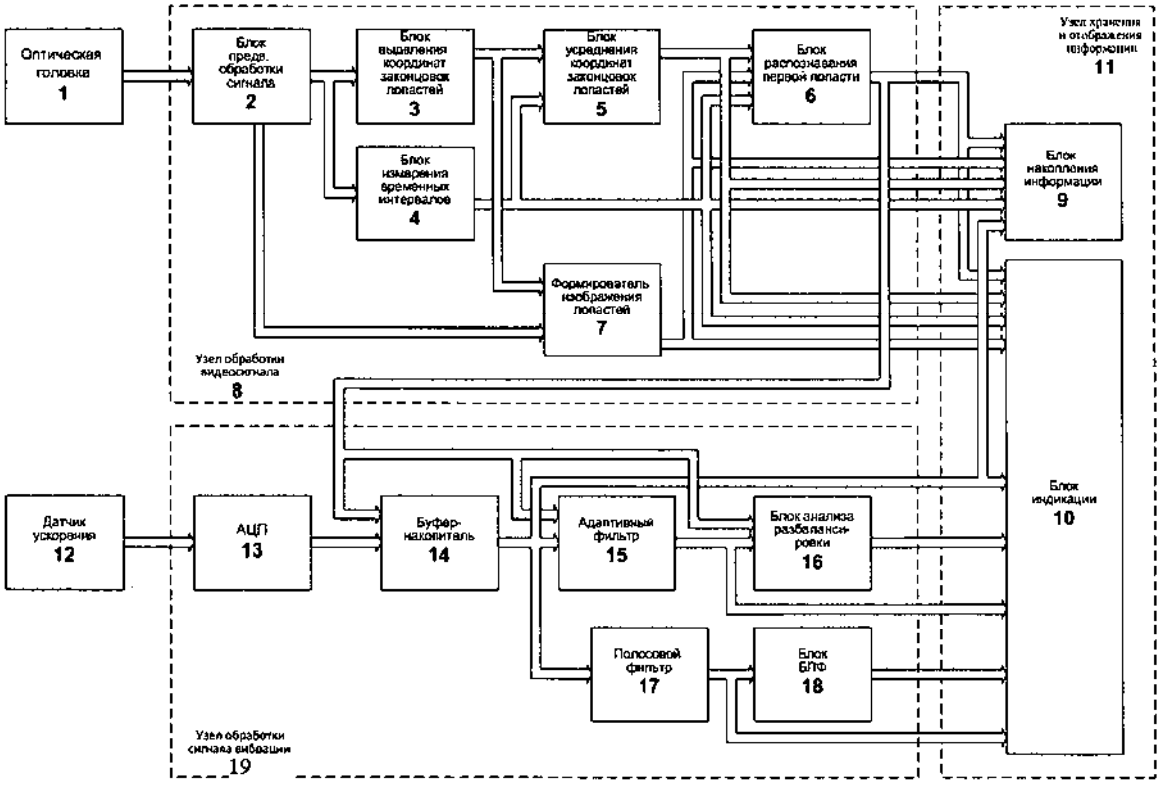


Рис. 10. Структурная схема устройства для динамической балансировки несущего винта вертолета

В литературе [12] сообщается, что американская компания Shake'd Technologies Inc разработала технологию, которая значительно облегчает процесс балансировки винтов. При ее использовании возможна более точная первичная корректировка баланса на земле, без необходимости дополнительных испытательных полетов.

Благодаря эффективным алгоритмам, система способна спрогнозировать отказ компонентов несущего винта и предупредить персонал. На рис.11 показано фото регулировки лопасти НВ вертолета

Причем, утверждается, что предлагаемая технология позволяет учитывать уровень вибраций в переходных режимах полета, таких как набор высоты, снижение, форсированные виражи, а также при изменениях взлетного веса. Новая балансировочная система учитывает данные, полученные во всех этих режимах для более точной коррекции на земле.



Рис. 11. Регулировка лопасти НВ вертолета Апач АН-64А

Заключение

1. В статье представлен обзор методов определения несоконусности лопастей несущего винта вертолета фирм из США, Франции и России.

2. Отмечено, что оптические системы балансировки позволяют проводить балансировку лопастей НВ оперативней, безопасней и точней по сравнению с механическими системами, однако существенным моментом является определение первой «лопасти» без которой регулировка невозможна.

3. Включение дополнительного канала контролирующего уровень вибрации фюзеляжа позволяет оптической системе балансировки проводить непосредственную оценку качества балансировки лопастей НВ и при необходимости, ее повторять с целью уменьшения вибрации фюзеляжа вертолета.

4. Внедрение систем контроля вертолета типа HUMS систем позволяет проводить балансировку лопастей НВ используя данные вибрации фюзеляжа вертолета. Такая система требует предварительного обучения, которая требует проведения тестовых, заведомо известных манипуляций по изменению углов тангажа лопастей и изгибу триммеров на лопастях с записью в базе данных вибрации фюзеляжа вертолета и с последующим анализом этих данных при реальной работе.

Литература:

1. Вертолет МИ-8МТ: Руководство по технической эксплуатации. Планер М. Авиаэкспорт, 1988.- 220 с.
2. Chapter 4 Fm 1-514. Alignment And Tracking Procedures
3. A n d r e w J. H e s s, B i l l H a r d m a n, C h r i s N e u b e r t. SH-60 Helicopter Integrated Diagnostic System (HIDS) Program Experience and Results of Seeded Fault Testing
4. P. G r e g u s s. Optics and Laser Technology. December 1982, p. 299-302
5. http://snkplus.ru/apparatura-opredeleniya-sokonusnost
6. www.narp.ru
7. www.vibratech.fr
8. К о с т и н, В., Модернизация российских вертолетов: требование времени. Журнал АвиаСоюз/ноябрь-декабрь / 2011, стр. 2-4
9. Г о л о в а н о в, В. В., Е. И. К о з л о в, М. Н. П е т у х о в. Динамическая балансировка несущего винта вертолета на основе данных о вибрации фюзеляжа. ISBN 5-7262-0633-9. НАУЧНАЯ СЕССИЯ МИФИ-2006. Том 12
10. http://www.vibro-meter.ru/
11. Б о р и с о в, П. Ю, М у р а в ь е в А. Ю, К о л е с н и к А. И. Устройство для динамической балансировки несущего винта вертолета. Классы МПК7: G01M1 B64D45 B64C27/04

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ СОКОНУСНОСТИ ЛОПАСТЕЙ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА

Михаил Владов[1], Георги Сотиров[2], Дмитрий Добров[1], Ангелина Чожгова[3]

[1]Молдова, Кишинев, «Comelpro» SRL,
e-mail: office@comelpro.com
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: gsotirov@space.bas.bg
[3]Технический Университет- София, филиал Пловдив
e-mail:ani_angeliq@abv.bg

Ключовые слова: *лопасти несущего винта, вертолет*

Резюме: *В статье представлено обоснование погрешности измерения соконусности лопастей несущего винта вертолета для оптической системы измерения, в которой используется ПЗС линейка KLI-2113 с размером пикселя 14мкм и 2098 пикселей.*

ESTIMATION ERROR OF THE OPTICAL SYSTEM FOR ROTOR BLADES MEASUREMENT

Mihail Vladov[1], Georgi Sotirov[2], Dmitrii Dobrov[1], Angelina Chozhgova[3]

[1]Moldova, Chisinau
e-mail: office@comelpro.com
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gsotirov@space.bas.bg
[3]Technical University- Sofia, Plovdiv Branch
e-mail:ani_angeliq@abv.bg

Key words: *rotor blades, helicopter.*

Abstract: *The article presents accuracy of rotor blades measurement error for the optical measurement system, which uses a CCD line KLI-2113 with a pixel size 14mkm and 2098 pixels.*

1. Актуальность проблемы

Исходя из технических характеристик известных оптических систем измерения соконусности лопастей НВ [3], в которых заявленная абсолютная погрешность измерения несоконусности лопастей НВ не превышает значения ± 1 mm, мы выбираем для нашей аппаратуры пространственное разрешение не более 0,7 mm.

Расчет пространственного разрешения для оптической аппаратуры проведем исходя из простых геометрических соотношений, смотри рис.1, по формуле (1).

(1) $$\frac{f}{R} = \frac{l_p}{\Delta r}$$

где f – фокусное расстояние объектива, R- расстояние от объектива до конца лопасти, l_p – линейный размер пикселя, Δr - пространственное разрешение для одного пикселя

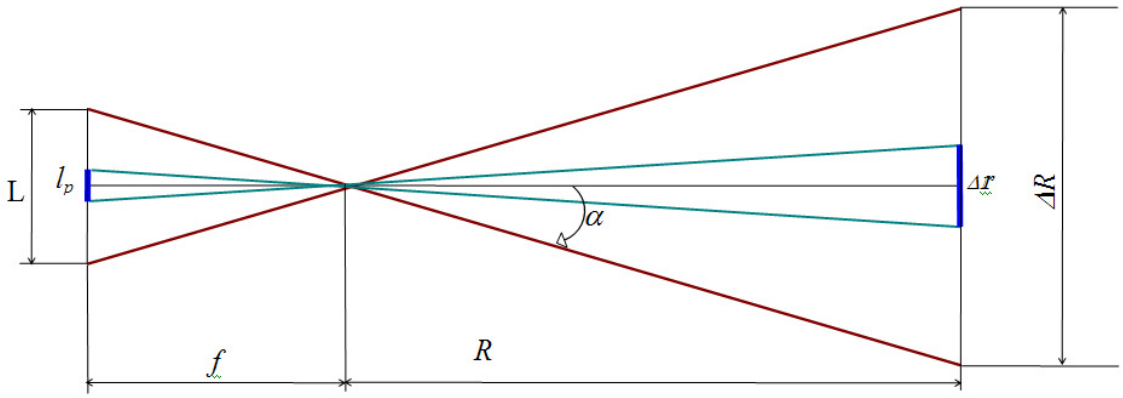


Рис. 1. Геометрическая проекция ПЗС линейки на поверхность лопасти НВ

Для получения пространственного разрешения в 0,7 mm, при расстоянии от объектива до конца лопасти 10 метров и длине пикселя в 14 μm, согласно формулы (2):

(2) $$f = \frac{Rlp}{\Delta r} \Rightarrow \frac{10 \cdot 14 \cdot 10^{-6}}{0{,}7 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow 0{,}2m$$

получаем фокусное расстояние объектива не менее f = 0,2 m

Так как ширина проекции одной линии должна составлять 14 μm, то пространственное разрешение объектива должно составлять не менее 1 / 0.014 mm/линию = 72 линий/mm или 36 двойных черно-белых линий.

Итак, параметры объектива для ПЗС-линейки KLI-2113 должны быть следующими:

- фокусное расстояние не менее 200 mm,

разрешающая способность 72 линий/mm или 36 двойных черно-белых линий.

Рассчитаем ширину полосы обзора для ПЗС линейки KLI-2113 с размером пикселя 14μm. Исходя из формулы (3) получим:

$$\Delta R = \frac{RL}{f} \Rightarrow \frac{10 \cdot 2098 \cdot 14 \cdot 10^{-6}}{0{,}2} \Rightarrow \frac{2{,}94 \cdot 10^{-1}}{0{,}2} \Rightarrow 1{,}47 \text{ m}$$

Где ΔR - ширина полосы обзора, f – фокусное расстояние объектива, R- расстояние от объектива до конца лопасти, L- ширина ПЗС- линейки.

Из формулы (1) очевидно, что погрешность пространственного разрешения Δr для одного пикселя , при постоянных размерах пикселя l_p и фокусном расстоянии объектива f , прямо пропорциональна погрешности R -измеренного расстояния от объектива до конца лопасти.

Оценим погрешность изменения расстояния R от объектива до конца лопасти исходя из максимального угла установки лопастей, согласно [1] он равен 14,5º. При длине лопасти 10 метров, получаем расстояние : $\frac{10}{\cos 14.5} = \frac{10}{0.9861} = 10{,}14$ метров, что составляет 1,4% погрешности пространственного изменения расстояния до фокусного расстояния объектива;

А для случая максимального взмаха лопасти в 25,5º, согласно [4] и при длине лопасти 10 метров, получаем: $\frac{10}{\cos 25.5} = \frac{10}{0.9026} = 11{,}08$ метров, что составляет 10,8% погрешности пространственного изменения расстояния до фокусного расстояния объектива.

.

Несущий винт вертолета МИ-8/17 согласно [2] имеет диаметр 21,23 m, а длина максимальной окружности, описываемая НВ составляет S=66,7 m. Частота вращения вала НВ (при 95% показаниях счетчика) составляет 192±2 об/мин или 3,2 об/сек, что составляет период вращения одной лопасти T=0,3125 s, а для пятилопастного НВ, лопастной период составляет 62,5 ms.

На рис.2 представлено графическая интерпретация положения лопастей НВ на временной оси с несведенным конусом.

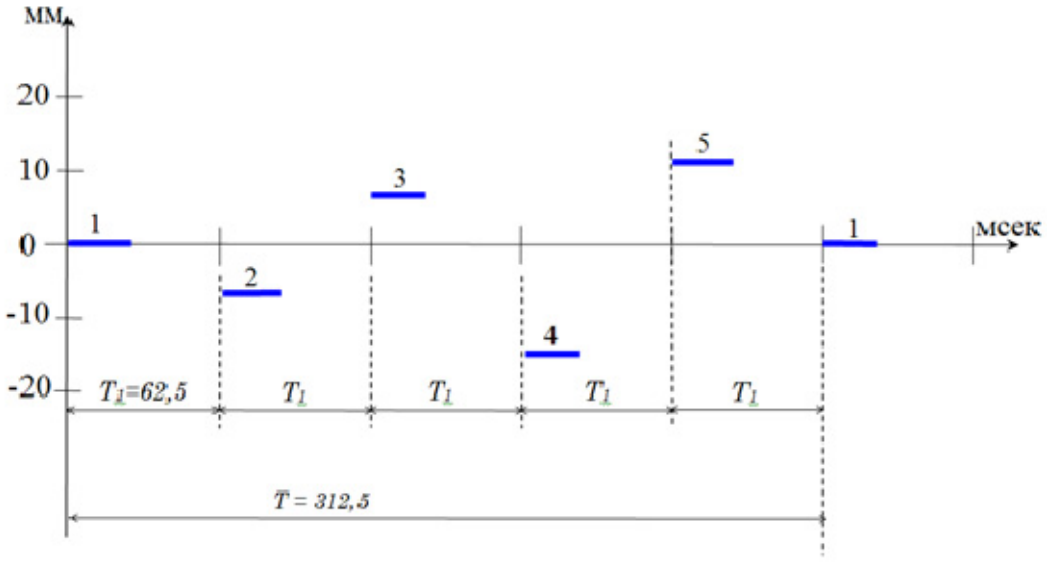


Рис. 2. Графическая интерпретация положения лопаток НВ при частоте вращения НВ 95%

Рассчитаем окружную скорость конца лопасти из известной формулы:

$$V = \frac{S}{T}, \quad (2)$$

где S- длина окружности, описываемая концом лопасти НВ, T- период вращения одной лопасти НВ.

Подставляя значения S=66,7 m и T=0,3125 s, в формулу 1 получим значение окружной скорости V=213 m/s.

При проекции одного пикселя в 0,7мм на лопасть НВ, при расстоянии от объектива до конца лопасти 10 метров, время прохода –экспонирования этого расстояния на пикселе ПЗС линейки равно (3):

$$T_1 = \frac{W}{V} = \frac{0{,}0007}{213} = 3{,}3ms \quad (3)$$

где *W*- длина проекции пикселя на лопасти НВ, V- окружная скорость конца лопасти.

Для ПЗС линейки KLI-2113, согласно (www.truesenseimaging.com), номинальное время экспозиции для накопления заряда на одном пикселе должно быть не менее 1 ms.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что для обеспечения требуемого экспонирования необходимо суммирование и обработка не менее 300 пикселей одновременно.

Изготовлен, смотри фото рис.1, макет сканера с ПЗС линейкой фирмы Кодак KLI-2113 [3], состоящей из 3-х параллельных друг другу светочувствительных линеек (с светофильтрами красного, зеленого и синего цветов) длиной в 2098 пикселей (светочувствительных элементов) каждая. Размеры пикселя составляют 14x14 μm. Для макета сканера ДЗЗ был использован объектив ТЕЛЕАР-Н с фокусным расстоянием 200 mm, углом поля зрения — 12° и разрешающей способностью 50 двойных черно-белых линий



Рис. 3. Фото макета сканера



Рис. 4. Фото макета лопастей НВ

Для оценки точности определения несоконусности лопастей НВ в макете вторая и четвертая лопасти были выведены из горизонтального положения на разные углы.

На рис. 5 представлены результаты цифровой обработки информации сканера макета лопаток НВ вертолета.



Рис. 5. Результаты цифровой обработки информации сканера макета лопаток НВ вертолета

Экспериментальной проверка измерений несоконусности лопастей макета НВ вертолета показала точность измерений в пределах ± 1 mm

Заключение

1. Для оценки точности определения соконусности лопастей несущего винта вертолета разработан сканер с ПЗС линейкой фирмы Кодак KLI-2113 , состоящей из 3-х параллельных друг другу светочувствительных линеек (с светофильтрами красного, зеленого и синего цветов) длиной в 2098 пикселей (светочувствительных элементов) каждая.

2. Экспериментальной проверка измерений несоконусности лопастей макета несущего винта вертолета показала точность измерений в пределах ± 1 mm.

Литература:

1. www.narp.ru
2. Вертолет МИ-8МТ: Руководство по технической эксплуатации. Планер- М. Авиаэкспорт, 1988.- 220с.
3. www.truesenseimaging.com

ДИНАМИЧНИ ПАРАМЕТРИ НА ВТОРИЧНИ ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАЩИ ИЗТОЧНИЦИ ЗА БОРДНА АЕРОКОСМИЧЕСКА АПАРАТУРА

Павлин Граматиков

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

Ключови думи: *проектиране на импулсни захранвания; динамични параметри на вторични електрозахранващи източници.*

Резюме*: В този труд са изложени методи на изследване и подобряване на динамичните параметри на системите за вторично електрозахранване при тяхната работа в комплекса на космическото научно оборудване, в съответствие с техническата документация на космическата апаратура, с цел преминаване на изпитванията. Изследвани са закономерности, взаимодействия, свойства и стойности на фактори и параметри на вторични източници на електрозахранване за подобряване на техните динамични параметри в комплекса на бордното оборудване. Взаимодействието на системите за вторично електрозахранване с първичната система на електрозахранване в бордовите аерокосмически съоръжения се обсъжда във функционален план.*

DYNAMIC PARAMETERS OF SECONDARY POWER SISTEMS FOR ONBOARD AEROSPACE EQUIPMENT

Pavlin Gramatikov

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

Keywords: Switching power supply design; Dynamic parameters of secondary power supply.

Abstract: *In this paper is exposed methods of investigation and improvement of dynamic parameters of secondary power supply systems in their work in the complex of aerospace scientific equipment, according to the technical documentation of aerospace device in order to be passed entrance tests. Investigated are regularities, interactions, properties and values of factors and parameters of secondary power supply sources in order to be improved their dynamic parameters in the complex of on board equipment. Interdependence of secondary power supply systems with the primary power supply system in the onboard aerospace equipments are discussed in functional plan.*

1. Въведение

Вторичните електрозахранващи системи (ВЕС) са задължително функционално звено от бордната аерокосмическа апаратура (БАА), което приема електрическата енергия от първичната електрозахранваща система, преобразува, стабилизира и управлява нейните параметри съгласно енергийните особености на БАА и задачите на научния експеримент. Обект на изложението са изследователските дейности, извършвани с цел подобряване на динамичните параметри (ДП) на ВЕС. Обсъдени са методи на проектиране на ВЕС, съобразени с ДП; специфични средства за измерване на ДП на ВЕС с последващи анализ и технически мерки за преминаване на функционалните изпитвания. Описани са специфични параметри на космическия апарат, които обуславят начините на проектиране и проверка на ДП на ВЕС. Разгледаните методи и средства за изследване на проблеми, свързани с ДП могат да се трансферират към ВЕС за безпилотни летателни апарати и наземни апаратури. Изследването в това изложение е свързано с намаляване на динамичните грешки при аналогово-цифрово преобразуване, снижаване на шумовете в телеметрични и видеоканали, дължащи се на ДП на

космически вторични захранвания. Предмет на изследването освен ДП са: защитите на ВЕС; характеристиките на обратните връзки на вторични електрозахранващи източници; подтискането на напреженовите и токовите пулсации, създавани от импулсните процеси в аерокосмическите системи.

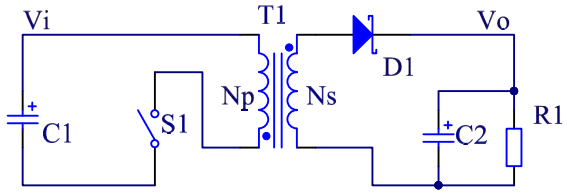
При бордните ВЕС са се наложили трансформаторните обратноходови преобразуватели (виж фиг. 1). От гледна точка на ДП тяхното преимущество се състои в обстоятелството, че натрупващият енергия елемент Т1 се включва към първичния източник и към товара в различни моменти, при което прехвърлянето на високочестотни смущения от входа към изхода и обратно е минимално. С формула (1) се описва зависимостта между входното и изходното напрежение (V_o и V_i) на обратноходов преобразувател с трансформаторна развръзка, като е *D* коефициент на запълване на импулсите. За големи мощности е подходящ двутактният импулсен преобразувател: виж фиг. 2 и формула (2).

(1)

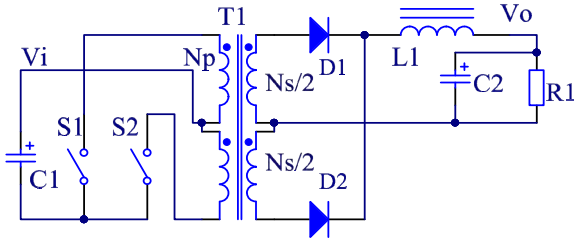
$$V_o = \frac{D}{1-D}\frac{N_s}{N_p}V_i$$

(2)

$$V_o = D\frac{N_s}{N_p}V_i$$



Фиг. 1. Трансформаторен обратноходов преобразувател



Фиг. 2. Двутактен импулсен преобразувател

2. Проект „Фобос“

Електрическите изисквания към ВЕС (свързани с ДП на ВЕС) за автоматичната междупланетна станция „Фобос“, комплекс „Фрегат“, [3], [5], са следните:

– Входното напрежение е *27 V +1,5/-1,5 V* и има стъпални пропадания до *-3 V* за време не по-голямо от *0,05 s;*

– ВЕС да се изключва при напрежение на бордната мрежа (БМ) под *20 V* или над *34 V*;

– ВЕС трябва да функционира при наличие на синусоидални пулсации на напрежението от БМ с честота от *300* до *30000 Hz* и амплитуда от *1 V*;

– Входният елемент на филтрите в бордната верига трябва да бъде индуктивност;

– Времетраенето на пусковия ток да не превишава *0,2 s*;

– Пусковите токове на потребители с консумация над *100 W* да не превишават 1,5 пъти номиналния ток, а на потребители под *100 W* - 5 пъти;

– Времето на изключване на елементите за защита от късо съединение да е до *50 ms;*

– Неизправност на прибора да не довежда до повишаване на тока, консумиран от прибора повече от два пъти за време до *15 s.*

3. Орбитална станция „Мир”

Апаратурата, която се използва на борда на пилотируемата орбитална станция „Мир”, се проектира и изпитва съгласно [2]. Част от изискванията, свързани с ДП на ВЕС са:

– Апаратурата трябва да съхрани работоспособност при въздействие на импулси с амплитуда *+/- 4,5 V* и честота на повторение от *1* до *600 Hz*, когато БМ се изменя от *23 V* до *34 V;*

–Амплитудата на пусковия ток на ВЕС трябва да е до 5 пъти по-голяма от максималния ток на потребление в работен режим;

–Нивото на пулсациите на тока в БМ, създавани от ВЕС не трябва да превишава величините, посочени в табл. 1;

–ВЕС трябва да съхрани работоспособност при въздействия от БМ, съгласно табл. 2;

–ВЕС трябва да има средства за защита от въздействие на статично електричество;

–Нивото на акустичен шум на ВЕС да не превишава *69 dB* на разстояние *1 m.*

Табл. 1. Максимално допустими токови пулсации приведени в бордната мрежа на „Мир”

Честота на токовите пулсации	Напрежение *[V],* ефективна стойност
От *10* до *25 [Hz]*	*0,25 [V]*
От *25* до *60 [Hz]*	*0,25 [V] - 0,1 [V]*
От *60* до *250 [Hz]*	*0,1 [V]*
От *250* до *1700 [Hz]*	*0,1 [V] - 0,15 [V]*
От *1700* до *6500 [Hz]*	*0,15 [V]*
От *6,5* до *150 [KHz]*	*150 [mV] - 0,5 [mV]*
От *0,15* до *1 [MHz]*	*500 [uV] - 100 [uV]*
От *1* до *100[MHz]*	*100 [uV]*

Табл. 2. Синусоидални напреженови пулсации създавани от бордната мрежа на „Мир”

Честота на напреженовите пулсации	Напрежение *[V],* ефективна стойност
От *10* до *25 [Hz]*	*0,8 [V]*
От *25* до *60 [Hz]*	*0,8 [V] - 0,3 [V]*
От *60* до *250 [Hz]*	*0,3 [V]*
От *250* до *1700 [Hz]*	*0,3 [V] - 1 [V]*
От *1700* до *2000 [Hz]*	*1 [V]*
От *20* до *150 [KHz]*	*1 [V] - 0,15 [V]*
От *0,15* до *1 [MHz]*	*0,15 [V] - 0,003 [V]*

4. Международна космическа станция

Съгласно [6] и [8] част от изискванията към електрозахранването на апаратурата на борда на международната космическа станция (МКС) са:

–Съхраняване на работоспособност при скокообразни изменения на напрежението до *+/- 4,5 V* с продължителност на предния фронт *100 μs* и честота на повторение до *1 Hz;*

–Апаратурата да функционира нормално при наличие на еднократни импулси с амплитуда до *15 V* с продължителност *40 +/- 5 μs* от източник с вътрешно съпротивление *10* Ω. Времетраенето на импулсите да е до *20 ms* при бордно напрежение в пределите на *23-29 V.*

– Пусковият ток да не превишава пет пъти установения максимален работен ток.

–Апаратурата трябва нормално да функционира при нещатно (случайно) попадане на корпус на една от шините на първичното захранване.

Табл. 3. Характеристики на импулсните шумове между: шините на БМ; шините на БМ и корпуса

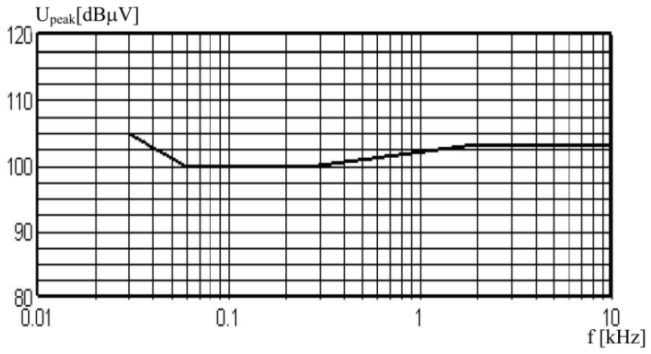
Продължителност *[μs]*	*50*	*100*	*300*	*500*
Амплитуда +БМ / -БМ *[V]*	*+/- 15*	*+/- 15*	*+/- 10*	*+/- 10*
Амплитуда БМ / корпус *[V]*	*+/- 35*	*+/- 35*	*+/- 10*	*+/- 10*

А) Нискочестотни шумове (Upeak, low-frequence noise)

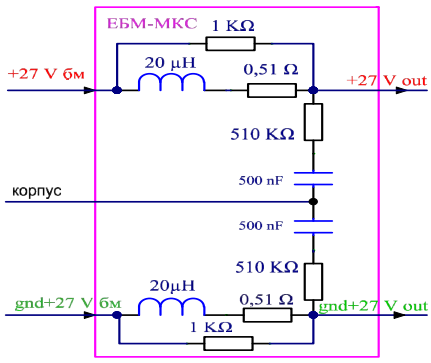
Пиковите значения на напрежението на шумовете, създавани от ВЕС в БМ не трябва да превишава значенията, показани на фиг. 3. Лентата на измерване трябва да бъде *10 Hz* в диапазона от *30 Hz* до *1 KHz* и *100 Hz* в диапазона от *1 KHz* до *10 KHz*. При измерването се използва еквивалент на БМ на МКС (фиг. 4).

Б) Устойчивост на оборудването към индустриални шумове (Industrial RF noise)

Индустриалните радиошумове, създавани от БМ (табл. 3), не трябва да нарушават работата на БАА. Продължителността на фронтовете трябва да е максимум *5 %* от продължителността на импулса. Честотата на повторение е *1 Hz* в течение на *60 s.*



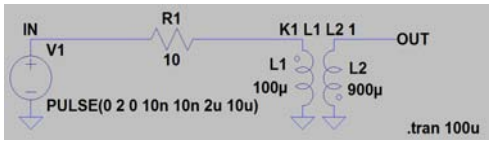
Фиг. 3. Нискочестотен шум, създаван от НА в БМ на МКС

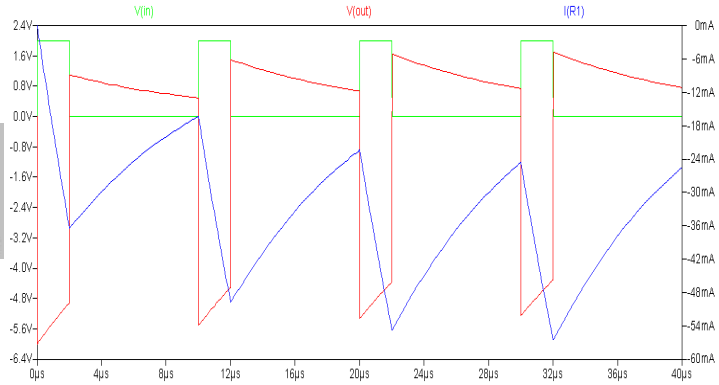


Фиг. 4. Еквивалент на БМ на МКС

5. Симулационни методи за анализ на ДП на вторични електрозахранващи източници за бордна аерокосмическа апаратура

На фиг. 5 и фиг. 6 са представени модел и симулация на процесите в импулсен трансформатор. Характерно за модела в този режим е, че входното напрежение V_{in} (зелен цвят) е еднополярно, а изходното напрежение V_{out} (червен цвят) е двуполярно. Токът в R_1 (син цвят) след няколко периода се установява, според стойността на времеконстантата.



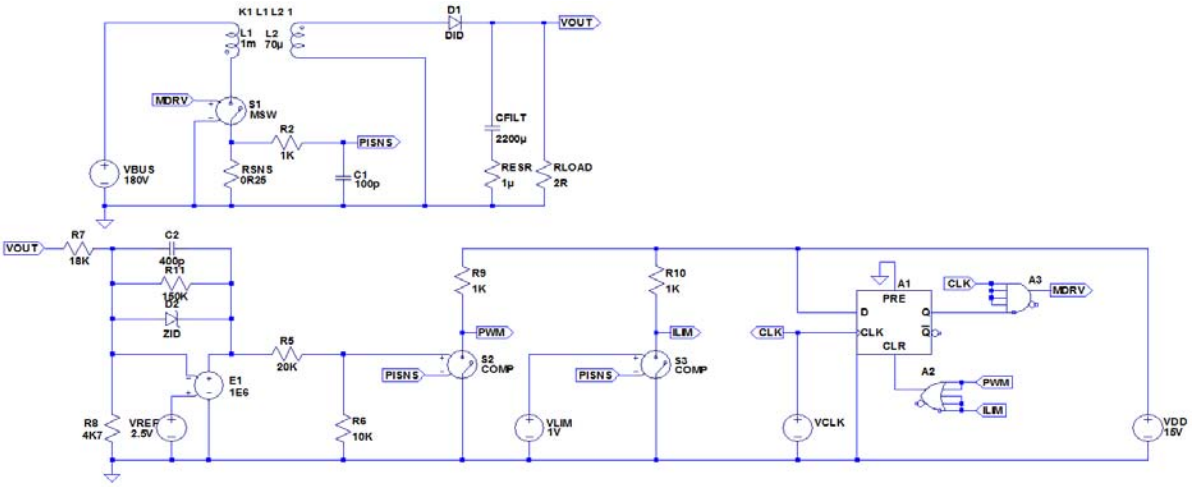


Фиг. 5. Модел на импулсен трансформатор

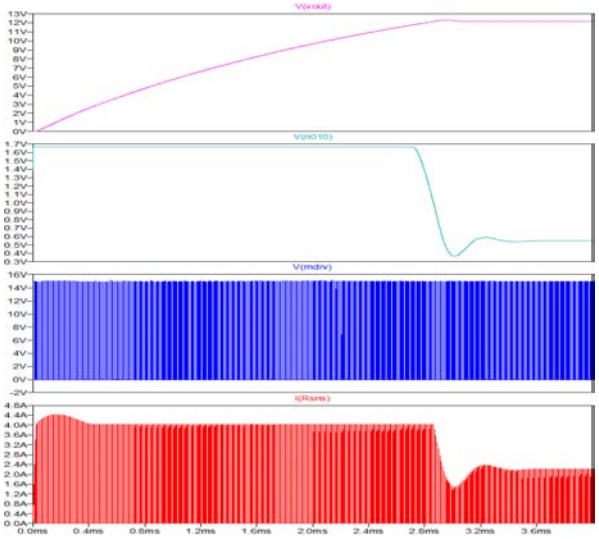
Фиг. 6. Симулация на импулсен трансформатор

На фиг. 7 е дадена симулация на обратноходов преобразувател с две обратни връзки: по изходно напрежение V_{out} и по ток на ключовия транзистор PI_{sns}. На фиг. 8 и фиг. 9 са показани следните времедиаграми, характеризиращи динамичните процеси във вторичните електрозахранващи източници: изходното напрежение на преобразувателя е с лилав цвят; сигналът на обратната връзка V_{R6} е със зелен цвят; напрежението на изхода на контролера V_{mdrv} е със син цвят и токът на ключовия транзистор I_{sns} е с червен цвят. За интервала от време $\Delta t_1 = 0 - 7\ mS$ сигналът $V_{R6} = 1.7\ V$ има постоянно ниво и задава максимален коефициентът на запълване *D*, но V_{out} плавно нараства, защото се зарежда изходният кондензатор $C_{flt} = 2200\ \mu F$ с пиков ток на първичната намотка, ограничен от компаратора S_3 до ниво $I_{lim} = \frac{V_{lim}}{R_{sns}} = \frac{1\ V}{0{,}25\ \Omega} = 4\ A$. При анализ на сигнала V_{R6} за $t_2 = 3\ mS$ и $t_3 = 3{,}2\ mS$, се забелязват отрицателна и положителна полувълна на пререгулиране в отрицателната обратна връзка за стабилизация на напрежението V_{out}. На фиг. 9 е демонстрирана лупата на софтуера, позволяваща детайлно разглеждане на процесите от фиг. 8.

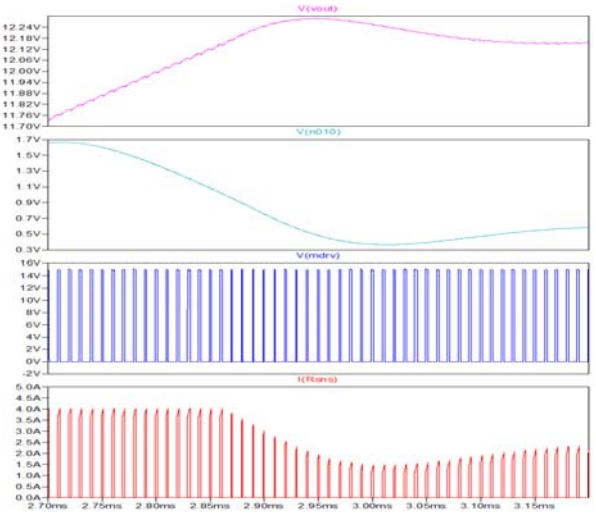
На фиг. 10 е даден модел на обратен преобразувател, изграден с контролер UC3842 и обратна връзка, следяща не изходното напрежение V_{R9}, а изправеното напрежение U_1 на вторичната намотка L_2. На фиг. 11 цветовете са разпределени така: червен за I_{R6}; зелен за V_{comp}; сив за U_1 и син за I_{R9}. Забелязва се, че когато U_1=16 V (при $t = 12\ mS$) се включва контролерът UC3842 и започва разреждането на кондензатора C_6.



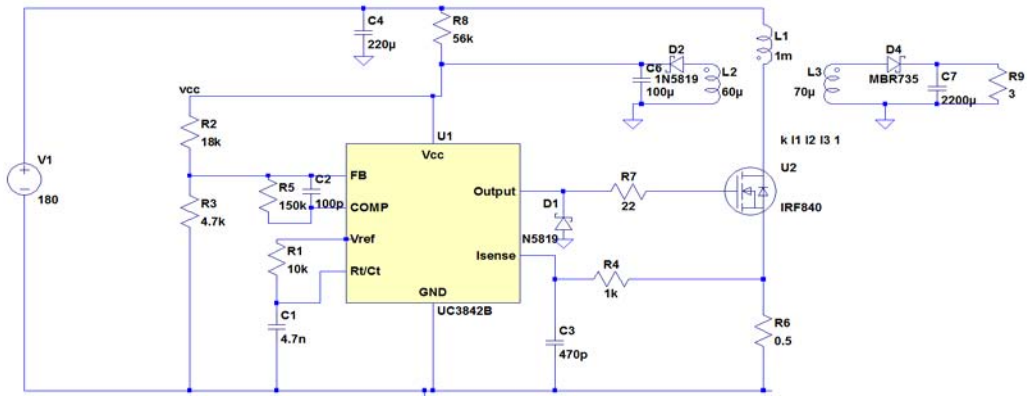
Фиг. 7. Симулация на обратен преобразувател с контролер в токов режим и обратна връзка



Фиг. 8. Стартови процес при $T_s = 0 - 4\ mS.$



Фиг. 9. Стартови процес при $T_s = 2.7 - 3.2\ mS.$



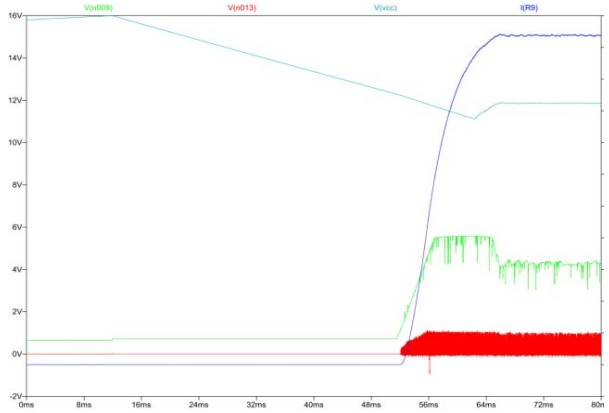
Фиг. 10. Схема на обратен преобразувател с контролер UC3842 и обратна връзка

В момента $t = 64\ mS$ диодът D_2 се отпушва и започва да се зарежда кондензатора C_6 до напрежение в режим на стабилизация $U_1 = 12\ V$, зададено от резисторите на обратната връзка R_2 и R_3. При разглеждане на формата на напрежението V_{comp} се забелязват пет участъка: минимално напрежение, положителен фронт, плато, отрицателен фронт и зона на

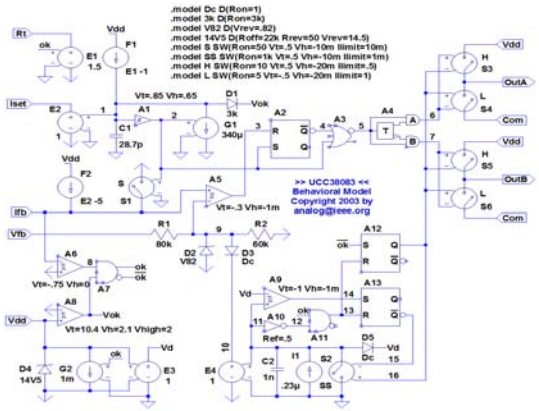
регулиране. До момента от време $t = 56\ mS$ положителният фронт на V_{comp} задава плавно нарастващ коефициент *D*, което се отразява в плавното увеличение на амплитудата на тока на транзистора U_2. В зоната на регулиране и стабилизиране на U_1 от $t = 66\ mS$ до $t = 80\ mS$ се забелязват десетина полувълни на V_{comp} (с резонансна честота $F_{res} \approx 1\ KHz$).

На фиг. 12 е показана структурата на модела на контролера от ново поколение UCC38083, симулираща неговата вътрешна структура и функции. Този контролер се характеризира с ниска консумация и е подходящ за космически цели.

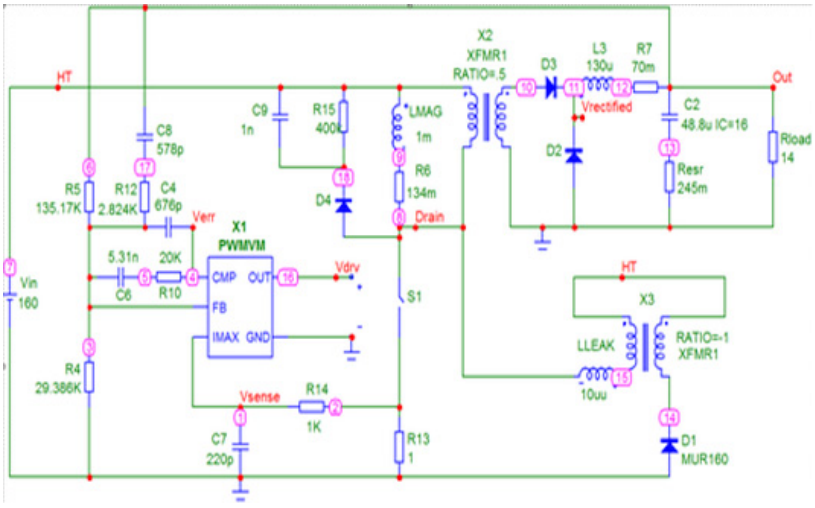
На фиг. 13 е даден модел на трансформаторен правоходов преобразувател, в който е използван обобщен функционален еквивалент на контролера *X1*, работещ в напреженов режим. На фиг. 14 са визуализирани част от параметрите от фиг. 13: гейтовото *V16* и дрейновото напрежение *V8* на обобщения функционален еквивалент на MOSFET транзистор *S1*; токът *ILmag*; изходното напрежение *Vout;* вторичното напрежение *V10* и напрежението на изхода на усилвателя на грешката *V4*. При анализ на графиката на *Vout*, се забелязва пререгулиране до моментна стойност *35 V*, при установена стойност от *24 V*, което доказва неоптимален режим на работа на обратната връзка по напрежение и нуждата от допълнителна оптимизация на нейната работа. Показаният на фиг. 15 модел на трансформаторен обратноходов преобразувател съдържа параметри на стандартни произвеждани компоненти, при което симулацията на съвместната им работа е максимално близка до реалните процеси. Дадени са изчислените от софтуера стойности на токовете (син цвят) и разсейваните мощности (червен цвят) на съответните елементи. На фиг. 16 са визуализирани част от параметрите от фиг. 15: гейтово *Vdrv* и дрейново напрежение *Vdrain* на транзистора *X13*, напрежението на токовия сензор *Vsense*; токът на вторичната намотка *Isec*; вторичното напрежение *Vsec* и изходното напрежение *Vout.* Сравнявайки графиките на последните две напрежения може да се забележи положителния ефект от дросела *L1 за* подтискане на напреженовите пулсации.



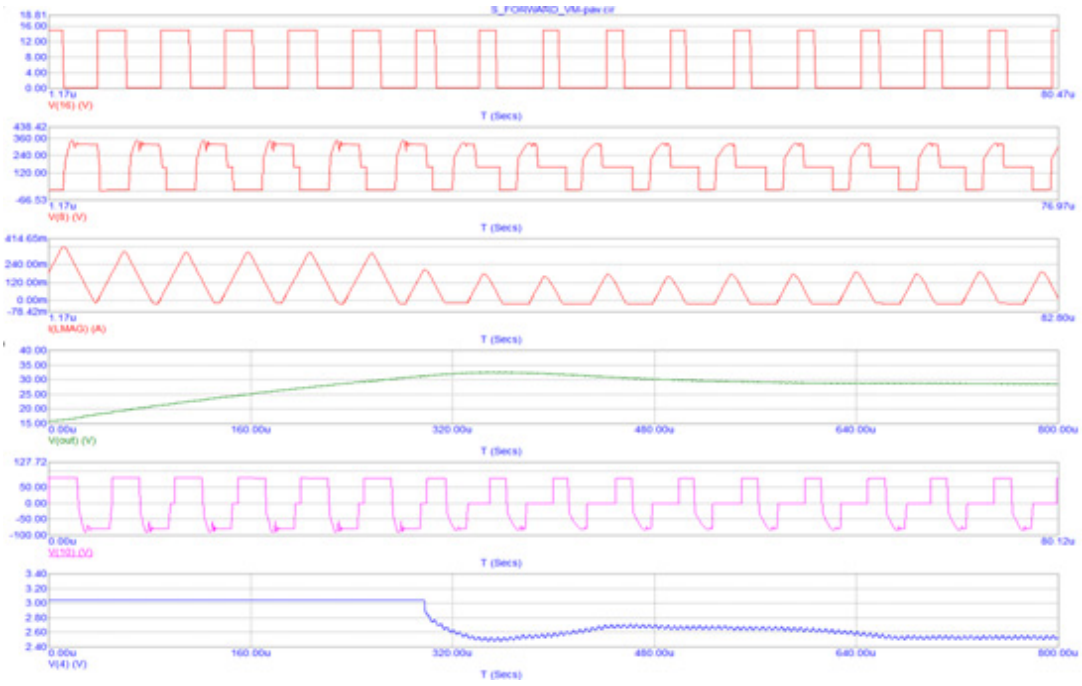
Фиг. 11. Стартови процес на фиг. 39 за $T_s = 0 - 4\ mS$



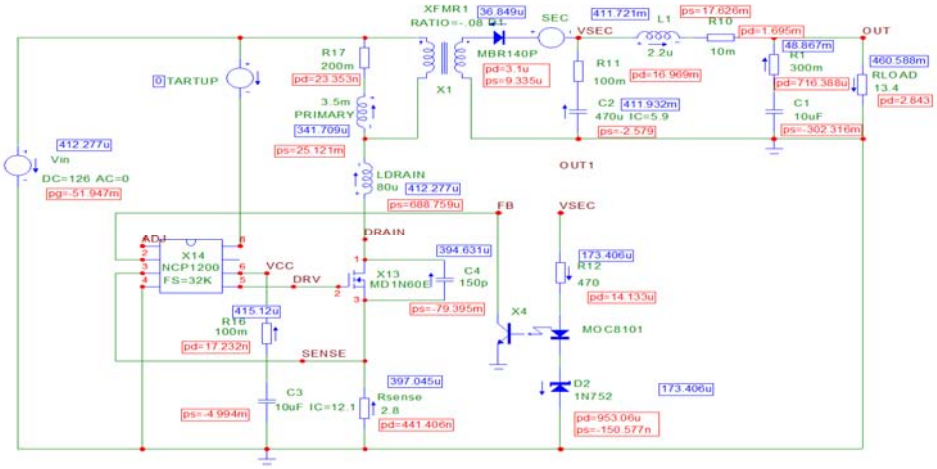
Фиг. 12. Симулация на контролер UCC38083



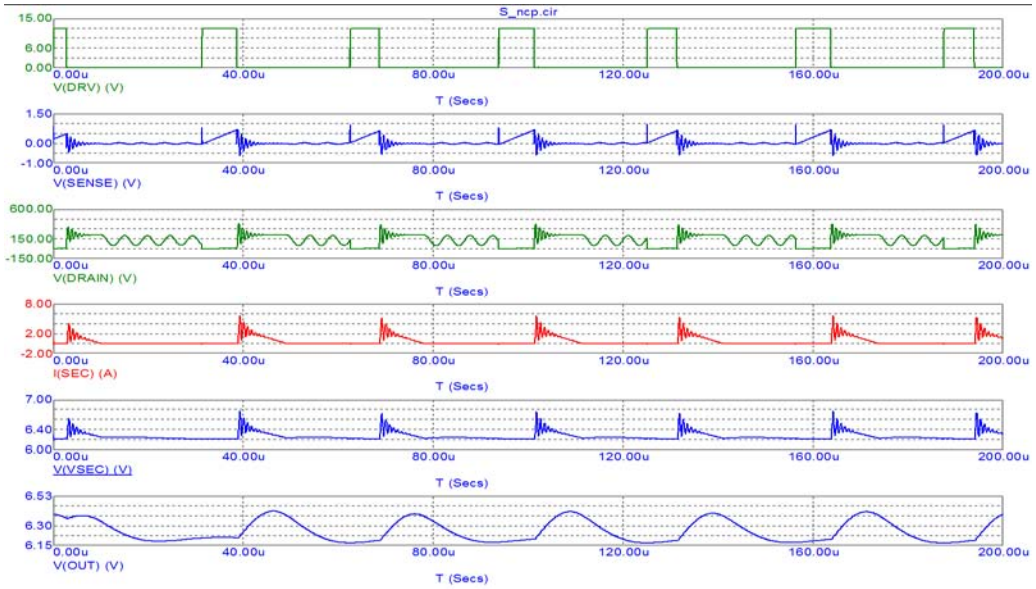
Фиг. 13. Модел на трансформаторен правоходов преобразувател



Фиг. 14. Времедиаграми на трансформаторен правоходов преобразувател от фиг. 15



Фиг. 15. Модел на трансформаторен обратноходов преобразувател



Фиг. 16. Времедиаграми на трансформаторен обратноходов преобразувател

Литература:

1. Б у к р е е в, С. С., В. А. Г о л о в а ц к и й и др., Источники вторичного электропитания, М., *Радио и связь,* 1983, 280с.
2. Д у н а е в, А. И., Аппаратура научная, Общие технические требования, ОТТ-87, *Главкосмос,-М.*,1987, 92с.2
3. Вторичный источник питания системы управления, прект „Фобос“, Техническое описание ВИП СУ ВСК, ВСК.30.038.ТО, ВИП СУ ВСК ЛК-1, *ИКИ-БАН*, 1987 г.
4. Г р а м а т и к о в, П., Синтез на импулсно захранване с минимални пулсации, *сборник доклади от юбилейната научна сесия, посветена на 45 години ВНВВУ „Г. Бенковски“,* град Долна Митрополия, 21-23 май 1990 г
5. Г р а м а т и к о в, П., Метод за подтискане на нискочестотни токови пулсации в захранването на цифровото видеозапомнящо устройство на видеоспектрометричния комплекс „Фрегат“ от проекта „Фобос“ , *Втора национална конференция „Аерокосмос и екология“,* Шумен, 19-20 април 1990 г
6. International Space Station Program. *NASA/RSA Joint Specifications/Standards Document for the ISS Russian Segment*, SSP 50094, Revision A, NASA, Johnson Space Center Houston, Texas, March 10, 2000. 551p.
7. Б о я з и т о в, С. Ю., В. Ф. В а с т р ю к о в, В. Е. Д е е в, К а т а н о с о в Н. М., М и х а й л о в М. В., Система электропитания корректирующей двигателъной установки малого космического аппарата, *журнал „Известия Томского Политехнического Университета“*, выпуск № 4, том 316, 2010 г.
8. S.P. K o r o l e v , Rocket and Space Corporation Energia, ISS Russian Segment User Manual, 1-186p., 2011. http://www.energia.ru/en/iss/researches/iss_rs_guide.pdf
9. Д е м н ь т е в, Д м. Ф., Ю. М. К а з а н ц е в, Коррекция амплитудно-честотной характеристики импенданса выходной шины системы електропитания космических аппаратов, *журнал „Известия Томского Политехнического Университета“*, выпуск № 4, том 320, 2012 г.

ЕЛЕКТРОМАГНИТНА СЪВМЕСТИМОСТ НА ВТОРИЧНИ ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАЩИ ИЗТОЧНИЦИ ЗА БОРДНА АЕРОКОСМИЧЕСКА АПАРАТУРА

Павлин Граматиков

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

Резюме*: Изложена е методика на изследване и подобряване на параметрите на ЕМС на ВЕС при съвместната им работа в комплекса от научна апаратура при различни циклограми на полета, според техническата документация за ЕМС на аерокосмическия апарат (с цел преминаване на приемните изпитвания по електромагнитна съвместимост); изследвани са закономерности, взаимодействия, свойства и стойности на фактори и параметри на отделните ВЕИ с цел подобряване на електромагнитната съвместимост на ВЕС при съвместната им работа с бордната апаратура. Разглеждат се взаимодействията на ВЕС с ПЕС и БАА в ЕМС план. Основен обект на изследване в този проект са процесите и параметрите на ЕМС на бордни ВЕС.*

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF SECONDARY POWER SISTEMS FOR ONBOARD AEROSPACE EQUIPMENT

Pavlin Gramatikov

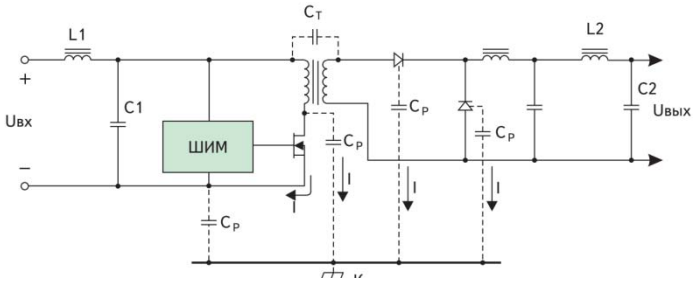
Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: pgramatikov@space.bas.bg

Keywords: *Switching Power Supply Design; Electromagnetic Compatibility.*

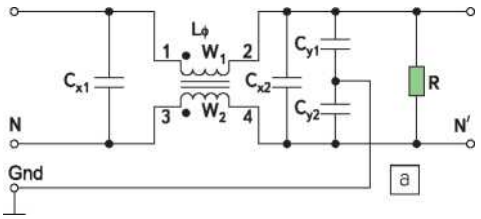
Abstract: *methodology of the study and improvement of the parameters of EMC of SES in their work in the complex of scientific devices at different cyclogram flight, according to the technical documentation of EMC aerospace apparatus (for passing the entrance tests for electromagnetic compatibility); detect patterns, interactions, properties and values of the factors and parameters of individual SEU in order to improve the electromagnetic compatibility of SES in their work with boarding facilities. Are considered interactions between SES, FES and BAA in EMC plan. Main object of study in this project are the processes and parameters of EMC of boarding SES.*

Въведение

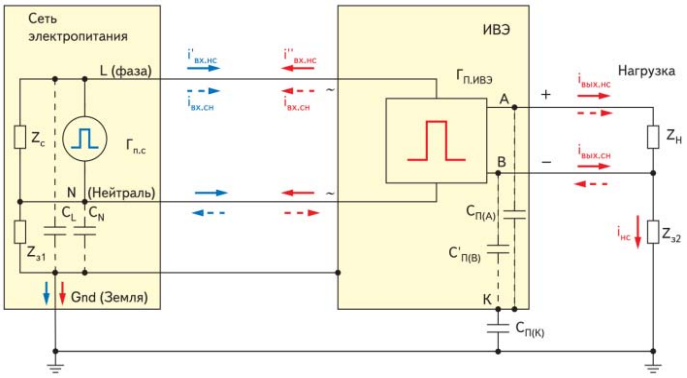
Обект на изложението е съвкупността от научни дейности по вторични електрозахранващи системи (ВЕС, *SES*) за бордна аерокосмическа апаратура (БАА, *BAA*), извършвани с цел подобряване на техните ЕМС-параметри. ВЕС са функционално звено от БАА, което: приема електрическата енергия от първичната електрозахранваща система (ПЕС, *FES*) преобразува, стабилизира и управлява (чрез телеметрията) нейните параметри съгласно енергийните особености на БАА и задачите на научния експеримент. Обсъдени са методи на проектиране на ВЕС, съобразени с ЕМС; конструкция на дросели и трансформатори с подобрена ЕМС; специфични методи за измерване на радиоизлъчване на отделен електронен градивен блок на ВЕС с последващи анализ и технически мерки за преминаване на ЕМС-изпитванията. Изложени са авторски методи и средства за разрешаване на ЕМС проблеми на вторични електрозахранващи източници (ВЕИ, *SEU*). Те могат да се трансферират за разрешаване на ЕМС проблеми на безпилотни летателни апарати (БЛА) и наземни цели. При въздухоплавателните ВЕС има ограничения на схемния и елементния избор, но основният проблем остава теглото на крайното изделие. Тези фактори и технологично-финансовите ограничения при БЛА затрудняват синтезирането и оптимизирането на ЕМС.



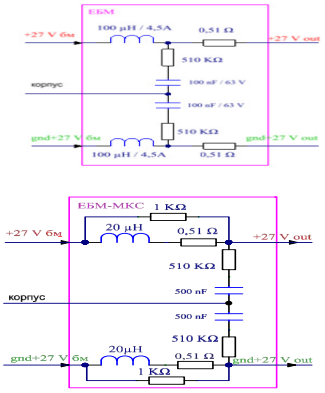
Фиг. 1. Основни пътища на разпространение на шумовете



Фиг. 2. Входен филтър

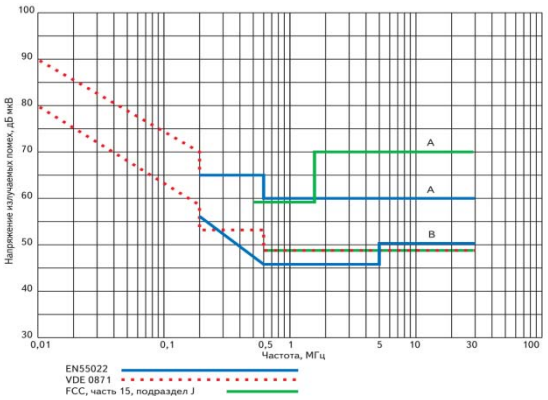


Фиг. 3. Симетрични и несиметрични *EMI*

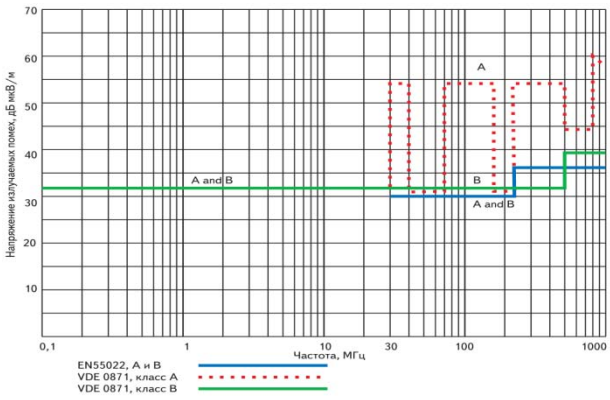


Фиг. 4. Еквивалент на БМ на „Мир" и БМ на МКС

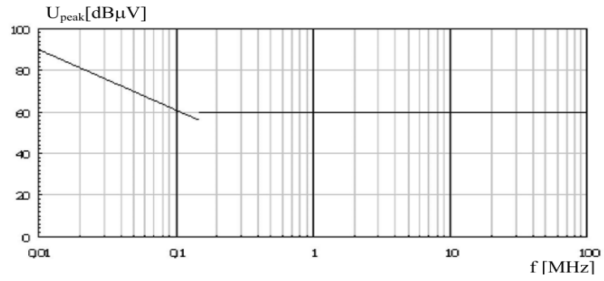
Във ВЕС високата честота на преобразуване *100-500 KHz,* високите значения на *dV/dt* и *dI/dt* водят до възникване на високочестотни шумове. На фиг. 1 е дадено разпространението на ЕМС вътре в кутията на ВЕИ. Паразитните капацитети Ст и Ср (Ст е между намотките на трансформатора, а Ср е между металните тела на ключовите елементи и корпуса на БАА в ролята на радиатор) водят до влошаване на ЕМС. Основните мерки за подобряване на ЕМС са: опроводяване на печатната платка с цел намаляване на шумовете, генерирани от силовите елементи; използване на вътрешни пасивни филтри и употреба на външни за ВЕИ шумоподтискащи филтри (фиг. 2). За БАА се правят две основни проверки: за устойчивост към външни *EMI* и за генериране на *EMI.* Терминът *EMC (ElectroMagnetic Compatibility)* е способността на ВЕИ ефективно да функционира със зададено качество без да създава недопустими електромагнитни шумове за ПЕС и БАА. Под *EMI (ElectroMagnetic Influence)* се разбират електромагнитни явления, които намаляват качеството на функциониране на БАА и ПЕС. Под ниво на *EMI* се има в предвид величината на шума, измерена по регламентирани условия. Според средата на разпространение *EMI* са два вида: в проводяща среда (проводници, проводящи повърхности) се наричат кондуктивни явления, а в пространството се разпространяват електромагнитни излъчвания, тук наричани некондуктивни процеси. Кондуктивните процеси се делят на симетрични (differential mode) и несиметрични (common mode). При ВЕИ за БАА симетричните *EMI* се разпространяват аналогично на протичането на тока между плюсовия и минусовия проводник, а несиметричните - между проводниците и корпуса (или шината за заземяване). На фиг. 3 с пунктир са дадени симетричните, а с цели линии - несиметричните. В син цвят е даден генераторът на *EMI* от ПЕС, а в червен цвят - генераторът на *EMI* от ВЕИ. Според честотния си диапазон *EMI* се делят на следните: нискочестотни *(0 - 9 KHz);* високочестотни *(9 - 150 KHz)* и радиошумове *(0,15 MHz - 1 GHz.).* При измерване на кондуктивни и некондуктивни *EMI* на ВЕИ, се използват еквиваленти на БМ (виж фиг. 4), различни за отделните космически апарати (КА). На фиг. 5 и фиг. 6 са дадени различни граждански стандарти, които може да се сравнят с аналогичните космически от фиг. 7 и фиг. 8, като БАА и НА не трябва да създават шумове над тези норми. При калибрирано измерване на ЕМС в специализирани и нестандартни лаборатории по фиг. 7 лентата на измерване трябва да бъде: *1 KHz* в диапазона *0,01 - 0,15 MHz; 10 KHz* в диапазона *0,15 - 30 MHz* и *100 KHz* в диапазона от *30 - 100 MHz.* Над *30 MHz* се извършват измервания с калибрирани приемни антени както за хоризонтално, така и за вертикално поляризовани вълни. Лентата на измерване трябва да бъде: *1 KHz* в диапазона *0,01 - 0,15 MHz; 10 KHz* в диапазона от *0,15 - 30 MHz; 100 KHz* в диапазона от *30 - 100 MHz* и *1 MHz* в диапазона *0,1 - 1 GHz.*



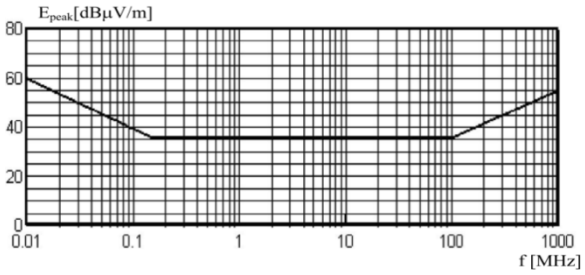
Фиг. 5. Ограничение за кондуктивни шумове в стандарти EN55022, VDE0871, FCC



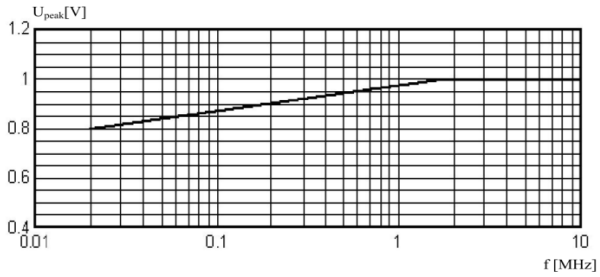
Фиг. 6. Ограничение за излъчени радиошумове в EN55022, VDE0871, FCC



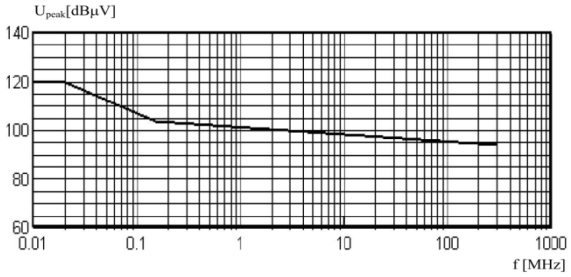
Фиг. 7. Ограничение за кондуктивните шумове, създавани от БАА в БМ на МКС



Фиг. 8. Ограничение на излъчени радиошумове, създавани от БАА на МКС



Фиг. 9. Нискочестотни EMI, от БМ на МКС

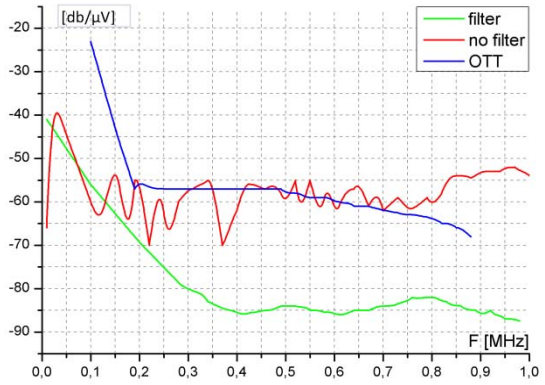


Фиг. 10. Индустриални EMI, от БМ на МКС

ВЕИ и ВЕС като всяка техническа апаратура са уязвими, особено в областта на своята схема на управление на въздействието на силни външни високочестотни магнитни полета. ВЕИ и ВЕС за МКС трябва нормално да функционират при въздействието на пикови значения на радиошумовете, генерирани вътре в МКС (фиг. 9 и фиг. 10). Нормите от фиг. 7 и фиг. 8 са дадени при определено разстояние на приемната антена от БАА и затова е трудно да бъдат сравнени с кривите от фиг. 5 и фиг. 6. По стандарт EN55022 за клас А и В разстоянията са *30 m* и *100 m* съответно, докато при VDE0871 *EMI* се измерват на *10 m* и *30 m.* Когато ВЕИ е в отделна метална кутия, намираща се в металната кутия на една БАА, сравнително лесно се изпълняват изискванията на фиг. 7 и фиг. 8. В този случай ВЕИ преминава изпитванията в състава на БАА.

Методики за подобряване на ЕМС

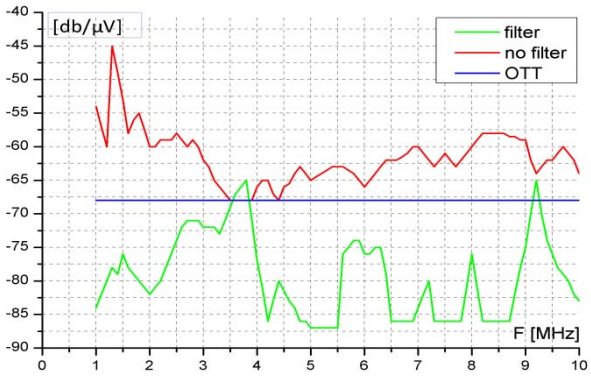
При проблеми с външните *EMI* може да се предприемат следните мерки: екраниране на чувствителните възли; правилно заземяване и минимизация на площта на контурите. При превишаване на вътрешните за ВЕИ и ВЕС *EMI* кондуктивни шумове подходящи са следните методи: изменение на работната честота на ВЕИ; ограничаване на скоростта на нарастване с RC и RCVD вериги (като демпфери, *snabbers);* ограничаване на пиковите нива на паразитните процеси с VDRC фиксатори; употреба на подходящи TVS -диоди (Transient-voltage-suppression) и оптимален подбор на компоненти и разположение. При превишаване на вътрешните за ВЕИ и ВЕС некондуктивни EMI помагат следните способи: минимизация на паразитните капацитети между първичната и вторичната намотка; намаляване на индуктивността на разсейване на



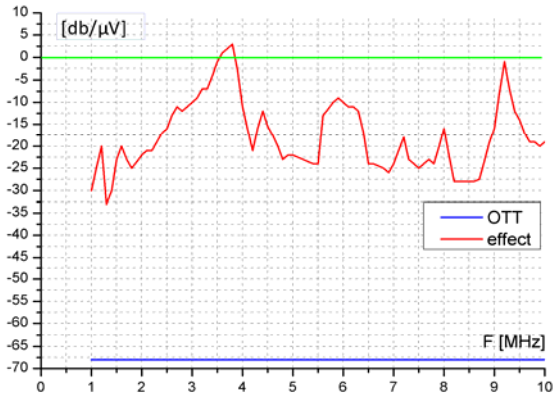
Фиг. 11. ЕМС на БО за 0,01-1MHz



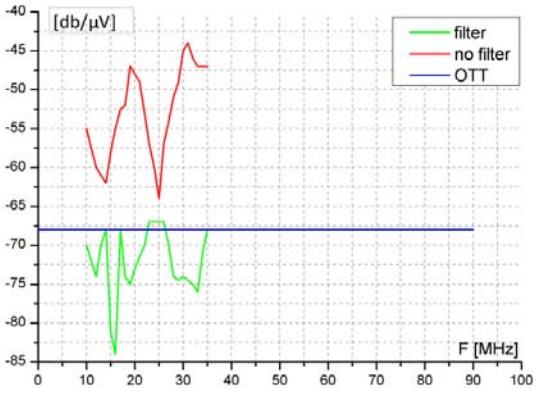
Фиг. 12. Ефект от филтър за БО 0,01-1MHz



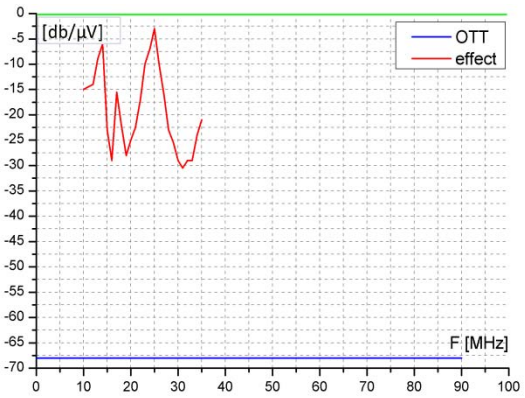
Фиг. 13. ЕМС на БО за 1-10MHz



Фиг. 14. Ефект от филтър за БО 1-10MHz



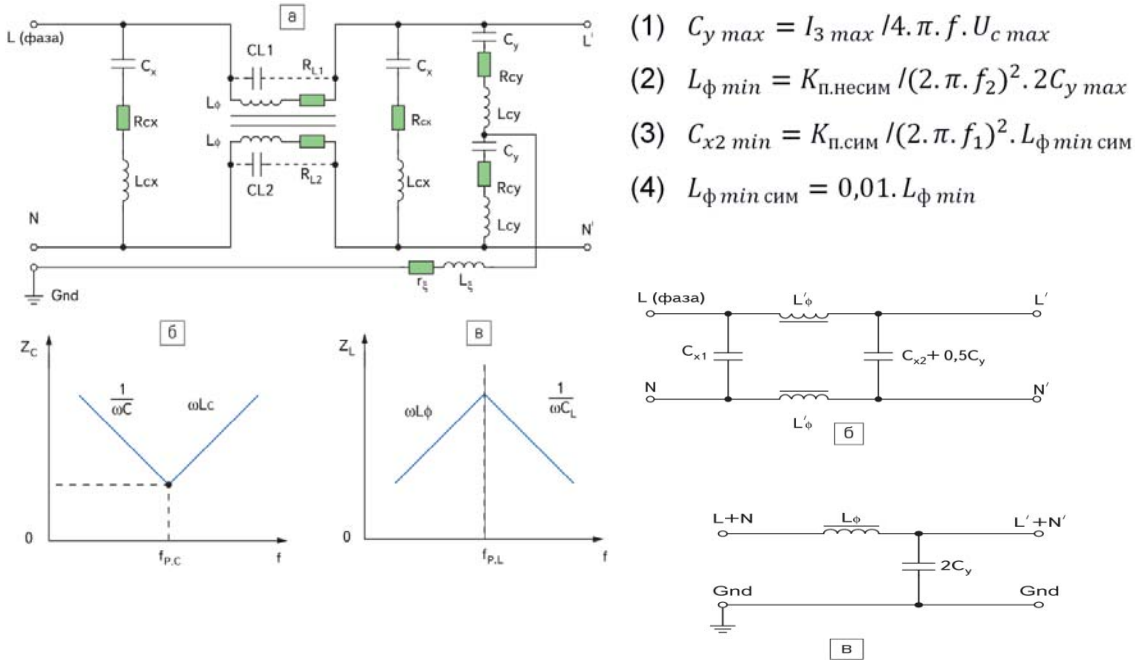
Фиг. 15. ЕМС на БО за 10-100MHz



Фиг. 16. Ефект от филтър за БО 10-100MHz

силовия трансформатор; екраниране на силовите индуктивни компоненти (особено тези с въздушна междина); оптимизация на конструкцията на високочестотните силови трансформатори. Когато в изходните напрежения имаме недопустими по нива кондуктивни шумове, може да се използват: квазирезонансен метод на преобразуване, ограничаване на скоростта на нарастване с RC вериги; демпфери за силовите диоди; високочестотни дросели с минимален паразитен капацитет; шунтиране на електролитните кондензатори с високочестотни кондензатори; използване на проходни кондензатори в изходните шини; оптимизация на свързването на електрическите „земи“. При наличие на големи нискочестотни *EMI* с честота по-ниска от работната за ВЕИ трябва: да се повиши работната честота; да се подобрят параметрите на обратната връзка на ВЕИ или да се смени законът на регулиране с по-оптимален. Когато имаме недопустими нива на първа, втора (и близките до тях) хармонични на основната работна честота, помага използването на двузвенен филтър в БМ.

Даденият на фиг. 17 филтър подтиска с *30 - 90 dB* шумове, намиращи се в честотния диапазон *0,15-30 MHz.* Кондензаторите Cx1 и Cx2 заедно с диференциалния дросел Lф са



Фиг. 17. Еквивалентни схеми на входен филтър

предназначени за филтрация на кондуктивните симетрични шумове, а кондензаторите Су1 и Су2 служат за филтрация на кондуктивните несиметрични шумове на *EMI.* Дроселът Lф е с феритен материал с висока магнитна проницаемост и има две еднакви намотки. На фиг. 11, 13 и 15 са дадени реални данни за ВЕС на бордна българска космическа оранжерия: без филтър (червен цвят); след употреба на авторски филтър (зелен цвят) и космически норми (син цвят). На фиг. 12, 14 и 16 е показан диференциално ефектът от филтъра (червен цвят) и прагът (зелен цвят) на подобрение (надолу) и влошаване (нагоре).

Методиката е приложена и проверена при серийно производство на хиляди екземпляри от четири наземни ВЕИ, произвеждани в България. Положителните резултати от приложението на авторската методика са потвърдени при калибрирани измервания по европейски стандарти в сертифицирани лаборатории в Германия, Холандия, Сърбия и България.

Литература:

1. Протокол №01 Квалификационных испытаний (Етап 2), ГНЦ РФ-ИМБП, *Проект „Нейролаб", система „Нейролаб-Б", КМ 01.055.00.00 зав. №01*, Оцениваемые показатели: Электромагнитная совместимость, 10.11.1995 г.
2. International Space Station Program. *NASA/RSA Joint Specifications/Standards Document for the ISS Russian Segment*, SSP 50094, Revision A, NASA, Johnson Space Center Houston, Texas, March 10, 2000. 551p.
3. S k e t o e J. G . "Integrated circuit electromagnetic immunity handbook", *Tech. Rep. NASA/CR-2000-210017, Boing Information*, Space and Defense Systems, Seattle, WA, 2000.
4. E s t i e n n e, J. P ., F e r r a n t e J. G. "Geometrical & Electromagnetic Modeling for Aerospace Engineering". Proc *„2nd Conference on Advances and Applications of GiD"*, 18-20 February 2004, Barcelona, Spain.
5. Г р а м а т и к о в П. А. , Р. Г. Ш к е в о в, "Изследване на електромагнитното излъчване на микропроцесорна система с космическо предназначение". В: *Scientific conference with international participation „Space, Ecology, Safety"* С., Space Research Institute , 10-13 June 2005, p. 51-122, ISBN 954-438-484-7. http://www.space.bas.bg/SENS/Ses2005/AT3.pdf
6. C l e y t o n , P ."Introduction to Electromagnetic Compabtibility", Second Edition, Department of Electrical and Computer Engineering, School of Engineering, Mercer University, Macon, Georgia and Emeritus Professor of Electrical Engineering, University of Kentucky, Lexington, Kentucky. *Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey*, 2006, pp. 1-983.
7. Г р а м а т и к о в, П. А., Р. Г. Ш к е в о в, "Оптимизация на електромагнитното излъчване на цифрови модули с космическо предназначение", *SENS'2006 Second Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Nanotechnology, Safety"*, Space Research Institute, 27 – 29 June 2007, Varna, Bulgaria.
8. Ш к о р к и н, В. В., Ю. М. К а з а н ц е в, "Снижение помехо эмисии силовых дроселей тороидальной конструкции", *журнал „Известия Томского Политехнического Университета"*, выпуск № 4, том 316, 2010 г.

S E S 2 0 1 4
Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

УСТРОЙСТВО ЗА СЪБИРАНЕ НА ДАННИ НА БАЗАТА НА МИКРОКОНТРОЛЕР PIC18F2550

Константин Методиев

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

Ключови думи: *микроконтролер PIC18F2550, протокол I^2C, WinAPI, mikroC, MS Visual Studio*

Резюме: *В настоящия доклад е разгледан прототип на устройство за събиране на данни на база микроконтролер PIC18F2550. Прототипът е в минимална примерна конфигурация и включва сензор, цитирания микроконтролер и персонален компютър, чрез който се събират данните. Устройството се свързва с компютъра през сериен порт и се разпознава като Human Interface Device (HID). Разгледани са принципната схема, както и разработеното програмно обезпечаване. Софтуерът за микроконтролера е разработен в среда MikroC for PIC (фирма Mikroelektronika, Сърбия), а този за компютъра – в среда Visual Studio (фирма Microsoft, САЩ). Проведени са експерименти, целящи да демонстрират част от възможностите на микроконтролера за провеждане на изследователска работа.*

A DATA lOGGING DEVICE BASED UPON THE PIC18F2550 MCU

Konstantin Metodiev

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

Key words: *PIC18F2550 MCU, protocol I^2C, WinAPI, mikroC, MS Visual Studio*

Abstract: *In the paper hereby, prototype of a data logging device based upon the PIC18F2550 microcontroller unit (MCU) is discussed. The device has a minimum exemplary configuration including a sensor, the MCU mentioned and a PC by means of which the data are being collected. The device is hooked up into the PC through a serial port. It is identified as a Human Interface Device (HID). What is considered further is both the principal circuit and the relevant software. The software meant to the MCU is developed within mikroC environment (Mikroelektronika, Serbia) whilst the software intended to log data is developed by means of Visual Studio (Microsoft, USA). Several experiments have been carried out in order to verify whether the MCU is capable of carrying out scientific experiments.*

1. Теоретична постановка

За разлика от шина RS-232, за която форматът на приемане и предаване на данните не е определен точно, USB е host контролирана шина със собствен протокол. Host устройството управлява комуникацията по шината. Въз основа на това всяка USB транзакция се разделя на следните три елемента: пакет Token, пакет Data и пакет Handshake, [1]. Двоичният еквивалент на всеки пакет е 4-битов, като той се допълва с още 4 бита отляво (инвертирана стойност, т.е. ~(PID)), за да се коригират евентуални грешки по време на транзакцията.

Данните, съставени от пакети, се предават по USB шината по четири начина: обемен (bulk), прекъсване (interrupt), на равни интервали (isochronous) и контролен (control) трансфер. Прекъсването се използва за предаване на малки количества данни. Целта е данните да се обменят по най-бързия възможен начин. Терминът „прекъсване“ в случая няма нищо общо с хардуерното прекъсване при четене/запис на периферни устройства на PC. Размерът на данните е от 1 до 8 байта за ниска скорост, от 1 до 64 байта за пълна скорост и до 1024 байта

за висока скорост на обмен. В настоящото изследване се използва този начин за трансфер на данни на пълна скорост между компютъра и микроконтролера.

Енумерацията е процес на детекция, идентификация и зареждане на драйвери за USB устройство, [2]. След като периферно устройство се включи към host по USB, се изпълнява следната процедура:

- Детекция на устройството. Осъществява се чрез обмен на данни по линии D+ и D–.
- Определяне на скоростта на обмен на данни. Съществуват три режима на работа: ниска скорост (1.5 Mbps), при който се използва 1k5 съгласуващ резистор към високо ниво към линия D–; пълна скорост (12 Mbps), при който се използва 1k5 съгласуващ резистор към високо ниво към линия D+; висока скорост (480 Mbps), при който се използва 1k5 съгласуващ резистор към високо ниво към линия D+. За тази скорост се дефинират две различни състояния J и K в зависимост от напрежението U между D+ и D– респ. U >= +300mV и U <= –300 mV.
- Прочитане на дескриптора на HID устройството. След като се установи връзката и скоростта на обмен на данни, host ще се опита да прочете дескрипторния файл с използване на адрес по подразбиране. Ако операцията е успешна, следва reset на устройството и задаване на уникален адрес. В този дескрипторен файл се намират променливите Vendor ID и Product ID.
- Прочитане на конфигуриращия дескриптор. Този дескриптор има фиксирана дължина от 9 байта. Той дава специфична информация като брой на поддържаните интерфейси и максималната мощност, която HID устройството се очаква да консумира.
- Прочитане на интерфейсния дескриптор. Този дескриптор също има фиксирана дължина от 9 байта. Той дава информация за броя на използваните крайни точки.
- Зареждане на драйвери. Когато HID устройството е напълно идентифицирано, host зарежда драйвери за управлението му. Съчетаването на определено устройство и драйвер зависи от стойностите на променливите Vendor ID и Product ID. След инсталация на драйверите, настройките се записват в регистрите, така че при повторно включване на устройството, драйверът се зарежда автоматично.

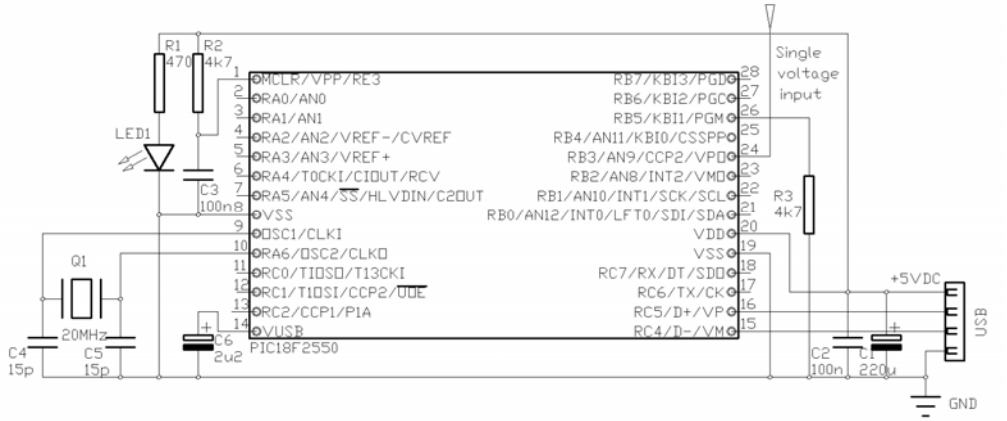
Функциите на Windows API са разположени в различни dll и lib файлове, документацията на които се намира в Windows DDK и Platform SDK. Всяка библиотека за динамично свързване (dll разширение) се съпровожда от един или няколко библиотечни и заглавни файла (респ. lib и h разширение). Библиотечните файлове премахват необходимостта приложението да използва указател към функция от dll файла. Заглавният файл съдържа прототипи на функции, структури и константи, които приложението може да използва непосредствено.

Съществуват следните видове API, посредством които се извършва комуникация между периферно устройство и host, [3]. HID API е сложен интерфейс, чрез който дадена програма има достъп до всяко периферно устройство, както като вход, така и като изход, с изключение на мишка и клавиатура, които разработчиците на Microsoft умишлено са блокирали. DirectInput API осигурява относително разбираем интерфейс за сметка на гъвкавостта. Поддържат се ограничен брой USB HID устройства, например такива за игри. RawInput е нов API и е въведен с Windows XP. Създаден е в отговор на желанието на разработчиците да получат директен достъп до клавиатура и мишка.

2. Материали и методи

Принципната схема на свързване на микроконтролер PIC18F2550 към USB порт е показана на фиг. 1. Кондензатори C3 и C6 са важни с оглед осигуряване стабилността на връзката по USB. Пропускането на тези кондензатори в схемата или само промяна в капацитетите водят до периодично включване и изключване на микроконтролера. Съгласуващ резистор към ниско ниво R3 не позволява на пин 26 (PGM) да активира режим на програмиране ISP когато бит LVP = 1. Резисторът е полезен когато в микроконтролера е зареден bootloader. В този случай пин 25 се свързва към земя.

В разработената програма под Win32 се използват функциите на HID API за комуникация с микроконтролер PIC18F2550. Използван е компилатор Miscosoft Visual Studio 2013. Кодът за програмата в среда OS Windows е адаптиран от скриптове на Jan Axelson, [4], под условията на споразумение GNU General Public License. Подробно описание на използваните функции може да се намери в [5].

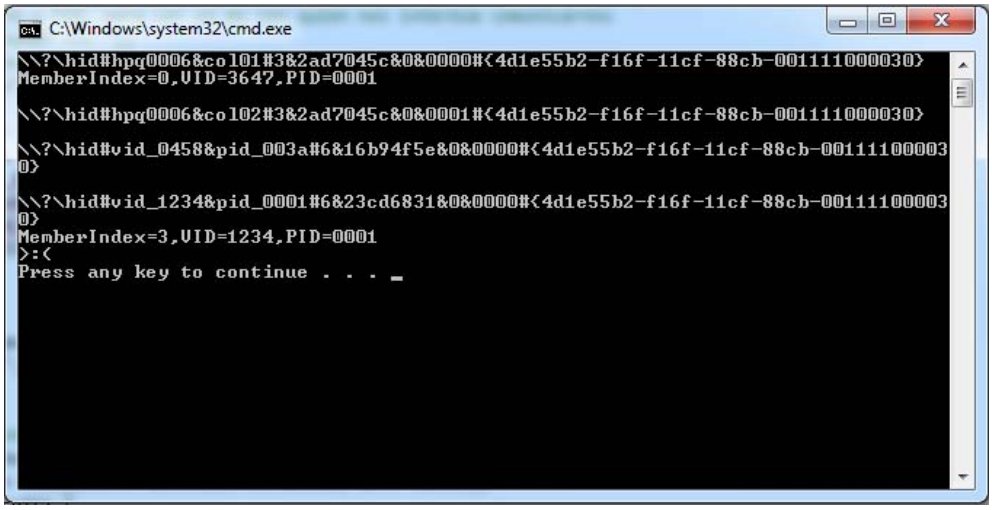


Фиг. 1. Свързване на микроконтролера към USB интерфейс

Алгоритъмът за откриване и комуникация е следния. Функция SetupDiGetClassDevs дава информация за всички устройства от даден клас (в случая HID), които текущо са включени в host устройството, [6]. Първият параметър е т. нар. GUID (Globally Unique Identifier), представляващ уникален за устройството референтен номер. Обикновено GUID се изобразяват като 32-битов шестнадесетичен код по групи, разделени с тирета: {4d1e55b2-f16f-11cf-88cb-001111000030}, фиг. 2. Стойността на параметъра се получава след обръщане към функция HidD_GetHidGuid в библиотека hid.dll. Тази функция резервира блок в оперативната памет, съдържащ масив с данни за всяко включено устройство. Масивите трябва да бъдат подредени в списък (enumeration), за което се използва функция SetupDiEnumDeviceInterfaces в библиотека setupapi.dll. Обръщението към тази функция попълва структура DeviceInterfaceData с детайли за всяко устройство в списъка и връща указател към нея.

Следващата стъпка е обръщане към функция SetupDiGetDeviceInterfaceDetail. Информацията, получавана от тази функция, съдържа път към устройството, който в последствие се използва като аргумент във функция CreateFile. Пътят, освен всичко друго, съдържа променливите VID (Vendor ID) и PID (Product ID), които в последствие се използват за идентификация на дадено устройство.

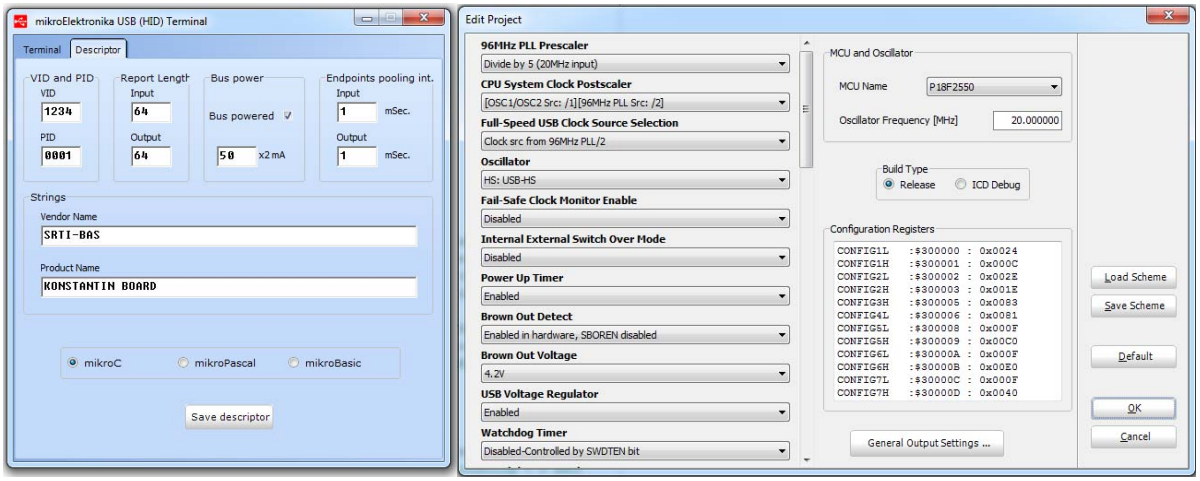
На фиг. 2 са показани стойностите на променливите VID = 1234 и PID = 0001. Те се виждат след спецификатора hid. Пътят се съхранява в структура Psp_Device_Interface_Detail_Data. Последната стъпка е създаване на handle (unsigned long) за четене и писане чрез обръщане към функция CreateFile поотделно. Първият аргумент на функцията е именно полето Psp_Device_Interface_Detail_Data->DevicePath = 23cd6831.



Фиг. 2. Примерна идентификация на включени HID устройства

Създаването на дескрипторен файл в среда MikroC for PIC се осъществява с HID Terminal, който се предоставя с компилатора, фиг. 3. В полета Input се въвеждат дължините на входния и изходен масив символни данни. Тази дължина трябва да съвпада с въведената големина на входния и изходен символни масиви в програмата за микроконтролера.

Максималната дължина е 64 байта. Дескрипторният файл се включва към проекта и се компилира заедно с основния сорс – код, [7]. Настройките на проекта са показани на фиг. 3. Точното въвеждане на посочените стойности на полетата е важно, в противен случай енумерацията е неуспешна.

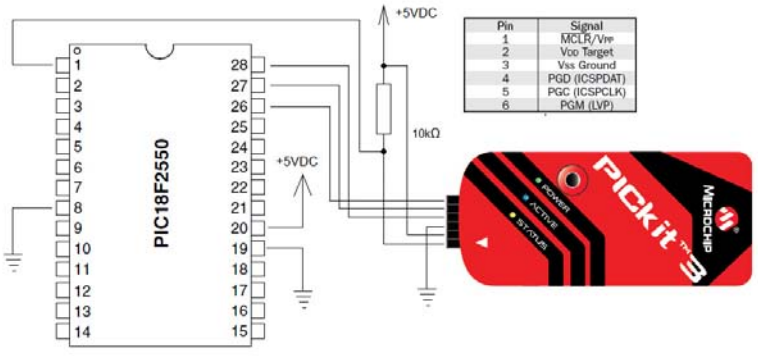


Фиг. 3. Диалог за създаване на дескрипторен файл (ляво) и настройки на проекта в среда MikroC

В микроконтролера е вградена схема за конвертиране на честота от 4 MHz до 96 MHz. Нарича се Phase Locked Loop – PLL. Тази честота се дели на 2, за да се получи работната тактова честота за PIC18F2550, а именно 48 MHz. Микроконтролерът предлага две възможни стойности за тактова честота: 6 MHz (ниска скорост) и 48 MHz (висока скорост). Високата скорост е ошумена и скъпа, което мотивира Microchip да проектира схема PLL. В този случай в падащо меню CPU system Clock Postscaler се избира опция System Clock Postscaler Selection >> 96MHz PLL Src: /2.

Честотата на свързания кристален осцилатор е 20 MHz. Тъй като схема PLL получава на входа 4 MHz, то в падащо меню 96 MHz PLL prescaler се избира опция Divide by 5 (20 MHz input). Честотата на осцилатора се въвежда допълнително в поле Oscillator Frequency [MHz]: 20.000000. Видът на осцилатора High Speed (HS) се избира от меню Oscillator. Накрая задължително се включва USB регулаторът на напрежение от меню USB Voltage Regulator. Регулаторът работи с напрежение 3.3V, вграден е в микроконтролера и е важен за правилната комуникация. Възможно е също това напрежение да се подвежда от външен източник през пин Vusb. Ако се избере вграденият регулатор обаче, пин Vusb задължително се свързва към маса чрез кондензатор C6 на фиг. 1. Самият кондензатор е необходим за регулатора, но капацитетът му е висок и затова не е целесъобразно да бъде вграден в чипа.

Програмирането на микроконтролер PIC18F2550 се извършва с помощта на софтуерен пакет MPLAB X и програматор PICKit3 на фирмата Microchip. В средата на MPLAB X се създава проект Prebuilt (Hex, Loadable Image) Project. В следващите стъпки на диалога се указва вида на устройството и програматора, а така също се посочва пътя до hex файла. Последният е получен в среда mikroC и представлява компилираната програма. Схемата на свързване на програматора към микроконтролера е показана на фиг. 4.



Фиг. 4. Свързване на програматор PICKIT3 и микроконтролер PIC18F2550

Общият вид на използвания хардуер е показан на фиг. 4, 5 и 6. Микроконтролер PIC18F2550, фиг. 4, е в корпус sDIP-28. Сензор Honeywell 40PC006G2A, фиг. 5, е температурно компенсиран преобразувател (transducer) на статично налягане. Захранва се с +5 VDC, а полезният сигнал е в обхвата от 0 до +4.5 VDC единично напрежение. Обхватът на сензора е от 0 до +6 psi gauge. Сензорът възприема само надналягане, [8].

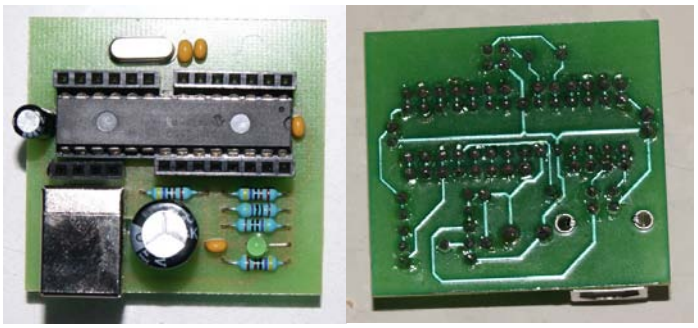
Сензор TC74 (опция A2-5.0VAT), фиг. 5, е цифров термометър с обхват от –40 до +125°C. Захранва се от +5 VDC. Изходният сигнал на сензора е в съответствие с протокол I^2C. Адресът за писане в режим Slave е 0b10010100 (0x94), а този за четене – 0b10010101 (0x95), [9].

Сензор DS1307, фиг. 5, е часовник за реално време, измерващ час и дата. Захранва се от +3.3 VDC. Изходният сигнал на сензора е в съответствие с протокол I^2C. Адресът за писане в режим Slave е 0b11010000 (0xD0), а този за четене – 0b11010001 (0xD1), [10]. Сензорите TC74A2-5.0VAT и DS1307 са свързани последователно към пинове SDA и SCL. Използват се по един съгласуващ резистор към високо ниво от 1k към всяка шина.

На фиг. 6 е показана развойната платка за микроконтролер PIC18F2550. Практическата схема е генерирана в среда ISIS Proteus от принципната схема, показана на фиг. 1. Всички пинове на микроконтролера са изведени на гнездови рейки с изключение на захранване и маса. Към схемата е запоен кристален осцилатор с честота 20 MHz, като капацитетите на стабилизиращите кондензатори C4 и C5 са по 15 pF, [11].



Фиг. 5. Общ вид на преобразувател 40PC006G2A, термометър TC74A2–5.0VAT и часовник DS1307



Фиг. 6. Страна елементи (ляво) и страна спойки на устройството за събиране на данни

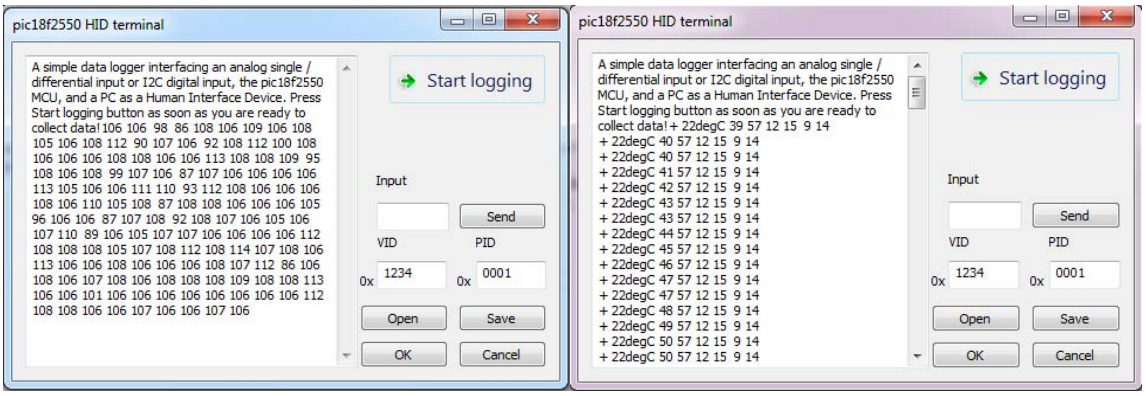
3. Резултати

За проверка пригодността на устройството за събиране на данни, фиг. 6, бяха проведени измервания с преобразувател 40PC006G2A, свързан с аналогов канал AN9 (пин 24) на микроконтролера. Програмата, записана в чипа, изпраща по USB измерените нива на квантуване (integer) под формата на interrupt transfer. Стойностите на измерения сигнал варират в обхвата 0 – 1023 и се записват автоматично на хард диска, като старите данни се запазват (append).

На фиг. 7 е показан screenshot от програмата за събиране на данни. Интерфейсът е modeless dialog box. В полета VID и PID се въвеждат съответните стойности за свързаното HID устройство. Тези стойности са въведени предварително в дескрипторния файл чрез HID Terminal, фиг. 3 и логично трябва да съвпадат. Програмата предлага възможност за ръчно записване и четене на текстови файлове.

След малки корекции същата програма беше използвана за събиране на данни от цифрови сензори TC74A2–5.0VAT и часовник DS1307, свързани последователно по канали SDA и SCL. Примерен screenshot е показан на фиг. 7, дясно. Интервалът на събиране на данни

се задава програмно в Win32, в случая 30 ms за сензор 40PC006G2A и 750 ms за TC74A2–5.0VAT и DS1307.



Фиг. 7. Интерфейс на програмата за събиране на данни от сензор 40PC006G2A (ляво) по аналогов канал и сензори DS1307 и TC74 по протокол I^2C

4. Дискусия

Наблюдават се малки смущения при измерването на фиксирана стойност на налягането чрез сензор 40PC006G2A и АЦП на микроконтролера. На фиг. 7 са показани нивата на квантуване при отворен към атмосферата щуцер на преобразувателя. Установено бе, че и съседните на входния аналогови канали се влияят от постъпващия измерван сигнал. Това наблюдение, както и малката разрядност на АЦП, са причина авторът да не препоръчва използването на модул A/D за измерване на физични величини с висока точност, както и да не се включват сензори с аналогов изход на съседни канали. При измерване със сензор 40PC006G2A е необходимо и предварително да се извърши калибровка с еталонна стойност на налягането. Формулата за пресмятане на измереното налягане във функция на нивата на квантуване може да се кодира допълнително или в програмата за събиране на данни или в third party софтуер, например MS Excel. Тази формула умишлено не е въведена в микроконтролера. Причината е малката разрядност на чипа (8 бита), което води до неточност в аритметичните изчисления и най-вече в действие деление. Освен това технологичното време между две последователни измервания по такъв начин се съкращава значително.

Предимство на цифров протокол I^2C е възможността за свързване на повече от един сензор по канали SDA и SCL. Програмата се обръща към даден сензор по избор посредством адреса за писане. Калибровка в случая не е необходима, тъй като това е ангажимент на фирмите производители на сензорите. Единственото изискване в случая е еднократното сверяване на часовник DS1307 по програмен път.

Алтернатива на модул A/D на микроконтролера е АЦП ADS1015 на фирмата Adafruit, [12]. Изделието цифрова с разрядност от 12 бита, като големината на полезния сигнал може да се програмира. Предлагат се 4 аналогови входа за единично напрежение или 2 за диференциално. Обръщението към всеки аналогов вход става по програмен път посредством активиране на съответни битове в конфигурационния регистър. Резултатите се предават на микроконтролера по протокол I^2C. Калибровка в случая, очевидно, е необходима.

В Интернет се предлагат безплатно програми, с помощта на които се проследява сесия на трансфер на данни по USB протокол. Повечето от тях извършват четене и/или запис през сериен COM порт. В процеса на разработване на софтуера бяха използвани като помощни два програмни продукта, проследяващи трансфер на данни между PC и HID устройство. Тези продукти са алтернатива на представената в доклада програма за събиране на данни. Така например YAT Yet Another Terminal е проект, разработен от частно лице, който се предлага безплатно в Source Forge. С помощта на програмата се тестват серийни комуникации. Поддържат се протоколи RS-232/422/423/485, а така също и TCP-Client/Server/AutoSocket, UDP и USB Serial/HID, [13]. Програмата USBTrace, предлагана от фирмата SysNucleus, представлява USB анализатор. С нейна помощ се проследява трафика между PC и host контролери, хъбове и устройства, включително и HID. Програмата няма безплатен лиценз, [14].

Основното предимство на предложеното устройство е неговата ниска себестойност, както и простота на принципната схема. С помощта на съвременните програмни среди вече е възможно да се разработи необходимият софтуер, както за микроконтролера, така и за PC, без

да се познава хардуерът в дълбочина. Това позволява по-широк кръг от потребители да подготвят самостоятелно апаратура за провеждане на измервания на физични величини.

Литература:

1. I b r a h i m, D., Advanced PIC Microcontroller Projects in C, From USB to ZIGBEE with the PIC 18F Series, ISBN 978-0-7506-8611-2, 2008, Elsevier Ltd.
2. Simplified Description of USB Device Enumeration, Technical Note TN113, 2009, FTDI Ltd.
3. http://at.or.at/hans/research/nime/hid/apis.html
4. http://www.lvr.com/hidpage.htm
5. A x e l s o n, J., USB Complete: Everything You Need to Develop Custom USB Peripherals, Third Edition, ISBN13 978-1-931448-03-1, ISBN10 1-931448-03-5, 2005, Lakeview Research
6. http://www.developerfusion.com/article/84338/making-usb-c-friendly/
7. K i r o l l o s, M. W., HID USB Communication (Pic18f2550 with PC), Ain Shams University, 2013
8. Pressure Sensors 40PC Series, Miniature Signal Conditioned, Interactive Catalog, Honeywell
9. TC74, Tiny Serial Digital Thermal Sensor, Datasheet, Microchip
10. DS1307 64 x 8 Serial Real-Time Clock, Datasheet, Dallas Semiconductor
11. PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet, 2006, Microchip Technology Inc.
12. http://www.adafruit.com/product/1083
13. http://sourceforge.net/projects/y-a-terminal/
14. http://www.sysnucleus.com/

ЦЕЛЕСЪОБРАЗНОСТ ЗА УДЪЛЖАВАНЕ НА ЛЕТАТЕЛНАТА ГОДНОСТ НА МОРАЛНО ОСТАРЕЛИ ВЪЗДУХОПЛАВАТЕЛНИ СРЕДСТВА

Светлозар Асенов[1], Ангелина Чожгова[1], Николай Загорски, Георги Сотиров[2]

[1]Технически университет – София, Филиал Пловдив
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: nzagorski_bbc@abv.bg; angelinachozhgova@gmail.com; asenov49fish@abv.bg; office@space.bas.bg

Ключови думи: *стареещи въздухоплавателни средства, жизнен цикъл, летателна годност, ресурс*

Резюме: *Проблемът с жизнения цикъл на въздухоплавателните средства (ВС) е актуален за съвременната авиация и изисква своевременно разрешаване. Той е особено важен за стареещите самолети и вертолети. Към момента голям брой различни типове ВС в световен мащаб са отработили заложените ресурси (брой полети, летателни часове) и календарно време (в години). Но поради факта, че тези стареещи самолети и вертолети практически е невъзможно да бъдат заменени с нови модели, то авиационните органи са принудени да търсят решение на този изключително важен проблем. В доклада са разгледани целесъобразността за удължаване на летателната годност на ВС и възможните проблеми от икономически и организационно- технически характер.*

APPROPRIATE TO EXTEND THE AIRWORTHINESS OF OBSOLETE AIRCRAFT

Svetlozar Asenov[1], Angelina Chozhgova[1], Nikolay Zagorski, Georgi Sotirov[2]

[1]Technical University – Sofia, Branch Plovdiv
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: asenov49fish@abv.bg; angelinachozhgova@gmail.com; nzagorski_bbc@abv.bg; office@space.bas.bg

Keywords: *ageing aircraft, life cycle, airworthiness, resource*

Abstract: *Life-cycle management of resources of aircraft is a current issue for modern aviation, which requires timely resolution. In particular it is highly important for the aging aircraft and helicopters. Nowadays a large number of different types of aircraft all around the world are set exhaust resources (number of flights, flight hours) and calendar time (years). Moreover, since these aging aircraft and helicopters impossible to be replaced with new ones, the aeronautical authorities are forced to cope with this major issue. The paper justified the reasons for extending the airworthiness of the aircraft, as well as outlines the economic, organizational and technical problems in this regard.*

Въведение

Проблемът с ресурса (жизненият цикъл) на конструкциите на въздухоплавателните средства (ВС) е особено актуален за съвременната авиация. Той придобива важно значение за стареещите (продължително експлоатирани) ВС. Към настоящия момент много типове ВС са отработили ресурса, заложен в етапа на проектиране (брой полети, пролетени часове), както и срока на работа (измерван в години). Поради това, че тези ВС практически е невъзможно да бъдат заменени с нови типове, то авиационните власти са принудени да удължават ресурса и срока на работа на стареещите ВС над определеният им ресурс.

По стандартите на Международната организация за гражданска авиация ICAO (International Civil Aviation Organization), така наречени, "стари" и "нови" ВС не съществуват. Основният критерий, свързан с безопасността е летателната им годност, а не тяхната възраст. Пряка зависимост между катастрофите на ВС и възрастта им няма. Статистиката показва, че

броя катастрофи в света за самолети с повече от 50 места, в последните пет години е еднакъв за самолетите на възраст до 5 години и тези с над 30 години [4].

Формулиране на проблема

В момента в САЩ, Европейския съюз (ЕС) и Русия около 70% от ВС, които са в експлоатация, имат срок на служба и ресурс, който е 1,5 - 2,5 пъти над заложените при проектирането. Тези ВС са произведени през 60-те години на миналия век. Проектирани са със срок на работа 20 - 25 години, а към настоящия момент тези срокове са над 50 години (например: Ил-18, Ан-12, Локхид „Електра", С-130 и др.) [6]. Американският бомбардировач В-52, създаден в края на 40-те и началото на 50-те години на миналия век има вече назначен срок на служба около 80 години. В ЕС за стареещи се считат ВС, срокът на служба на които надхвърля 15 години. В този период могат да се променят характеристиките на конструкцията на планера, електрическите кабели и др.

Погледнато хронологично, проблемите със стареенето на ВС се решават в два периода, разделени от 1988 година, годината на катастрофата със самолета Боинг-737-200 на авиокомпанията "Алоха". Тогава Авиационното управление по безопасни превози на САЩ (NTSB) определя тази авария като крах на националната система за техническо обслужване на ВС [6]. Под егидата на Федералната авиационна агенция на САЩ (FAA) е организиран международен екип за разглеждане на въпросите на техническото обслужване на ВС. Конгресът на САЩ приема специален акт по авиационна безопасност, който възлага на FAA да разработи дългосрочна изследователска програма по проблемите на стареещите ВС. В работата по програмата взимат участие NASA, Министерството на отбраната (DoD) и много университети [9].

Програмата за поддържане на стареещи ВС обхваща следните въпроси:

- допълнителни прегледи на конструкцията;
- ремонт на конструкциите;
- конструктивни модификации;
- програми за защита от корозия;
- програми за отстраняване (WFD);
- ограничение на ресурсите (LOV).

Извършена е промяна на Нормите FAR 25.571 чрез поправка 96 към FAR 25.571, потвърдена с циркуляр АС 25.571-1С, в която три са най-важните промени:

•изискването да се включат производствените дефекти, като източници на повреди;

•изискване да се началото на прегледите;

•изискване за потвърждаване с достатъчно количество натурни изпитвания на умора. Доказателство, че повредите от умора на материала (WFD) няма да се реализират в течение на определения технически ресурс на ВС [8].

Усъвършенстването на системата за техническо обслужване и ремонт (ТОР) зависи от степента на взаимодействие между обективно съществуващия процес на промяна на техническото състояние на обекта и процеса на техническата експлоатация, предназначен за поддържане на летателната годност и работоспособност на ВС. Системата за ТОР, основана на предварително определен обем от възстановителни работи, в планирани интервали от време или наработка независимо от фактическото състояние на системата или изделието, осигурява слабо взаимодействие между посочените процеси за поддържане на необходимото ниво на надеждност на обектите и ефективност на използване.

Решения на изследвания проблем

Инженерният подход при формиране на стратегията за поддържане и възстановяване изправността на стареещите ВС е ограничаване на количеството разглеждани възможни направления и пътища за решаване на тази задача. Тя се състои от множество взаимосвързани елементи, поради което описването на функционалните връзки на този процес се извършва с много уравнения и неравенства със значителен брой променливи. Всичко това налага прилагането на математически модели и съвременни методи за оптимизация, задълбочен анализ на функционалните връзки и алгоритми за оптимизация на процеса [1, 3, 5].

За да се отчетат частните свойства на ефективността на процеса на поддържане на летателната годност на стареещите ВС се въвеждат три вида показатели: W – целева ефективност; С – стойност и Т – продължителност. Във всяка сложна организационно-техническа система, за всяка конкретна задача, списъкът на показателите се определя от целта и същността на планираното мероприятие. Например стойността С може да отразява разходите на материалните ресурси, измерени в натурални единици или разхода на ресурси в

парично изразяване. Показателят на целевата ефективност W показва смисъла на ефективността на извършеното мероприятие – удължаване на жизнения цикъл на ВС. Показателят на продължителността Т отразява продължителността на цялостния цикъл на определени етапи.

В зависимост от целта на решаваната задача, всеки един от избраните показатели се избира в качеството си на целева функция, а на другите два показателя се налага ограничение.

В най-общ вид се формулират три варианта на задачата за оптимизация, които математически се описват по следния начин:

$$(1)\quad \begin{aligned} &W \rightarrow \max,\ C \le C_{план},\ T \le T_{зад} \\ &C \rightarrow \min,\ W \ge W_{план},\ T \le T_{зад} \\ &T \rightarrow \min,\ W \ge W_{план},\ C \le C_{план} \end{aligned}$$

където $C_{план}$ е обем на планираните ресурси за изпълнение на удължаване на жизнения цикъл на ВС, $W_{план}$ – минимално планирана стойност на показателя за целева ефективност, $T_{зад}$ – максимално допустима продължителност на изпълнение на процеса, удължаване на жизнения цикъл на ВС.

В зависимост от конкретно поставената цел се решава всеки един от посочените варианти, анализират се резултатите за всеки вариант и се избира пътя и рамката за изпълнение на поставената задача – удължаване на жизнения цикъл на ВС.

Известно е че, всеки образец ВС потенциално притежава определено качество, а процесът на неговото използване в съответствие с неговото предназначение се характеризира с определена ефективност. Поради факта, че ефективността на използване на един образец ВС съществено зависи от неговите технически характеристики, най-целесъобразно е за количествена оценка на ВС с удължен ресурс да се използва – коефициент на ефективност на възстановяване $K_{ев}$, който се определя от израза:

$$(2)\quad K_{ЕВ} = \frac{\Delta K_{М}}{\Delta K_{П}}$$

където $K_{ЕВ}$ е коефициент на ефективност на мероприятията за удължаване на ресурса на ВС, $\Delta K_{м}$ – прираст на интегралния показател на качеството на базовия образец ВС за сметка на предполагаемите мероприятия за удължаване на ресурса на ВС, $\Delta K_{п}$ – разсъгласуване на интегралния показател на качество на базовия образец ВС спрямо техническите изисквания на перспективния (ВС с удължен ресурс) образец ВС.

Всеки един от показателите може да бъде определен със следните изрази:

$$(3)\quad \Delta K_{М} = K_{КВСМ} - K_{КВСБ}$$

където $K_{КВСМ}$ е коефициент на качеството на образеца след извършване на мероприятия за удължаване на ресурса на ВС, $K_{КВСБ}$ – коефициент на качеството на базовия образец ВС.

Разсъгласуването на интегралния показател на качеството $\Delta K_{П}$ се изразява чрез:

$$(4)\quad \Delta K_{П} = K_{ТХМ} - K_{КВСБ}$$

където $K_{ТХМ}$ е коефициент за качество на образеца ВС с удължен ресурс съгласно ТХ, $K_{КВСБ}$ – коефициент за качество на базовия образец.

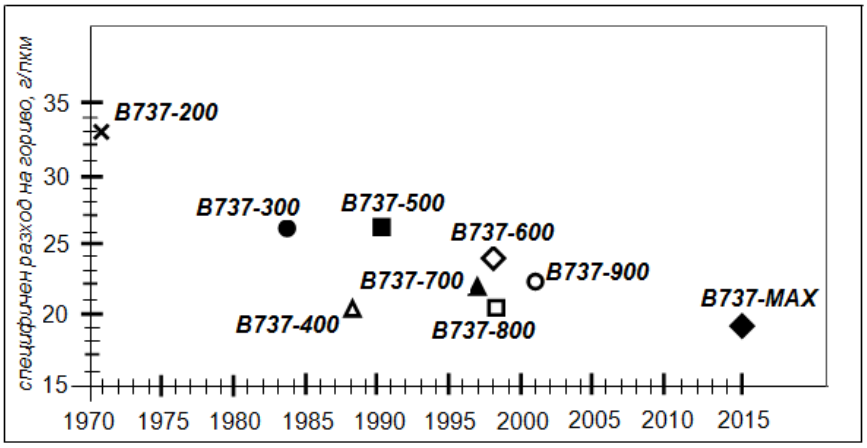
При условие $R_{оствт} / T_{оствт} < R_{гнвт}$ изразът е от следния вид:

$$(5)\quad \frac{K_{ТНМi}}{K_{ТН}} \bullet \frac{\dfrac{C_{ОССТВВ}}{T_{ОСТВВТ}} + C'_{ЕРТВВТ}}{\dfrac{(C_{ОСТВВТ} + C_{Мi}).R_{ГНВВТ}}{R_{ОСТВВТ} + \Delta R_{ВВТМi}} + C'_{ЕРТВВТ}} \ge 1 \Rightarrow \max$$

Съществуват редица варианти за поддържане на летателно-техническите характеристики (ЛТХ) на стареещите ВС. Например в резултат на модернизация коефициентът на техническото ниво на і-тия модернизиран аналог (i=1…n) може да нарасне до величината $K_{тнмі}$. Принципно се залага при модернизация на ВС по і-тия вариант да се увеличи неговия

жизнен цикъл (пределния срок на експлоатация) – с $\Delta T_{ввтмі}$, а пределния ресурс на експлоатация – с $\Delta R_{ввтмі}$. Стойността на модернизацията на і-тия вариант ще се оценява с величината $C_{мі}$, а средната годишна стойност на експлоатационните разходи ще се определя от $C_{ЕРввтмі}$. Като предпочитан вариант на модернизация следва да се избере този, за когото е максимално съотношението на коефициентите на техническото ниво на модернизация и базов образец ВС отнесени към сумата от средногодишните амортизационни и експлоатационни разходи [5].

По-голямата част от традиционните технологии в областа на гражданското самолетостроене в настоящия момент са близки до изчерпване на пределите за усъвършенстване на ВС. Това се потвърждава например и от данните за динамиката на основните тактико-икономически показатели на авиационните двигатели на съвременните ВС. На фиг. 1 е представен специфичният разход на гориво, пресметнат за пътнико-километър, на средномагистралните пътнически самолети от семейството Boeing-737. Намаляването на специфичния разход на гориво за периода 1970 - 2015 г. за различните модели Boeing-737 се осъществява с незначителни темпове, като този процес на намаляване на разхода на гориво е съпътстван с рязко увеличаване цените на изделията. Така например, пресмятанията показват, че горивната ефективност на новия перспективен модел Boeing-737MAX, на който лететелните изпитания ще започнат през 2016г. ще се подобри с 14%, като цената на самолета прогнозно се счита че ще бъде 90 - 100 млн. $, което е значителен ръст 20 - 30 % в сравнение с предходните модели [7].



Фиг. 1. Специфичният разход на гориво на пътническите самолети Boeing-737

Ако разгледаме динамиката на авиационния пазар на пътнически самолети и приемем,че цената расте с времето по закон $C_{ГСМ}$ (t), а параметрите на новите изделия, предлагани на пазара през годината t приемат следните значения:

- среден специфичен разход на горивото –g(t);
- разходи за ТОР – $C_{ТОР}$(t);
- амортизационни разходи за пролетян час – $C_{АМ}$(t)

Тогава, през годината τ, оперативните разходи за експлоатация на изделията произведени през периода τ<t, пресметнати за пролетян час, ще се определят по следната формула:

(6) $$C_{ОПЕР}\ (\tau < t) = C_{ТОР}\ (\tau) + g\,(t).P_{ГСМ}\ (t)$$

Пълните експлоатационни разходи (пресметнати за един пролетян час) за новите ВС, произведени през годината t, се определят по следната формула:

(7) $$C_{час}^{нов}\ (t) = C_{час}\ (t,t) = C_{АМ}\ (t) + C_{ТОР}\ (t) + g\,(t).P_{ГСМ}\ (t)$$

Като се съпоставят тези величини, всяка авиационна компания (АК) формира своята техническа политика за удължаване експлоатацията на ВС, произведени през годината τ, или тяхната замяна с нови самолети и вертолети.

Ако едновременно се изпълняват следните неравенства:

(8,9) $$\begin{cases} C^{нов}_{час}(t-1) > C_{опер}(t-1,\tau); \\ C^{нов}_{час}(t) < C_{опер}(t,\tau); \end{cases},$$

то самолетите, произведени през годината т, стават морално остарели през годината t и даже техният ресурс да не е изчерпан до края, авиокомпаниите ще се стремят да ги подменят с нови. По този начин, времето на морално остарелите ВС, произведени през годината т ще се измерва с Δt (т)= t – т. При това, експлоатацията на ВС трябва да бъде преустановена в момента на изчерпване на общия технически ресурс.

Ако приемам, че средногодишното пролетяно време на едно ВС за година е μ, а интензивността на експлоатация на ВС в периода на моделиране не се променя съществено, то ресурсът на ВС ще бъде напълно изработен след $\frac{T}{\mu}$ години (където Т – общ ресурс на ВС) и самолета ще бъде свален от експлоатация.

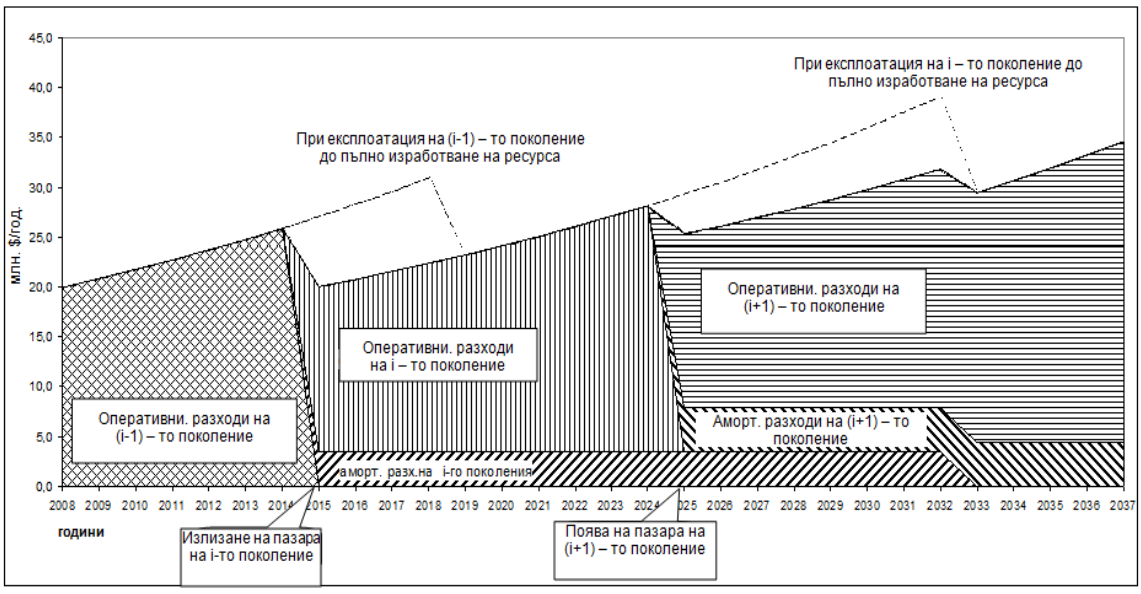
По този начин фактическия срок на експлоатация на ВС се определя съгласно условията на израза:

(10) $$\Delta t_{факт}(\tau) = \min\left\{t-\tau; \frac{T}{\mu}\right\}$$

Ако условията (8) и (9) се изпълняват продължително време, то е възможно да възникне режим на верижна смяна на поколенията. При него ВС преустановяват да се експлоатират и се бракуват, като се заменят с по-икономични новопроизведени, които също ще бъдат снети от експлоатация след определено време при появата на нови, по-съвършени ВС. Този цикъл се повтаря периодично. Поради факта, че при посочената верижна подмяна на новите поколения ВС, закупените за замяна на морално остарелите след време също морално остаряват, то след няколко години експлоатация се преустановява и тяхното използване. Поради това фактическият им срок на използване е по-малък от очаквания в момента на закупуване. Всички тези разсъждения влияят при вземане на решения от страна на АК при придобиване на нови ВС. Подновяване на парка от ВС и извеждане от употреба на старите самолети е целесъобразно за АК само при изпълнение на условието:

(11) $$C^{нов}_{АМ} = \frac{P^{нов}}{T^{нов}}, C^{стар}_{опер} - C^{нов}_{опер}$$

При изпълнение на условие (11) ресурсът на новите ВС няма да се оползотворява напълно, поради което АК търпят значителни загуби.



Фиг. 2.

На фиг. 2 е показано, че възможността за преждевременно извеждане от експлоатация на ВС от ново поколения не намалява заинтересоваността на АК за тяхното закупуване при изпълняване на условията в (8, 9).

Заключение

Изложените виждания, направените пресмятания и предложените критерии за възстановяване изправността на стареещи ВС налагат следните основни изводи:

- съществуват редица финансово-икономически алтернативни пътища за решаване на проблема с ресурса на стареещите ВС и тяхната подмяна;

-този процес е икономически най-целесъобразен при постигане на високи показатели по критерия “стойност-ефективност-време”.

Литература:

1. Бабаев, Б., С. Круглов. Моральный износ техники. Современное состояние проблемы. Иваново, 1985.
2. Владов, М., Г. Сотиров, Д. Добров. Методика за прогнозиране на остатъчния ресурс на носещия винт на вертолета, Хемус, 2012. ISSN 1312-2916, стр. 132-138.
3. Клочков, В., А. Шкадова, А. Ждановский. Экономические аспектыморального устаревания техники. Технология машиностроения, 2008, с. 65-70.
4. Книвель, А. "Новые" – "старые" воздушные суда. Анализ риска. Сайт- ФГУП "АВИАПРОМСЕРВИС".
5. Круглов, С. Моральное старение техники. Автореферат диссертации, Ивановский государственный унивирситет, 1997.
6. Нестеренко, Б., Г. Нестеренко. Ресурс конструкции стареющих транспортных самолетов.
7. Презентация фирмы "Боинг". Статистический отчет о несчастных случаях на коммерческих реактивных самолетах. Мировая практика 1959-2012.
8. Nesterenko, B. G., G. I. Nesterenko. Analysis of requirements on fatigue and damage tolerance for civil transport airplanes. Proceedings of the 26–th Symposium of the International Committee on Aeronautical Fatigue, Montreal, Canada, 1-3 June, 2011, p. 39-59.
9. Swift, T. Fail-safe design requirements and features, regulatory requirements. AIAA/ICAS International Air and Space Symposium and Exposition: The next 100 Years, 14–17 July 2003, Dayton, Ohio, AIAAA 2003-2783, 23 p.

Благодарности

Работата беше подкрепена финансово от Вътрешен проект към ТУ София за подкрепа на докторанти 142ПД0024-24/27.03.2014г.

S E S 2 0 1 4
Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

ПРИЛАГАНЕ НА СЪВРЕМЕННИ МЕТОДИ ЗА ОЦЕНКА НА АВИАЦИОННАТА БЕЗОПАСНОСТ И УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА В АВИАЦИОННИТЕ СИСТЕМИ

Николай Загорски, Ангелина Чожгова[1], Светлозар Асенов[1], Георги Сотиров[2]

[1]Технически университет – София, филиал Пловдив
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: nzagorski_bbc@abv.bg; angelinachozhgova@gmail.com; asenov49fish@abv.bg; office@space.bas.bg

Ключови думи: *анализ на риска, системи за управление на авиационна безопасност*

Резюме: *В традиционните системи за оценка на надеждността на сложни системи се решава задачата за определяне на показатели за безопасността, в случай че възникнат особени функционални откази, които водят до авария или катастрофа. Такива събития се случват изключително рядко, с вероятност близка до нулата. Такива събития трудно се поддават на анализ с използване на методите на теорията на надеждността.*

IMPLEMENTATION OF MODERN METHODS OF EVALUATION OF AVIATION SAFETY AND RISK MANAGEMENT IN THE AVIATION SYSTEM

Nikolay Zagorski, Angelina Chozhgova[1], Svetlozar Asenov[1], Georgi Sotirov[2]

[1]Technical University of Sofia, Plovdiv Branch
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: nzagorski_bbc@abv.bg; angelinachozhgova@gmail.com; asenov49fish@abv.bg; office@space.bas.bg

Keywords: *Risk analysis, safety management system*

Abstract: *In traditional systems to assess the reliability of complex systems to solve the task of identifying indicators for safety in the event that any particular functional failures that lead to an accident or disaster. Such events are extremely rare, with a probability close to zero. Such events are difficult to analyze using the methods of the theory of reliability.*

Въведение

В традиционните системи за оценка на надеждността на сложни системи се решава задачата за определяне на показатели за безопасността, в случай че възникнат особени функционални откази, които водят до авария или катастрофа. Такива събития се случват изключително рядко, с вероятност близка до нулата. Такива събития трудно се поддават на анализ с използване на методите на теорията на надеждността, доколкото съществуват определени неясноти във взаимната връзка на приложните полета на теорията на безопасността на системите и теорията на надеждността в различните класове „safety“ (безопасност) и „security“ (сигурност), както и определени проблеми при математическата обработка на информацията от материали при малки обеми на статистическите извадки.

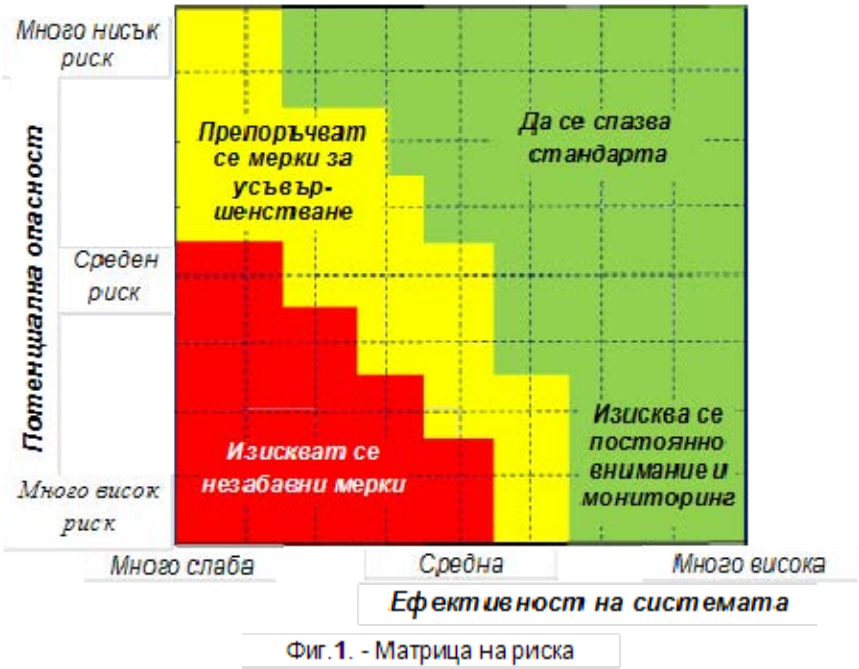
Необходимо е да се анализират и систематизират съвременните методи за анализ на риска и управление на безопасността и сигурността на системата на основата на разработване на модели за опасностите, оценка на риска и определяне на нивото на безопасност, като се отчитат характеристиките на надеждността на изделията и показателите за летателна годност при внедряване в дейността на авиационните оператори на Системи за управление на авиационната безопасност (Safety Management System – SMS).

Понятието „безопасност на полетите“ се основава на определянето на смисъла безопасност като състояние на авиационните системи с приемливо ниво на риска за възникване на нежелателни последствия или загуби в условията на въздействие върху разглежданите системи на опасни фактори, които са породени от външната среда или от самата система. Съвременните методи за анализ на риска от злополуки и неблагоприятни събития и за управление на безопасността на системата са разработени на основата на създаване на модели на опасностите и заплахите, оценка на рисковете и определяне на нивото на безопасността с отчитане на надеждността на отделните елементи и показателите за летателна годност на въздухоплавателните средства при разработване и внедряване на Системи за управление на авиационната безопасност (СУАБ) в дейността на авиационните оператори от гражданската авиация.

За основа при определяне и класифициране на рисковете се приемат признаците за опасни събития, които притежават такива свойства, като „случайност“ за възникване на събитията и произтичащите от тях „загуби“. При това, физическият смисъл на понятието „риск“ (от възникване на опасни събития) се дефинира като математическа категория, а съответната величина на риска или неговото измерване (това, което е възможно да бъде измерено, или това, което може да бъде управлявано с използване на принципите на класическата теория на управлението) се определят на основата на това възможно явление (или събитие), където прилагането на понятието риск е възможно, полезно и необходимо за постигане на целите.

1. Безопасността при функциониране на сложни системи

В настояще време широко се използва формула за оценка на риска, определен в размити множества, където резултатът се получава във вида „Значителен риск“, „Незначителен риск“, „Голям риск“, „Малък риск“ и т.н. Тези характеристики на „риска“ (като определена категория) дават основание същият да се разглежда като математическа величина (символи X, Y, Z), която задава прогнозираното количество опасност в нестандартни (непланирани и застрашаващи сигурността) състояния на системата, когато е възможно да възникне опасно или рисково събитие R (където, както и в теория на надеждността, със символа R се означава дискретно събитие, което може да се случи, а може и да не случи). Съответно, и „състоянието на системата“ може да се приеме в първо приближение (в смисъла на определенията на теория на надеждността) като комбинация на елементите, които се намират във физически състояния от типа „отказ“ или „липса на отказ“. На фиг. 1 е показана матрицата на риска, в зависимост от ефективността на системата и потенциалната опасност.



Фиг.1. - Матрица на риска

Основните възможни направления при анализа на риска в процеса на функциониране на системите са следните:

- „вероятностен и статистически анализ на безопасността на системите“ с методите на теория на надеждността на основата на понятията за функционалната надеждност на системите от вида „Ако е надеждно, то значи е безопасно“, като при това се допуска, даденото твърдение е напълно вярно, ако е определена някаква незначителна (по стойност) вероятност до първи (функционален) отказ на системата като цяло;

- „анализ на безопасността на системата като състояния в дискретното вероятностно пространство“ посредством сравняване на потенциалните (изчислени) рискове с „приемливите рискове“ да възникне катастрофа с вероятност „почти равна на нула“.

Основните принципни разлики в подходите на анализ на риска в процеса на функциониране на системите на теория на надеждността и на безопасността на системите са следните:

- в теорията на системната безопасност и съгласно международния стандарт ISO 8402 (Quality management and quality assurance – Vocabulary), понятието „безопасност“ е състояние (а не свойство), в което са отчетени характеристиките на източниците на заплахи, опасности и т.н.;
- в теория на надеждността понятието „безопасност“ се разбира като свойство (застъпвано години наред в публикациите на редица автори, което в настояще време предизвиква силни съмнения).

Според основните схващания на теория на надеждността (по отношение на безопасността) се подразбира, че ако „системата е надеждна“ (в смисъла на функционално надеждна), то „системата е безопасна“. В този смисъл, „безопасността – това е свойство“, и „въздухоплавателното средство се приема за безопасно, ако отговаря изискванията на действащите правила и норми“. Но трябва да се отчита, че в приложното поле на теория на надеждността не може коректно да бъде оценена безопасността в особени аварийни случаи на функциониране, доколкото за сметка на повишаване на надеждността като „свойство“ може да бъде дадена само препоръка за „преместване в посока на безкрайността“ на момента, в който ще настъпи катастрофа.

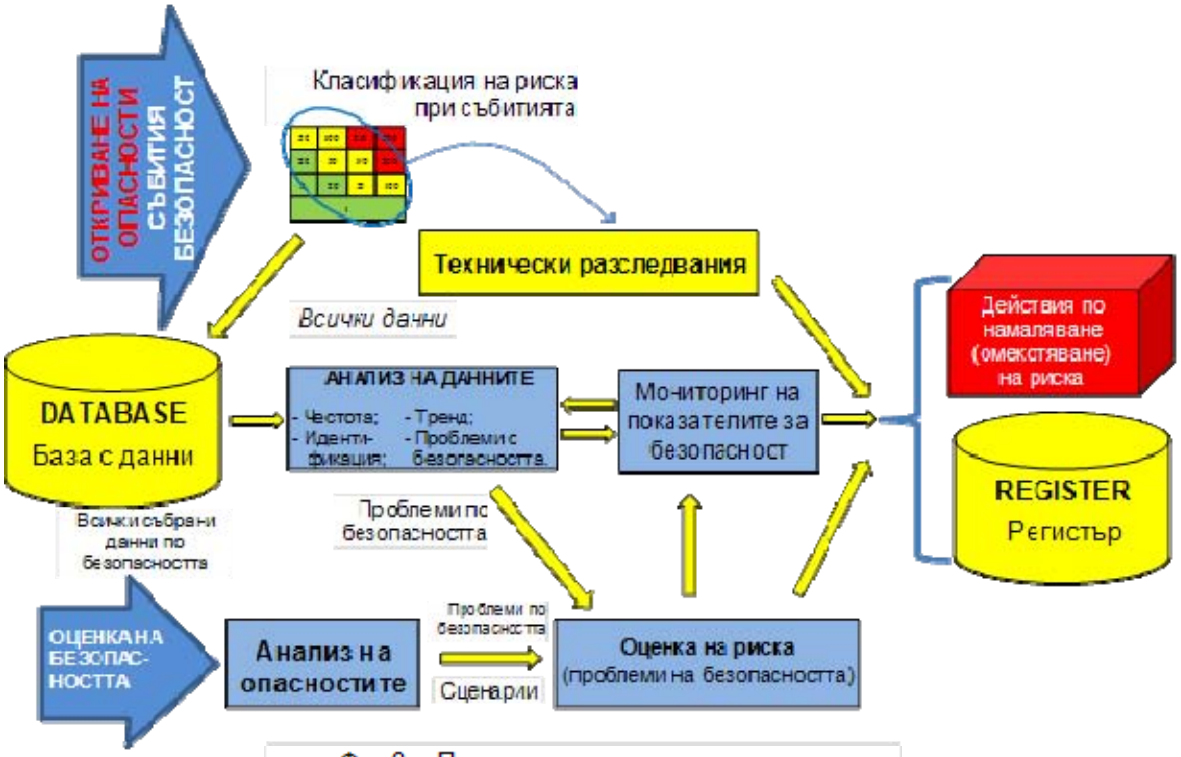
По такъв начин, би трябвало да се върви към отказ за използване на остарели понятия – такива, като „Безопасността … – това е отсъствие на недопустим риск … и т.н.“. Все повече експерти по авиационна безопасност се изказват против използването на „архаизма“, формулиран през 60-те години на XX-ти век в приложното поле на теория на надеждността: „Рискът – това е вероятност, обратна на вероятността за надеждна работа“. В твърдения от този вид има редица неточности, като например: произведението на правата и обратната величини е равно на единица, поради което може да става въпрос единствено за вероятността на допълващата функция на надеждността до единица.

2. Безопасността при функциониране на сложни системи

Международната организация за гражданска авиация (ICAO – International Civil Aviation Organization) разработи нов стандарт за Система за управление на авиационната безопасност за различните авиационни организации, включващи авиационни оператори, организации за техническо обслужване, организации за обслужване на въздушното движение, летищни оператори. Най-важна роля в Системата за управление на авиационната безопасност има оценката на риска. От друга страна, по много причини оценката на риска представлява изключително сложна задача. Използваните преди няколко десетилетия методи се характеризираха с висока степен на субективизъм, условности и други сложни моменти.

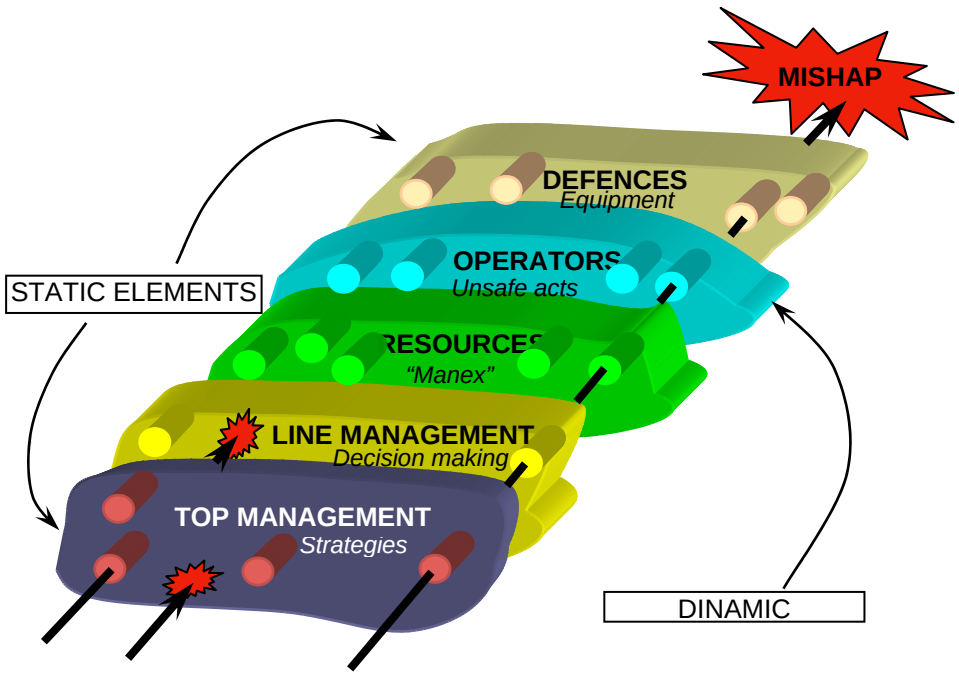
Първият етап от процеса на оценка на експлоатационния риск е класификацията на риска на отделните събития и представлява първоначален анализ на събитията за да бъдат определени необходимите коригиращи действия и провеждане на по-нататъшно изследване на системата. Този етап служи за идентификация на всяко събитие посредством определяне на числената стойност на свързаните с тях рискове – изключително важно за създаване на статистическа база с данни за авиационната безопасност, които са отражение на идентифицираните рискове. Следващият етап от процеса представлява анализ на данните за известните проблеми на безопасността (Safety Issues). След това рискът от идентифицираните проблеми за безопасността детайлно се оценяват с помощта на специална методика за оценка на такива рискове. Като цяло този процес осигурява възможност за формулиране на всички необходими мероприятия за повишаване на авиационната безопасност, за създаване на системен регистър за по-нататъшен контрол на рисковете и на свързаните с тях коригиращи мероприятия. В крайна сметка това трябва да осигури възможности от осигуряване на функциите на мониторинг за нивото на безопасността, както и да бъде използвано за оценка на рисковете при управление на измененията, което представлява необходимият елемент на системата за управление на авиационната безопасност.

Разработките в тази насока са извършени от авиационни експерти, обособени в следните групи: ARMS (Aviation Risk Management Solutions – Решения за управление на риска в авиацията) на ICAO, работила в периода от 2007 г. до 2010 г. и ECAST (European Commercial Aviation Safety Team – Група за безопасност в гражданската авиация в Европа), създадена през 2008 г.



Фиг.2. - Процес на оценка на рисковете

Процесът на управление на експлоатационния риск се състои от три елемента: идентифициране на опасностите, оценка на рисковете и намаляване на рисковете (по терминологията на ICAO – омекотяване). Главната цел на управление на рисковете е да се осигурят такива условия на функциониране на авиационната система, при които всички рискове остават на приемливо ниво.



Фиг. 3. - Модел на Дж. Рийзън за причините за авиационно произшествие

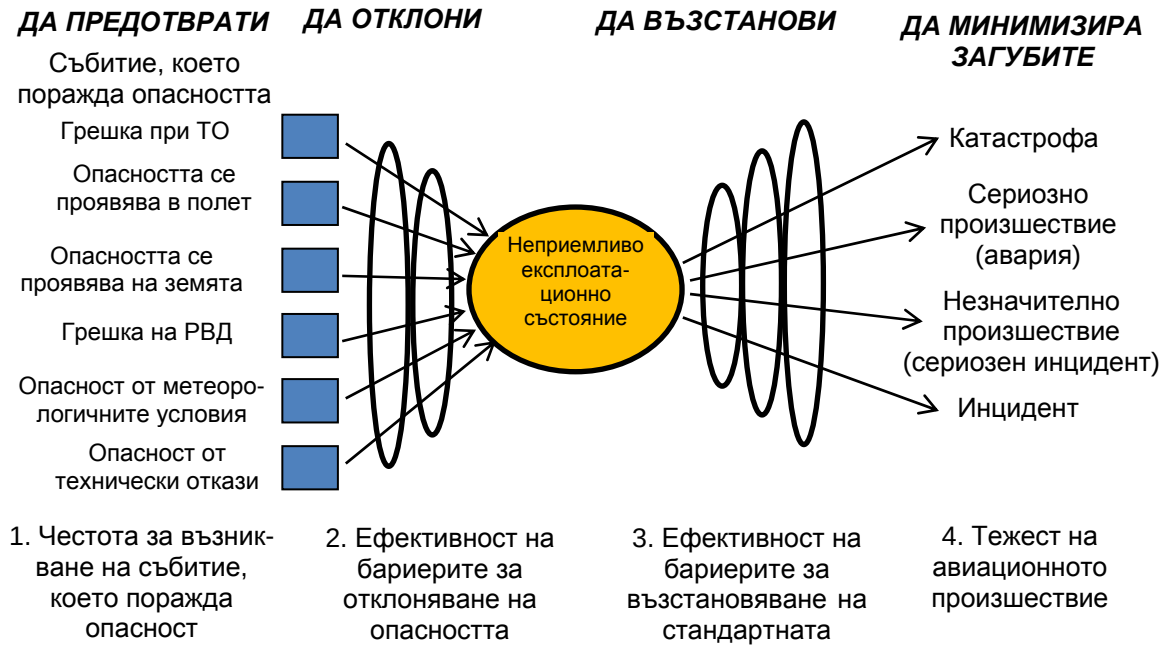
Процесът на разкриване и идентифициране на опасностите е насочен към събиране и анализ на данните по авиационната безопасност в процеса на експлоатация, като по този начин, на практика, се разкриват „Проблемите на безопасността". Като правило, такива данни за авиационната безопасност включват съобщения и доклади за заплахи за безопасността, задължителните отчети и доклади за събития и такива, разкрити и идентифицирани с помощта на средствата за информация от полетите, както и резултатите от проведените технически разследвания и одити на безопасността. Процесът на разкриване на опасностите представлява обемът информация с входни данни за оценка на рисковете. Съществуват няколко различни източника и типове данни за безопасността, които произтичат от процеса на разкриване и идентифициране на рисковете в авиационната дейност, както това схематично е представено на фиг. 2 за авиационен оператор.

Едно от основните ограничения на класическата формула ***тежест* x *вероятност*** (тежестта на последствията, умножена по вероятността за възникване на събитието) е, че тя не дава възможност при изчисленията да се калкулира и ролята на бариерите (т.е. на средствата за контрол на риска). Като правило, първоначално анализаторът трябва да извърши оценка на риска без да отчита съществуващите бариери (по модела на J. Reason – фиг. 3, без да се извършва каквато и да е количествена оценка на тяхната ефективност), а след това да се извърши още една, втора оценка, която да отчита новите допълнителни бариери.

Моделът за оценка на риска за авиационната безопасност въвежда по-съвременна и подобрена формула за оценка на риска. Тя включва в себе си следните четири фактора:

- честота/вероятност за възникване на събития, които пораждат опасности за авиационната дейност;
- ефективност на бариерите за отклоняване на опасността;
- ефективност на бариерите за възстановяване на стандартната ситуация;
- тежест на последствията от авиационно произшествие.

Моделът за оценка на риска за авиационната безопасност е показан на фиг. 4 (по Jary Nisula, 2010 г.). След като бъде определен проблемът за безопасността, анализаторът трябва да разработи съответния сценарий (или сценарии) на вероятния изход – авиационно произшествие (АП). След това, рискът от всеки от тези сценарии трябва да бъде оценен с помощта на модела за оценка на риска за авиационната безопасност. Като правило, най-голямото изчислено значение на риска, определен за някой от тези сценарии, се счита за значението на риска за проблема за безопасността.



Фиг. 4. - Оценка на риска за авиационната безопасност

Инициращото събитие, което поражда опасността, може да бъде от различен произход, като някои от примерите са представени на фиг. 4. Първият фактор е оценката на експозицията (честотата на проявяване) на това събитие. Често тя се изразява чрез показателя ($Х_{\text{случая}}/У_{\text{полета}}$).

Неприемливото експлоатационно състояние се определя като „стадий от развитие на сценария на авиационното произшествие (или злополуката, като изход от ситуацията), който сценарий се е развил до толкова, че АП може да бъде предотвратено (без намеса на провидението) само по пътя на ефективно средство (средства) за възстановяване. Средствата за контрол на риска до момента на настъпване на „Неприемливо експлоатационно състояние“ (НЕС) представляват област на отклонения на състоянието, а областта след НЕС – област на възстановяване“. Така например, НЕС може да бъде „излизане на срещен курс с друго въздухоплавателно средство (ВС)“. В този случай възстановяващо средство може да бъде сработване на сигнализацията *TCAS* в съчетание с правилната реакция на екипажа.

Вторият и третият фактори представляват оценките за ефективност на бариерите за отклоняване на опасността (по модела на J. Reason) и на бариерите за възстановяване на стандартната ситуация. Накрая, четвъртият фактор представлява тежестта на последствията от авиационното произшествие, съгласно възприетата вертикална скала за измерване.

Стойностите на тези четири фактори могат да бъдат изразени чрез класове (например – A, B, C, D) или с числени стойности. За създаване на правилен модел трябва да бъде определено какви комбинации от честотата и тежестта на последиците са т.нар. „допустими“. Един от източниците на такива ограничения представляват нормите по проектиране на въздухоплавателни средства JAR/FAR-1309.

3. Пример за оценка на риска

Трябва да се има предвид, че в моментите, когато се извършва класификация на риска на събитията, анализаторът често разполага само с ограничена по обем информация, каквато обикновено се съдържа в едно съобщение. Поради тази причина класификацията на риска на събитията трябва да се счита не за окончателна оценка на риска, а за първи етап от класификацията на събитията по отношение на оценката на риска. От друга страна е напълно нормален факта, че различните хора виждат някои факти и обстоятелства не такива, каквито ги виждат други хора. Като правило, всеки човек се намира под влияние на собствения си опит от експлоатация на ВС, а това само по себе си може да създава различия в резултатите.

Пример за класификация на риска на събитието: *Съобщение за заплаха за безопасността при техническо обслужване (ТО)*:

След изпълнение на техническо обслужване ВС извършва запуск на двигателите и пробно движение по пътеката за рулиране. След приключване на движението механикът излиза от кабината на екипажа и установява, че вратата на кабината на екипажа не е монтирана.

Каква е била ефективността на останалите бариери между даденото събитие и най-правдоподобния сценарий, отнасящ се до АП				*Ако даденото събитие може да доведе до АП, какво би било най-правдоподобното му*		Типични сценарии на авиационни произшествия
Ефективни	Ограничени	Минимални	Не ефективни			
501	50	101	501	Катастрофа	Загуба на ВС, или много човешки жертви (3 и повече)	Загуба на управление, сблъсък във въздуха, неконтролируемо разпространение на пожар, взрив, разрушава-не на конструкцията на ВС, сблъсък с повърхността на земята
100	10	21	101	Тежко авиа-ционно произ-шествие	1 - 2 човеш-ки жертви, множество тежки травми, теж-ки повреди по ВС	Сблъсък с пистата за излитане и кацане с висока скорост, сериозни травми поради турбулентност в полет
2	4	20	100	Незначителни травми или повреди	Леки травми, незначителни повреди по ВС	Произшествие при буксиране на ВС, незначителни повреди по ВС, щети от лошото време в полет
1				Без последствия, отнасящи се към АП	Няма вероят-ност за трав-ми или повре-ди по ВС	Всяко събитие, което не може да прерасне в АП, даже ако в него ще има експлоатационни последици (например, промяна в маршрута на полета, забавяне на излитането и др.

Фиг. 5. - Пример за класификация на риска на събитието

Обикновено, когато подобни събития се оценяват на нивото на организацията по ТО, обикновено съществуват тенденции да се определя високо ниво на риска, тъй като формално ВС не е готово за изпълнение на полета (поради незавършена докрай процедура за ТО), както и поради бурната негативна реакция по повод на факта, че е било пропуснато нещо толкова очевидно.

От друга страна, от гледна точка на летателната експлоатация, липсващата врата не представлява никакъв риск. Преди всичко (и, което е основно) липсата на врата ще бъде забелязана задължително от летателния или салонния екипаж на ВС, даже ако механикът е пропуснал това. На второ място, врата на кабината на екипажа (към салона за пътниците) няма каквато и да е важна функция, от гледна точка осигуряване на авиационната безопасност (но има охраняващи функции за сигурността на екипажа). Поради това, класификацията на риска на събитията в този случай има вида, показан на фиг.5.

Този пример подчертава значимостта на разглеждане на събитията по отношение на фактическите рискове при летателната експлоатация, а не по отношение на последствията за организацията на техническото обслужване. Впрочем, за организацията на ТО това събитие може да стане съществено частно обстоятелство от гледна точка на осигуряване на качеството и поради това да получи висок рейтинг на значимост.

Заключение

В общия случай приложното поле на теория на надеждността не позволява непосредствено да се оцени нивото на системната безопасност, доколкото в теория на надеждността най-важното се явява „преместване“ във времето на момента за настъпване на катастрофата. Главната задача на теорията на безопасността на системите се явява прогнозирането на катастрофите, възникващи в сложните структурни системи с вероятност „почти нула“.

Отъждествяването на „понятието риск“ с определението „вероятност за някакво събитие“, както това е прието в теория на надеждността, е неконструктивно, особено в случаите на изучаване на „управляемите рискове“ и на редки събития с много малка вероятност за възникване.

Литература:

1. E a g l e, C., J. D a v i e s, J. R e a s o n. Accident analysis of large scale technological disasters applied to an anaesthetic complication. *Can J Anaesth*. *1992*; 39:118-22.
2. I C A O Doc 9859 - Safety Management Manual (SMM), Third Edition - 2013.
3. I C A O Integrated Safety Management website.
4. F A A / E U R O C O N T R O L A T M Safety Techniques and Toolbox, Edition 2.0, Edition date 03/10/2007.
5. R e a s o n, J., Human error, New York, Cambridge University Press, 1990.
6. R e a s o n, J., The mariner’s guide to human error, London: Shell International Tankers, 1993.
7. E U R O C O N T R O L S a f e t y R e g u l a t o r y R e q u l r e m e n t s - ESARR 4, Risk Assessment and Mitigation in ATM, Edition 1.0, Edition date 05-04-2001.
8. W i l l i a m s o n, J, R W e b b, A S e l l e n, et al. Human failure: an analysis of 2000 incident reports. Anaesth Intens Care 1993; 21:678-83.
9. W o o d s, D., J. J o h a n n e s e n, R. C o o k, et al. Behind human error: cognitive systems, computers, and hindsight. CSERIAC State-of-the-Art Report. Wright- Patterson Air Force Base, OH: Crew Systems Ergonomics Information Analysis Center, 1994.

Благодарности

Работата беше подкрепена финансово от Вътрешен проект към ТУ София за подкрепа на докторанти 142ПД0024-24/27.03.2014г.

ОПРЕДЕЛЯНЕ ИЗТОЧНИЦИТЕ НА ВИБРАЦИИ В КОНСТРУКЦИЯТА НА ВЕРТОЛЕТА

Ангелина Чожгова

Технически университет – София, Филиал Пловдив
e-mail: angelinachozhgova@gmail.com

Ключови думи: *вертолет, носещо витло, опашно витло, трансмисия, вибрации*

Резюме: *Вертолетът е динамична система, която е подложена на променливи натоварвания, възникващи под въздействието на различни източници на вибрации, най-големите от които са от носещото и опашно витло. Вибрациите на вертолета и на неговите елементи могат да се разделят на две основни групи: трептения в елементите на вертолета, възбуждани от двигателно-витловата група и автотрептения на вертолета на земята и в полет. В работата са определени основните източници на трептения във вертолетните конструкции, причината за тяхната поява и някои конструктивни решения за предотвратяване на появата им.*

DETERMINING VIBRATION SOURCES IN THE CONSTRUCTION OF HELICOPTER

Angelina Chozhgova

Technical University – Sofia, Branch Plovdiv
e-mail: angelinachozhgova@gmail.com

Keywords: *helicopter, main rotor, tail rotor, transmission, vibration*

Abstract: *The helicopter is a dynamic system that is subjected to variable loads resulting from the influence of various sources of vibrations, the majority of them are generated by the main and tail rotor. Helicopter vibrations and its elements can be divided into two main groups: 1. Forced vibrations on helicopter elements by the motor-rotor complex and 2. Autogenerated/self-excited vibrations of the helicopter when landed and during flight. This paper discusses the main sources of oscullations in helicopter construction, its origin and some constructive solutions to prevent it from their occurrence.*

Въведение

Вертолетът е динамична система, която е подложена на променливи натоварвания, възникващи под действието на различни източници на вибрации, най-големите от които са от носещото и опашно витло [7].

Вибрациите в конструкцията водят до нежелани или дори недопустими последствия, като предизвикват повреди в устройствата, оборудването и др. Големите по стойност вибрации оказват вредно влияние върху членовете на екипажа и пътниците. В елементите от конструкцията на вертолета при вибрации възникват променливи напрежения, влияещи върху неговия ресурс. В някои случаи вибрациите на конструкцията са показателни за възникване на определени опасни явления, които могат да доведат до разрушаване на вертолета. Следователно още при проектирането и производството на вертолета трябва да се вземат мерки за намаляване нивото на вибрациите и предотвратяване на появата им в опасни стойности. За това е необходимо да знаем причините и механизма на възникване на трептенията.

В работата са определени основните източници на трептения във вертолетните конструкции, причината за тяхната поява и някои конструктивни решения за предотвратяване на появата им.

Формулиране на проблема. Типове вибрации

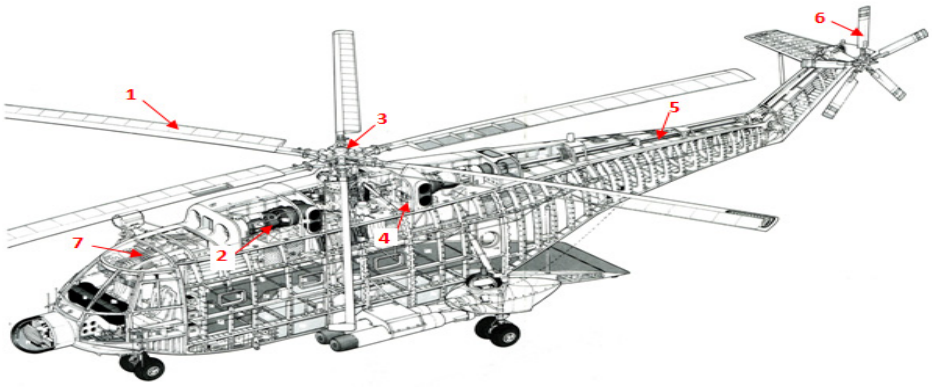
Вибрациите на вертолета и на неговите елементи могат да се разделят на две основни групи: трептения в елементите на вертолета, възбуждани от двигателно-витловата група и автотрептения на вертолета при кацане и по време на полет [1]:

- трептения в елементите на вертолета, възбуждани от двигателно-витловата група са:

- усукващи трептения на трансмисията на носещото и опашно витло, като разклонена система с голямо количество зъбни предавки;
- огъващи трептения на трансмисията, на носещото и опашно витло;
- огъващи и усукващи трептения в опашната част;
- трептения в елементите на системата за управление;
- трептения в силовата установка.

- автотрептения на вертолета на земята и в полет, включително и флатера на лопатите.

На фиг. 1. са представени основните източници на вибрации в конструкцията на вертолетите: лопатите на носещото витло (НВ), двигателите, втулката на носещото витло (ВНВ), главният редуктор (ГР), междинният редуктор (МР), опашният редуктор (ОР), опашната трансмисия, опашното витло (ОВ).

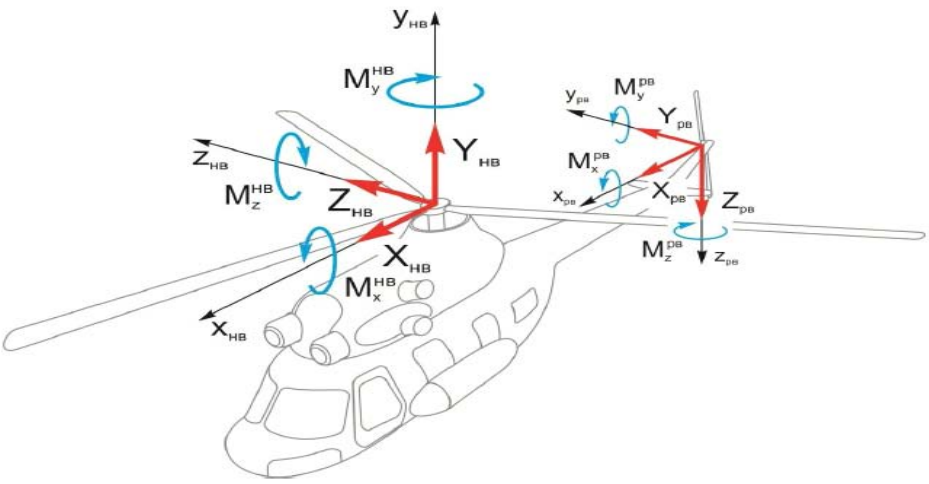


Фиг. 1. Източници на вибрации в конструкцията на вертолетите: 1 – лопати на НВ, 2 – двигател, 3 – втулка на НВ, 4 – редуктор, 5 – опашна трансмисия, 6 – опашно витло, 7 – система за управление

В конструкцията на вертолета лопатите на носещото витло предизвикват широка гама от вибрации. Другите са причинени от технологични отклонения в работата на двигателите и трансмисията, аероеластична или механична неустойчивост; възникнали от движение по неравен терен; както и самовъзбуждащи се вибрации от взаимодействието на въздуха и движението на органите за управление. Променливите фактори, действащи на конструкцията на вертолета в следствие от вибрациите на лопатите на НВ и ОВ, може да се разгледат във вид на три сили и три момента (фиг. 2)

Всички сили и моменти действащи на лопатите, се предават на втулката и системата за управление на НВ. Силите и моментите, възникващи от различните лопати, взаимно се уравновесяват, с изключение на натоварванията, действащи с честота, отношението на която към количеството обороти на витлото е кратно на броя на лопатите. Тези натоварвания се предават на тялото и на въртящите се части от системата за управление на НВ и създават в тях значителни променливи напрежения.

Силите и моментите, действащи на втулката от всяка лопата, се предават на тялото на вертолета и са причина за възникване на трептения. Освен това, вибрациите на тялото на вертолета могат да бъдат предизвикани от непосредствените аеродинамични сили, които действат на тялото от пулсиращия поток от НВ. Такива вибрации са типични за всички вертолети, при които пораждащите се сили и моменти възникват при нормална работа на витлото в обичайни условия. Те се наричат нормално възникващи вибрации.



Фиг. 2. Сили и моменти действащи на вертолета от НВ и ОВ

Важни фактори, определящи стойността на вибрациите, се явяват броя на лопатите на витлото и отношението на честотата на възбуждащите сили с честотата на собствените трептения на тялото. Ако честота на възбуждащите сили е близка до една от собствените честоти (т. е. съществува опасност от настъпване на резонанс), то даже не големи сили предизвикват значителни трептения. Нивото на вибрациите на такива вертолети е прекомерно високо. Резонанса води не само до неприятно чувство в пътниците и екипажа, но и намалява ресурсните характеристики на конструкцията, а при особено неблагоприятни съчетания на променливите сили, действащи от страна на НВ и честотните характеристики на конструкцията, може да доведе до разрушаване на вертолета.

Лошото обтичане на части от вертолета (втулка с автомат наклонител, някои елементи от тялото) създават хаотични смущения във въздушната среда. Те въздействат на стабилизатора, опашните плоскости или опашното витло и предизвикват в тях пулсиращи аеродинамични натоварвания, които от своя страна пораждат трептения в тялото. Такъв тип вибрации се наричат бафтингови.

При производството на лопатите и в експлоатацията са възможни отделни отклонения от геометричните, еластични или теглови характеристики. Разликите в отделните лопати от комплекта, водят до това, че правилата за сумарни сили са неизпълними, т. е. непреходните хармоники стават преходни. Това предизвиква съответни вибрации. Начинът за намаляване нивото на такива вибрации е намаляване на разликите в лопатите, което се постига с извършване на различни технологични мероприятия.

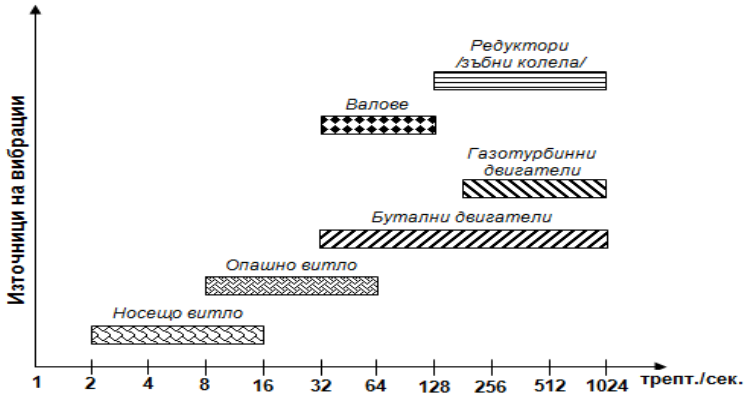
На вертолета могат да възникнат автотрептения, породени от движението на шибърите от хидравличната система. Представен е пример за такива трептения. При огъване на тялото са възможни такива смущения в опорите на люлеещия механизъм от системата за управление, при които при движение на ръчката за управление се предизвиква съответното движение на автомат-наклонителя, така че предизвиква пулсираща сила на витлото. Тези пулсации могат да се предадат и на тялото.

Жизнения цикъл на вертолета се определя от ресурса на неговата трансмисия. Едно от условията, на които трябва да отговаря трансмисията за безопасна работа е отсъствие или непревишаване на допустимото ниво на шум и вибрации при всички режими на полета. Редукторът може да бъде източник за възникване на усукващи трептения на вала, т.к. при зъбните колела винаги има грешки в стъпката на зъба, както и следствие от натоварването - деформация на зъбите, от което се изменя ъгловата скорост на валовете. Намаляването на възбуждането на тези трептения може да се постигне с увеличаване точността на изработване на зъбните колела и със специална корекция на зъбния профил.

Валът на носещото витло се натоварва от сили и моменти от втулката и въртящите моменти, създавани на изхода на главния редуктор [3, 5].

За авиационните двигатели може да се определят следните основни източници за възникване на вибрации: трептения от небалансираната въртяща се маса (роторна вибрация); вибрации възбудени от зъбните елементи на редукторите; трептения в лагерните възли; собствени трептения на лопатките, дисковете, корпусите; аеродинамични трептения; вибрации възбуждани от процесите в газовъздушния тракт; вибрации на агрегатите и тръбопроводите [8].

Основните трептения, подлежащи на диагностика, се явяват ниско-честотните (0,1 – 400 Hz) и средночестотните (400 - 2000 Hz) вибрации. Високочестотните (>2000 Hz) трептения обикновено се пренебрегват поради относително малкият дял от енергията пренасяна от тези трептения.



Фиг. 3. Диапазон на честотите на трептения, предизвикани от различни източници

Цялото разнообразие на трептящите процеси се представя във вид на принудителни и собствени трептения [9]. Тези два вида могат да служат като носители на информация за техническото състояние, но характера и обема на тази информация е различен. Принудителните трептения съдържат информация за качеството на изработване, ремонта, монтажа и за грубите промени на техническото състояние, граничещи с аварийна ситуация. Собствените трептения съдържат информация за наличието на дефекти в ранния стадий на развитие.

Решения на изследвания проблем

Земният резонанс е едно от най-опасните явления възникващи при експлоатацията на вертолетите. В недалечно минало е бил причина за катастрофални инциденти с вертолети, съществуват много теоретични изследвания и са предложени средства, даващи възможност да се избегне това явление. За изпълнение на практическите задачи се използват прости графики. По тези графики може да се определят диапазона на оборотите на НВ, в които е възможно възникването на самовъзбуждащи се трептения, и величината на демпфиране, необходима за избягване на опасните честоти [11].

Както показва практиката, резонансите с основни тонове на собствените трептения на тялото, да се променят на вече произведения вертолет често се оказва практически невъзможно, тъй като това е равносилно на напълно ново препроектиране на тялото, т.е. промяна на якостните характеристики в етапа на проектиране. Поради това е необходимо правилно да се оцени честотата на собствените трептения на тялото и да се пресмята амплитудата на вибрациите още в процеса на проектиране на вертолета. Даже ако на етапа на проектиране, конструктивно-силовата схема на вертолета е избрана правилно и като цяло се характеризира с достатъчна якост е необходимо да се взимат в предвид и честотите на собствените трептения на агрегатите на вертолета, например на тягите на вертолета, валовете на трансмисията и други [4].

Съгласно проучените материали, представени в разработките на Мил, точното пресмятане на вибрациите и собствените честоти на трептене на агрегатите на вертолета с помощта на аналитични методи е възможно само в някои случаи и те основно носят качествен характер [7]. В момента при теоретичното определяне на собствените честоти на трептене на агрегатите и конструкцията на вертолета, широко се използва метода на крайните елементи, реализиран в CAD/CAE пакетни програми –ANSYS [4].

Прилагат се и други ефективни методи за намаляване нивото на вибрациите. Към тях се отнасят огъването от закрепването на витлото към тялото. Между редукторите и валовете на НВ и тялото се включват и други елементи със специално подбрани характеристики на огъване. Използват се и динамични гасители на трептенията.

От 70-те години на миналия век се пристъпва към проучване на способи за подобряване на диагностиката при търсене на откази по вертолетните трансмисии. Създават се първите обединени системи за контрол, на които първите ползватели са Военновъздушните сили на САЩ и Великобритания. В най-общ вид системата се състои от датчици и компютри, включено

в тях програмно осигуряване и аналитични методи, които заедно позволяват да се регистрират нивата на вибрациите и други параметри важни за осигуряване на контрол и оценка състоянието на системите и агрегатите на вертолета (Фиг. 4).



Фиг. 4. Система за контрол на техническото състояние на вертолетите

Контролът върху нивото на вибрациите е позволил да се получи нагледна индикация за приближаване на бъдещия отказ, като се предоставя информация за състоянието на основните възли и възможност за ранно откриване, необходима на инженерно-техническия персонал за вземане на решение за замяна [2, 6, 10].

Заключение

В заключение можем да отбележим че прилагането на система за контрол на вибрациите по време на експлоатацията на вертолетите, които все още не са оборудвани с такава ще има следните съществени предимства:

- по-лесна диагностика на редуктора и трансмисията с цел откриване на неизправности в ранния стадий от тяхното възникване;
- контрол на положението на лопатите (определяне на съконусноста) и провеждане на балансировка на носещата система на вертолета;
- диагностика на двигателя;
- определяне на оставащия ресурс на вертолета и на отделни негови агрегати и възли.

Литература:

1. А н а н ь е в, И. В., Расчет вибраций и выносливость элементов конструкции геликоптера.
2. Б а р к о в, А. В., Н. А. Б а р к о в а, А. Ю. А з о в ц е в Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. – СПб.: СПбГМТУ, 2000.
3. В л а д о в, М., Г. С о т и р о в, Д. Д о б р о в. Методика за прогнозиране на остатъчния ресурс на носещия винт на вертолета, Хемус, 2012. ISSN 1312-2916, стр. 132-138.
4. Г р е б е н и к о в, А. Г., Д. Ю. Д м и т р е н к о, И. Н. Ш е п е л ь, Анализ влияния различных типов конечных элементов на собсвенные частоты колебаний конструктивных элементов фюзеляжа вертолета при модальном анализе, Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии, 2013, с. 328
5. Д а л и н, В. Н., С. В. М и х е е в, Конструкция вертолетов, Издателсьство МАИ, Москва, 2001.
6. К л ю е в, В. В. Неразрушающий контроль и диагностика (Изд. 2-е, доп.), Справочник, Издательство: М. Машиностроение, 2003.
7. М и л я, М., Вертолеты (расчет и проектирование). т. 2. Колебания и динамическая прочность – М.: Машиностроение, 1967.
8. Турбовинтовой двигатель ТВ3-117ВМ. Руководство по технической эксплуатации. Книга 1, 2, 3.
9. Ч и г р и н, В. С., С и м б и р с к и й Д. Ф., Б е л о г у б А. В. Виброакустика авиационных двигателей. – Х.: НАКУ "ХАИ", 2000. – 84 с.
10. Eurocopter Deutschland GmbH BK 117 C Pilots Manual Lifting System. 12/98-C, Training Center.-15p.
11. G e s s o w, A., G. M y e r s, Aerodynamics of the Helicopter, 1999.

Благодарности

Работата беше подкрепена финансово от Вътрешен проект към ТУ София за подкрепа на докторанти 142ПД0024-24/27.03.2014г.

ОСОБЕНОСТИ ПРИ РАЗПРЕДЕЛЯНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА ПРИ ВЪЗДЕЙСТВИЕ НА ЛАЗЕРНИЯ ЛЪЧ В МНОГОКОМПОНЕНТНА СРЕДА

Теодора Петрова, Живо Петров

Национален Военен Университет „В. Левски“ - В. Търново,
Факултет „Авиационен“ - Д. Митрополия,
e-mail: teodorapetrova33@abv.bg

Ключови думи: *математическо моделиране, лазери, биомедицински технологии*

Резюме: *Терминът топлинно взаимодействие описва големи групи от видове взаимодействия, където важен параметър е локалното увеличаване на температурата. Температурата е главен параметър за всички топлинни взаимодействия на лазерния лъч с тъканите. И за предсказване на термичната реакция на тъканите е необходимо да се построи модел на разпределение на температурата вътре в тях. Често в биологичните тъкани имат място не един, а няколко термични ефекти, които зависят от параметрите на лазера.*

SPECIFICS OF TEMPERATURE DISTRIBUTION AT MULTILAYER MEDIUM UNDER THE INFLUENCE OF LASER RADIATION.

Teodora Petrova, Zhivo Petrov

Key words: *mathematical model, lasers, biomedical technologies*

Abstract: *The term thermal interaction is used to describe large groups of different types of laser-tissue thermal interactions, in which the critical parameter is the increasing of the local temperature. The temperature is the main parameter for all kinds of laser-tissue thermal interactions. To predict the thermal response of tissue to laser radiation it is necessary a model of temperature distribution at tissue to be developed. Often different thermal effects, depending of laser parameters, take place in tissues.*

Въведение

В процеса на взаимодействие на лазерния лъч с биотъкани се получава загряване. Генерирането на топлина зависи от такива параметри като, енергията на лъча, времето на въздействие и коефициент на поглъщане на тъканите. Преноса на топлина се характеризира само от термичните свойства на тъканите, които са топлопроводимост и топлинна мощност. Накрая термичния ефект зависи от вида на тъканите и от температурата, до която се нагряват.

Терминът топлинно взаимодействие описва големи групи от видове взаимодействия, където важен параметър е локалното увеличаване на температурата.. В зависимост от продължителността на въздействието и максимално достигнати температурни стойности в тъканите, могат да се отделят различни ефекти като: хипертермия, коагулация, изпарение, карбонизация (овъгляване) и топене.

Три различни ефекта дават своя принос в резултата от въздействието - пряко унищожаване на клетки; медиирано унищожаване на клетките се дължи на унищожаването на капилярите; активиране на топлина и други биологични процеси. По този начин, туморите при нагряване в диапазона от 42-44°C показват, лекото увеличение на чувствителността спрямо нормалната тъкан.

Например температурата, при която започва коагулация на тъканите не е постоянна величина, а тя зависи от продължителността на въздействие. Тази зависимост на константата на реакциите от температурата може да се опише чрез функцията на Арениус [4]:

$$(1) \qquad -\ln\frac{C(t)}{C_0} = \Omega(t) = \int_0^t \{A\exp(-E_a / RT(\tau))\}d\tau ,$$

където C_0 - първоначална концентрация на молекули или клетки, $C(t)$ - концентрацията в момент от време t, A - константа на скоростта на химичната реакция за денатурация на белтъка, E_a - активираща енергия, R - универсална газова постоянна, $T(\tau)$ - абсолютната температура във всеки един момент от времето. Стойностите на A и E_a за различни биотъкани са взимат от таблици.

Степента на термично увреждане може да се определи от израза:

$$\frac{C_0 - C(t)}{C_0} = 1 - \exp(-\Omega).$$

Където всяка продължителност на нагряване се поставя в съответствие с фиксираната температура $T_{кр}$ при която степента на денатурация (относителната концентрация на увредените молекули) стига до стойност $1 - e^{-1} \approx 0{,}63$ [1]. Тази температура се нарича температура на денатурация.

При въздействието на лазерен лъч с определена дължина на вълната върху тъкани с високо водно съдържание се поучава ефект на термично унищожаване. Кинетика на фото и термично разлагане на биополимери при лазерно въздействие ограничава относително бързите дифузионни процеси, като миграция на освободени газове и коагулация на въглерода.

Характеристиката на времето, което е необходимо за карбонизация, може да се пресметне чрез

$$t_c = l^2 / D ,$$

където l е характеристика на дифузия път, D - коефициент на дифузия, която се увеличава бързо с нарастване на температурата: $D(T) = D_0 \exp\left(-U/kT\right)$. Където U е енергията на активиране, k - константа на Болцман, D_0 - коефициент. За да може да се осъществи процеса на карбонизация продължителността на лазерното въздействие трябва да е по-голяма от t_c, т.е. трябва да е изпълнено условието $\tau \geq l^2 / D$ или казано с други думи продължителността на въздействие и температурата не трябва да са твърде малки.

Термичното действие на лазерния лъч може да се използва само в случаите, когато плътността на мощността е $\geq 10\ W/cm^2$ за непрекъснато или импулсно излъчване с продължителност на импулса повече от 1 μs. Карбонизация и изсушаване могат да се получат практически при въздействие с всякакъв тип лазер, ако е осигурена достатъчна плътност на мощността и продължителност на въздействието.

Често в биотъкани имат място не един, а няколко термични ефекти, които зависят от параметрите на лазера. Това могат да са различни ефекти като се започне с карбонизиране на повърхността на тъканта и се стигне до хипертермия на дълбочина няколко милиметра в тъканта. Но във всички случаи стремежът е да се постигне само един ефект. Поради което е необходимо да се направи внимателен подбор при определяне на параметрите на лазера.

Температурата е главен параметър за всички топлинни взаимодействия на лазерния лъч с тъканите. и е необходимо да се построи модел на разпределение на температурата вътре в тях. Пространствения размер и степента на увреждане на тъканите зависи от параметрите на лазера и от оптичните параметри на тъканите. При описване на разпространеието на топлината в тъканите важни са и топлинната мощност, топлопроводимостта и плътността на тъканите.

Производство на топлина

Производството на топлина вътре в тъкъните по време на лазерното въздействие е следствие на количеството лъчение, което е погълнато от тъканите. В неразсейваща среда локалното натрупване на топлина на единица площ за единица време се измерва във W/cm^3 и може да се пресметне с помощта на формулата:

(2) $S(r,z,t) = \mu_a I(r,z,t)$,

където z е оптичната ос, r - разстоянието от оптичната ос, t - времето, μ_a - коефициента на поглъщане, $I(r,z,t)$ - локална интензивност. Тогава, функцията на топлинния източник $S(r,z,t)$ вътре в разглежданите тъкани се явява функция на коефициента на поглъщане и локалната интензивност. Така както μ_a зависи силно от дължината на вълната, то тази зависимост се

отнася и за $S(r,z,t)$. Ако не последват фазови преходи (изпаряване, топене) или изменение на тъканите (коагулация, карбонизация), промяната на количеството топлина dQ е линейно изменение на температурата dT в съответствие с основните закони на термодинамиката:

(3) $dQ = mcdT$,

където m е масата на тъканите, c $[J/kgK]$ - специфичен топлинен капацитет на средата.

Пренос на топлина

В затворена физична система отношението между температурата и количеството топлина се изразява чрез израз (3). При реално взаимодействие на лазерния лъч с веществото е необходимо да се отчетат и топлинните загуби, които се получават в зависимост от топлопроводимостта, от конвективния пренос на топлина и излъчването на топлина. В повечето случаи на лазерно въздействие последните два ефекта могат да се пренебрегнат. Типичен пример за конвективен пренос на топлина в тъканите е пренасянето на топлина чрез кръвта.

Температурата е основна физична величина, която характеризира цялото топлинно взаимодействие на светлината с тъканите. Основната задача на аналитичната теория за топлопроводимостта се явява определяне и изучаване на пространствено-времевото изменение на температурата, $T = f(x,y,z,t)$; x,y,z - пространствена правоъгълна координатна система, t - времето.

Съвкупността от стойностите на температурата на всички в пространството за даден момент от време t се нарича температурно поле. И това е скаларна величина. Ако температурата е функция само от координати то полето е стационарно. Ако температурата също така зависи и от времето, то полето е нестационарно.

Диференциалното уравнение на топлопроводимостта свързва пространственото разпределение на температурата с нейното изменение във времето и има следния вид:

(4) $$\rho \cdot c \frac{\partial T(\vec{r},t)}{\partial t} = \nabla(k \nabla T(\vec{r},t)) + S(\vec{r}),$$

където ρ е плътността на тъканите в $[kg/m^3]$, c - специфичния топлинен капацитет на средата в $[J/\kappa g \cdot K]$, t - времето, $k = a_t \cdot \rho \cdot c$ - топлопроводимостта в $[W/m \cdot K]$, a_t - температурна проводимост в $[m^2/s]$, $S(\vec{r}) = \mu_a \cdot \varphi(\vec{r}) \cdot \frac{E_0}{\tau_p}$ - обемната плътност на мощността на топлинния източник в средата в $[W/m^3]$, μ_a - коефициент на поглъщане, $\varphi(\vec{r})$ - пълната осветеност в точка $\vec{r} = (x,y,z)$, E_0 - плътност на излъчената енергия в $[J/m^2]$.

Това уравнение показва изменението на енергията на веществото в елементарен обем. То се определя от количеството топлина, натрупана поради топлинната проводимост, и количеството топлина, отделило се в елементарен обем поради вътрешни източници.

Ако модела съдържа няколко слоя с различни топлофизични характеристики, то уравнение (4) трябва да се решава за всеки от слоевете по отделно. В тези области на допълнителни (които не са засегнати от лазерното въздействие) източници или консуматори (поглъщатели) на топлина, топлинното пресмятане може да се направи чрез (4). В областите, където има такива източници или поглъщатели на топлина, трябва да се добавят в уравнението за топлопроводимостта допълнителни членове.

Разглежда се ситуация (например кожата на човека), в която като допълнителен източник на топлина се явява кръвта. За области, където анатомично не са разположени кръвоносни съдове се решава уравнение (4). А в области, където има кръвоносни съдове, се добавят още източници на топлина, поради кръвния поток (ако изчислението се провежда приемайки, че кръвта е равномерно разпределена по целия обем на слоевете). Тогава уравнението за топлопроводимостта има вида:

(5) $$\rho \cdot c \frac{\partial T(\mathbf{r},t)}{\partial t} = \nabla(k \nabla T(\mathbf{r},t)) + Q(\mathbf{r}) + S_{blood}(\mathbf{r},t,T).$$

Кръвта може както да поглъща така и да отделя топлина в зависимост от това, как нейната температура съответства на температурата на заобикалящата тъкан. Съответното събираемо $S_{blood}(\mathbf{r},t,T)$ е целият обем кръвен поток или източник на енергия и може да се запише като [22]:

(6) $$S_{blood}(\mathbf{r},t,T) = \rho \cdot c[\rho_b \cdot f(t,T) \cdot (T_{blood} - T(\mathbf{r},t))],$$

където ρ_b е плътността на кръвта, T_{blood} е нейната температура, $f(t,T)$ - плътността на кръвния поток в тъканите, и тя се измерва в $\left[\frac{ml}{100g\cdot\min}\right]$[5] или $\left[\frac{cm^3}{s\cdot g}\right]$ и представлява обема кръв, който се пренася за една секунда в един грам от съответната тъкан. В стационарни условия плътността на кръвния поток е равна на f_0 и е различна в дерма и в мазнините. Въпреки това, стационарната плътност на кръвния поток зависи от температурата то следва, че $f_0 = f_0(T)$.

А в нестационарни условия и при въздействие на светлината върху кожата $f(t,T)$ не е равно на $f_0(T)$, където T е моментната температура на тъканите. Както е известно, при изменение на температурата, тази на кръвния поток не се изменя веднага, а със закъснение $t_{delay} = 60-90\,s$. Отчита се зависимостта на температурата от плътността на потока кръв с помощта на уравнението:

(7) $$\frac{\partial}{\partial t} f(t,T) = \frac{f_0(T) - f(t,T)}{t_{delay}}.$$

Ако се предположи, че температурата е постоянна и не се изменя във времето, се предполага и че кръвта преминаваща през зоната на лазерно въздействие ще се нагрее незначително.

Уравнение (4) описва явлението топлопроводимост в най–общ вид. За да се подчертае въпросния процес и да се направи описание е необходимо да се определят крайните условия, които да включват всички геометрични, физични, начални и гранични условия. Първите два типа условия включват геометрия на проблема и характеристики на обекта. Важно е да се разглеждат началните и граничните условия.

Началните условия са необходими при разглеждането на нестационарни процеси и определят разпределението на температурата вътре в обекта в началния момент от време. В общия случай началното условие за аналитичното уравнение на топлината може да бъда записано във вида (при $t=0$): $T = T(x,y,z)$. При равномерно разпределение на температурата в тялото началното условие се опростява (при $t=0$): $T = T_0 = const$.

Съгласно закона на Нютон-Рихман количеството топлина отдадена на единица повърхност от тялото за единица време е пропорционално на разликата между температурите на повърхността на тялото T и температурата на околната среда $T_0 (T > T_0)$:

(8) $$q = \alpha(T - T_0),$$

където α е коефициент на пропорционалност, наречен още коефициент на топлообмена $\left[W/m^2K\right]$ и характеризира интензивността на топлообмена между повърхността на тялото и околната среда. Този коефициент числено е равен на количеството топлина, което се отдава или поглъща от единица повърхност за единица време при разлика в температурите между повърхността на тялото и околната среда равна на един градус.

Съгласно закона за съхраняване на енергията количеството топлина, което се разсейва за единица повърхност за единица време в следствие на отделяне на топлина трябва да се равнява на количеството топлина, която е подадена на единица повърхност за единица време в следствие термичната проводимост на вътрешния обем на тялото и тогава:

(9) $$\alpha(T - T_0) = -k\left(\frac{\partial T}{\partial n}\right)_s,$$

където n е нормала към повърхността на тялото S.

За определяне на топлинното взаимодействие на границата на две среди е необходимо да бъде изпълнено условието за равенство на температурите и топлинните потоци от двете страни на границата. В общия случай условието за спрегнатост може да се запише:

(10) $$k_1\left(\frac{\partial T_1}{\partial n}\right) = k_2\left(\frac{\partial T_2}{\partial n}\right) + q_{zp}(x,y,z,t);\ T_1(x,y,z,t) = T_2(x,y,z,t),$$

където $q_{zp}(x,y,z,t)$ е източника на топлина на повърхността на границата, T_1, T_2, k_1, k_2 са съответно температурите и коефициентите на топлопроводимостта на граничещите среди.

Когато няма граница между средите процесите по отделяне или поглъщане на топлина и условието за спрегнатост (10) имат вида:

(11) $$k_1\left(\frac{\partial T_1}{\partial n}\right) = k_2\left(\frac{\partial T_2}{\partial n}\right);\ T_1(x,y,z,t) = T_2(x,y,z,t).$$

Даденото уравнение определя топлообмена в граничещите области.

Пространствената дължина на пренос на топлина се описва като време-зависима величина, която се нарича термична дълбочина на проникване, която може да се намери чрез:

(12) $z_T(t) = \sqrt{4a_t t}$,

което означава, че разстоянието, на което температурата намалява e пъти от нейната максимална големина.

За термичното унищожаване на тъкани е важно да се регулира продължителността на лазерния импулс, за да се намали термичното увреждане на околните тъкани. За тези цели се въвежда параметър, който се нарича време на термична релаксация. Той може да се получи, ако в израза (12) поставим z_T да е равен на оптичната дълбочина на проникване δ и тогава:

(13) $\delta = \sqrt{4a_t \tau_T}$,

където τ_T е времето на термична релаксация. За термичното унищожаване този параметър е много важен, защото той показва каква е топлинната възприемчивост на тъканите. При продължителност на лазерния импулс $\tau < \tau_T$ топлината не прониква даже на разстояние, равно на оптичната дълбочина на проникване. Следователно, термично увреждане на околните тъкани е нищожно малко. Но ако $\tau > \tau_T$ то топлина може да се разпространи на разстояние в пъти по-голямо от δ и да стане силно термично увреждане на околните тъкани.

Методът Монте-Карло е подходящ за моделиране на процеси на многократно разсейване на лазерни лъчи в многослойна среда [2]. За целта се извършва моделиране на лазерния лъч в различни среди. При симулацията се предполага, че лазерния лъч е насочен и пада перпендикулярно на средата. Разпространението на лазерния лъч е гаусов профил и равномерна осветеност.

(14) $$I(r,t) = I_{01} \exp\left(-2\left(\frac{r}{r_0}\right)^2\right) \cdot \theta(t), \qquad I_{01} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot r^2},$$

и лъч с правоъгълен профил

(15) $$I(r,t) = \begin{cases} 0 & r > r_0, \\ I_{02}\theta(t), & r < r_0, \end{cases} \qquad I_{02} = \frac{P}{\pi \cdot r_0^2},$$

където P е мощността, r_0 - изходния радиус на лъча, $\theta(t)$- функция на Хевисайд.

(16) $$\theta(t) = \begin{cases} 1, & t > 0, \\ 0, & t < 0. \end{cases}$$

Процеса на разсейване води също така до увеличаване на осветеността на повърхностните слоеве на биосредата. Интензитетът на светлината на границата въздух биослой нараства на 5-20% и много рязко намалява в дълбочина.

Разгледаме движението на един фотон. За него на случаен принцип се избират координати на влизане в биотъканите (R, θ) и ефективна дълбочина на проникване на светлината в средата l_d;

$$R = RND(r_л), \quad \theta = RND(2\pi), \quad l_d = -\ln(1 - RND)/\mu_d,$$

където RND е функция на случайна променлива; $r_л$ - радиус на лазерния лъч; μ_d -намаляващ коефициент на поглъщане.

В точката на попадане на лъча върху повърхността протичат процес на поглъщане на част от енергията на фотона също така се получава разсейване, при което на фотона се присвоява нова посока на движение като се отчита коефициента на разсейване в средата. В този момент на случаен принцип, като се отчете коефициента на поглъщане и разсейване се избира нова дълбочина на проникване l_d до друга точка, цилиндричните координати се определят:

(17) $r' = \left(r^2 + 2rl_d \sin(\Phi - \theta) + (l_d \sin\phi)^2\right)^{1/2}$;

където ъгъл θ се пресмята по формулата:

(18) $\theta' = \theta + A\sin\left(\left(l_d \sin\varphi^* \sin(\Phi - \theta)\right)/r'\right)$, ако $l_d \sin(\varphi)\cos(\pi - \Phi - \theta) \le r$

или по формулата:

(19) $\theta' = \theta + \pi + A\sin\left(\left(l_d \sin\varphi \sin(\Phi - \theta)\right)/r'\right)$, ако $l_d \sin(\varphi)^* \cos(\pi - \Phi - \theta) > r$

(20) $z' = z + l_d \cos\phi$,

където Φ, θ са старите определящи ъгли; ϕ', θ' са новите определящи ъгли; r, z, θ - цилиндричните координати на втората точка.

Този процес продължава, докато енергията на фотона не стане по-ниска от пределната или до излизането на фотона от границите на разглежданата област. Ако приемем, че $q_v(r, \theta, z)$ то температурната разпределеност в полето се получава като се реши крайното уравнение за топлопроводимостта и следва, че:

(21) $$\frac{\partial T}{\partial t} = a\Delta T + (\rho c_p)^{-1} q_v(r, \theta, z), \qquad -\chi \frac{\partial T}{\partial z}\Big|_{z=0} = (1-R) I(r, \theta, z), \; t > 0$$

Граничните условия $T(z,0) = T_0$, $z > 0$, Δ е оператор на Лаплас в цилиндрични координати; $R = \left[(n-1)^2 / (n+1)^2\right]$ е коефициента на отражение на границата въздух-първи слой биоматериал при нормално падане на лазерния лъч; $I(r, \theta, z)$ - разпределението на интензитета на лазерния лъч.

Обемен източник на топлина, създаден от лазерния лъч разпространяващ се по дължината на оста z и падащ на повърхността xy на биоматериала:

(22) $$q_v(r, \theta, z) = \mu_d I(r, \theta, z, t).$$

Скоростта на нагряване на площ от биоматериал при облъчване с непрекъснат лазерен лъч има вида:

(23) $$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\mu_d (1-R) I_0}{2\rho c_p (1 + 4\alpha \cdot t) \cdot r_0^2} \cdot \exp\left[\frac{-\rho^2}{r_0^2 + 4\alpha \cdot t}\right] + \exp(\mu^2 \alpha \cdot t) \times$$
$$\times \left\{ \exp(\mu_d z) erf\left(\mu_d (\alpha \cdot t)^{1/2} + \frac{z}{(4\alpha \cdot t)^{1/2}} + \exp(-\mu_d z) erf\, c\left[\mu_d (\alpha \cdot t)^{1/2} - \frac{z}{(4\alpha \cdot t)^{1/2}} \right] \right) \right\} \cdot \theta(t)$$

Топлинния отклик на биологичната среда на лазерното въздействие зависи от топлофизичните и оптичните свойства на материала. Топлофизичните свойства на биоматериала съществено зависят от обемното съдържание на вода в него. Поради което за оценка на плътността p, топлинната мощност c_p, коефициента на топлопроводимостта χ, температурната проводимост (a) и дълбочината на проникване на топлината Lt се използват зависимостите:

(24) $$p = (1{,}3 - 0{,}3V)10^3 KrM^3; \; X = 0{,}419^*(0{,}133 + 1{,}36V) Wm^{-1}K^{-1}$$
$$Cp = 4{,}19^*(0{,}37 + 0{,}63V)10^3 Jкк^{-1}K^{-1}; \; \alpha = \chi / (\rho c_p); \; L_t = \sqrt{4\alpha t} \;\; m^2 c^{-1}$$

където V е обемното съдържание на вода.

Този модел дава възможност да се пресметне дълбочината на проникване и температурата на полето в биоматериала, което може да се използва при подбора на индивидуалната доза на облъчване.

Заключение

Този математически модел би могъл да се използва за числени експерименти, които позволяват по-детайлно да се изследва влиянието на различните лазерни параметри (плътностна мощност, време на въздействие, режим на работа, дължина на вълната) върху тъканите и да се покаже степента на влияние на дължината на вълната. Това позволява да се намали топлинното въздействие върху обграждащите тъкани и като последствие значително намаляване на биологичното разграждане на структурата на тъканите.

Литература:

1. А с т а ф ь е в а, Л. Г., Ж е л т о в Г. И. Динамика температурного поля внутри кровеносного сосуда под действием лазерного излучения // Оптика и спектроскопия. – 2005. – Т. 98, №4. – С. 689-694.
2. П е т р о в а, Т. И.., Моделиране на разпространението на лазери в биотъкани, Сборник научни доклади „145 годишнината на Българска академия на науките 35 годишнината от космическия полет на Георги Иванов" Шумен 2014 г.
3. N i e m z, M. H. Laser – Tissue Interactions: Fundamentals and Applications. – Berlin, 1996. – 305 p.
4. P a i t h a n k a r, D. Y., R o s s V. E., S a l e h B. A., B l a i r M. A., G r a h a m B. S. Acne Treatment with a 1450 nm Wavelength Laser and Cryogen Spray Cooling // Lasers in Surgery and Medicine. – 2002 – V. 31, № 2. – P. 106-114.
5. V a l v a n o, J. W. Tissue Thermal Properties and Perfusion // Optical-Thermal Response of Laser-Irradiated Tissue / Ed. by Welch A.J. and van Gemert M.J.C. – N.Y., 1995. – P. 445-488.

МОДЕЛИРАНЕ НА ЛАЗЕРИТЕ ПРИ ФОТОДИНАМИЧНА ТЕРАПИЯ

Теодора Петрова, Живо Петров

Национален Военен Университет „В. Левски“ - В. Търново,
Факултет „Авиационен“ - Д. Митрополия,
e-mail: teodorapetrova33@abv.bg

Ключови думи: *математическо моделиране, лазери, фотодинамична терапия*

Резюме: *Фотодинамичната терапия е принципно нов метод за откриване и лечение на злокачествени заболявания. В настоящето не съществува точна теория за разпространение на светлината в структурно нееднородна среда, а експерименталните изследвания допълнително се затрудняват от необходимостта да се поддържат постоянни структурно-динамичните параметри. Във връзка с това все по-голяма роля придобива компютърното моделиране на процесите на разпространение на лазерното лъчение.*

MODELING PROPAGATION OF LASER RADIATION IN THE PHOTODYNAMIC THERAPY

Teodora Petrova, Zhivo Petrov

Key words: *mathematical model, lasers, photodynamic therapy*

Abstract: *Photodynamic therapy is a new method for detecting and treatment of cancer. There isn't any precise theory of light propagation at structurally heterogeneous environment so far and he experimental researches are straitened because they require maintenance of permanent structurally dynamic parameters of the environment. Thus the importance of computer modeling of propagation of laser radiation increases.*

Въведение

В настоящето не съществува точна теория за разпространение на светлината в структурно нееднородна среда, а експерименталните изследвания допълнително се затрудняват от необходимостта да се поддържат постоянни структурно-динамичните параметри. Във връзка с това все по-голяма роля придобива компютърното моделиране на процесите на разпространение на лазерното лъчение. То позволява по-подробно да се изследват особеностите на процеса на разпространение на лазерния лъч в моделирана среда, а също да се изследва зависимостта на получените резултати от различните параметри на измервателната система и изследвания обект, което винаги допълнително усложнява експеримента. С непрекъснато появяващите се нови области на приложение на лазерното лъчение за обработка на биотъкани възниква необходимостта от изработването на методика и критерии за оптимизация на параметрите на лазерните излъчватели [4].

Лазерите във фотодинамичната терапия (ФДТ)

Основното приложение е за лечение на злокачествени образования в случаите, когато хирургична намеса и лечение чрез лъчетерапия е противопоказно, а възможностите на химиотерапията са изчерпани. Във ФДТ по правило се използват лазери със средно ниво на мощност (единици W) от видимия диапазон на спектъра.

Механизмът на фотодинамичното въздействие върху биообекти е основан на:

- селективно натрупване на определен оцветител (фотосенсибилизатор) в туморните тъкани;

- поглъщане на лазерно лъчение с определена дължина на вълната (червената област от видимия спектър) от този сенсибилизатор с последващо разрушаване на туморни клетки поради поглъщане на енергия от лазерния лъч [3, 4].

По този начин, под действието на светлината, поради цитотоксичния ефект, умират основно туморните клетки, и много малко се увреждат здравите.

Основните параметри на излъчване за ФДТ са експериментално подбрани и са емпирични, а също така и не са твърдо установени. Оптималната доза облъчване варира от 50 до 200 $J/см^2$ (за дължина на вълната 630 nm). Плътността на мощността при тази дължина по едни данни е 10-100 $mW/см^2$, а по други стига до 1 $W/см^2$. По принцип подобни плътности на енергията (и дози на лъчение) могат да се постигнат и с некохерентни източници на лъчение. Въпреки това, досега се отдава предпочитание на лазерни източници, които имат голям КПД и осигуряват необходимата плътност на мощността в дадения диапазон от спектъра. Перспективни, за целите на ФДТ, са полупроводниковите лазери и мощните светодиоди (LED), работещи в червения диапазон на спектъра.

Разработват се различни математически модели, които обикновено са предназначени да решат някаква конкретна задача. В много от случаите проблем е изборът на лазер и неговите характеристики, като решение се взема въз основа на спектралното поглъщане и времето за възстановяване на разглеждания обект (среда). Моделирането трябва да решава задачата за оптимизиране на параметрите на лазерния излъчвател и да оцени получените резултати от лазерното въздействие върху биологичната среда.

Посредством модела, описващ някакъв конкретен процес, и въз основа на резултатите от въздействието при определени параметри, може последователно да се изменят изходните параметри, като се направи оптимизация и на енергийните параметри на лазерния излъчвател за постигане на необходимия ефект за всеки конкретен случай.

Най-интересни резултати се получават при стохастично моделиране чрез метода Монте-Карло на процеси на многократно разсейване на лазерни лъчи в многослойна среда [5, 6]. Методът Монте-Карло е числен метод за решаване на математически задачи (системи от алгебрични, диференциални, интегрални уравнения) и пряко статистическо моделиране (физични, химични, биологични, икономически и социални процеси) с помощта на получаване и преобразуване на случайни числа.

Главната идея на метода е отчитане на ефекта на поглъщане и разсейване по оптичния път на всеки фотон през непрозрачна среда. За отчитане на поглъщането, на всеки фотон се присвоява тегло и при преминаването му през средата това тегло постоянно намалява. Ако има разсейване се избира нова посока на разпространение в съответствие с фазовата функция и други случайни величини. Процедурата продължава до тогава, докато фотона не излезе от разглеждания обем или неговото тегло не достигне определена големина. Методът Монте-Карло има пет основни етапа.

1. Генериране от източника фотони - фотоните се генерират на повърхността на разглежданата среда. Тяхното пространствено и ъглово разпределение съответства на разпределението на падащото лъчение.
2. Генериране на траектория - след генерирането на фотона се определя разстоянието до първия сблъсък, като се предполага, че частиците, които поглъщат и разсейват фотоните, са случайно разпределени в непрозрачната среда.
3. Поглъщане - за да може да се пресметне поглъщането на всеки фотон се присвоява собствено тегло и при навлизане на фотона в непрозрачната среда неговото собствено тегло е равно на 1.
4. Ликвидация – тази стъпка се използва само в случай на определяне на теглото на всеки фотон в етап 3. Когато теглото достигне определена гранична стойност фотона се отстранява. След това програмата продължава от етап 1.
5. Регистрация – след повтаряне на етапите от 1-4 за достатъчно количество фотони, картата на траекториите се изчислява и се съхранява в компютъра. Така може да се получи статистическо отчитане на части от случайните фотони погълнати от средата, а също и пространственото и ъглово разпределение на фотоните излезли от нея [1].

Един от вариантите за реализация на алгоритъма по метода Монте-Карло е като се симулира среда със следните параметри: дебелина L_{cp}, коефициенти на разсейване μ_s и поглъщане μ_a, среден косинус на ъгъла на разсейване g, относителна степен на пречупване n. Средата е представена като съвкупност от центрове, които разсейват и поглъщат фотони [2]

Може да се проследи в детайли една итерация на алгоритъма на метода Монте-Карло. Падащият импулс, които се състои от един милион фотони, навлизащи в разглежданата среда

по оста z, перпендикулярно на повърхността (x, y), като я пресичат в точка с координати $(0,0,0)$. Всички изчисления се правят за тримерна декартова координатна система. След влизането на фотона в средата се определя дължината на свободния пробег на фотона в нея и ъглите на разсейване θ и φ. Ъгълът на разсейване θ се задава с фазовата функция на разсейване.

(1) $$p(s, s') = p(\theta)p(\varphi),$$

където s е посоката на падане, а s' - посоката на разсейване на фотона.

Частиците от окръжаващата среда, в следствие, на които се получава разсейване и поглъщане, може да се приемат за сферично симетрични. Това приближение често се използва в аналогични случаи и се основава на това, че в процеса на преминаване през средата със силно разсейване фотона си взаимодейства с частиците под различни ъгли. Поради това може да се приложи усредняване на индикатрисата на разсейването. Използването на този модел показва, че това приближение много добре описва свойствата на повечето биотъкани [2].

От приетото допускане се получава съотношението:

(2) $$p(\varphi) = \frac{1}{2\pi}.$$

Когато тъканите са със силно разсейване, за фазовата функция на разсейване $p(\theta)$ може да се приложи фазовата функция на Хени-Гринщейн от където за ъгъл θ се получава:

(3) $$\theta = \cos^{-1}\left[\frac{1+g^2-\left(\frac{1-g^2}{1+g^2-2gRND}\right)}{2g}\right],$$

където RND е случайно равномерно разпределено число в диапазона $(0,1)$.

На всеки етап ъгълът θ се определя относно „старото“ направление на разпространение, а ъгълът φ е в равнина, която е перпендикулярна на „новата“ посока на движение. Дължината на свободното движение на фотона се определя от функцията на вероятностната плътност:

(4) $$p(L) = \left(\frac{1}{l_{ph}}\right)e^{-\frac{L}{l_{ph}}},$$

където l_{ph} е средната дължина на свободното движение на фотона и се определя от израза

(5) $$l_{ph} = \frac{1}{\mu_a + \mu_s}.$$

Като се използва свойството на функциите на вероятностните плътности

(6) $$\int_0^\infty p(L)dL = 1,$$

за пресмятане дължината на свободното движение се избира случайно число $\xi \in (0,1)$, което може да се свърже с вероятностната плътност за дължината на свободно движене по следния начин:

(7) $$\xi = \int_0^L p(l)dl.$$

Числото ξ е равномерно разпределено в интервала $(0,1)$ и се генерира с помощта на генератор на случайни числа. Тогава дължината на свободното движение на фотона се получава от:

(8) $$L = -l_{ph}\ln(1-\xi).$$

Като се използва генерираното число ξ се моделира взаимодействието на фотона с частиците на средата, които могат да бъдат или центрове на поглъщане или на разсейване. Вероятността за разсейване на фотон от частиците се определя от израза:

(9) $$p_s = \frac{\mu_s}{\mu_s + \mu_a},$$

а вероятността за поглъщане от:

(10) $$p_a = 1 - p_s = \frac{\mu_a}{\mu_s + \mu_a}.$$

Когато генерираното случайно число ξ е в диапазона $(0, p_s)$ се приема, че фотона се разсейва, в противен случай се приема, че се поглъща. Цялата среда по оста z е разделена виртуално на няколко слоеве с еднаква дебелина, които съответстват на масиви от данни. Във всеки масив се записва броят на погълнатите или разсеяните фотони. Ако фотонът е разсеян се отчита неговата нова посока на движение и координатите му по формулите:

(11) $$\begin{aligned} x &= x_0 + L\sin\theta\cos\varphi, \\ y &= y_0 + L\sin\theta\sin\varphi, \\ z &= z_0 + L\cos\theta, \end{aligned}$$

където x_0, y_0, z_0 са „старите“ координати на фотона.

Ако фотонът е погълнат се пуска следващия в точка с координати (0,0,0). Процесът на моделиране на взаимодействието на фотона с частиците на средата продължава докато фотонът или бъде погълнат, или не отиде отвъд границите на детектора ($z = 0$), или попадне в него ($z = L_д$). При достигане на фотона до границата среда-въздух се проверява, дали се изпълнява условието за пълно вътрешно отражение:

(12) $$\theta \geq \theta_{кр} = \arcsin\left(\frac{1}{n}\right),$$

където n е коефициентът на пречупване на средата.

В последните години в лазерната медицина намират широко приложение полупроводниковите лазери и технологично целесъобразно се оказва използването на вълноводните лазери. Широко използвани са инжекционните полупроводникови лазери, които покриват диапазона от 575 nm до 49,1 μm, имат висока ефективност до 66% и са извънредно компактни и опростени конструктивно. Промяна на дължината на вълната на полупроводниковите лазери се осъществява чрез промяна на температурата на кристала, промяна на тока през диода (топлинен ефект), прилагане на външно магнитно поле или външно налягане. За редица биотехнологии интерес представляват излъчвания от полупроводникови лазери във видимата и близката до инфрачервената област (575÷1500 nm).

Особен интерес за научните експерименти при взаимодействие на светлината с биотъкани представлява лазерът със свободни електрони (ЛСЕ), защото той притежава необичайно широк работен диапазон от дължини на вълните (0,1÷1000 μm), голяма мощност (до 10 W), малка продължителност на импулса (3÷35 ps) и достатъчно висока честота на повторение на импулса (1÷100 Hz). Ценността на този тип лазер за биотехнологиите и особено за лазерната терапия е във възможността за промяна на получения лъч в далечната инфрачервена област на спектъра, достигаща до милиметровия диапазон на дължината на вълната.

При симулацията се предполага, че лазерния лъч е насочен и пада перпендикулярно на средата, като снопа е с гаусов профил и равномерна осветеност.

(13) $$I(r,t) = I_{01}\exp\left(-2\left(\frac{r}{r_0}\right)^2\right)\cdot\theta(t), \qquad I_{01} = \frac{2\cdot P}{\pi\cdot r^2},$$

и лъч с правоъгълен профил

(14) $$I(r,t) = \begin{cases} 0 & r > r_0, \\ I_{02}\theta(t), & r < r_0, \end{cases} \qquad I_{02} = \frac{P}{\pi\cdot r_0^2},$$

където P е мощността, r_0 - изходния радиус на лъча, $\theta(t)$ - функция на Хевисайд.

(15) $$\theta(t) = \begin{cases} 1, & t > 0, \\ 0, & t < 0. \end{cases}$$

Процесът на разсейване води също така до увеличаване на осветеността на повърхностните слоеве на биосредата. Интензитетът на светлината на границата въздух биослой нараства с 5-20% и много рязко намалява в дълбочина.

Разглежда се движението на един фотон. За него на случаен принцип се избират координати на влизане в биотъканите (R,θ) и ефективна дълбочина на проникване на светлината в средата l_d ;

$$R = RND(r_n), \quad \theta = RND(2\pi), \quad l_d = -\ln(1 - RND)/\mu_d,$$

където RND е функция на случайна променлива; $r_л$ - радиус на лазерния лъч; μ_d -намаляващ коефициент на поглъщане.

В точката на попадане на лъча върху повърхността протичат процес на поглъщане на част от енергията на фотона и разсейване, при което на фотона се присвоява нова посока на движение, като се отчита коефициента на разсейване в средата. В този случай на случаен принцип, като се отчете коефициента на поглъщане и разсейване, се избира нова дълбочина на проникване l_d до друга точка, цилиндричните координати се определят:

(16) $r' = \left(r^2 + 2rl_d \sin(\Phi - \theta) + (l_d \sin\phi)^2\right)^{1/2}$;

където ъгъл θ се пресмята по формулата:

(17) $\theta' = \theta + A\sin\left(\left(l_d \sin\varphi^* \sin(\Phi - \theta)\right)/ r'\right)$, ако $l_d \sin(\varphi)\cos(\pi - \Phi - \theta) \le r$

или по формулата:

(18) $\theta' = \theta + \pi + A\sin\left(\left(l_d \sin\varphi \sin(\Phi - \theta)\right)/ r'\right)$, ако $l_d \sin(\varphi)^* \cos(\pi - \Phi - \theta) > r$

(19) $z' = z + l_d \cos\phi$,

където Φ, θ са старите направляващи ъгли; ϕ', θ' са новите направляващи ъгли; r, z, θ - цилиндричните координати на втората точка.

Този процес продължава, докато енергията на фотона не стане по-ниска от пределната или до излизането на фотона от границите на разглежданата област.

Заключение:

В доклада е показан математически модел за пресмятане на разпределението на интензивността на лъча и температурата в кожата и тъканите. Представена е особеността при построяване на геометричния модел за различните цели, а също така и е описано разпространението на лазерния лъч в разсейваща среда. Математическия модел позволява да се направи дозиметрична оценка на лазерния поток в конкретен биоматериал.

Литература:

1. Беликов, А. В., Скрипник А. В. Лазерные биомедицинские технологии (часть 1). Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2008
2. Пушсарева, А. Е. Методы математического моделирования в оптике биоткани: Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2008
3. Лисицын, В. Н. Мешалкин Ю. П. Физические основы применения лазе-ров в биологии и медицине (учебное пособие). – Новосибирск: Изд-во НГУ, 1993. – 41 с.
4. Странадко, Е. Ф. Современные возможности, проблемы и перспективы фотодинамической терапии в онкологии. // Laser Market, 1993, № 7 – 8. – С.22–23.
5. Скипетров, С. Е., Чесноков С. С. // Квантовая электроника. 2000. Т. 25. № 8. С.753-758.
6. Щербаков, Ю. Н., Якунин А. Н. //Мат. модел. М., 1990. Т. 4. Вып. 5. С.109-118.

ВЛИЯНИЕ НА МЕЖДУЕЛЕМЕНТНАТА ЕЛЕКТРОМАГНИТНА ВРЪЗКА ВЪРХУ ПАРАМЕТРИТЕ НА САТЕЛИТНА АНТЕННА РЕШЕТКА

Петър Петков

Технически университет – София
e-mail: pjpetkov@tu-sofia.bg

Ключови думи: *антенна решетка, взаимно свързване, антеннен облъчвател*

Резюме: *Антенните решетки съставени от цилиндрични рупорни елементи са основна градивна част на антенните състеми за създаване на контурно покритие върху земната повърхност. Техните параметри имат решаващо значение за качеството на цялостната антенна система. Разгледани са някои аспекти за подобряване на някои от тези параметри*

MUTUAL COUPLING IMPACT ON PERFORMANCE OF SPACE-BORNE ANTENNA ARRAY

Peter Petkov

Technical University – Sofia
e-mail: pjpetkov@tu-sofia.bg

Keywords: *Reflector antenna, mutual coupling, feed horn array*

Abstract: *Antenna horn arrays with a horn element as basic component are major building block of the shaped beam antenna systems. The performance of the feed array has a significant impact on the performance of the whole antenna system. This paper discuses some aspects to improvement of these performance characteristics.*

Въведение

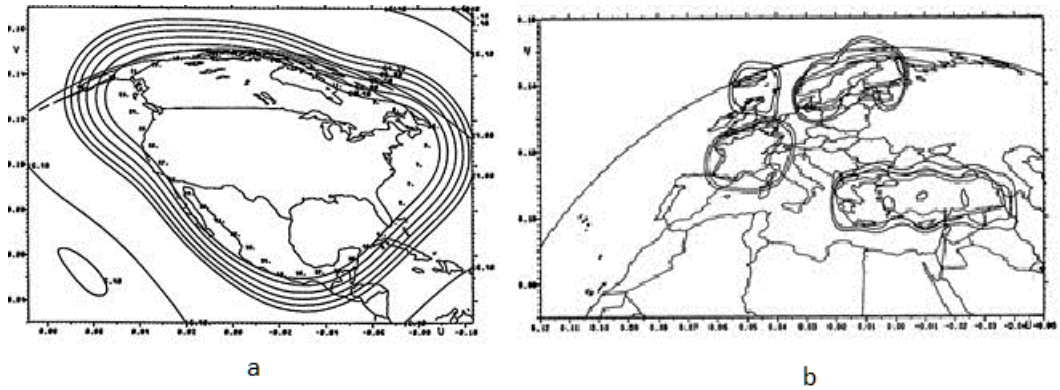
Антенните състеми с контурен лъч са основно средство за постигане на ефективни телекомуникационни решения в съвременните спътникови технологии. Възникнали в средата на 80-те години на 20-ти век, те достигат състояние на абсолютна необходимост за съвременните телекомуникационни спътници. Предимствата които предлагат са безспорни и незаменими с други средства – формиране на зона на покритие върху желана географка територия, потискане на смущения от и към друга географска територия, поддържане на постоянни EIRP и G/T върху зоната на покритие (фиг.1).

Реализирането на контурен лъч се осъществява с два необходими компонента. Първият компонент е квазипараболичен рефлектор деформиран по начин, който да предизвика основната част на контурното покритие и антенна решетка от разпределени в пространството източници, които да създадат вълнов фронт, с подходящо амплитудно и фазово разпределение, което да допринесе за формирането на контурния лъч. Сложността на задачата нараства много, имайки предвид че в повечето случаи контурният лъч трябва да следва териториалните граници на дадена държава или формата на някой континент (в зависимост от предназначението на комуникационния спътник).

За решаване на първата задача се използват методи базирани на Физическата оптика (PO) и Физическа теория на дифракцицията (PTD) и по-рядко Метод на Моментите (макар и по-точен метод) [1]. Причината за рядкото използване на метода на моментите е огромната изчислителна работа, която трябва да се извърши и дори при съвременният напредък на компютърната техника, като пресмятането на единична диаграма на насочено действие може да отнеме часове и дни. При това положение, оптимизационна задача би отнела месеци и даже

години. Анализ с помощта на Физическата оптика е няколко стотици пъти по-бърз, но въпреки това, синтезът на средно-голямо огледало (~2m) за честоти от Ku-обхвата отнема седмици.

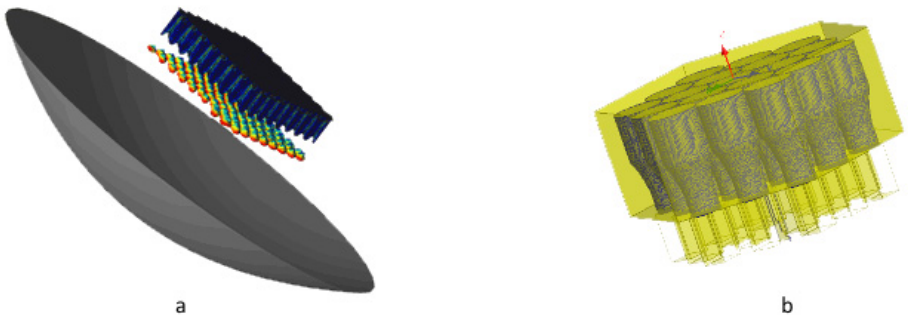
Независимо от методът използван за анализ и синтез, крайният резултат е геометричната форма на рефлектора и разпределението (пространствено, амплитудно и фазово) на източниците, създаващи първичната Диаграма на насочено действие (фиг.2a). Следващата стъпка при създаване на Антенна система с контурен лъч е синтезът на тези източници. Този синтез се извършва най-често с помощта на Метода на крайните елементи. За съжаление, този метод, макар и изключително точен е още по-ресурсоемък и се прилага за синтеза на един облъчвател на антенната решетка. Диаграмата на цялата решетка се синтезира лесно с помощта на отдавна установени от науката и практиката емпирични зависимости [2]. Недостатъкът на този подход е, че при синтез на общата диаграма на антенната решетка не се отчита взаимното влияние на съседните елементи на решетката, което води до промени във вторичната диаграма (контурния лъч) на антенната система и несъвпадението и с предварително изчислената [3]. Представеното изследване характеризира ефекта (ползата) от намаляването на това междуелементно влияние, върху коефициента на усилване на единичният елемент на решетката.



Фиг. 1. Конурна Диаграма на насочено действие (лъч): a – проста, b –сложна. (Източник – ESA)

Постановка на задачата и получени резултати

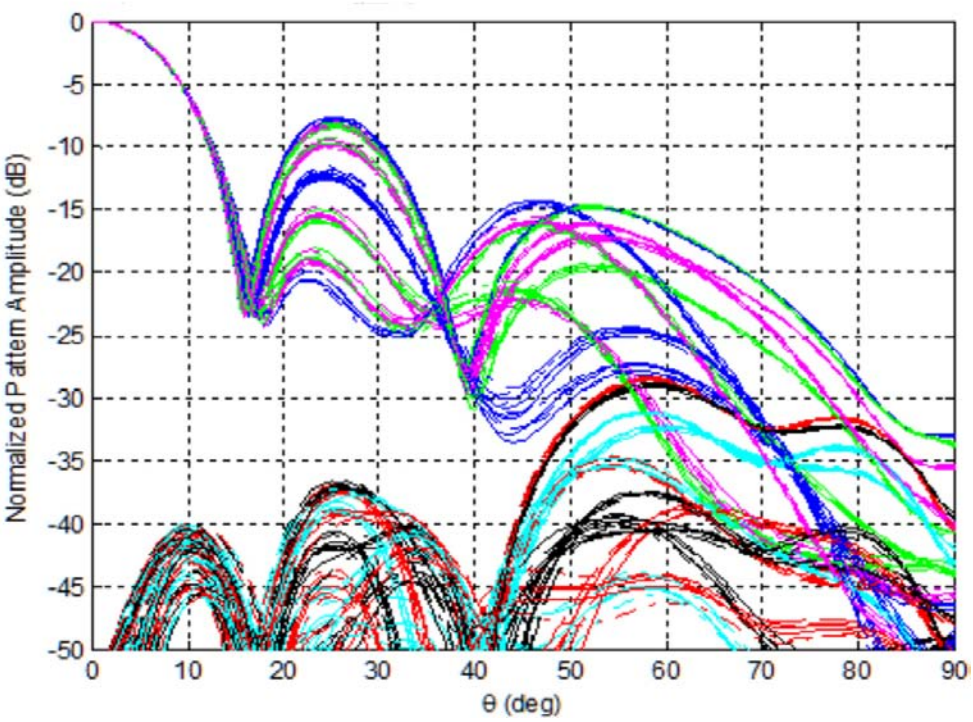
За анализ на междуелементното взаимодеиствие е съставен блок от 18 първични елемента, обединени в обща антенна рещетка (фиг 2b). Възбуждане се предизвиква само на един от портовете на централно разположеният елемент, като се следи резултатът на портовете на всички останали елементи в блока. Анализът се осъществява с помощта на метода на крайните елементи. Най-важният параметър, за който се осъществява оптимизацията е диаграмата на насочено действие на централно разположеният елемент.



Фиг. 2. Антенна система за контурен лъч: a – Рефлектор с антенна решетка (Източник – Технологичен Университет в Чалмерс), b – електричен модел на антенната решетка

Резултатите от анализа и последвалата оптимизация са представени на фиг. 3. Фигурата представя диаграмите на насочено действие на централния елемент, в 36 равнини около оста му на излъчване. От съществено значение е да се отбележи изключително ниското ниво на кросполяризационната компонента в областта, в която антенната решетка облъчва рефлектора (0-15deg). За цялата тази област това ниво не надвишава -40dB (-25dB при

неоптимизирана решетка), което допринася за изключително високото качество на вторичната диаграма на насочено действие.



Фиг. 3. Диаграма на насочено действие на единичен елемент от оптимизирана антенна решетка

Допълнителна полза установена при анализа е намаляването на вариациите на коефициента на насочено действие в зависимост от честотата. В процеса на работа бе установено, че КНД на елемент от стандартна антенна решетка може да варира с 0.55dB в честотна лента от 2GHz, докато м,и антенна решетка с понижена междуелементна връзка тази вариация намалява до 0,25dB

Заключение

В заключение можем да се отбележи че разгледаният подход дава следните съществени предимства:

- Осигурява стабилност на коефициентът на насочено действие на възбуждащата антенна решетка и оттам на цялата антенна система.
- Осигурява изключително ниско ниво на крос-поляризационната компонента на първичната ДНД в зоната на облъчване на рефлектора и оттам нейното ниско ниво във вторичната диаграма и контурния лъч .
- Подобрява предсказуемостта на реалните елементи и улеснява електрическото им моделиране и точността на анализ на електрическите модели.

Методът използван за понижаване на междуелементното влияние в антенната решетка е в процес на патентна защита.

Литература:

1. V i s k u m, H.-H. and S. B. S o r e n s e n, Dual Offset Shaped Reflectors Optimized for Gain and XPD performance, 1994 IEEE AP-S Int.
2. B a l a n i s, C. A., Antenna Theory, Analysis and Design, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2005.
3. G u p t a, I. J. and A. A. K s i e n s k i, “Effect of mutual coupling on the performance of adaptive arrays, IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 31, no. 5, pp. 785-791,1983

ИЗПОЛЗВАНЕ НА МЕТОДА НА АЛЪН ЗА АНАЛИЗ НА ГРЕШКИТЕ В БЮДЖЕТЕН 3-ОСЕН АКСЕЛЕРОМЕТЪР ОТ 6-ОСЕН ЧИП MPU6050

Живо Петров, Марин Маринов

НВУ „В. Левски", Факултет „Авиационен" - Долна Митрополия
e-mail: zhivo@abv.bg

***Ключови думи**: дисперсия на Алън, MEMC акселерометър, отместване на нулата, случайна грешка*

***Резюме:** В доклада е направена оценка на грешките на цифров бюджетен MEMC акселерометър. Такава оценка е необходима да се построи модел на акселерометъра. Ефективен начин за такива оценки е Метода на Алън, който използва средноквадратичното отклонение като функция на времето на осредняване. Индентифицирани и оценени са случайните грешки, което позволява да се използват при построяването на навигационни системи на малки летателни апарати.*

ALLAN VARIANCE ANALYSIS ON ERROR CHARACTERS OF LOW-COST MEMS 3-AXIS ACCELEROMETER IN 6-AXIS MOTIONTRACKING DEVICE MPU6050

Zhivo Petrov, Marin Marinov

Aviation Faculty, NVU „V. Levski", Dolna Mitropolia, Bulgaria
e-mail: zhivo@abv.bg

***Keywords:** accelerometer, Allan variance, bias instability, error, random walk, rate random walk.*

***Abstract:** This paper gives an evaluation of low-cost MEMS digital accelerometer errors. Such evaluation is required to construct an appropriate model of the accelerometer. Allan Variance is a simple and efficient method for verifying and modelling the errors by representing the root mean square random drift error as a function of averaging time.*

In this paper the characteristics of MEMS accelerometers stochastic errors are identified and quantified, using Allan variance. The derived error model can be applied further to navigation systems of small aircraft.

1. Въведение

Предимствата на технологията на микро електромеханичните системи (MEMC) съвместно с миниатюризацията на електронните елементи прави възможно производството на леки нискобюджетни с малка консумация чипове, съдържащи инерциални сензори, които се използват за измерване на ускорения и ъглови скорости [9].

MEMC акселерометрите дават на изхода си ускорението на летателния апарат, което се използва за определянето на местоположението и скоростта. Точността на измерване обикновено зависи от различни източници на грешки, като отместване на нулата, нестабилност на отместването, случайна грешка и други. При интегрирането на измерванията от акселерометрите в навигационните алгоритми, тези грешки водят до значително отклонение на местоположението и скоростта от истинските им стойности. За подобряване на точността на навигационите системи се използват различни видове алгоритми за комплексиране на инерциалните сензори с други сензори, като GPS приемници [8]. За постигането на необходимата точност на определяне на навигационните параметри са необходими точни модели на грешките на инерциалните сензори.

Грешките се дължат на източници на шумове, които са статистически независими и за тяхното моделиране са разработени различни методи. Честотния метод се основава на спектралната плътност на мощността [7]. Получени са няколко времеви метода за статистическо моделиране [4,14]. Най-използваният от тях е метода за във времевата област чрез дисперсия на Алън, който е разработен в средата на шестдесетте години на миналия век за изследване на стабилността на честотата на високоточни генератори [1, 2, 3, 5, 6, 12]. Дисперсията на Алън е директно измерима величина и може да осигури информация за вида и големината на различни шумови съставящи. Медодът е бил адаптиран за характеризиране на случайните отклонения в различни устройства, вкючително MEMC акселерометри [15, 16].

В този доклад е използван времевия анализ по метода на Алън за определяне на съставящи на грешките на 16 битов, 3- осен MEMC акселерометър от 6-осния чип MPU6050.

2. Метод на дисперсията на Алън

Ако моментните стойности на изхода на акселерометъра се отбележат с $a(t)$, то средната стойност за даден интервал от време се определя от израза:

(1) $$\bar{a}_k(\tau) = \frac{1}{\tau}\int_{t_k}^{t_k+\tau} a(t)dt ,$$

където $\bar{a}_k(\tau)$ представлява осреднената стойност на изхода на акселерометъра за интервал започващ от k-та стойност.

Дефинирането на средната стойност за следващия интервал е:

(2) $$\bar{a}_{k+\tau}(\tau) = \frac{1}{\tau}\int_{t_k+\tau}^{t_k+2\tau} a(t)dt .$$

Разликата между осреднените стойности за двата интервала е $d_k(\tau)$:

(3) $$d_k(\tau) = \bar{a}_{k+\tau}(\tau) - \bar{a}_k(\tau) .$$

Дисперсията на разликите между средните стойности на всеки два съседни интервала $\sigma_d^2(\tau)$ се определя от съотношението:

(4) $$\sigma_d^2(\tau) = \left\langle (d_k(\tau) - \mu_k)^2 \right\rangle ,$$

където: μ_k е математическото очакване на $d_k(\tau)$; а $\langle\ \rangle$ е операция осредняване по интервали.

Дисперсията на Алън, като функция на времето за осредняване се дефинира като:

(5) $$\sigma^2(\tau) = \frac{\sigma_d^2(\tau)}{2} .$$

Тъй като в цифровите акселерометри изходните данни са дискретни, то израз (5) добива вида:

(6) $$\sigma_d^2(nT) = \frac{1}{2(K-1)}\sum_{k=1}^{K-1}(d_k(nT) - \mu_k)^2 ,$$

където: n е броя на дискретите в един интервал; K е броя на интервалите; T е периода на дискретизация.

Може да бъде показано, че процентната грешка δ при оценяване на средно квадратичното отклонение (СКО) на Алън за даден интервал, поради крайния брой на интервали, се определя от израза [10]:

(7) $$\delta = \frac{1}{\sqrt{2\left(\frac{N}{n}-1\right)}},$$

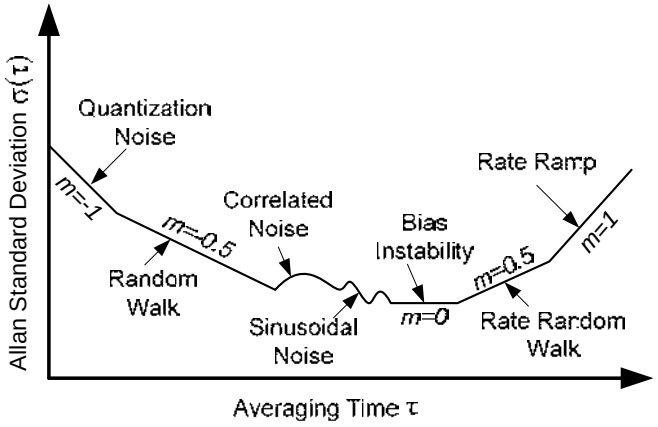
където N е броят на всички дискрети в набора данни.

За да се гарантира грешка под 25% от израз (7) се получава следното съотношение:

(8) $$\frac{N}{n} \geq 9 \;\Rightarrow\; n \leq \frac{N}{9}.$$

Следователно броят на интервалите не трябва да бъде по-малко от девет.

Различните типове случайни процеси се проявяват с различен наклон и градиент в логаритмичната графика на средно квадратичното отклонение на Алън [11], както е показано на фиг. 1. Различните процеси обикновено се намират в различни области на оста τ, което позволява лесно да бъдат идентифицирани [16].



Фиг. 1. Вид на логаритмичната графика на СКО на Алън

Стойностите на параметрите могат да се определят директно от графиката. За MEMC устройства, като MPU6050 най- важни процеси които се определят от тази графика са нестабилността на отместването и случайните грешки.

Източник на случайните грешки е бял шум, който се проявява на графиката като линия с наклон −0.5. СКО на грешката по скорост, дължаща се на този шум, се определя по следното съотношение[11]:

(9) $$\sigma_{rw} = \sigma(\tau_0)\sqrt{\tau_0},$$

където наклона на графиката за $\sigma(\tau)$ е −0,5 за $\tau = \tau_0$.

Нестабилността на отместването се появява като хоризонтална област около минимума, СКО на нестабилността на отклонението се определя от израза [11]:

(10) $$\sigma_{bi} = \sigma(\tau_1)\sqrt{\frac{\pi}{2\ln(2)}},$$

където τ_1 се избира около минимума на графиката.

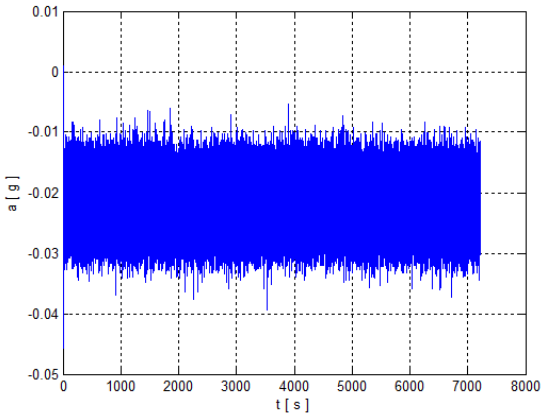
Скоростта на изменение на грешката по скорост се проявява като линия с наклон +0.5 от графиката на $\sigma(\tau)$ и се определя от израза [11]:

(11) $$\sigma_{rrw} = \sigma(\tau_2)\sqrt{\frac{3}{\tau_2}},$$

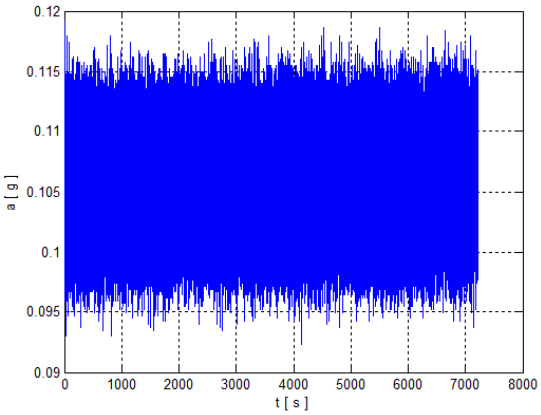
където $\sigma(\tau)$ има наклон +0,5 за $\tau = \tau_2$.

3. Резултати

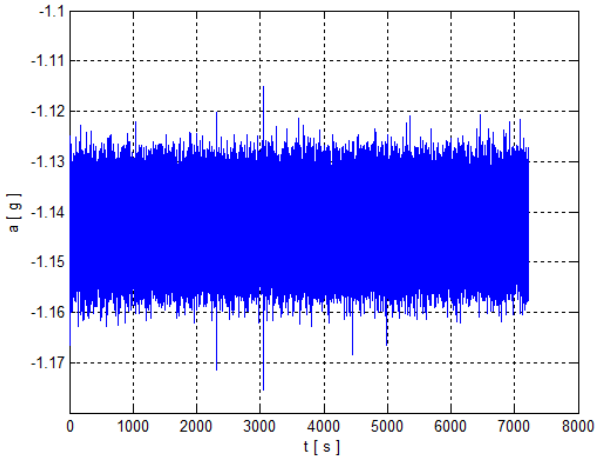
Данните от MPU6050 са събрани с устройство описано в [13]. Акселерометрите са установени в 16- битови данни в диапазон ± 2 g и 50 Hz на за изходните данни. Данните са събрани за осем часа, като ускоренията по осите (*x,y,z*) са показани на фигури от 2 до 4.



Измервания на ускорението по оста *x*
Фиг. 2.

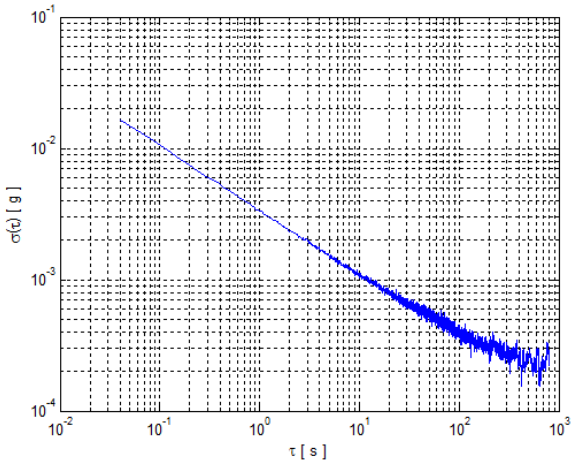


Измервания на ускорението по оста *y*
Фиг. 3.

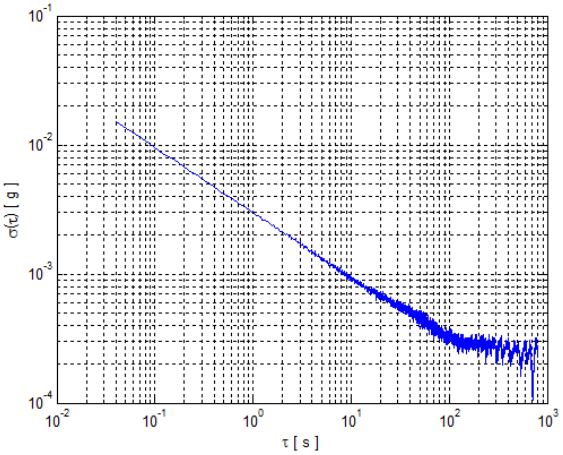


Фиг. 4. Измервания на ускорението по оста *z*

Нито една от осите не е ориентирана по посока на земното ускорение. СКО на Алън за всяка ос (*x,y,z*) е показана на фигури от 5 до 7.



Фиг. 5. СКО на Алън по оста x

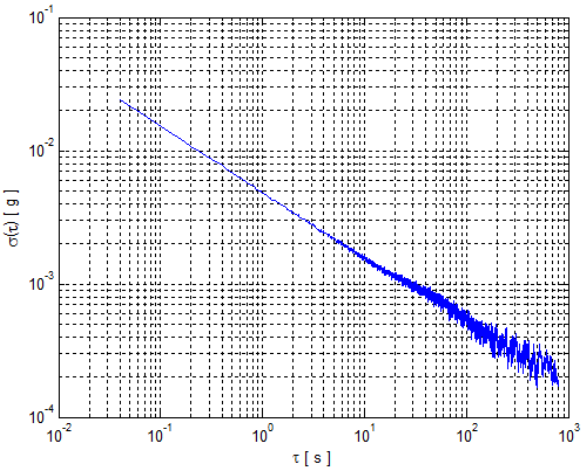


Фиг. 6. СКО на Алън по оста y

Фигура 5 показва че наклона на кривата на СКО на Алън за диапазона $\tau = 0{,}12 \div 2\,s$ е -0,4957. Получена е стойност за СКО на грешката по скорост $\sigma_{rw} = 3{,}347\ mg\sqrt{s}$ като се използва израз (9) при $\tau_0 = 1s$. За СКО на нестабилността на отместването е получена

стойност $\sigma_{bi} = 0{,}2327\ mg$ при $\tau_1 = 465s$. На графиката липсва област от СКО на Алън с наклон позволяващ да се определи СКО на скоростта на изменение на грешката по скорост.

Фигура 6 показва че наклона на кривата на СКО на Алън за диапазона $\tau = 0{,}12 \div 2\,s$ е -0,514. Получена е стойност за СКО на грешката по скорост $\sigma_{rw} = 2{,}99\ mg\sqrt{s}$ като се използва израз (9) при $\tau_0 = 1s$. За СКО на нестабилността на отместването е получена стойност $\sigma_{bi} = 0{,}3728\ mg$ при $\tau_1 = 261s$. На графиката липсва област от СКО на Алън с наклон позволяващ да се определи СКО на скоростта на изменение на грешката по скорост.



Фиг. 7. СКО на Алън по оста z

Фигура 7 показва че наклона на кривата на СКО на Алън за диапазона $\tau = 0{,}12 \div 2\,s$ е -0,5024. Получена е стойност за СКО на грешката по скорост $\sigma_{rw} = 4{,}806\ mg\sqrt{s}$ като се използва израз (9) при $\tau_0 = 1s$. За СКО на нестабилността на отместването е получена стойност $\sigma_{bi} = 0{,}288\ mg$ при $\tau_1 = 685s$. На графиката липсва област от СКО на Алън с наклон позволяващ да се определи СКО на скоростта на изменение на грешката по скорост.

4. Заключение

Методът на дисперсията на Алън представен в този доклад позволява да се определят различни случайни грешки в изходните данни на цифров акселерометър. Характерните области от кривата са определени и са намерени стойностите за различните видове грешки в акселерометъра от чипа MPU6050.

Изследвани са статични данни за осем часов период от акселерометъра в MPU6050. Повечето резултати от направения анализ са близки до декларираните от производителя, което доказва че използвания метод е адекватен.

Тъй като няма участъци от кривата на СКО на Алън с наклон -1 (Фиг.5-7), то може да се направи извода, че грешките от квантуване са много по-малки от останалите грешки и могат да бъдат пренебрегнати.

Резултатите от изследването на MPU6050 категорично показват, че грешките по скорост са най-големи за кратки интервали от време, докато за дълги интервали от време трябва да се отчита и нестабилността на отместването.

Експерименталните резултати осигуряват полезни оценки на параметрите на нискобюджетния акселерометър от чипа MPU6050.

Литература:

1. A l l a n, D. W., *"Statistics of atomic frequency standards,"* Proc. IEEE, vol. 54, no. 2, (1966).
2. A l l a n, D. W., "*Time and frequency (time-domain) characterization, estimation, and prediction of precision clocks and oscillators",* IEEE Trans. Ultrason., Ferroelectr., Freq. Control, vol. UFFC-34, no. 6, (1987).
3. A l l a n, D. W., J. A. B a r n e s, *"A modified "Allan Variance" with increased oscillator characterization ability",* in Proc. 35th Annu. Freq. Control Symp., (May 1981,).

4. B e n d a t, J. S., A. G. P i e r s o l, *Measurement and Analysis of Random Data*, New York: John Wiley and Sons, (1966).
5. C h a f f e e, J.W., *"Relating the Allan variance to the diffusion coefficients of a linear stochastic differential equation model for precision oscillators",* IEEE Trans. Ultrason., Ferroelectr., Freq. Control, vol. UFFC-34, no. 6, (1987).
6. C o n r o y, B. L., D. L e, *"Measurement of Allan variance and phase noise at fractions of a millihertz",* Rev. Sci. Instrum., vol. 61, no. 6, (1990).
7. E l-S h e i m y, N., *Analysis and Modeling of Inertial Sensors Using AV*, IEEE Transaction on instrumentation and measurement, vol. 57, No.1, (2008).
8. G r e w a l, M. S., L. R. W e i l, A. P. A n d r e w s, *Global positioning systems, inertial navigation, and integration*, Wiley, (2007).
9. H u l s i n g, R., *"MEMS Inertial Rate and Acceleration Sensor"*, IEEE Position Location and Navigation Symposium, (1998).
10. IEEE Std 952-1997, IEEE Standard *Specification Format Guide and Test Procedure for Single Axis Interferometric Fiber Optic*, 16 (1997)
11. IEEE Std 962-1997 (R2003) *Standard Specification Format Guide and Test Procedure for Single-Axis Interferometric Fiber Optic Gyros,* Annex C. IEEE, (2003).
12. L e s a g e, P., C. A u d o i n, "*Characterization of frequency stability: Uncertainty due to the finite number of measurement",* IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. IM-22, no. 2, (1973).
13. P e t r o v, Zh., M. M a r i n o v, D. D i m i t r o v, *3-axis digital accelerometer data transfer controller,* Scientific conference , Aviation Faculty, D. Mitropolia, Bulgaria (2013).
14. S i n h a, N., K. K u s z t a, B., *Modeling and Identification of Dynamic Systems*, New York: Van Nostrand Reinhold, (1983).
15. T i t t e r t o n, D. H., J. L. W e s t o n, *Strapdown inertial navigation technology* -2nd ed, Institution of electrical engineers, UK, (2004)
16. W o o d m a n, *O.J., An introduction to inertial navigation*, Cambridge, (2007)

ИЗПОЛЗВАНЕ НА МЕТОДА НА АЛЪН ЗА АНАЛИЗ НА ГРЕШКИТЕ В БЮДЖЕТЕН 3-ОСЕН ЖИРОСКОП ОТ 6-ОСЕН ЧИП MPU6050

Живо Петров, Марин Маринов

НВУ „В. Левски", Факултет „Авиационен" - Долна Митрополия
e-mail: zhivo@abv.bg

Ключови думи: *дисперсия на Алън, МЕМС жироскоп, отместване на нулата, случайна грешка*

Резюме: *В доклада е направена оценка на грешките на цифров бюджетен МЕМС жироскоп. Такава оценка е необходима да се построи модел на жироскопа. Ефективен начин за такива оценки е Метода на Алън, който използва средноквадратичното отклонение като функция на времето на осредняване. Индентифицирани и оценени са случайните грешки, което позволява да се използват при построяването на навигационни системи на малки летателни апарати.*

ALLAN VARIANCE ANALYSIS ON ERROR CHARACTERS OF LOW-COST MEMS 3-AXIS GYROSCOPE IN 6-AXIS MOTIONTRACKING DEVICE MPU6050

Petrov Zhivo, Marinov Marin,

Aviation Faculty, NVU „V. Levski", Dolna Mitropolia, Bulgaria
e-mail: zhivo@abv.bg

Keywords: *gyroscope, Allan variance, bias instability, error, random walk, rate random walk.*

Abstract: *This paper gives an evaluation of low-cost MEMS digital gyroscope errors. Such evaluation is required to construct an appropriate model of the gyroscope. Allan Variance is a simple and efficient method for verifying and modelling the errors by representing the root mean square random drift error as a function of averaging time.*
In this paper the characteristics of MEMS gyroscope stochastic errors are identified and quantified, using Allan variance. The derived error model can be applied further to navigation systems of small aircraft.

1. Въведение

Предимствата на технологията на микроелектромеханичните системи (МЕМС) съвместно с миниатюризацията на електронните елементи прави възможно производството на леки нискобюджетни с малка консумация чипове, съдържащи инерциални сензори, които се използват за измерване на ускорения и ъглови скорости [9].

МЕМС жироскопите дават на изхода си ъгловите скорости на летателния апарат, което се използва за определянето на ориентацията и местоположениетост. Точността на измерване обикновено зависи от различни източници на грешки, като отместване на нулата, нестабилност на отместването, случайна грешка и други. При интегрирането на измерванията от жироскопите в навигационните алгоритми, тези грешки водят до значително отклонение на местоположението и ориентацията на ЛА от истинските им стойности. За подобряване на точността на навигационите системи се използват различни видове алгоритми за комплексиране на инерциалните сензори с други сензори, като GPS приемници [8]. За постигането на необходимата точност на определяне на навигационните параметри са необходими точни модели на грешките на инерциалните сензори.

Грешките се дължат на източници на шумове, които са статистически независими и за тяхното моделиране са разработени различни методи. Честотния метод се основава на спектралната плътност на мощността [7]. Получени са няколко времеви метода за статистическо моделиране [4,14]. Най-използваният от тях е метода за във времевата област чрез дисперсия на Алън, който е разработен в средата на шестдесетте години на миналия век

за изследване на стабилността на честотата на високоточни генератори [1, 2, 3, 5, 6, 12]. Дисперсията на Алън е директно измерима величина и може да осигури информация за вида и големината на различни шумови съставящи. Медодът е бил адаптиран за характеризиране на случайните отклонения в различни устройства, вкючително МЕМС жироскопи [15, 16].

В този доклад е използван времевия анализ по метода на Алън за определяне на съставящи на грешките на 16 битов, 3- осен МЕМС жироскоп от 6-осния чип MPU6050.

2. Метод на дисперсията на Алън

Ако моментните стойности на изхода на жироскопа се отбележат с $\omega(t)$, то средната стойност за даден интервал от време се определя от израза:

(1) $$\overline{\omega}_k(\tau) = \frac{1}{\tau}\int_{t_k}^{t_k+\tau} \omega(t)dt ,$$

където $\overline{\omega}_k(\tau)$ представлява осреднената стойност на изхода на жироскопа за интервал започващ от k-та стойност.

Дефинирането на средната стойност за следващия интервал е:

(2) $$\overline{\omega}_{k+\tau}(\tau) = \frac{1}{\tau}\int_{t_k+\tau}^{t_k+2\tau} \omega(t)dt .$$

Разликата между осреднените стойности за двата интервала е $d_k(\tau)$:

(3) $$d_k(\tau) = \overline{\omega}_{k+\tau}(\tau) - \overline{\omega}_k(\tau).$$

Дисперсията на разликите между средните стойности на всеки два съседни интервала $\sigma_d^2(\tau)$ се определя от съотношението:

(4) $$\sigma_d^2(\tau) = \left\langle (d_k(\tau) - \mu_k)^2 \right\rangle ,$$

където: μ_k е математическото очакване на $d_k(\tau)$; а $\langle\ \rangle$ е операция осредняване по интервали.

Дисперсията на Алън, като функция на времето за осредняване се дефинира като:

(5) $$\sigma^2(\tau) = \frac{\sigma_d^2(\tau)}{2}.$$

Тъй като в цифровите жироскопи изходните данни са дискретни, то израз (5) добива вида:

(6) $$\sigma_d^2(nT) = \frac{1}{2(K-1)}\sum_{k=1}^{K-1}(d_k(nT) - \mu_k)^2 ,$$

където: n е броя на дискретите в един интервал; *K* е броя на интервалите; *T* е периода на дискретизация.

Може да бъде показано, че процентната грешка δ при оценяване на средно квадратичното отклонение (СКО) на Алън за даден интервал, поради крайния брой на интервали, се определя от израза [10]:

(7) $$\delta = \frac{1}{\sqrt{2\left(\frac{N}{n} - 1\right)}},$$

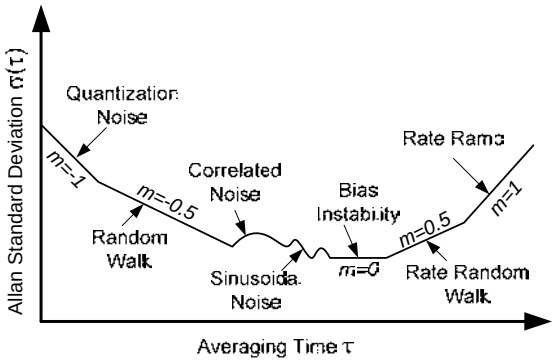
където N е броят на всички дискрети в набора данни.

За да се гарантира грешка под 25% от израз (7) се получава следното съотношение:

(8) $$\frac{N}{n} \geq 9 \ \Rightarrow \ \ n \leq \frac{N}{9}.$$

Следователно броят на интервалите не трябва да бъде по-малко от девет.

Различните типове случайни процеси се проявяват с различен наклон и градиент в логаритмичната графика на средно квадратичното отклонение на Алън [11], както е показано на фиг. 1. Различните процеси обикновено се намират в различни области на оста τ, което позволява лесно да бъдат идентифицирани [16].



Фиг. 1. Вид на логаритмичната графика на СКО на Алън

Стойностите на параметрите могат да се определят директно от графиката. За MEMC устройства, като MPU6050 най- важни процеси които се определят от тази графика са нестабилността на отместването и случайните грешки.

Източник на случайните грешки е бял шум, който се проявява на графиката като линия с наклон −0.5. СКО на грешката ъгъл, дължаща се на този шум, се определя по следното съотношение[11]:

(9) $$\sigma_{rw} = \sigma(\tau_0)\sqrt{\tau_0}\ ,$$

където наклона на графиката за $\sigma(\tau)$ е −0,5 за $\tau = \tau_0$.

Нестабилността на отместването се появява като хоризонтална област около минимума, СКО на нестабилността на отклонението се определя от израза [11]:

(10) $$\sigma_{bi} = \sigma(\tau_1)\sqrt{\frac{\pi}{2\ln(2)}}\ ,$$

където τ_1 се избира около минимума на графиката.

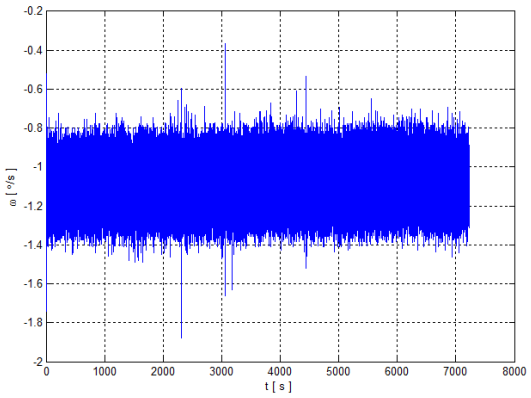
Скоростта на изменение на грешката по ъгъл се проявява като линия с наклон +0.5 от графиката на $\sigma(\tau)$ и се определя от израза [11]:

(11) $$\sigma_{rrw} = \sigma(\tau_2)\sqrt{\frac{3}{\tau_2}}\ ,$$

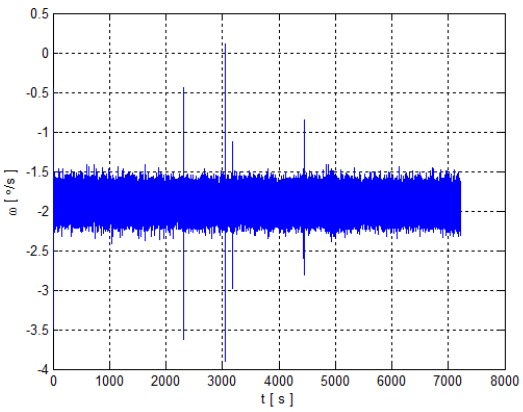
където $\sigma(\tau)$ има наклон +0,5 за $\tau = \tau_2$.

3. Резултати

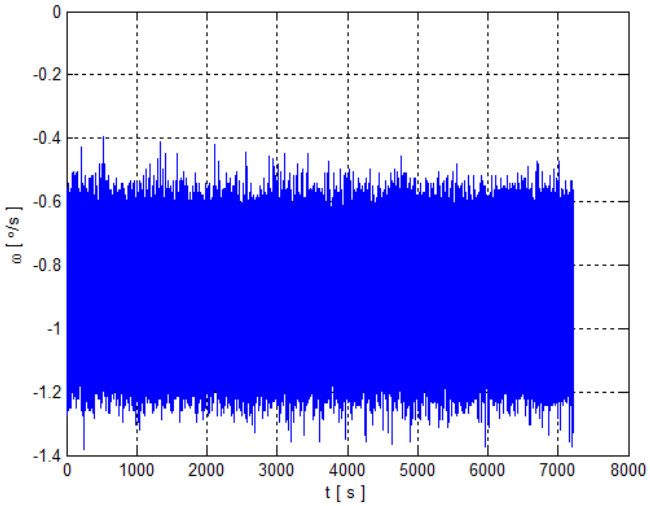
Данните от MPU6050 са събрани с устройство описано в [13]. Жироскопите са установени в 16-битови данни в диапазон $\pm 250^\circ / s$ и 50 Hz на за изходните данни. Данните са събрани за осем часа, като ъгловите скорости по осите (*x,y,z*) са показани на фигури от 2 до 4.



Фиг. 2.
Измервания на ъгловата скорост по оста *x*



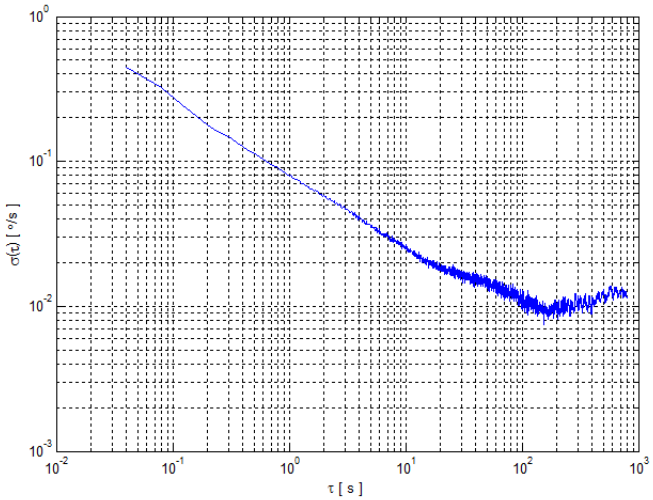
Фиг. 3.
Измервания на ъгловата скорост по оста *y*



Фиг. 4. Измервания на ъгловата скорост по оста *z*

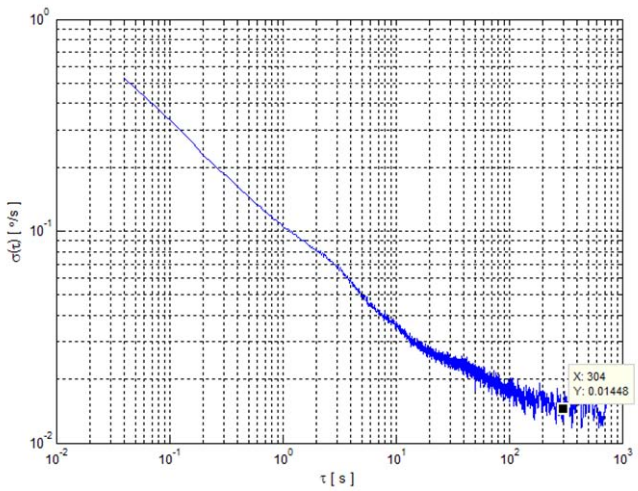
Нито една от осите не е ориентирана по посока на земното ускорение. Изменението на ъгловата скорост по всяка ос има различен характер, следователно и грешките ще бъдат различни.

СКО на Алън за всяка ос (*x,y,z*) е показана на фигури от 5 до 7.



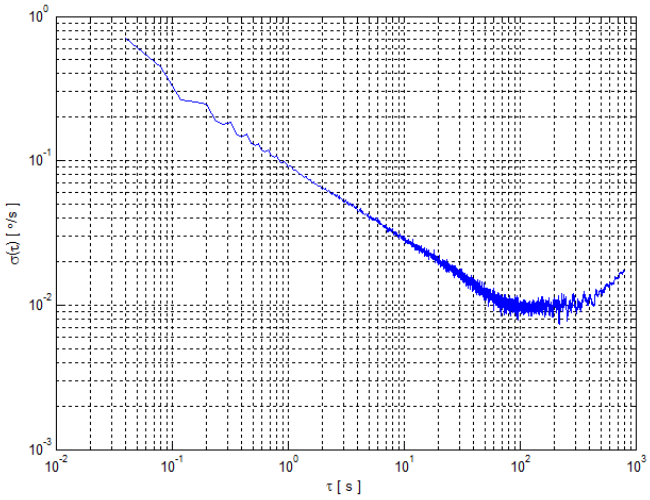
Фиг. 5. СКО на Алън по оста x

Фигура 5 показва, че наклона на кривата на СКО на Алън за диапазона $\tau = 0{,}28 \div 2\,s$ е -0,4974. Получена е стойност за СКО на грешката по ъгъл $\sigma_{rw} = 7{,}972 \times 10^{-2}\ {}^{\circ}/\sqrt{s}$ като се използва израз (9) при $\tau_0 = 1s$. За СКО на нестабилността на отместването е получена стойност $\sigma_{bi} = 1{,}35 \times 10^{-2^{\circ}} / s$ при $\tau_1 = 150s$. На фигурата липсва област от СКО на Алън с наклон позволяващ да се определи СКО на скоростта на изменение на грешката по ъгъл.



Фиг. 6. СКО на Алън по оста y

Фигура 6 показва, че наклона на кривата на СКО на Алън за диапазона $\tau = 0{,}12 \div 1s$ е -0,5169. Получена е стойност за СКО на грешката по ъгъл $\sigma_{rw} = 10{,}29 \times 10^{-2} \,^{\circ}/\sqrt{s}$ като се използва израз (9) при $\tau_0 = 1s$. За СКО на нестабилността на отместването е получена стойност $\sigma_{bi} = 2{,}1 \times 10^{-2^{\circ}} / s$ при $\tau_1 = 304s$. На фигурата липсва област от СКО на Алън с наклон позволяващ да се определи СКО на скоростта на изменение на грешката по ъгъл.



Фиг. 7. СКО на Алън по оста z

Фигура 7 показва, че наклона на кривата на СКО на Алън за диапазона $\tau = 0{,}3 \div 2s$ е -0,5047. Получена е стойност за СКО на грешката по ъгъл $\sigma_{rw} = 9{,}143 \times 10^{-2} \,^{\circ}/\sqrt{s}$ като се използва израз (9) при $\tau_0 = 1s$. За СКО на нестабилността на отместването е получена стойност $\sigma_{bi} = 9{,}409 \times 10^{-3} \,^{\circ}/s$ при $\tau_1 = 127s$. На фигурата липсва област от СКО на Алън с наклон позволяващ да се определи СКО на скоростта на изменение на грешката по ъгъл.

4. Заключение

Методът на дисперсията на Алън представен в този доклад позволява да се определят различни случайни грешки в изходните данни на цифров жироскоп. Характерните области от

кривата са определени и са намерени стойностите за различните видове грешки в жироскопа от чипа MPU6050.

Изследвани са статични данни за осем часов период от жироскопа в MPU6050. Повечето резултати от направения анализ са близки до декларираните от производителя, което доказва че използвания метод е адекватен.

Тъй като няма участъци от кривата на СКО на Алън с наклон-1 (Фиг.5-7), то може да се направи извода, че грешките от квантуване са много по-малки от останалите грешки и могат да бъдат пренебрегнати.

Резултатите от изследването на MPU6050 категорично показват, че грешките по ъгъл са най-големи за кратки интервали от време, докато за дълги интервали от време трябва да се отчита и нестабилността на отместването.

Експерименталните резултати осигуряват полезни оценки на параметрите на нискобюджетния жироскоп от чипа MPU6050.

Литература:

1. A l l a n, D. W., *"Statistics of atomic frequency standards,"* Proc. IEEE, vol. 54, no. 2, (1966).
2. A l l a n, D. W., "*Time and frequency (time-domain) characterization, estimation, and prediction of precision clocks and oscillators",* IEEE Trans. Ultrason., Ferroelectr., Freq. Control, vol. UFFC-34, no. 6, (1987).
3. A l l a n, D. W., J. A. B a r n e s, *"A modified "Allan Variance" with increased oscillator characterization ability",* in Proc. 35th Annu. Freq. Control Symp., (May 1981,).
4. B e n d a t, J. S., A. G. P i e r s o l, *Measurement and Analysis of Random Data*, New York: John Wiley and Sons, (1966).
5. C h a f f e e, J. W., *"Relating the Allan variance to the diffusion coefficients of a linear stochastic differential equation model for precision oscillators",* IEEE Trans. Ultrason., Ferroelectr., Freq. Control, vol. UFFC-34, no. 6, (1987).
6. C o n r o y, B. L., Le D., *"Measurement of Allan variance and phase noise at fractions of a millihertz",* Rev. Sci. Instrum., vol. 61, no. 6, (1990).
7. E l-S h e i m y, N., *Analysis and Modeling of Inertial Sensors Using AV*, IEEE Transaction on instrumentation and measurement, vol. 57, No.1, (2008).
8. G r e w a l, M. S., L.R. W e i l, A. P. A n d r e w s, *Global positioning systems, inertial navigation, and integration*, Wiley, (2007).
9. H u l s i n g, R., *"MEMS Inertial Rate and Acceleration Sensor"*, IEEE Position Location and Navigation Symposium, (1998).
10. IEEE Std 952-1997, IEEE Standard *Specification Format Guide and Test Procedure for Single Axis Interferometric Fiber Optic*, 16 (1997)
11. IEEE Std 962-1997 (R2003) *Standard Specification Format Guide and Test Procedure for Single-Axis Interferometric Fiber Optic Gyros,* Annex C. IEEE, (2003).
12. L e s a g e, P., C. A u d o i n, "*Characterization of frequency stability: Uncertainty due to the finite number of measurement",* IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. IM-22, no. 2, (1973).
13. P e t r o v, Zh., M. M a r i n o v, D. D i m i t r o v, *3-axis digital accelerometer data transfer controller,* Scientific conference , Aviation Faculty, D. Mitropolia, Bulgaria (2013).
14. S i n h a, N., K. B. K u s z t a, *Modeling and Identification of Dynamic Systems*, New York: Van Nostrand Reinhold, (1983).
15. T i t t e r t o n, D. H., J. L. W e s t o n, *Strapdown inertial navigation technology* -2nd ed, Institution of electrical engineers, UK, (2004)
16. W o o d m a n, *O. J., An introduction to inertial navigation*, Cambridge, (2007)

МЕТОД ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА АВТОМОБИЛНИЯ ТРАФИК, БАЗИРАН НА СИСТЕМА ЗА БЛИЗКА РАДИОЛОКАЦИЯ

Пламен Трендафилов

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

Ключови думи: *Измерване на автомобилен трафик, близка радиолокация*

Резюме: *Разгледани са методи за автоматизирано измерване на автомобилния трафик, с определяне на преминалите типове автомобили като надстройка на интелегентна светлинна система за сигнализиране на пешеходни пътеки.*

METHOD FOR MEASUREMENT OF THE VEHICLES TRAFFIC BASED ON THE SHORT RANGE RADIOLOCATION

Plamen Trendafilov

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

Keywords: *short range radiolocation , traffic measurement, speed measurement*

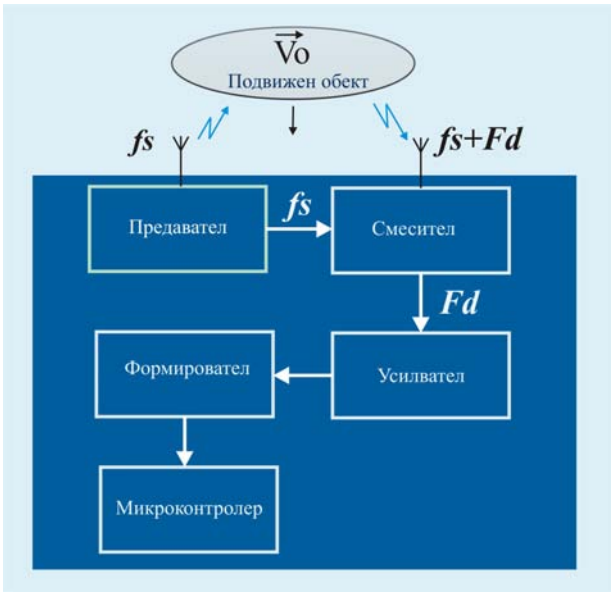
Abstract: *The paper describes methods for automatic measurements of the traffic with recognition of the vehicle types as an additional level on the existing light guard signalization system for the pedestrian tracks on the road lane.*

Нарастването на броя моторни превозни средства (МПС) прави необходимостта от измерване на автомобилния трафик все по актуална. Това важи в изключително голяма степен при управление на движението в градски условия, където повишеният трафик води до замърсяване на околната среда, загуба на време, ненавременна реакция на социални служби като пожарни, бърза помощ, полиция и др. В тази посока се работи много и към настоящия момент са известни редица системи за измерване параметрите на трафика. Използваните методи са индуктивни, пневматични, светлинни, лазерни, радиолокационни. Всеки един от тях има своите предимства и недостатъци , което води до идеята да се използват съвместно.

В този доклад се предлага създадената и успешно работеща светлинна система за сигнализиране за наличност на пресичащ пътното платно пешеходец да бъде интегрирана със система за близка радиолокация (СБРЛ) с цел да се открива наличието и да се измерва скоростта на движещо се по пътното платно МПС. Светлинните модули на системата са монтирани в пътното платно и притежават радиопрозрачни отвори, което позволява в тях да се монтира радиосензорът .На фиг.1 е показана редица светлинни клетки с монтираните в тях радиосензори, чийто сондиращ лъч е насочен към приближаващото пешеходната пътека МПС . За по-добро онагледяване са илюстрирани активните части от диаграмите на излъчване на всеки един радиосензор.



Фиг. 1. Разположение на радиосензорите на СБРЛ



Фиг. 2. Обща блокова схема на СБРЛ

На фиг. 2. е показана класическа блоковата схема на СБРЛ . Радиопредавателят излъчва сондиращ сигнал с честота f_S, сигналът се отразява от повърхостта на приближаващия се със скорост $\vec{V}_0$ обект, а на входа на приемната антена постъпва сигнал с честота

(1) $$f_R = f_S + F_d \quad ,$$

където F_d е компонента на приетия сигнал (честота на Доплер). F_d е пропорционална на скоростта на сближаване на обекта към радиосензора. Приетият сигнал води до появата на изхода на смесителя на сигнал с честота F_d . Усиленият сигнал се формира в сигнал с правоъгълна форма, след което микроконтролерът измерва неговия период T_d. От измерения период се определя доплеровата честота F_d. Скоростта на сближаване на обекта с радиосензора се определя от *(2)*.

(2) $$\frac{F_d}{f_s} = \frac{2V_0 \cos\theta}{c}$$

Тук : ***c*** - скорост на светлината , ***θ*** - ъгъл между вектора на скоростта $\vec{V}_0$ и сондиращия радиолъч .

Когато ***θ*** е относително малък , зависимостта *(2)* приблизително се представя във вида

(3) $$\frac{F_d}{f_s} = \frac{2V_0}{c} \quad .$$

Така скоростта на приближаващият се обект може лесно да бъде определена от израза

(4) $$V_0 = \frac{F_d.c}{2 f_s}$$

С намаляване на разстоянието до радиосензора, ъгълът ***θ*** расте и изчисленията по *(4)* губят смисъл . Затова за миродавни трябва да се приемат измерваниятя , получени веднага след откриване на приближаващото се МПС.

В разглеждания случай СБРЛ е реализирана посредством автодинна система, която обединява генератора на сондиращ сигнал, смесителя и антената (едновременно изпълняваща фукцииите на предавателна и приемна) в един блок, който има пределно проста схемно - конструктивна реализация.

Съгласно [1] при автодинен радиосензор от неговия изход се получава сигнал, чиято амплитуда U_s зависи обратно пропорционално от разстоянието L до крупна отразяваща повърхност :

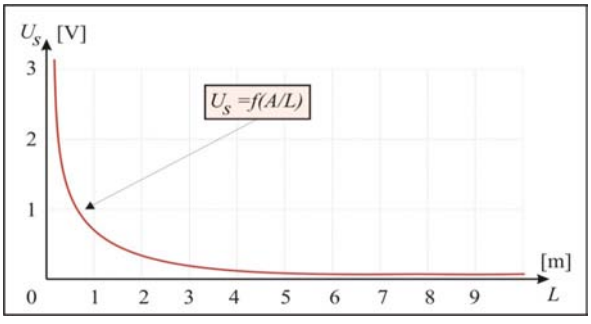
(5) $$U_s = \frac{A}{L} \quad ,$$

Съответно

(6) $$A = f(S, \lambda, D, F_{\perp} N) .$$

Тук : S – радиочестотна чувствителност на сензора, λ – дължина на вълната на сондиращия сигнал , D, $F_{\perp}$ – характеристики на антената, N – коефициент на отражение на отразявящата повърхност,

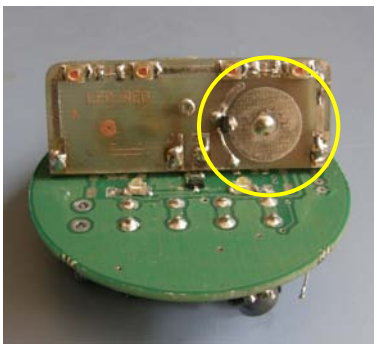
За по-добро онагледяване характерът на изменението на U_s *(L)* при $A = const$ за типични стойности на разстоянието е показан на фиг. 3.



Фиг. 3. Зависимост на U_s от разтоянието до обекта L

Колкото по-близо се намира обектът, толкова по-бързо нараства амплитудата на сигнала и така може да се регистрира опасна близост на МПС . За различните МПС се очакват различни стойности на коефициента на отражение N, а с приближаването до радиосензора функцията $F_{\perp}$ ще се променя в широки граници. Следователно системата е в състояние само да открива от няколко метра приближаващо се към пътеката МПС .

За доказване работоспособността на предлаганата система е разработен и тестван лабораторен макет на сензор за близка радиолокация, съобразен с вътрешната архитектура на светлинния модул на интелигентната система за сигнализация *фиг. 4 а) и б).*





а) Сензор на СБРЛ б) Обработка и управление на СБРЛ

Фиг. 4. Лабораторен макет на СБРЛ

В Таблица 1 са представени разчети за периода на доплеровия сигнал при получената честота на сондиращия сигнал $f_S = 4200GHz$ и предполагаема скорост на обекта в диапазона от 5 km/h до 240 km/h.

Таблица 1. Примерни разчети за периода на доплерова честота

СКОРОСТ	*СКОРОСТ*	*fs*	*Fd*	*Td*
км/h	*m/s*	*[MHz]*	*[Hz]*	*E [ms]*
5	1.39	4200	38.89	25.71
30	8.33	4200	233.33	4.29
100	27.78	4200	777.78	1.29
240	66.67	4200	1866.67	0.54

Вижда се, че стойностите за T_d от 25.71 *ms* до 540 *μs* , отговарящи на скоростен диапазон на обекта (5-240) *km/h* , могат да бъдат измерени с помощта на стандартни 16 битови микроконтролери достъпни на пазара.

Проведените тестове с лабораторния макет фиг.4 доказват възможността за създаване на система за контрол на трафика и скоростта на МПС.

Изводи:

Разледаната система за близка радиолокация позволява измерване на автомобилния трафик. Използваните сензори, вградени в системата за светлинна сигнализация , създават сериозна предпоставка за автоматично измерване на скоростта на МПС от най-малко две независими устройства, като позволяват дистанционно събиране на информацията от измерванията по отделни пътни ленти и посоки на движение по пътното платно. Разпознаването на МПС и определяне на скоростта им дава възможност за интегриране на съоръжението в интелегентни светофарни уредби. Недостатък на системата е, че при снежна покривка качеството на работа на СБРЛ значително се влошава.

Независимо от посочените недостатъци прилагането на СБРЛ в система за контрол на трафика е техническо решение с голям потенциал поради достатъчната точност на измерването, относително простото изпълнение и ниската цена за реализация.

Литература:

1. К о г а н, И. М. Ближняя радиолокация . М . “Соф. Радио” 1973.
2. Д е л у х и н, И. Радиосистемы ближнего действия . М..“Радио и связь” .1989.
3. G e n o v, P., S. T a n e v, P.T r e n d a f i l o v. Burst altitude with radio proximity fuzes . Military Technologies and Systems Conference. Sofia 2011.
4. Т р е н д а ф и л о в, Пл., Ст. Т а н е в, П. Г е н о в. Метод за стабилизиране на височината на разривите при радиовзривателите . Юбилейна научна сесия НВУ – факултет “Авиационен”, гр. Д. Митрополия, 2014.

ЛЮБИТЕЛСКИТЕ ПРОЕКТИ – КАТАЛИЗАТОР ЗА АЕРОКОСМИЧЕСКИ ПРОГРАМИ

Христофор Скандалиев[1,3], Калин Крумов[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: *Космически програми, аерокосмически технологии, любителски проекти*

Резюме: *Представен е анализ на ролята, която играят любителските проекти в областта на аерокосмическите технологии, за ускоряване развитието на космическите и дистанционни изследвания. Приведени са конкретни примери за работещи проекти и инициативи, изпълнявани от авторите, както и за иновативни идеи със сериозен потенциал за бъдещо развитие.*

AMATEUR PROJECTS AS A CATALIZER FOR AEROSPACE PROGRAMS

Hristofor Skandaliev[1,3], Kalin Krumov[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: *Space programs, aerospace technologies, amateur projects*

Abstract: *An analysis of the role, played by the amateur projects in aerospace technologies to accelerate the development of space and remote sensing, is presented. Adduced are tangible examples of working projects and initiatives, implemented by the authors, as well as innovative ideas with great potential for future development.*

Въведение

В наши дни суборбиталните и космическите експерименти, осъществявани от любителски общности, стават все по-достъпни, по-евтини и по-стойностни като получени резултати. В тях вземат участие хора от всякакви възрасти, без ограничения за полове, раси и междудържавни граници. Технологиите и компонентите, влагани в такива проекти са на много високо ниво и това е породено от бурното развитие на индустрията, предназначена за масовия пазар, в която се използват електронни елементи, хардуер и софтуер от последно поколение.

Времената, когато такива върхови технологии бяха запазена марка единствено за военната сфера и специалните служби, изглеждат безвъзвратно отминали. Сега всеки желаещ може свободно да ползва информация, получена от супермодерни космически апарати, сателитни изображения, данни за състоянието на атмосферата и космическото време.

GPS устройствата са всекидневие, масово се предлагат всевъзможни миниатюрни електронни системи и бордови компютри за управление на летателни апарати, датчици и анализатори за всякакви физични, химични и биологични измервания [1].

Всичко това обуславя бумът на любителски програми и проекти, които постепенно заемат своето място в областта на съвременната наука, технологиите и изобретенията. Налице е и все по-растящо сътрудничество между любителските организации, държавните научни институти и частния бизнес. Плод на такова взаимодействие са глобални съвременни проекти

за изучаване на космоса, мониторинг на атмосферата, развиване на технологии за „зелена" енергия, космически туризъм и колонизиране на близки планети в най-близко бъдеще.

Човешките ресурси

Това ускорено развитие и масово използване на върхови технологии неминуемо води до увеличена потребност от квалифицирани кадри за тяхното създаване, усъвършенстване, използване и поддръжка. Необходими са добре подготвени инженери, математици, специалисти в областта на астрономията, биотехнологиите и екологията.

По данни на големите космически агенции обаче, броят на младите хора, които се насочват към изучаване на тези специалности, непрекъснато намалява и по този начин се създава осезаем дефицит от стойностен кадрови потенциал [2].

За да се справят с този недостиг на кадри, космическите агенции прилагат разнообразни пакети от мерки. Създават се специални институти, които предлагат обучителни програми, проекти за набиране на ученици и студенти, различни видове конкурси и състезания, отворени за участие на млади хора и аматьори. Всички тези мерки целят ангажирането на младежите от най-ранна възраст в проекти за провокиране на любознателност, творчество, конструиране и научни експерименти. Този подход подпомага по-нататъшното им ориентиране и насочване за избор на специалности в тяхното обучение и кариерно развитие [2,3,4,5].

Един от преките пътища за ранно ангажиране на младежите с мисловни и конструкторски занимания са извънучилищните форми на обучение и обмен на идеи, предлагани от различни неправителствени организации, аматьорски групи и интернет общества. При тях се осъществява свободно споделяне на мнения, разработки и постижения, в които се изявяват творческите заложби и желанията на младите хора да бъдат откриватели и създатели на новото. В тези групи, освен всичко друго, се осъществява много важна връзка между различните поколения творци, които контактуват директно и пълноценно, споделяйки опит, нови идеи и решения на съвременни проблеми.

Каталитичен ефект

Непряко ангажираните в националните изследователски и космически програми човешки ресурси оказват своето положително въздействие върху общия процес на развитие по няколко преки и непреки начини, представени в следната фиг.1:



Фиг.1. Въздействие на непряко ангажираните човешки ресурси

Ясно се вижда, че положителното влияние от високата активност на непряко ангажираните човешки ресурси е със широк обхват – то започва от простото предлагане на идеи, минава през създаването на добре подготвени кадри, работа по любителски разработки, които предоставят решения, или продукти за по-нататъшно внедряване и накрая могат да създадат абсолютно готови за реализация решения.

Всички тези процеси се случват без за това да са влагани допълнителни средства и човешки потенциал от правителствените организации и космическите агенции. Те са плод на съпътстващата дейност на любителските общности и неправителствения сектор, като по този начин се ускоряват глобалните процеси на иновационна дейност, развитието на технологиите и подготовката на кадрите.

Примери от световната практика и от България

В последните години всички космически агенции насочват своето внимание към подкрепа и стимулиране на студентски, ученически и неформални аматьорски групи за участие в обучителни проекти, школи, конкурси и състезания. Повечето от тези мерки са абсолютно отворени за включване в тях на индивидуални и екипни участници, които не са представители на някаква изрична организация [2,3,4,5]. Този подход предполага една голяма представителност на заинтересованите, която дори не е обвързана с възрастови или други специфични ограничения. На практика се получава една широкомащабна „мозъчна атака", водеща до появата на огромен брой иновации и решаването на задачи, свързани с развитието на аерокосмическата техника в световен мащаб.

Европейската Космическа Агенция (ESA) предлага програми и събития за обучение на студенти, ученици и преподаватели. На сайта на агенцията има раздели ***ESA Kids*** и ***ESA Education***, в които могат да се открият множество теми за включване в проекти, конкурси, обучителни и изследователски програми [2]. Такива са:

- ***ESERO, CanSats, Cube Sats, Sentinel-1,***
- ***Earth Orbiter, Moon Orbiter,***
- ***Rexus-Bexus*** и др.

Аналогично е положението и при Американската Космическа Агенция NASA. В разделите ***For Educators***, ***For Students*** и ***NASA Kids*** са застъпени актуални теми и разработки, в които могат да се включат всички желаещи от посочените групи [3]. Останалите големи космически агенции и институти също обръщат сериозно внимание на ранното ангажиране на младежки ресурси в обучителни програми [4].

В нашата страна ежегодно се провеждат конкурси, семинари и конференции по темите на космическите науки, екология, сигурност и устойчиво развитие, отворени за участие на деца, студенти и млади учени [5,6,7]:

- ***Космически предизвикателства***
- ***Космос, екология, сигурност***
- ***Космосът – настояще и бъдеще на човечеството***
- ***Виртуален център за обучение на ИКИТ***
- ***Space camp***
- ***Ученическа космическа агенция***

Основен потенциал на любителските разработки

Аматьорските общности активно участват в глобалния процес на обучение, изследователска работа и развитие. В същността на тяхната дейност са заложени някои фактори, които обуславят огромния им ресурсен потенциал. Те са независими и гъвкави структури, включващи хора от различни поколения, с различен опит и виждания. Генерирането на нови и нестандартни идеи е много добре изразено. Тяхната необвързаност с излишни и тромави административни процедури позволява постигането в кратки срокове на ценни практически резултати от разработването на иновативни идеи. Това от своя страна предполага нови идеи и така се получава един самоподдържащ се автокаталитичен ефект на развитие.

Любителските групи осъществяват лесна и ползотворна комуникация за споделяне с други, подобни на тях, представители от целия свят. Тази интеграция на националности и общности е полезна за многостранното развитие на идейните решения и търсенето на най-рационалното в изпълняваните проекти. Участието на ентусиасти от различни възрасти е предпоставка за съчетаване на младежкия дух с опита и уменията на утвърдени изследователи и практици. Дейността на любителите обаче, в никакъв случай не е изолирана от работата на научните институти, университетите и учебните заведения. Напротив, налице е ползотворно сътрудничество, взаимопомощ и съвместна работа, тъй като самите любители в много от случаите са представители на конкретна организация, учебно заведение или извънучилищна форма. Друга важна функция на това взаимодействие с институтите е възможността за достъп на аматьорските групи до специфично технологично и лабораторно оборудване, с каквото в общия случай, те не разполагат.

Интересни постижения на любителски клуб „ЗОДИАК"

Клубът за Аерокосмически Технологии „ЗОДИАК" при НЧ „Зора-Кюстендил" е типичен пример за неформално сдружение на съмишленици за изучаване на космоса и атмосферата,

развитие на арокосмически технологии, създаване на летящи апарати и системи, екологични дейности и мониторинг. В него членуват десетки любители и професионалисти от всякакви възрасти и полове, етнически групи и националности. Обединява ги общият търсачески и изследователски дух, нестандартното мислене и активното отношение към съвременните проблеми на науката, техниката, технологиите и промените в климата.



Снимка 1. Членове на Клуб за Аерокосмически Технологии „ЗОДИАК” при НЧ „Зора-Кюстендил”

От своето създаване през 2011г. клуб „ЗОДИАК” е натрупал впечатляващ архив от практически успехи и научни пробиви в областите на своята основна дейност. Създадени са стотици летателни апарати за научни изследвания, между които експериментални ракети, балони, самолети и квадрокоптери, нестандартни модели и конструкции. За всички тях са разработени подходящи двигателни установки, нетоксични твърди ракетни горива, бордова електроника и системи за запис на данни и събиране на научна информация [8].

Най-значимите постижения на клуба са свързани с опитно получаване не нетоксични твърди ракетни горива на базата на нитрати, захариди, свързващи вещества и добавки, както и двигатели за тях. Това е породено от съществуващата слаба заинтересованост на комерсиалните производители към тази група твърди горива и липсата на подобни фабрично произвеждани модели. В практиката са се наложили ракетни горива, базирани на перхлоратни окислители, които имат много добра енергетика и механични показатели, но са изключително токсични и взривоопасни и в този аспект – трудно приложими за любителски цели.

Ориентацията към избягване на нежеланите екологични и опасни за здравето последици от комерсиално произвежданите твърди ракетни горива са основните мотиви за изследванията, провеждани в тази сфера от членовете и симпатизантите на клуб „ЗОДИАК”.

Досега получените резултати от изследванията и реалната употреба на горивните рецептури ***„АНСИАЛ”, „Изомалтов карамел”, „ДРАКОН-Ф”*** и други нитратно-базирани формули са многообещаващи – снимки 2,3. Всички те създават минимални вредни емисии, безопасни са за работа и експлоатация, получават се лесно и евтино от масово използвани органични и неорганични химични вещества и съединения [9,10,11].



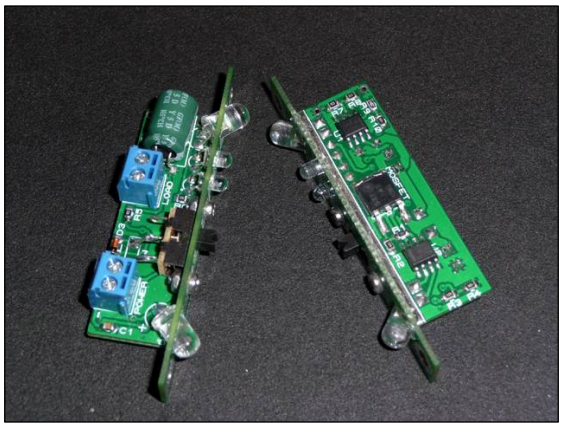
Снимки 2,3. Статичен тест и полетно изпитание на горивни рецептури

Едно от последните добри попадения в търсенето на любителски безопасни ракетни горива е *„**ЧЕРИКА - 2014**”* – твърдо карамелно гориво, направено на базата на плодови захари, извлечени от зрели черешови плодове, каквито се отглеждат в изобилие от земеделските производители край Кюстендил – снимки 4,5. От първоначалните статични и полетни тестове се доказва добрата работоспособност и безопасност на това екологичносъобразно гориво. Работата по неговото усъвършенстване продължава с пълна сила, с нови експерименти по основната формула, добавките и технологичния процес на получаване и експлоатация [12].



Снимки 4,5. Създаване и първи полет с любителско ракетно гориво „ЧЕРИКА - 2014”

Друго важно направление в творческата работа е разработването на бордови уреди с различно приложение за любителски летателни апарати. Голям пробив се оказва създаденият от български любители миниатюрен оптичен датчик за отчитане на апогей, достигнат от експерименталните ракети и задействане на спасителната им система за приземяване, наречен *“**HAWK-EYE**”* – снимка 6. Този уникален апогей детектор е много полезен за точното отчитане на момента за задействане на парашутната система на моделите, а неговата ниска цена, минимални маса и размери, го правят абсолютен хит в електронните устройства от подобен тип в световен мащаб [13].



Снимка 6. Оптико-електронен апогей детектор “HAWK-EYE”

Освен задвижването и системите за контрол, много важни за съвременните ракети и други летателни апарати са материалите за техните корпуси. Композитните материали от практиката, създавани на базата на стъклотъкани и карбонови влакна са изключително здрави и устойчиви, но почти не се разграждат при попадане в природата. По тази причина в клуб „ЗОДИАК" се работи усилено по изследване и внедряване на нови идеи и технологии за включване на биоматериали, на базата на костилки от плодове и биомаса от зърнени култури, в нови видове пресовани и композитно съчетани градивни части за летателни системи.

В наше време видео наблюдението и следенето на природни процеси, бедствия и аварии, мониторинг на различни атмосферни показатели, са немислими без използването на иновативни многофункционални летателни платформи [14,15]. В тях се вграждат навигационни системи последно поколение, модерни методи за управление и контрол, висококачествени миниатюрни видео камери.

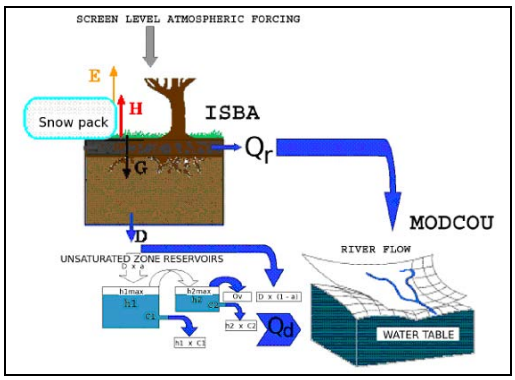
Широката достъпност на тези технологии обуславя масовото им използване в средите на любителите, респективно и от членовете на клуб „ЗОДИАК". Провеждат се полетни експерименти със специално създадени летателни апарати, способни да летят стабилно на ниски височини, да извършват видео наблюдения и заснемане на земеделски площи, инфраструктурни обекти, природни явления и последици от антропологични и природни катастрофи [16]. Младежите, които конструират и управляват такива модели, усвояват ценни пилотски умения и получават добра база за по-нататъшно усъвършенстване като оператори. Изграждат се устойчиви ергатични системи, които са изключително полезни в тази област.

Като цяло, обучителната дейност с ученици и младежи е част от градивната философия на любителското общество за развитие на аерокосмическите технологии. Непрекъснатото съдействие в работата на училищни и извънучилищни форми на обучение са неразделна част от общата работа на клуба.



Снимка 5. Провеждане на полетни експерименти от членовете на клуб „ЗОДИАК

От средите на любителските кръгове бе подета инициативата за създаване на комплексна система за моделиране, прогнозиране и наблюдение на високи води от реките и деретата в района на Кюстендил, наречена ***„Поток"***, чрез прилагане на програмата за съчетано моделиране ***ISBA-MODCOU*** **–** фиг.2. Осъществени са първоначални проучвания и контакти със съответните служби и институции за успешното реализиране на този важен екологично ориентиран пилотен проект за защита на населението от природни бедствия [17].



Фиг. 2. Принципна схема на програмата за съчетано моделиране ISBA-MODCOU

В практиката на клуб „ЗОДИАК” през 2014г. за първи път бе направен безпрецедентен за нашата страна подход за ***космическо застраховане*** на използваните изследователски и геофизични ракети. Всички полети на такива ракети вече се правят при сключена застраховка „Гражданска отговорност” като важно допълнение към рутинното им обезпечаване чрез необходимите разрешения от службите за контрол на въздушното пространство.

Заключение

Идеите и проектите, реализирани от широки кръгове любители, ще се вписват все повече в логиката по създаване на устойчиви аерокосмически и биотехнологични програми.

Тяхната достъпност, гъвкавост и ниска себестойност са примамливи качества, даващи възможност за глобално обвързано участие в тях на студенти, млади специалисти, ученици и ентусиасти от интернет общества и клубове по интереси.

Следствието от това взаимодействие е ускоряване на реализацията на тези програми, както и много ценна оптимизация на техния кадрови и технологичен потенциал.

Литература:

1. С к а н д а л и е в, Х., К р у м о в К., Използване на конвенционални GPS устройства за проследяване на изследователски ракети., SES 2013, София
2. http://www.esa.int/Education
3. http://www.nasa.gov/audience/foreducators/#.VMT3QSxc2So
4. http://www.federalspace.ru/
5. http://www.space.bas.bg/
6. http://www.spaceedu.net/
7. http://www.evrika.org/?page_id=24
8. М и т к о в, М., Д е н и к о в А., С к а н д а л и е в Т., Любителски експериментални ракети., Конкурс „Космосът – настояще и бъдеще на човечеството”, София, 2011
9. Д е н и к о в, А., А л е к с а н д р о в Г., Български ракетни горива за любителски ракети., Конкурс „Космосът – настояще и бъдеще на човечеството”, София, 2011
10. С к а н д а л и е в, Х., К р у м о в К., Изследване параметрите на екологично ракетно гориво Калиев нитрат-Изомалт., SES 2013, София
11. С к а н д а л и е в, Х., К р у м о в К., Практически метод за създаване на екологично твърдо ракетно гориво с основен окислител амониев нитрат., Клуб „ЗОДИАК”, 2013
12. http://dariknews.bg/view_article.php?article_id=1286460
13. http://www.korio.org/rocket/index.php
14. М и ш е в, Д., Дистанционни изследвания на Земята от Космоса., БАН, София, 1981
15. М а р д и р о с я н, Г. От Космоса срещу екологичните катастрофи., БАН, София, 1993
16. С к а н д а л и е в, Т., Практическо използване на летателни системи за наблюдение и видеозаснемане., Конкурс „Космосът – настояще и бъдеще на човечеството”, София, 2014
17. http://www.cnrm.meteo.fr/spip.php?article424&lang=fr

Session 3

Remote Sensing and Geoinformation Systems

Chairman: Assoc. Prof. Doyno Petkov
Secretary: Chief Assistant Denitsa Borisova

S E S 2 0 1 4
Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

METHOD OF THREAD MANAGEMENT IN A MULTI-POOL OF THREADS ENVIRONMENTS

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: *Simulations of space missions and experiments are connected sometime with application of irregular algorithms. When it is hard to solve by conventional serial codes, is necessary to apply parallel calculations. Pool of threads program model is very flexible and convenient for cope with parallelization and load-imbalance when adaptive and irregular problem are solved.*

A situation is possible when some problem solvers (pools of threads) are initiated for solving different heterogeneous classes of problems. Every solver is based on "pool of thread" model. Because of the heterogeneity and irregularity of every class of problems the calculation time is different for every one of applied solvers. If the different solvers are started simultaneously one of them can finish before the rest. Then all threads associated with it will transit in waiting state and some processor cores will be free.

An approach for redistribution of active threads (processors) between completed solvers and the rest is realized. "Union of pools" program model is presented.

ДИНАМИЧНО ПЛАНИРАНЕ НА ИЗЧИСЛЕНИЯТА ОСНОВАНИ НА СЪСТАВНИ МОДЕЛИ

Атанас Атанасов

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

Резюме: *Симулациите на космически мисии и експерименти са свързани понякога с прилагане на иерегулярни алгоритми. Прилагането на паралелни изчисления е необходимо когато задачите са трудни за да бъдат решени с конвенционални серийни кодове. Програмният модел „пул от тредове" е гъвкав и удобен за постигане на паралелизация и ефективност зри решаване на иерегулярни изчислителни задачи.*

Възможно е един или повече изчислителни модули основани на модела „пул от тредове" да бъдат инициирени многократно в рамките на една симулация за решаване на разнородни класове от задачи. Поради разнородността на решаваните проблеми изчислителното време за всеки модул ще е различно. Ако различните модули се стартират едновременно един от тях ще свърши отредените изчисления преди останалите. Тогава всички асоциирани с него тредове ще преминат в състояние на чакане и някои процесори ще бъдат свободни.

Реализиран е подход за преразпределяне на активни тредове (процесори) между завършилите модули и останалите. Представен е програмен модел „обединение на пулове от тредове."

Introduction

The satellites mission design, analysis and control demand detailed orbital and payload simulation. Complex simulation models may contain different sub models [1, 2, 3, 4, 5, 6], and their solving is based on application of numerical methods. Some problems are irregular and multi-dimensional. An orbital and payload parameters are determined by repeatedly simulation runs on different stages of mission design. Different heavy calculations are involved on every stage of preparation and control of satellite missions. Parallelization of problem solving algorithms is modern approach for reducing processor time and cost of commercial and scientific projects.

Multi-core processors are already basic component in the modern computers and workstations. Workstations with two or four multiprocessors are on the marked already. Thereby multi-processor shared memory systems are accessible and applicable tools in scientific investigations. Many authors are occupied with development of algorithms for commercial off the shelf computers [7, 8, 9].

A parallel ordinary differential equation systems integrator for satellite motion problems was developed [10]. This integrator is possible to be started multiple times as different simultaneously working actual integrators solving different classes of problems. Besides, parallel situation problems solver was developed too [11]. Other solvers could be developed analogously based on thread parallelization and applying pool of threads.

An approach for redistribution of processor cores among parallel and simultaneously working problem solvers is proposed in the present article. It is based on “union of thread pools” model. This model allows simultaneously execution of different parallel solvers based on thread pool program model and collective using of processor cores in shared memory systems.

Parallelization based on “thread of pool” model

In many cases, one calculation problem can be divided on independent sub-problems. They can be with different difficulties and to demand different processor time for their solution. Adaptive models are possible in field of computer simulation which difficulties vary in the course of simulation time or different mathematical and physical models or calculation methods are applied depending from time varying parameters. The application of used models and methods is adapted to modeled conditions. In other cases different models are applied to different objects which participate in the simulation. An example is explained in [10] when different integration methods are used on different parts of satellite trajectories on elliptic orbits; different perturbation forces models are used for particular objects depending from high of orbits in the same time. Such type’s calculations are named irregular. We have irregular calculations too in the case of solving different situation problem, every of which is connected from different restrictions [11].

Different program models [12, 13] are used for approaching parallel calculations depending from specifics of algorithms. The aims are different sub problems or part of them to be solved simultaneously on different processors or processor cores. One such model is “pool of threads”. The set of threads are mutually synchronized. They could not solve the same sub-problem (race condition) and work to “running out of” all sub problems.

A parallel integrator for solving set of ordinary differential equations systems based on pool of treads is presented in [10]. A multiple parallel starts of this integrator in the frame of one simulation model is possible, as each integrator is initiated for solving different type of problems (satellites motion for one and space debris motion for other). The two integrators executed trajectory calculations with different difficulties for different type of objects in the frame of every integration time step. In general, consecutively execution of calculations for the two integrators is possible. A possibility for simultaneous starting of the two integrators and parallel calculations will be presented in this work.

Ideology of union of thread pools

When some solvers based on “pool of threads” parallelism are started simultaneously they compete for available processors or processor cores. The total number of threads for all solvers should be less than the number of processors. Every solver is created to solve specific kind of problems with different difficulty. By partitioning one problem is possible to be solved collectively by participation of all threads of one solver.

There are two ways for solving problems from different solvers. The first one is “one after another” in sequential mode. If one of problems is not enough difficult for respective solver, pool with less than available processors core threads is initialized. In this case the free processors will be idle. All solvers work in parallel and competitively dividing the available processors. Because of processor time for one of problem can be shorter than others, the respective solver finishes his calculations before the rests and its threads transit to waiting conditions and will be started in the next time step. The redistribution of respective processors between the rests of solvers could be possible. Then will be better released processors to be used from other solvers. It is possible if this solver has inactive threads which could be activated later on.

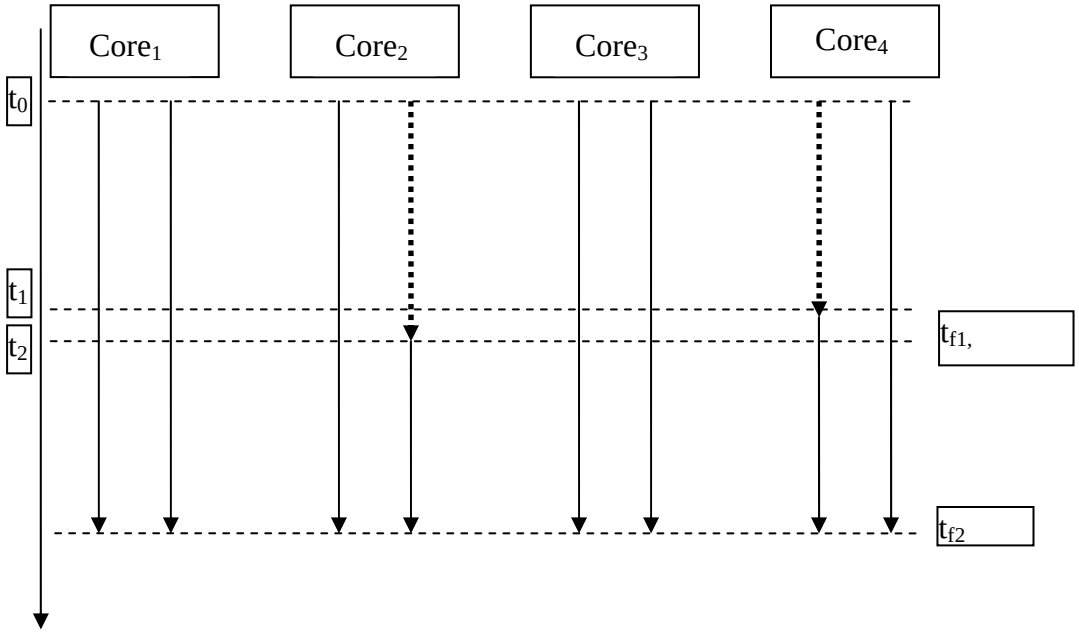


Fig. 1. An illustration of union of two pools. The broken lines present the threads of first finished solver. t_{f1} and t_{f2} are finishing times for the two solvers respectively

"Pool of thread" model is abstraction allowing dynamic scheduling of threads' execution for solving one big problem presented as set of sub-problems. The "**threads pools union**" is a higher level abstraction, which could allow joining the work of set of pools and optimizing of the entire calculation process.

Union of threads pools creation

A model "union of pools" is proposed for realization of above pointed idea, because the solvers are based on "pool of threads" model. "Union of pools" is model where the different pools are created with initial thread's number for every one of them. In the beginning only part of the threads are started, so that total number is optimal in relation to available processors. In the course of calculations, when one of solver finishes the problem its threads transit in waiting condition and could be set in suspended state to release processors (or processor cores). These processors could be redistributed in the frame of pools of the union.

Every "union of pools" is fully determined by relative attributes necessary for his control. These attributes are stored in information array. The creation of "union of pools" is possible after pool's initialization or in our case after all integrators' creation. The all pool's attributes are delivered to special subroutine InitUnionPools which store them in the information arrays of the union.

The "union of pools" creation is made by calling subroutine InitUnionPools:

```
CALL  InitUnionPools(AI_2_thread_par,num_AI_2_threads,6,AI_2_glb_counter,union_atr)
CALL  InitUnionPools(AI_1_thread_par,num_AI_1_threads,2,AI_1_glb_counter,union_atr)
   …
```

Fig. 1. A pools' union creation with two pools is shown

The meaning of actual parameters is the next:

- The first parameter "AI_2_thread_par" represent array containing the pool's parameters.
- The second parameter passes the number of threads in the pool
- The third parameter points the number of threads, which will be active from beginning- in this case 6.
- The next parameter passes the counter address of the pool. This is global variable which serve for pool control [10].
- The last parameter represent one-dimensional array with two elements. The first one is address of two-dimensional (2-D) array containing all attributes of the union of pools and the second one- number of threads for all pools.

Every next turning to union initialization routine adds additional pool. The creation of new union allocates array union_of_pools. Every column of this array contains 8 attributes for every thread of all pools, in the sequence of including the pools in union. The mean of these attributes is:

- Potentially active threads from every pool- for every potentially active thread this parameter is equal to1.
- This parameter has value 1 for all threads which initially will be active, for all the rest the parameter will be zero.
- Determines belonging of the thread to appropriate pool
- Four serial elements from each column contain threads' parameters [10].
- The last attribute contains address of variable representing counter of the pool. This counter is necessary for indexing of sub-problems for each thread and subtask distribution in the frame of the pool.

The optimal number of initial active threads for all pools must be less than number of processors or equal. From other side the number of all created threads is usually bigger than their number. Some of inactive threads of one pool could be eventually activated later on.

Dynamic pools control

The basic idea is for some pools not all created threads to be active when union is started initially. These passive threads will stay active later on when the threads of some pool become passive after finishing of the entire task.

Special function DynamicPoolsControl is developed. It controls the work of the threads of all pools included in the union_of_pools. The number of pools included in the union is determined in the beginning. After that, all threads which can initially to be activated are started and begin to execute calculations. Threads which are marked as initially inactive for some pools could be activated later on

After all initial active threads are started the parent thread transits in waiting condition using the system function:

indeks= **WaitForMultipleObjects**(num_active, ha_end,WaitOne,Wait_infinite)+1

This function waits some events for finishing of thread calculations from all pools' threads to be signaled. The number of these events is contained in variable num_active_threads and theirs handlers in array ha_end. When control variable WaitOne has value .false. then the function WaitForMultipleObjects wait for first signaled event and return the index of the element of ha_end storing this event's handler. The respective thread is marked as inactive until next call to function DynamicPoolsControl, which in our case is next step of simulation time. When all threads of particular pool finish all calculations (for current step of time) and turn into inactive condition then the respective solver completes the solving of problem. Released processors can migrate to inactive treads of other pool occupied with heavier problem. By this way numbers of active threads are no more than available processors.

Conclusion

Experiments with two actual ordinary differential equation systems integrators working simultaneously are fulfilled out on this stage. The formal character of "union of pools" model allows to be applied toward heterogenic pools used as models for different calculation tools.

Experiments with "unions of pools" with larger dimension are foreseen. Additional improvement of the "union of pools" program model is under development for including other possibilities for activation of different stages of calculations in multi-physic model simulations.

The model "union of pools" allows redistribution of released processors from finished solvers toward solvers occupied with more heavy problems in course of calculation processes. After finishing one calculation stage from respective solver other calculation stage is possible on the base of using other solver by starting its threads and engaging released processors. When one solver finishes, the system continue his work with no idle processors due to proposed approach.

The "union of threads pools" is abstraction which is possible to be applied to set of solvers in the frame of multi-physic simulations.

References:

1. Boville, B.A. and P.R., Gent. The NCAR Climate System Model, Version One. *Journal of Climate* 11.6 1998, pp. 1115-1130.

2. Craig, A.P., Jacob, R., Kauffman, B., Bettge, T., Larson, J., Ong, E., & He, Y. CPL6: The new extensible, high performance parallel coupler for the Community Climate System Model. *International Journal of High Performance Computing Applications*, *19*(3), 2005, 309-327.
3. Collins, W.D., P.J. Rasch, B.A. Boville, J.J. Hack, J.R. McCaa, D.L. Williamson, B.P. Briegleb, C.M. Bitz, S.-J. Lin, and M., Zhang. The formulation and atmospheric simulation of the Community Atmosphere Model version 3 (CAM3). *Journal of Climate* 19, no. 11, 2006, pp. 2144-2161.
4. Bernholdt, D.E., B.A., Allan, R., Armstrong, F., Bertrand, K., Chiu, T.L. Dahlgren, K., Damevski et al. A component architecture for high-performance scientific computing. *International Journal of High Performance Computing Applications* 20, no. 2, 2006, 163-202.
5. McInnes, L.C., B.A. Allan, R. Armstrong, S.J. Benson, D.E. Bernholdt, T.L. Dahlgren, L.F., Diachin et al. Parallel PDE-based simulations using the Common Component Architecture. In *Numerical Solution of Partial Differential Equations on Parallel Computers*. Springer Berlin Heidelberg, 2006, pp. 327-38.
6. Portegies, Z.,S., S., McMillan, S., Harfst, D., Groen, M., Fujii, B.Ó., Nualláin, E., Glebbeek et al. A multiphysics and multiscale software environment for modeling astrophysical systems. *New Astronomy* 14(4), 2009, 369-378.
7. Coppola, B.T., S., Dupont, K., Ring, F., Stoner, 2009. Assessing satellite conjunctions for the entire space catalog using COTS multi-core processor hardware. In: AAS 09-374, AAS-AIAA Astrodynamics Specialist Conference, Pittsburgh, August 2009.
8. Bradley, B. K., B.A. Jones, Beylkin, G. & P. Axelrad, A new numerical integration technique in astrodynamics. In *Proceedings of the 22nd Annual AAS/AIAA Spaceflight Mechanics Meeting,* 2012, pp. 1–20.
9. Escobar, D., A., Águeda, L., Martín and F.M., Martínez, Efficient ALL vs. ALL collision risk analyses. In *Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference*, vol. 1, 2011, p. 32.
10. Atanassov, A.M., Parallel, adaptive, multi-object trajectory integrator for space simulation applications. Advances in Space Research 54, 2014, pp. 1581–1589.
11. Atanassov, A.M., Parallel Solving of Situational Problems for Space Mission Analysis and Design, proceedings of 9th scientific conference Space Ecology Safety 2013, 283–288.
12. Rauber, T., G., Rünger, Parallel Programming: For Multicore and Cluster Systems. 2010, Springer.
13. Rünger, G., Parallel programming models for irregular algorithms. *Parallel Algorithms and Cluster Computing*. Springer Berlin Heidelberg, 2006. 3-23.

Appendix

```
SUBROUTINE     DynamicPoolsControl(union_atr)
 USE DFlib
 USE  DFmt
   integer      union_atr(2),union_of_pools(-2:5,union_atr(2))
   integer       copy_of_union[ALLOCATABLE](:,:)
   integer      ha_end[ALLOCATABLE](:)
   logical  WaitOne/.false./,WaitAll/.true./
   integer   object,ha_ends(union_atr(2))
   integer       address,union_threads_num,            adr_glob_count,glb_counter
    POINTER(address,union_of_pools); POINTER(adr_glob_count,glb_counter)
                 address= union_atr(1)
   union_threads_num= union_atr(2); num_pools= 1
   DO  i=1,union_threads_num-1
      IF(union_of_pools(0,i).NE.union_of_pools(0,i+1)) THEN  ! checking pools number &
                                num_pools= num_pools + 1             ! zeroing glb_counters for every
                           adr_glob_count= union_of_pools(5,i); glb_counter= 0 ! pool
                       ENDIF
   END DO; adr_glob_count= union_of_pools(5,union_threads_num); glb_counter= 0;
    ALLOCATE(copy_of_union(-2:5,union_atr(2))); copy_of_union= union_of_pools

 IF(num_pools.NE.1) THEN
   num_active= 0; ALLOCATE(ha_end(union_threads_num))
  a: DO  i=1,union_threads_num
        IF(union_of_pools(-1,i).EQ.1) THEN !
             k= SetEvent(union_of_pools(3,i)); num_active= num_active + 1
             ha_end(num_active)= union_of_pools(4,i);
          ENDIF
     END DO a;!ha_end(1:nth)= thread_par(1:nth)%ha_end
  p: DO WHILE(num_pools.NE.1);

        indeks= WaitForMultipleObjects(num_active, ha_end,WaitOne,Wait_infinite)+1
                   object= ha_end(indeks)
    q: DO i=1,union_threads_num
          IF(object.EQ.copy_of_union( 4,i)) THEN ! excluding of finished threat from one pool
                             copy_of_union(-2,i)= 0 ! the thread is out
```

```
                                    from_pool= copy_of_union( 0,i) !'0' contain number of pool
            r: DO  j=1,union_threads_num ! finding threat from other pool and starting
                     IF(copy_of_union( 0,j).NE.from_pool.AND.copy_of_union(-1,j).EQ.0) THEN
                                                          copy_of_union(-1,j)= 1
                   k= SetEvent(copy_of_union(3,j)) ! Start thread from other pool
                                                  num_active= 0
                                      DO  l=1,union_threads_num;
              IF(copy_of_union(-1,l).EQ.1.AND.copy_of_union(-2,l).NE.0) THEN !
                                                  num_active= num_active + 1
                     ha_end(num_active)= copy_of_union(4,l);
                     ENDIF
                                       END DO;
                                        EXIT q
                                       ENDIF
                                 END DO r
                                  EXIT q
                                ENDIF
    END DO q
              i0= 1; num_pools= 0              ! Determination the number of the left pools
 q2: DO  i=1,union_threads_num-1
        IF(copy_of_union( 0,i).NE.copy_of_union( 0,i+1).AND.i+1.LT.union_threads_num) THEN
                     num= 0
          DO  j=i0,i-1
            IF(copy_of_union(-1,j).EQ.1.AND.copy_of_union(-2,j).NE.0) THEN; num= num + 1!
          END DO; i0= i + 1; IF(num.GT.0) num_pools= num_pools + 1
       ELSEIF(copy_of_union( 0,i).EQ.copy_of_union( 0,i+1).AND.i+1.EQ.union_threads_num) THEN
                     num= 0
                          DO  j=i0,i-1
                             num= num + 1
                           ENDIF
                          END DO;          IF(num.GT.0) num_pools= num_pools + 1
        ENDIF
    END DO q2
          END DO p
                    object= WaitForMultipleObjects(num_active, ha_end,WaitAll,Wait_infinite)!+1
  s: DO  i=1,num_active !union_threads_num
       k= ResetEvent(ha_end(i)) ! Event for waiting a finish of thread
    END DO s
             DEALLOCATE(copy_of_union)
                                          ELSE ! Only one pool of threads
  c: DO  i=1,union_threads_num
             k= SetEvent(union_of_pools(3,i));
    END DO c; ha_ends= union_of_pools(4,:)
   object= WaitForMultipleObjects(union_threads_num, ha_ends,WaitAll,Wait_infinite)
  b: DO  i=1,union_threads_num
       k= ResetEvent(union_of_pools(4,i)) ! Event for waiting a finish of thread
    END DO b;
   ENDIF
END SUBROUTINE  DynamicPoolsControl
```

DEVELOPMENT OF SATELLITE OPERATION SCHEDULING MODULE FOR SPACE MISSION SIMULATION TOOL

Atanas Atanassov

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

Keywords: *planning and scheduling, greedy algorithms; prioritized scheduling.*

Abstract: *The implementation of satellite operations demands his ground based scheduling. This activity is decisive for stage of mission realization. The scheduling of satellite operations is very important at the stage of mission preparation, for analyzing of the feasibility of specific task and the entire mission too.*

The development of satellite operations scheduling module which work in the frames of space missions and experiments simulation tool is presented. The connection of this module with module for situation analysis is significant.

Some scheduling algorithms and auxiliary subroutine are developed. The work of scheduling algorithms is illustrated by solving of over-subscribed problem. A communication problem connected with data transfer toward/from Antarctic ground based stations is chosen as an example.

РАЗРАБОТКА НА МОДУЛ ЗА ПЛАНИРАНЕ НА СПЪТНИКОВИ ОПЕРАЦИИ КЪМ СИСТЕМА ЗА СИМУЛИРАНЕ НА СПЪТНИКОВИ ЕКСПЕРИМЕНТИ

Атанас Атанасов

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

Резюме: *Извършването на спътникови операции изисква тяхното планиране във времето. Тази дейност е решаваща за етапа на протичането на мисията. Планирането на спътниковите операции може да се окаже от голямо значение още на етапа на подготовката на мисията за анализа на изпълнимостта на отделни задачи, както и за цялата програма.*

Представя се разработката на модул за планиране на спътникови операции работещ в рамките на програмна система за компютърно симулиране на космически мисии и експерименти. За работата на този модул е от изключително значение връзката му с модула за ситуационен анализ. Разработени са няколко алгоритъма за планиране и допълнителни подпрограми, подпомагащи тяхното изпълнение и графично онагледяване.

Работата на алгоритмите за планиране е илюстрирана с решаването на over-subscribed problem. За пример е избрана комуникационна задача свързана с пренос на данни до/от наземни изслдователски станции разположени на Антарктида.

Introduction

Planning and scheduling of satellite operations is vitally important at the stage of mission control. A preliminary preparation and simulation of planning and scheduling could drastically increase effectively and reduce the price of satellite missions. The purpose and significance of planning and scheduling in space mission analyzing and design is explained in detail in [1]. Different satellite tasks scheduling approaches are explained [2-7].

Space Missions Simulation Tool is under development at branch of Space Research and Technology Institute in Stara Zagora [8]. A development of satellite tasks scheduling module is presented in the paper. Satellite tasks model for definition of their parameters is presented. Some scheduling approaches are developed containing basic and auxiliary algorithms.

Formulation of scheduling problem

The satellite scheduling problem treats the process of ordering different activities or operations, which must be executed from instruments on the board of the satellite. Ground based resources (stations, instruments, peoples, apparatus etc.) could be involved also in satellite scheduling. The different activities are connected with fulfillment space based or joint space and ground based measurements and experiments. Satellite - ground based station communications are example about such joint activities.

Pemberton [3] proposes the following definitions:

- Task- activity and operation of satellite or combined satellite - ground based station necessary to be executed. One task could be compounded from some activities or operations.
- Resources- satellites with on board instruments, control stations with people, computers and memories, tools, etc., which are necessary to tasks execution.
- Events- specific conditions arise out of geometric or physic parameters (for example visibility, angle relation between vectors or physic parameters in specific interval etc.) in the frame of relatively short time interval, which allow tasks execution.
- Constrains- restrictions connected with resources or other tasks execution.

Every task request specifies duration of task and time window within which the task must be allocated.

Satellite operations scheduling model

According to our solving approach for automatic scheduling of satellite activities and operations the following model is applied in our development. It contains different attributes- some of them are used for definition of the operations, other indicate applying or not of priorities and repeatability in the frame of a given time interval. Some attributes contain mode of task execution and results (figure 1).

Every operation has private code**-** ID_code which distinguishes one operation from others. Every operation could be realized in time window of orbital event according previously solved situation problem denoted with SP_code. The time duration necessary for task execution is different for every task. In case of communication tasks time duration is depended on quantity of information and is requested from user. The parameter duration contains value required from user of the service.

A parameter priority is used for controlling the order of tasks execution. The tasks with higher priority are executed before tasks with lower one. The tasks with higher priority will be executed every time in the whole scheduling time horizon. Because of that other parameter is included- regularity. This parameter of the model allows additional possibilities for tasks execution control. Other variants about this parameter are possible to be realized in the future.

The parameters t_begin and t_final contain current scheduling result. Parameters counter and total_time contain the number of task execution and total scheduled time, respectively. The parameter color is used for visualization in the course of scheduling process.

```
type      Task_model
integer   ID_code    ! current identification number of the Task
integer   SP_code    ! SP(sit.prob.) which determine the time window (time slot) for the Task
real      duration   ! time duration necessary for Task execution
integer   regularity ! 0: one time only (date1-date2)
                     ! 1: one time dally; 2- one tine per week; 3- one time per month
                     !-1: every time when the situation allow
real*8    interval(2) ! interval(1)- initial moment; interval(2)- final moment (regularity=0)
                      !        (1)- release moment & due/deadline
integer   priority   ! (0-10)
logical   fulfiled   ! .true. when the task is fulfilled and .false. while is not
logical   mark       ! there are windows for scheduling- .true.; not- .false
real*8    t_begin    ! scheduled begin time
real*8    t_final    ! scheduled final time
integer   counter    ! haw many times is satisfied
integer   unsched    ! counter for no scheduling event
real*8    total_time ! total time for task for entire period
integer   color
end type Task_model
```

Fig. 1. Structure containing different model parameters

Developed satellite tasks scheduling algorithms

Some approaches were developed for scheduling module of Space Missions Simulation Tool [8]. These approaches are based on well-known greedy algorithm [9]. When more tasks are ordered than available resources allow to be executed, then the scheduling problem is named over subscribed tasks (OSTs) scheduling problem [5]. Data transfer between one satellite and several ground-based stations, when the stations are located at short distances, rise to over-subscribed tasks. The satellite passes simultaneously through radio-zone of several stations. The situation analysis finds some mutually overlapped time windows in such cases. A group of such overlapped time windows as part of all series of situation solutions is named fragment. The entire series of situation solution is composed of fragments and single time windows.

A result from situation analysis represents a series of time intervals when different tasks could be fulfilled. Every task is assigned to only one situation problem. An auxiliary procedure for determination and separation of mutually overlapped time windows (fragments) with different duration of every one is developed. Developed scheduling algorithms are applicable toward such time windows fragments.

Tree scheduling approaches/ algorithms were developed:

- Ordinary greedy algorithm (**OG**a). Versions "*first begun – first scheduled*" and "*first finished -first scheduled*" are developed.

- Greedy algorithm with priorities (PGa). Modified greedy algorithm (**MG**a) is applied repeatedly according decreasing of priority toward connected fragment of overlapped time intervals, at which orbital events existed.

- Constrains based combined greedy algorithm (**CG**a). This approach applies tasks' prioritizing and different execution modes- how many times in the frame of simulation time horizon one task must be executed.

A check is made about execution possibilities for every serial task (from task list) in respective time interval. If execution is possible, this task is scheduled. Then all other intervals which are overlapped with the current one are shorten depending on beginning time and final time of scheduled task. This operation could exclude some other tasks from scheduling process.

Other auxiliary subroutines are developed too. One of them sorts time windows of current fragment under analysis according to their beginning time. Other subroutines are engaged with current scheduling visualization.

Example of scheduling algorithms application

Developed algorithms are applied to scheduling communication tasks between satellite and ground based stations located at Antarctica continent for transferring scientific, medical and other types of information. Situation analysis is preliminary executed for establishing time intervals when satellite fall in radio-visibility zone for each of 72 Antarctica stations [10]. This analysis is done by space missions and simulation tool which is under development [11].

Produced results are written in file. Each record contains starting and final times of time intervals when the particular satellite come in and come out from radio-visibility zone. Time intervals are naturally ordered by final times of intervals. Very important feature is connected with overlapping of time intervals for different stations (Fig. 2).

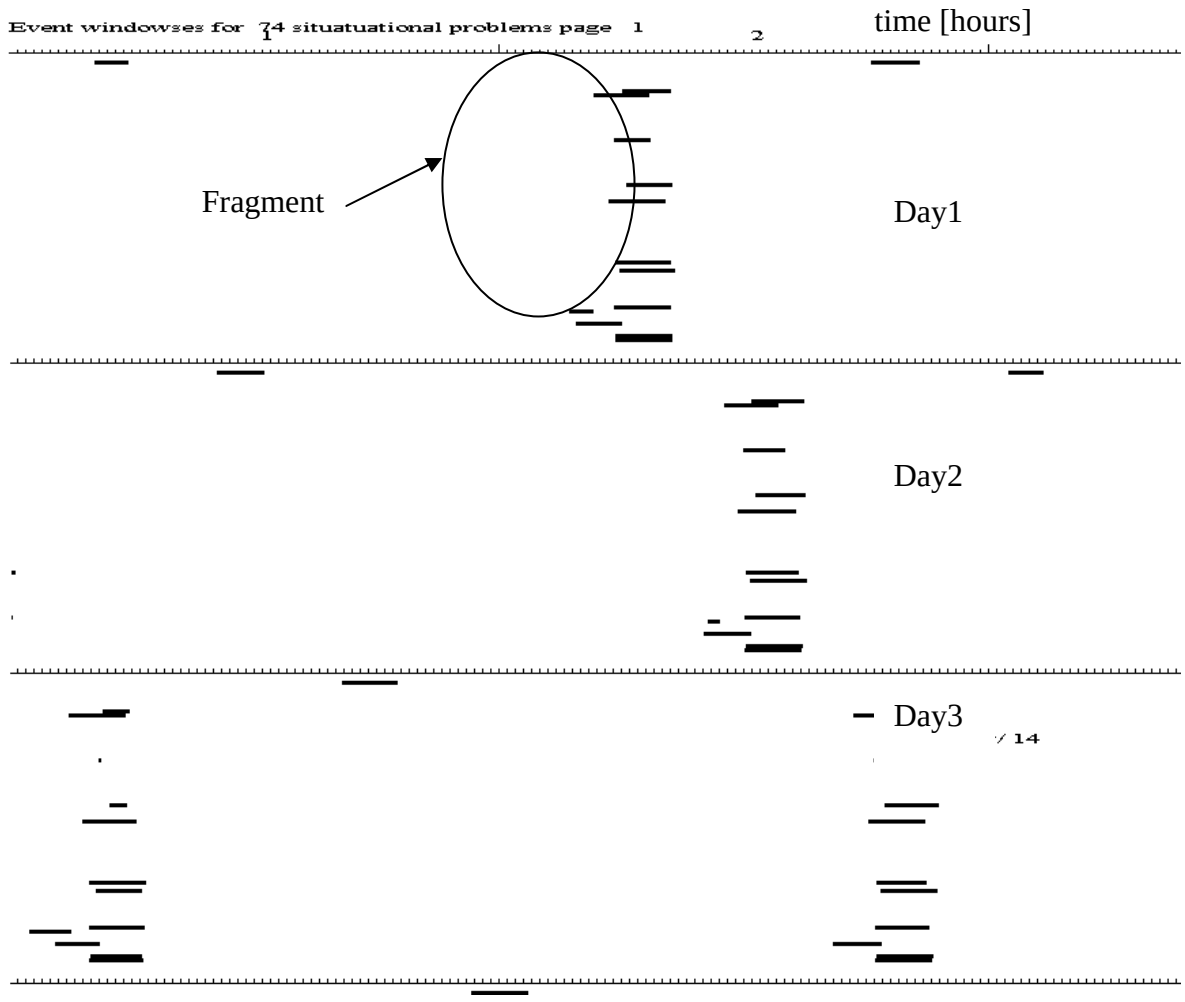


Fig. 2. An Illustration of situation analysis results is shown – part of screen. The time in hours is presented in horizontal direction. Vertically are presented tree days. One fragment of overlapped time windows is shown too. Each bar represents time window when the satellite overpass in radio-zone of respective ground-based station

Radio-visibility zone for each station depends on satellite altitude, geographical position of the station and constrain the satellite to be at some angle over horizon. In our instance, the altitude of circular orbit is accepted to be 800km, inclination- 84 deg and angle of the satellite over the horizon bigger than 30deg.

Some scheduling examples when all ordered communication tasks are with equal durations 30, 60, 90 or 120 s are simulated. Figure 3a shows the number of scheduled communication time intervals when data transfer is possible. Figure 3b presents total time for each station depending on requested from control centre time intervals durations. All simulation scheduling experiments are made for a monthly time horizon.

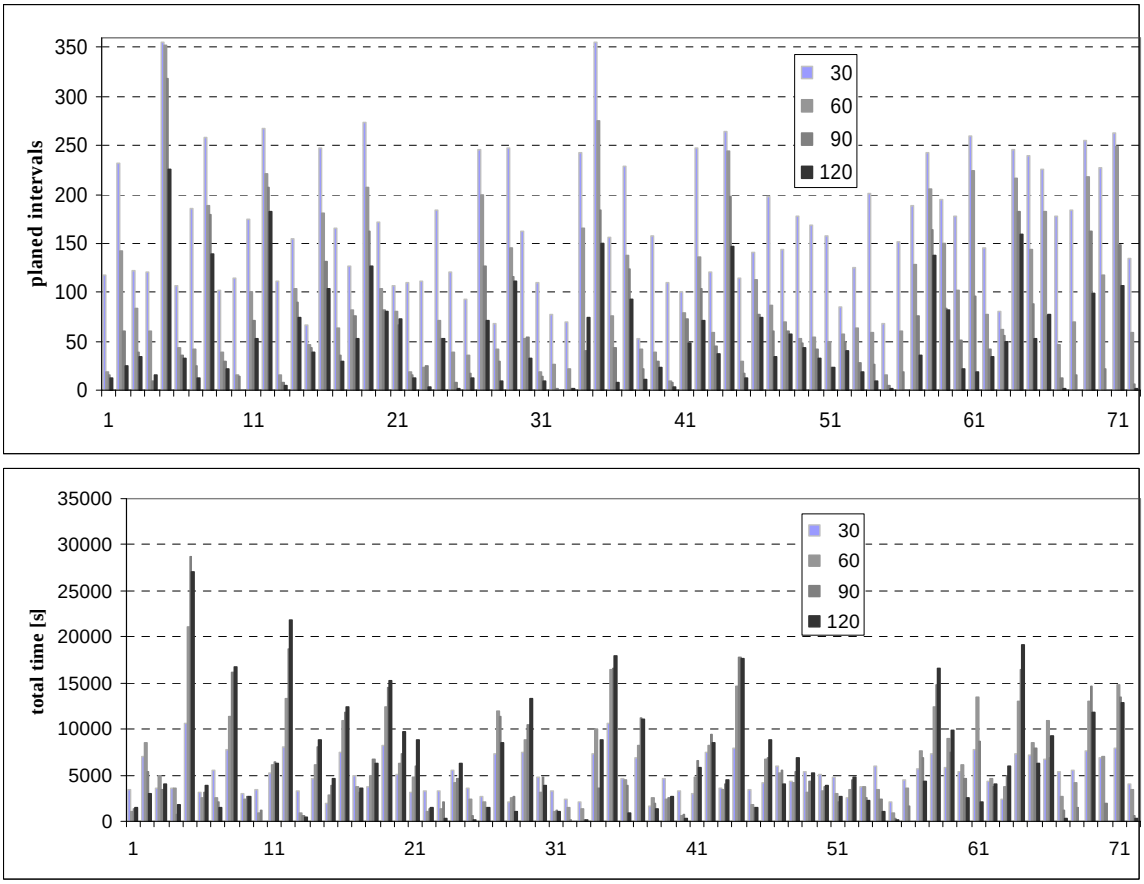


Fig. 3. The first panel shows the number of scheduling for each of tasks, related to respective ground station, according to equal tasks' duration of 30, 60, 90 and 120sek. The second panel shows communication total time for each station according tasks' duration

Applying of different requested tasks durations for each station don't change the general course of the results above. The geographic locations of the stations appear to be very significant. Some stations occupied available resource every time and don't leave any possibilities for tasks related to other stations to be scheduled. This is a problem when ordinary scheduling method is applied. The pointed problem could be mitigated with applying priorities to every task. The tasks which is impossible to be executed must receive highest priority. Except with priorities, other heuristics are applicable for mitigation the same problem. Some tasks could be executed only once in the frame of simulated time horizon which give them priority. Such tasks couldn't block execution of other tasks. After its execution they don't participate more in scheduling. A reducing required duration of communication tasks allows evenly execution of tasks for different Antarctic stations.

Conclusion and future work

A model for satellite operations definition is proposed. The model connects every satellite task with situation problem which determines the time window when the task execution is possible. Except task duration, other attributes as priorities and reiteration in the frame of time interval for scheduling are included. Algorithms which use some of model attributes are developed. An application of some other attributes of proposed model is under development. An example illustrating satellite transfer data communication tasks scheduling is presented.

A possibility for scheduling with accounting finite size of satellite memory for information saving and transferring toward/from satellite control centre and communication séances with this centre are under development.

References:

1. Wertz, J.R., Larson, W.J., 1999. Space Mission Analysis and Design, third ed. Microcosm Press, Kluwer Academic Publishers.
2. Mintonl, S., Johnston, M.D., Philips A.B., Laird P., Solving Large-Scale Constraint Satisfaction and Scheduling Problems Using a Heuristic Repair Method, AAAI-90 Proceedings, 1990.

3. Pemberton, J., F.,Galiber, A Constraint-Based Approach to Satellite Scheduling. In E. Freuder and R. Wallace, editors, *DIMACS Series in Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science: Constraint Programming and Large Scale Discrete Optimization* 57:101-114, 2001.
4. Pemberton, J. C., Greenwald, L.G. On the need for dynamic scheduling of imaging satellites. *INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES*,*34*(1), 165-171, 2002
5. Barbulescu, L., J.-P., Watson, L.D. WhItley and A.E. , Howe, Scheduling Space-Ground Communications for the Air Force Satellite Control Network, *Journal of Scheduling*, vol. 7, Issue 1, pp. 7-34, 2004.
6. Lee, S., Jung, W.C., and Kim, J.-H., Task Scheduling Algorithm for the Communication, Ocean, and Meteorological Satellite, ETRI Journal, v. 30, 1, 2008
7. Giuliano, M.E., Johnston, M.D., Multi-Objective Evolutionary Algorithms for Scheduling the James Webb Space Telescope, Proc. of Eighteenth International Conference on Automated Planning and Scheduling, 2008
8. Atanassov, A., Program System for Space Missions Simulation – First Stages of Projecting and Realization, In Proceedings of SES 2012, 209-214, 2013.
9. Pemberton, J., Towards scheduling over-constrained remote sensing satellites. In *Proceedings of the 2d International Workshop on Planning and Scheduling for Space*, 2000.
10. http://en.wikipedia.org/wiki/Research_stations_in_Antarctica; http://www.ecophotoexplorers.com/antarcticastations.asp
11. Atanassov, A., Parallel Solving of Situational Problems for Space Mission Analysis and Design, SES 2013, 283-288, 2014.

ОБЛАЧНА ПОКРИВКА НАД БЪЛГАРИЯ ЗА ПЕРИОДА 2004 - 2014 ГОДИНА ПО ДАННИ ОТ MODIS

Мария Димитрова, Румен Недков

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

Ключови думи: *дистанционни изследвания, облачна покривка*

Резюме: *В работата е представена методика за определяне на облачната покривка върху сателитно изображение от MODIS. Представени са резултатите от изследване на облачната покривка над България за периода юни 2004 – октомври 2014 г.*

THE CLOUD COVER OVER BULGARIA DURING FOR THE TIME PERIOD BETWEEN 2004 AND 2014 OBTAINED FROM MODIS DATA

Maria Dimitrova, Roumen Nedkov

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

Keywords: *remote sensing, cloud cover*

Abstract: *In this work we present the procedure to determine the cloud cover on the satellite image from MODIS. Here are shown the results of the research of the cloud cover over Bulgaria for the time period between June 2004 and October 2014.*

При използване на дистанционните методи за изследване на обекти, ако изследваният обект не е облачната покривка, за да бъде регистрирано излъчването му от сензора на сателита, то той следва да не бъде скрит под облаците и да не попада в тяхната сянка.

В настоящата работа е представено изследване на времевото разпределение на облачната покривка над територията на Република България за периода юни 2004 – октомври 2014 по данни от MODIS.

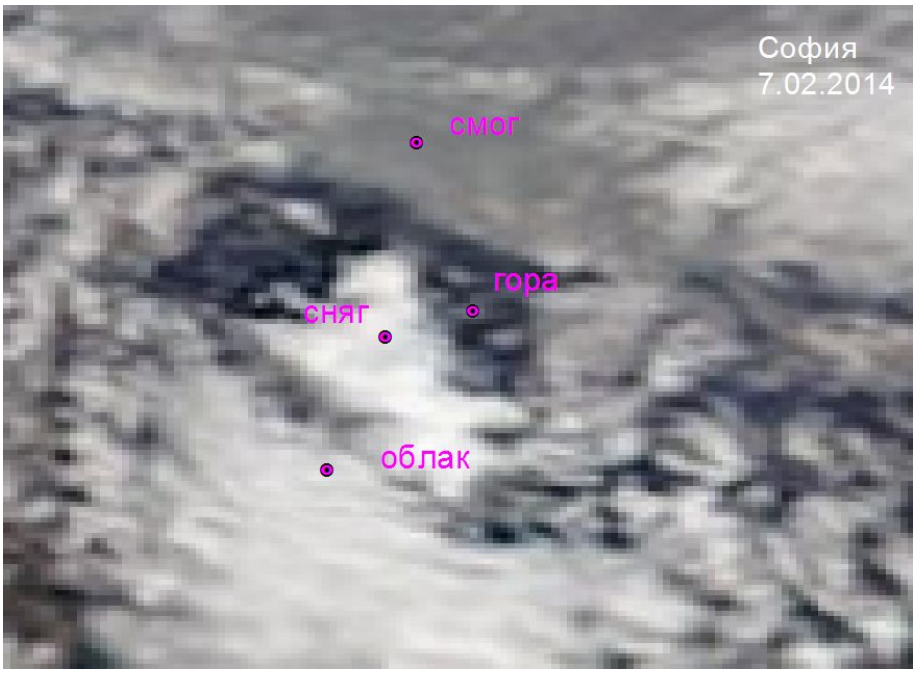
Спътниковите данни от пасивните сензори се базират на отразеното от обекта излъчване от Слънцето.

Разпознаването на различните обекти се основата на разликата в спектралните им отражателни характеристики [1, 2]. Определянето на облачната покривка в настоящата работа също се основава на този факт. Проблем при определяне на облачната покривка представляват дните с наличие на сняг. Това се дължи на сходните отражателни характеристики на облаците и снега във видимия спектрален диапазон.

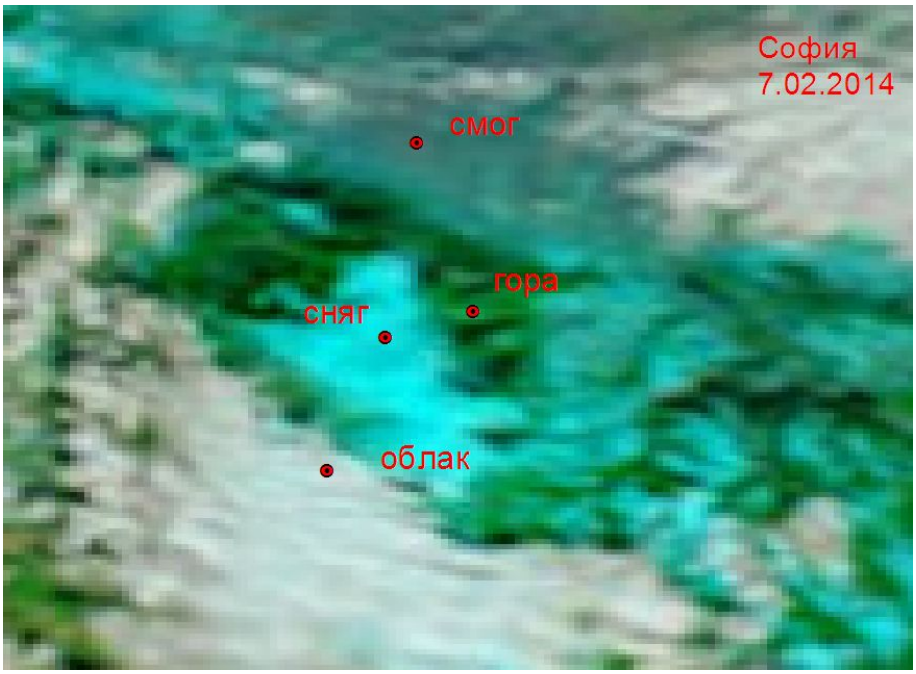
На фигури 1, 2 и 3 са представени съответно изображения във видимия диапазон и в комбинация от видимия – комбинация от канали 1, 4 и 3 - и близкия инфрачервен диапазон – комбинации от канали съответно 7, 2, 1 и 3, 6, 7 - от 7.02 тази година от областта край гр. София. Нанесени са контролни точки, които представляват различни обекти, за които са построени спектралните отражателни характеристики. Спектралните характеристики на използваните канали са дадени в таблица 1 [3].

Таблица 1. Описание на използваните спектрални канали от MODIS

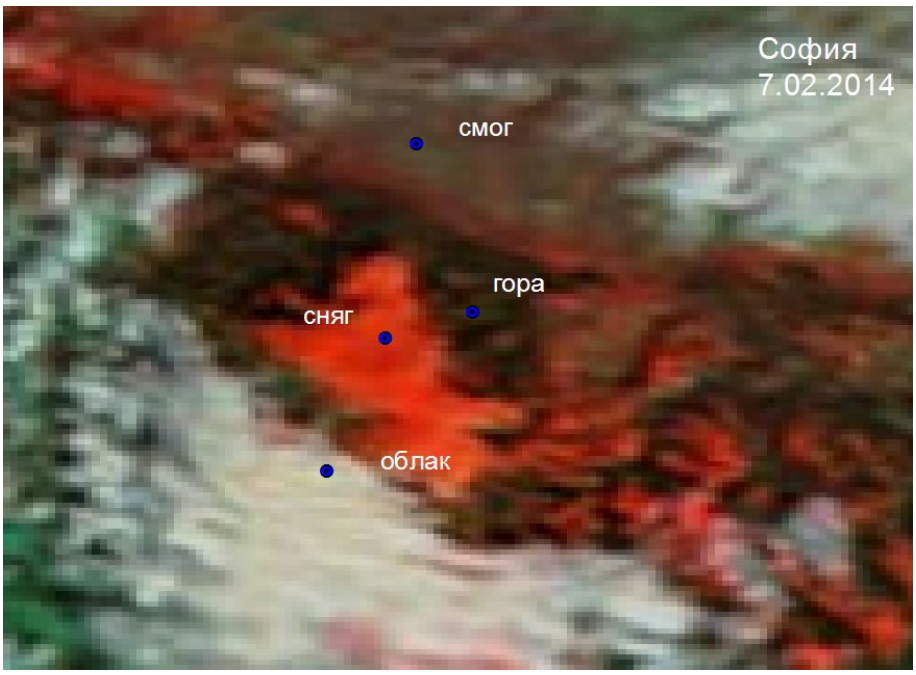
Номер на канала по MODIS	Средна дължина на вълната (μm)	Начална (μm)	Крайна (μm)
3	0.470	0.459	0.479
4	0.550	0.545	0.565
1	0.650	0.620	0.670
2	0.850	0.841	0.876
6	1.640	1.628	1.652
7	2.130	2.105	2.155



Фиг. 1. Композитно изображение в комбинация от канали 1, 4 и 3



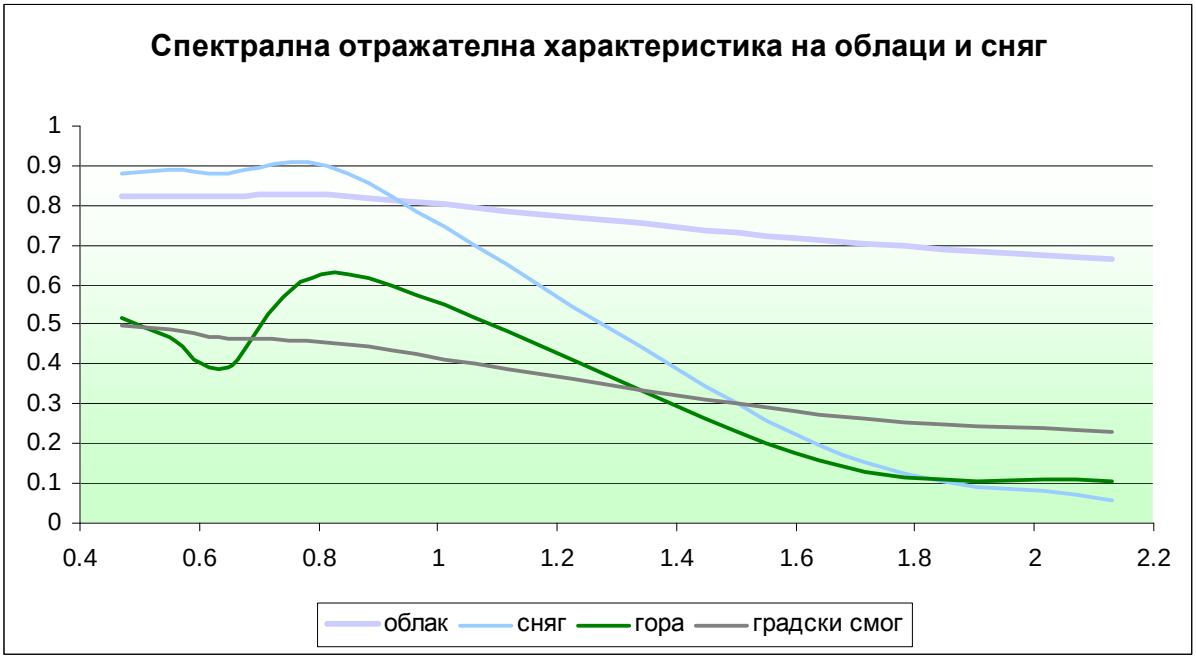
Фиг. 2. Композитно изображение в комбинация от канали 7, 2 и 1



Фиг. 3. Композитно изображение в комбинация от канали 3, 6 и 7

Както се вижда от сравнението на двете изображения - в оптичния диапазон облаците и снега изглеждат неразличими, но ясно се разграничават в инфрачервения диапазон..

На фигура 4 са представени спектралните отражателни характеристики на контролните точки. Характеристиките са получени от сателитни изображения с пространствена разделителна способност 250 метра [4, 5], канали 1, 2, 3, 4, 6 и 7 (таблица 1).



Фиг. 4. Спектрални отражателни характеристики на контролните точки

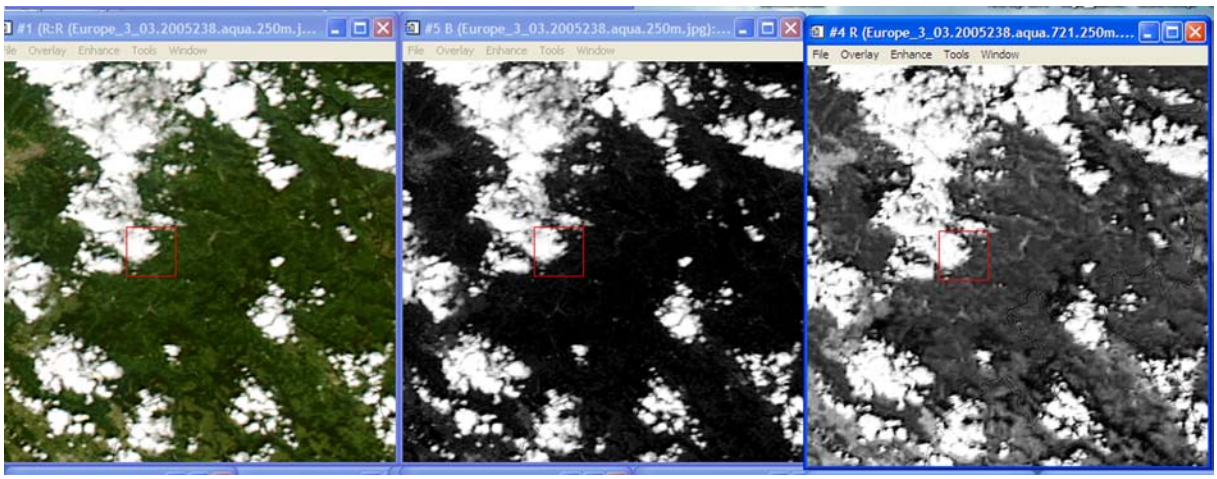
Методиката за определяне на облачната покривка над територията на България в проценти се базира на разликите в отражателните характеристики й характеристика с тези на обектите от земната повърхност.

За нуждите на настоящата работа е използвана неуправляема класификация по к-метид в два класа на синия (3-ти) канал с разделителна способност 250 метра, посредством която

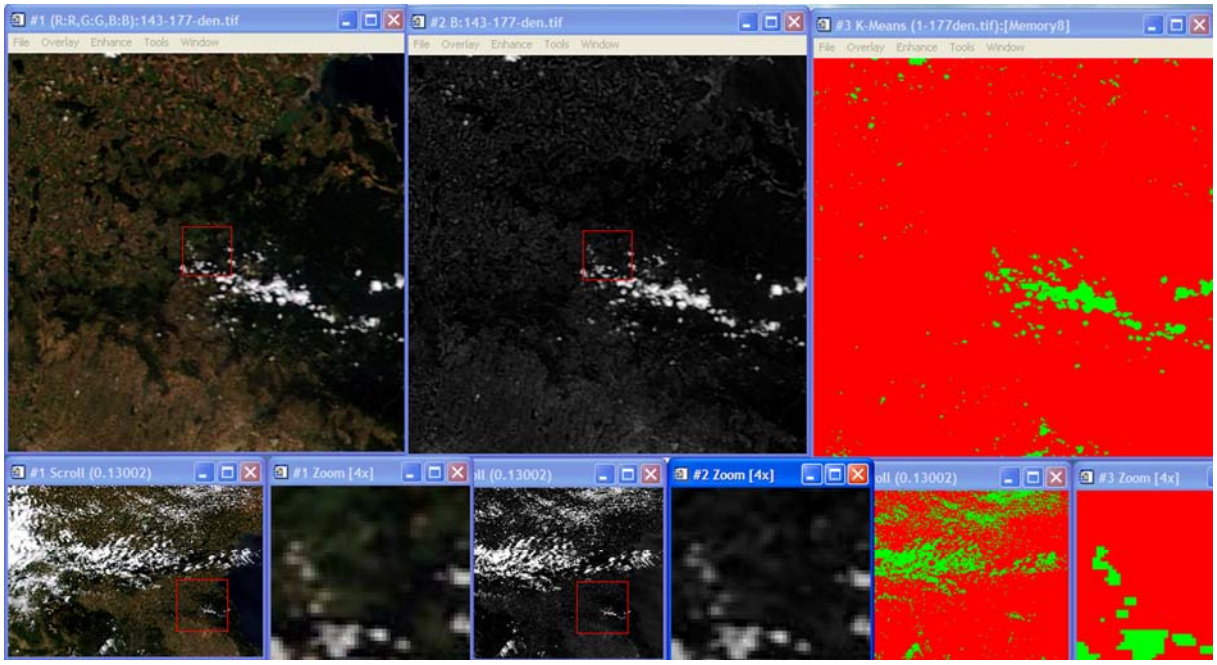
облаците се отделят от останалите обекти, изчислява се тяхната площ, оттам и процентното им покритие от цялата разглеждана територия.

На фигура 5 е представени изображения, съдържащи земна покривка и облаци в оптичния диапазон – композитно изображение в комбинация от канали 1, 4 и 3, и изображения съответно в седми и трети канал. Както се вижда, от фигури 3 и 4, при отсъствие на сняг най-добро разграничение между облаците и снега се получава при най-малка дължина на вълната – в случая на MODIS – в канал 3.

На фигурата 6 е представено сравнение на изображение 143, канал 3 и получената класификация по него. Както се вижда, облаците се отделят с достатъчна точност, за да може да бъде оценена площта, която засенчват.



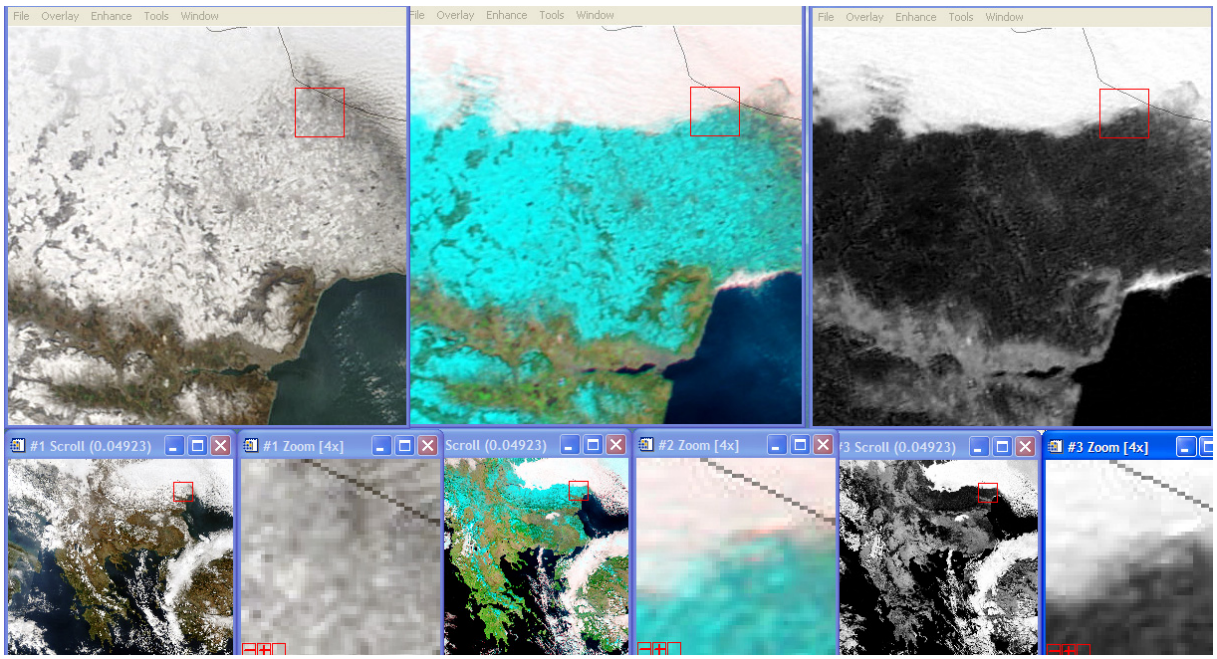
Фиг. 5. Сравнение на изображения, съдържащи земна покривка и облаци в оптичния диапазон, седми и трети канал



Фиг. 6. Резултат от неуправляема класификация в ENVI по к-матод – два класа на канал 3

При наличие на сняг – класификация по трети канал не може да бъде използвана. Потвърждение на това се вижда на фигури 1 и 4. В този случай се използва класификация при по-голяма дължина на вълната – канал 7.

На фигурата 7 е представено сравнение на изображенията 143, 721, канал 7. Както се вижда, облаците се отделят с достатъчна точност както от земната повърхност, така и от снежната покривка.



Фиг. 7. Резултат от неуправляема класификация в ENVI по к-матод – два класа на канал 7 при наличие на сняг

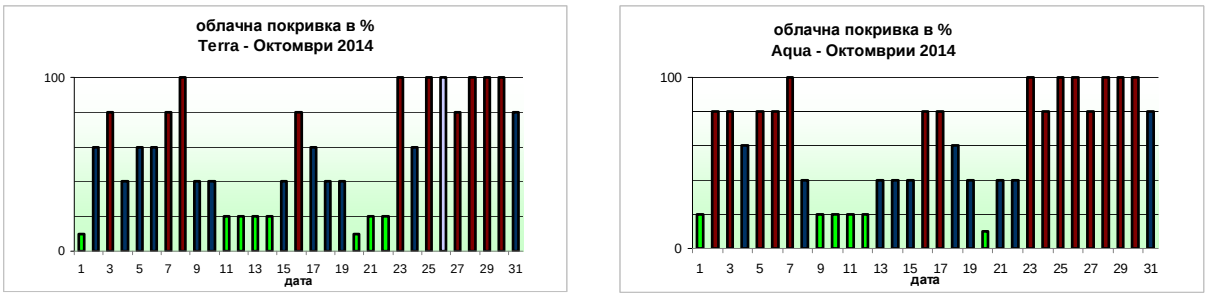
В този случай, обаче, неуправляема класификация по един канал не дава достатъчно добри резултати. Резултатите за дните с наличие на сняг са получени на базата на визуална интерпретация.

След извършване на класификацията следва изрязване по границата на България и определяне на процента облаци спрямо общата площ на страната.

След определяне на площта на облачно покритие, данните са класифицирани в следните шест категории по процент на облачно покритие:

- от 0 до 10 %
- от 10 до 20%
- от 20 до 40%
- от 40 до 60 %
- от 60 до 80%
- от 80 до 100%

За всеки месец са построени графики на времевото разпределение на облачността по данни от двата спътника Terra и Aqua. Пример е показан на фигура 8

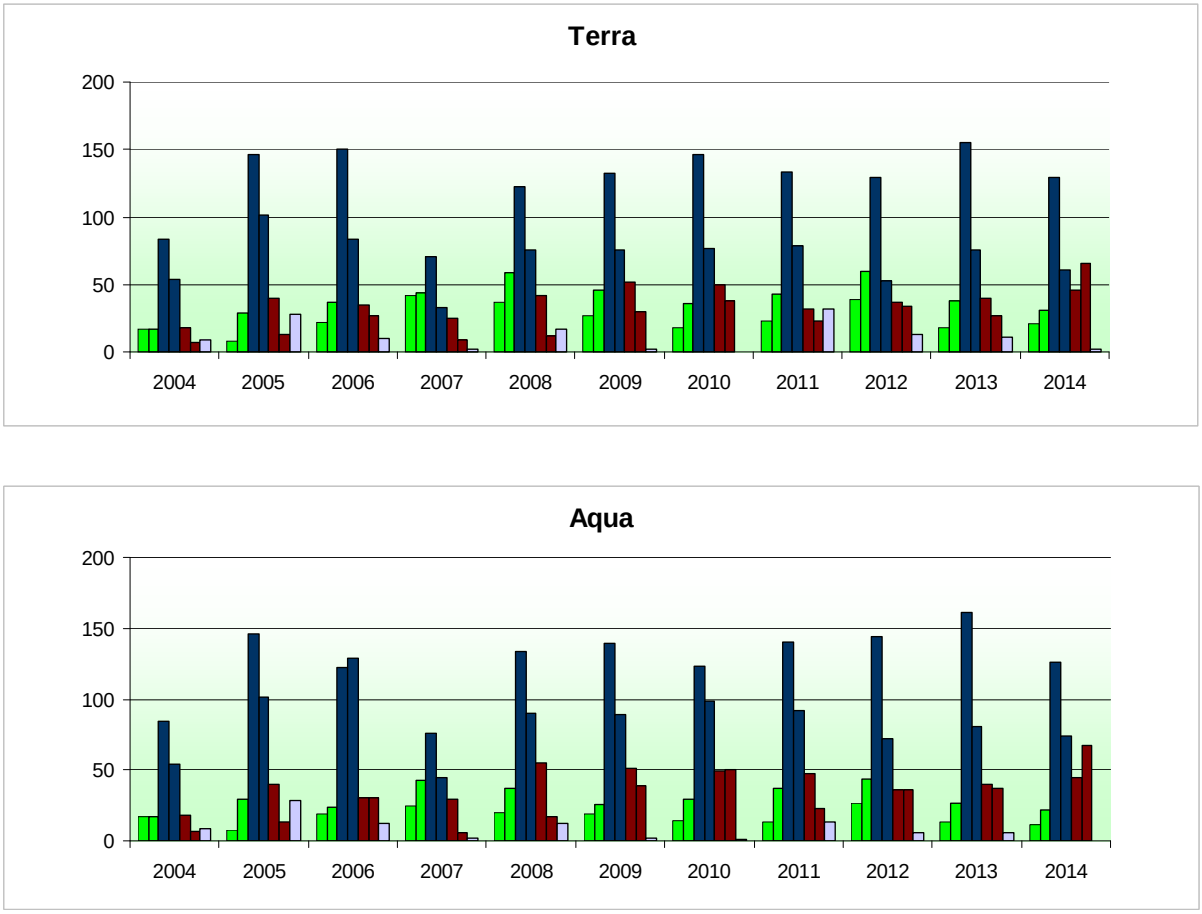


Фиг. 8. Графика на времевото разпределения на облачността за месец Октомври 2014 г.

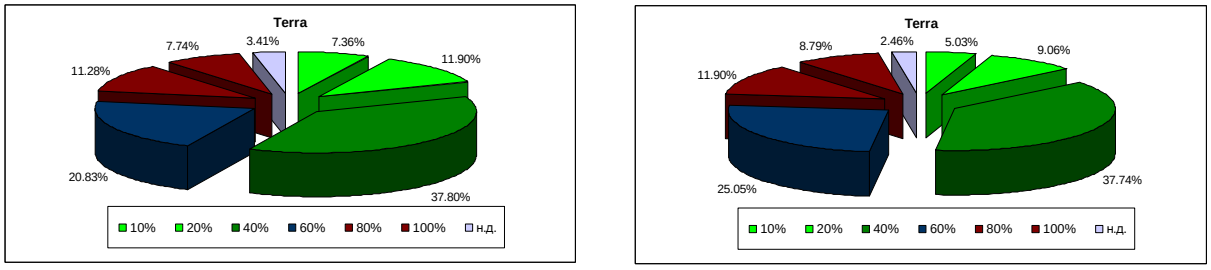
За периода 7.06.2004, 31.10.2014 се получават следните общи резултати, представени таблично в таблица 2 и графично на фигури 9 и 10.

Таблица 2. Процентно участие на дните със съответно облачно покритие за периода 2004-2014 г.

Terra							
облачност	**0-10%**	**10-20%**	**20-40%**	**40-60%**	**60-80%**	**80-100%**	**Няма данни**
Брой дни	7.36%	11.90%	37.80%	20.83%	11.28%	7.74%	3.41%
Aqua							
облачност	**0-10%**	**10-20%**	**20-40%**	**40-60%**	**60-80%**	**80-100%**	**Няма данни**
Брой дни	**5.03%**	**9.06%**	**37.74%**	**25.05%**	**11.90%**	**8.79%**	**2.46%**



Фиг. 9. Облачна покривка по класовеи години за периода 2004 – 2014 г.



Фиг. 10. Облачна покривка в проценти по класове за целия период 2004 – 2014 г.

Въз основа на предварителните резултати, представени в настоящата работа, могат да бъдат направени следните предварителни изводи:

1. Сателитните изображения с облачна покривка до 20 % за целия разглеждан период са под 20 % от дните.
2. Като цяло облачната покривка е малко по-голяма в ранния следобед, отколкото в часовете преди обяд.
3. Най-голям брой – повече от една трета – са тези с облачна покривка между 20 и 40 %.

Въз основа на опита ни, обаче, можем да твърдим, че:

1. Значителни по площ и продължителност пожари могат да бъдат регистрирани в много случаи и при облачна покривка до 60 %.
2. Атмосферни замърсявания от големи промишлени обекти могат да бъдат регистрирани в много случаи и при облачна покривка до 60 %.
3. Значителни по разливна площ наводнения, които се наблюдават за педиод от време от няколко дни до няколко седмици могат да бъдат регистрирани в някои участъци и при облачна покривка до 60 %.

В заключение може да бъде отбелязано, че спътниковите данни от пасивни сензори с ниска и средна пространствена разделителна способност намират множество приложения за регистриране, проследяване на динамиката и анализ на различни екологични проблеми.

Литература:

1. Remote Sensing and Image Interpretation, Thomas M. Lillesand, Ralph W. Kiefer, Jonathan W. Chipman, WILEY, 2007, ISBN 978-0-470-05245-7
2. Remote Sensing Principles and interpretation, Floyd F. Sabins, 3rd ed., W.H. Freeman and Company, 1997, ISBN-13: 9780716724421, ISBN: 0716724421
3. NASA - MODIS specifications - http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php
4. Aeronet Subsets - http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?project=aeronet&subset=Thessaloni
5. Fas Subsets - http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=Europe_3_03

CROP TYPE MAPPING BY PROBA-V SATELLITE DATA WITH 100 M AND 300 M SPATIAL RESOLUTION AT ZLATIA TEST SITE, BULGARIA

Petar Dimitrov[1], Ilina Kamenova[1], Vassil Vassilev[1], Eugenia Roumenina[1], Martin Banov[2], Georgi Jelev[1]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: petar.dimitrov@space.bas.bg; ilina.kamenova@hotmail.com; vassilev_vas@yahoo.com; eroumenina@gmail.com; gjelev@space.bas.bg
[2]Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection "Nikola Poushkarov" – Agricultural Academy, Bulgaria
e-mail: banovm@abv.bg

Keywords: *Crop type mapping, Supervised classification, PROBA-V 100 m*

Abstract: *This paper presents some of the results obtained during a study carried out in 2014 in the framework of the "PROBA-V 100 m Exploration Exercise" initiative. The aim of the study was to assess the potential of PROBA-V satellite data with 100 m spatial resolution for crop type mapping. Distribution of four main crops was mapped over the territory of Zlatia test site in western Danube plain using multispectral images from 21 March and 8 July 2014. Using a maximum likelihood classifier, overall classification accuracy of 86% and 82% was achieved for the two dates. Classes to be distinguished in the 21 March image were wheat, rapeseed, and soil, while for the 8 July image maize, sunflower, and soil/stubble were sought. For comparison purposes, PROBA-V images with 300 m spatial resolution were also classified achieving accuracy of 80% and 70% for 21 March and 8 July respectively. The wheat and rapeseed areas estimated based on the classifications were compared with independent data for harvested areas from the Ministry of Agriculture and Food. Very good correspondence was observed between the two datasets for wheat, but the deviation for rapeseed was large.*

КАРТОГРАФИРАНЕ НА ЗЕМЕДЕЛСКИ КУЛТУРИ ПО СПЪТНИКОВИ ДАННИ ОТ PROBA-V С ПРОСТРАНСТВЕНА РАЗДЕЛИТЕЛНА СПОСОБНОСТ 100 М И 300 М В ТЕСТОВИ УЧАСТЪК ЗЛАТИЯ, БЪЛГАРИЯ

Петър Димитров[1], Илина Каменова[1], Васил Василев[1], Евгения Руменина[1], Мартин Банов[2], Георги Желев[1]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: petar.dimitrov@space.bas.bg; ilina.kamenova@hotmail.com; vassilev_vas@yahoo.com; eroumenina@gmail.com; gjelev@space.bas.bg
[2]Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Никола Пушкаров" – Селскостопанска академия
e-mail: banovm@abv.bg

Ключови думи: *Картографиране на земеделските култури, Управлявана класификация, PROBA-V 100 m*

Резюме: *Докладът представя част от резултатите от изследване проведено през 2014 г. в рамките на инициативата „PROBA-V 100 m Exploration Exercise" целящо да оцени потенциала на данни от спътника PROBA-V с пространствена разделителна способност 100 m за картографиране на земеделските култури. Разпространението на четири основни вида земеделски култури е картографирано за територията на тестови участък „Златия", разположен в западната част на Дунавската равнина ползвайки две многоканални изображения – от 21 март и от 8 юли 2014 г. Класификациите на двете изображения по метода на максималното правдоподобие имат точност съответно 86% и 82%, като при първата, търсените класове са пшеница, рапица и почва, а при втората – царевица, слънчоглед и почва/стърнище. За сравнение, идентичен анализ е извършен с данни от PROBA-V с разделителна способност 300 m, като точностите са съответно 80% и 70%.*

Оценките на площите заети с пшеница и рапица получени на базата на класификациите са сравнени с официалните данни на Министерството на земеделието и храните, като за пшеницата съответствието е много добро, докато за рапицата има значително разминаване.

Introduction

Acquiring timely and accurate information for the spatial distribution of crops in a given area is important for practice and represents significant challenge to the monitoring and management systems in agriculture. Spatially explicit information for crops in the form of maps and GIS layers is needed to estimate areas of different crops, check area-based subsidies, generate input data for crop production forecasting models, monitor agricultural practices like crop rotation [1] and other applications.

In the last decades remote sensing has established itself as an effective tool for mapping land cover/land use mainly because of its possibility to quickly provide information over vast areas. For example, one of the main applications of the data from satellite sensors with low spatial resolution (SR) like AVHRR, VEGETATION and MODIS is the generation of global land cover maps [2-5]. Recently, global land cover product with SR as high as 30 m has been realized based on the Landsat TM/ETM+ archive [6]. Most of these products, however, are not generated regularly and cannot reflect changes within arable lands from one year to another. Moreover, they present agricultural land as a single, aggregated class and therefore are of little practical use for the specific agricultural applications.

Despite the considerable progress in land cover mapping, attempts for thematically detailed crop mapping are still relatively sparse [7]. An example for a standard crop map generated by satellite data is the United States Department of Agriculture's Cropland Data Layer (CDL), which is used for the reports of the National Agricultural Statistics Service [8].

Different approaches for automatic crop recognition based on satellite data can be found in the literature. They propose the usage of different classification algorithms and types of images. For example, the CDL product (56 m SR) is generated using supervised decision tree classification and multispectral images, mostly from the Advanced Wide Field Sensor (AWiFS) onboard the Indian Remote Sensing Satellite (IRS) RESOURCESAT-1 [8]. Many studies emphasize the fact that reflectance characteristics of crop canopies have crop-specific temporal dynamic [9]. For example individual crops can be distinguished based on time profiles of satellite data, usually spectral vegetation Index (SVI) sensitive to vegetation cover and state. Making use this seasonality, Vassilev [10] combine unsupervised classification on NDVI time series from VEGETATION and agro-phenological information in order to map four main crops over the territory of Bulgaria.

Achieving appropriate ratio of the SR of image and the field size is an essential precondition for successful crop recognition and mapping. However, tradeoff should be made when choosing appropriate satellite image. In particular, sensors with high SR capable to discriminate individual fields are restricted in terms of the number of usable, cloud-free images per growing season and coverage of single scene [9]. It is clear that the question of what satellite data and methods are most suitable for crop mapping has no single answer and decision depends on the specific conditions in the area.

In this context, a study was conducted in 2014 in order to evaluate the potential of the recently launched PROBA-V satellite for crop mapping in Bulgarian agricultural setting. One of the objectives of the PROBA-V mission is to assure continuation of the data archive generated by VEGETATION 1 and 2 sensors onboard the *Système Pour l'Observation de la Terre* (SPOT) 4 and 5 satellites [11]. PROVA-V provides improved SR compared to the VEGETATION instruments, namely 300 m for the visible and near infrared (VNIR) and 600 m for the shortwave infrared (SWIR) band. The optical instrument consists of three cameras placed so that their overall field of view covers a swath of ~ 2300 km, which is needed for daily global coverage [11]. The instrument's design, thus, allows using data from the central camera having SR of 100 m (VNIR) and 200 m (SWIR). This data can be very useful when SR is more important than global coverage and daily revisit frequency [11]. They also present great opportunities for crop recognition and mapping.

The aim of this research is to assess the possibilities for mapping arable lands with both winter and spring crops grown on it using supervised classification of PROBA-V satellite images with 100 m and 300 m pixel size. Our specific objectives were to: (i) assess the accuracy of maximum likelihood classifier for recognition of four main crop types; (ii) find whether significant difference exists between classification accuracy achieved with 100 m and 300 m PROBA-V data; (iii) compare estimates of crops' areas derived from the classified images with those provided by Ministry of Agriculture and food.

Study area

The study was conducted on the territory of Zlatia test site (2214.7 km^2), situated in the western part of Danube plain, Bulgaria. Although the agro-climatic conditions vary across Bulgaria, the chosen site is considered representative for lowlands where the intensive agriculture is concentrated. Moreover, our focus is on the major crops, which are common for the country and on the typical field size and spatial structure characteristic for intensively managed agricultural areas. On the territory of *Zlatia* test site, winter wheat, rapeseed, maize, and sunflower are mostly grown. Predominant soil types are carbonate and typical *Chernozem* (not eroded), followed by leached *Chernozem* and alluvial soils.

Data

Ground data. For our study, information for crops sown in 128 fields was available for the 2013-2014 season. The data was organized in GIS layer containing the field boundaries. For 44 fields information was provided by a local farmer and additional data was available: planting date, dates of occurrence of different phenological stage, harvesting date, yield, tillage practices, and winter crops sowing in the next season. For the remaining fields the sown crop was noted during two visits of the test site in March and August 2014. Most fields (75%) have a size up to 100 ha. Statistic data for harvested areas of winter crops in 2013-2014 season was provided by the Ministry of Agriculture and Food (MAF).

Satellite images. In 2014, in the framework of the „PROBA-V 100 m Exploration Exercise" initiative, VITO (*Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek*) provided limited access to PROBA-V products with 100 m SR. The aim of the initiative was to demonstrate the potential of these 100 m data products and to justify the need for their operational production and distribution to the wider user community in the next years. As part of this initiative an evaluation study of the possibilities for crop recognition in Bulgaria was conducted. This report presents results from the analysis of two PROBA-V scenes acquired on 21 March 2014 and 8 July 2014. They were selected to be suitable for mapping winter crops (wheat and rapeseed) and spring crops (maize and sunflower) respectively. PROBA-V 300 m products for the same dates were also downloaded from the VITO's Product Distribution Portal[1]. Both 100 m and 300 m data used in this study are S1 TOC products and represent daily synthesis top of canopy reflectances in the four PROBA-V spectral bands (Table 1). Image preprocessing included: stacking separate bands into one file, spatial subsetting, reprojecting the images to UTM zone 34N projection, and masking pixels outside the arable land based on the CORINE 2006 land cover dataset [12]. Additionally, Landsat 8 images were used in the assessment of accuracy of crop recognition.

Table 1. PROBA-V spectral bands [11].

	Band center (nm)	Band width (nm)
BLUE	463	46
RED	655	79
NIR	845	144
SWIR	1600	73

Methods

Supervised maximum likelihood classification (MLC) of multispectral PROBA-V images was used in this study to identify crop types. For the image from 21 March, three agricultural cover categories (classes) were distinguished in the classification: wheat, rapeseed, and soil. Three classes were also used in the classification of the image from 8 July: maize, sunflower, and soil/stubble. Training samples were generated by manually drawing polygons on the image using the GIS dataset with ground data as a guide. Besides the single date classifications, attempt was made to classify stacked images combining the spectral information from both dates (hereafter referred to as two-date stack (TDS) classification). In this case the sought cover classes included wheat, rapeseed, maize, and sunflower.

Classifications' quality was assessed in two ways. First, crop type information for the fields from the GIS layer was used. Test dataset was obtained by extracting the pixels within the fields with different crops. From this *ground dataset*, pixels used to train the classifier and pixels along the field borders were excluded. Error matrix and the percent of correctly classified pixels were calculated. Second, accuracy statistics were calculated for the entire classification based on a simple random

[1] VITO Product Distribution Portal - http://www.vito-eodata.be/PDF/portal/Application.html#Home

sample of pixels. Sampled pixels were selected using the ArcGIS tool for generation of random points. The same random points were used for both 100 m and 300 m classifications, thus the two test samples are related. The category of agricultural cover in each test pixel for 21 March and 8 July was determined by visual interpretation of a series of seven Landsat 8 images spanning the period 23 March – 30 August 2014. The ground truth information from the GIS layer was used to gain knowledge of spectral and temporal behaviour of different cover types and train the interpreter. The opportunity to track temporal changes using the Landsat 8 dataset was the key for gathering reliable referent information for the test pixels. The dominant fraction criterion was used to assign a pixel to a cover type in those cases when more than one cover type is present in a pixel. Based on this *random sample dataset,* error matrix, overall accuracy, and Kappa coefficient were calculated. Confidence interval of overall accuracy was calculated following a simplified procedure for estimation of confidence interval of proportions as presented in Fleiss et al. [13]. In this case 95% confidence interval was used, where the upper bound is:

(1) $$p - 1.96\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} - \frac{1}{2n}, \qquad \text{and the lower bound is:} \qquad p + 1.96\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} + \frac{1}{2n},$$

where p is the proportion of correctly classified pixels and n is the number of pixels in the sample. The calculated confidence interval contains the true overall accuracy value with probability at least 95% [13, 14]. The statistical significance of the difference in overall accuracy values achieved for the 100 m and 300 m classifications was tested using the McNemar test for proportions [15].

Results

The image from 21 March coincides with the period of resumption of crops growth after the winter dormancy. The main crops of interest at that time are winter wheat and rapeseed. In addition, class “soil” was used in the classifications in order to represent the land cover in fields allocated for sowing of spring crops. The assessment based on the *ground dataset* shows that almost 100 % of the test pixels are correctly classified in both 100 m and 300 m classification from 21 March (Table 2). Thus, the classifications perform very well within the fields where ground truth data was available. More complete picture of classification accuracy is provided by the overall accuracy statistic, calculated using the *random sample dataset*. The overall accuracy was 86 % and 79 % for the 21 March 100 m and 300 m classification respectively (Table 3). For the 100 m classification, user and producer accuracies are close to or higher than 80%, and only the “rapeseed” class has relatively low producer accuracy (73%). The most accurately recognized class is “soil” (over 90%). For the 300 m classification accuracies of separate classes are lower. For example, producer accuracy of “wheat” and “rapeseed” is only 62 %. For the “wheat” class the low producer accuracy is mainly due to misclassification as “soil”, while for the “rapeseed” class, the incorrectly classified pixels are equally distributed between “soil” and “wheat”.

The PROBA-V data for 8 July represents the period just after the harvest of winter crops. Land cover of the harvested fields is presented by stubble or soil-crop residue mixture depending on the time and type of tillage performed. Since spectral variations between these fields are present we decided to use subclasses so that spectral signatures satisfy the normal data assumption. Once the image is classified, subclasses are merged into one class denoted as “soil/stubble”. This was done because the classification of the image from 8 July focuses on the two summer crops – maize and sunflower and detailed description of harvested fields was beyond the scope of the study. The classification quality assessment based on the *ground dataset* shows that the success with which the three classes are identified is different for 100 m and 300 m PROBA-V data. Ninety-six percent of the test pixels extracted from the fields with ground data was correctly classified in the 100 m classification. For the 300 m classification the corresponding value was 82% (Table 2). Visual check of the 300 m classification shows that several maize fields are classified as sunflower. The difference of classification performance between the 100 m and 300 m PROBA-V image is confirmed by the overall accuracy, which was 82% and 70% respectively (Table 3). The error matrix generated using the randomly sampled pixels confirms that the 300 m classification tend to overestimate the “sunflower” at the expense of “maize”. Most of the referent pixels of class “maize” are not recognized and the producer accuracy for that class is only 42%. The user accuracy of the “sunflower” class is only 49%. In the 100 m classification less misclassification is observed and the accuracies for “maize” and “sunflower” are between 69% and 78%.

When the aim is to map the distribution of both winter and summer crops for a particular agricultural season one should best use several images acquired on different dates. One possible approach is to perform separate single-date classifications and then combine the results in a final map fowling predetermined procedure [1]. Decision should be made when a pixel is assigned to different classes in each classification. More simple and less time consuming layer stack approach was used in

this study. The spectral data from 21 March and 8 July was first combined in a single image and then classified to distinguish the four crops. The resulting TDS classifications are very accurate in recognizing the crops in the fields from the ground truth dataset (98% and 91% for the 100 m and 300 m data respectively, Table 2). The overall accuracy however is relatively low – 75% and 72% for the 100 m and 300 m PROBA-V data (Table 3). Examination of the error matrix shows that the main reason for the low accuracy of the 100 m classification is the underestimation of "sunflower" (producer accuracy=52%) at the expense of "maize" (user accuracy=62%). Unlike spring crops, the recognition of the winter crops is relatively accurate. Similarly to the 100 m classification confusion between "maize" and "sunflower" is observed in the 300 m classification.

The overall accuracy of the TDS classification with 100 m SR was not particularly high. However, the full potential of multitemporal PROBA-V data for crop classification has yet to be realised. Using larger number of scenes acquired in key periods of the growing season is expected to enhance crop separability but may necessitate the use of different analysis methods, for example Bayesian model averaging or co-training [16]. Other possibility is the use of vegetation indices time-series [10].

In this study, the overall classification accuracies achieved using the 100 m PROBA-V data were higher than accuracies achieved using the 300 m data. The differences were 7% and 12% for the scenes from 21 March and 8 July respectively (Table 4), and the statistical test shows they are significant ($p<0.05$). Accuracy of the stacked-image classifications differed by only 3% which value is not significant. This result is somewhat confusing, but in general, it seems that better classification results in terms of overall accuracy can be achieved with PROBA-V 100 m images. Advantages of the PROBA-V 100 m classification become apparent when it is visually compared with the 300 classification (Figure 1). Even relatively small fields with area below 1 km^2 and irregular or narrow shape are clearly distinguished on the classified 100 m images. Contrary to this, the exact borders and shape of even large fields are not apparent on the classified 300 m images. For the studied agricultural landscape, the number of mixed pixels in the PROBA-V 300 m products may by significant. Overlaying the TDS classifications with 100 m and 300 m spatial resolution it was found that 61% of the 300 m pixels contain more than one class or one class and mask according to the 100 m classification.

Table 2. Results from the classification accuracy assessment based on ground truth data,

Image	100 m	300 m
	percent of correctly classified pixels	
21 March	99	98
8 July	96	82
TDS (21 March + 8 July)	98	91

Table 3. Results from the classification accuracy assessment based on the simple random sample of pixels (n=275) and visual interpretation of Landsat 8 images.

Image	100 m	300 m
Overall accuracy (%)*		
21 March	86.2 (81.9-90.5)	79.3 (74.3-84.3)
8 July	82.5 (77.8-87.2)	70.2 (64.6-75.8)
TDS (21 March + 8 July)	74.9 (69.6-80.2)	71.6 (66.1-77.1)
Kappa		
21 March	0.76	0.64
8 July	0.73	0.52
TDS (21 March + 8 July)	0.65	0.61

* 95% confidence interval of overall accuracy is shown in parentheses.

Table 4. Results from the McNemar test for difference of overall accuracy between each 100 m classification and its 300 m counterpart (n=275). The method of comparison based on related samples as described by Foody [15] was used. Continuity correction was applied.

Image	Difference of the overall accuracy of 100 m and 300 m classifications (in %)	Chi-squared	*p*-value (2 tails)
21 March	6.9	6.11	0.013
8 July	12.3	14.72	0.000
TDS (21 March + 8 July)	3.3	0.93	0.336

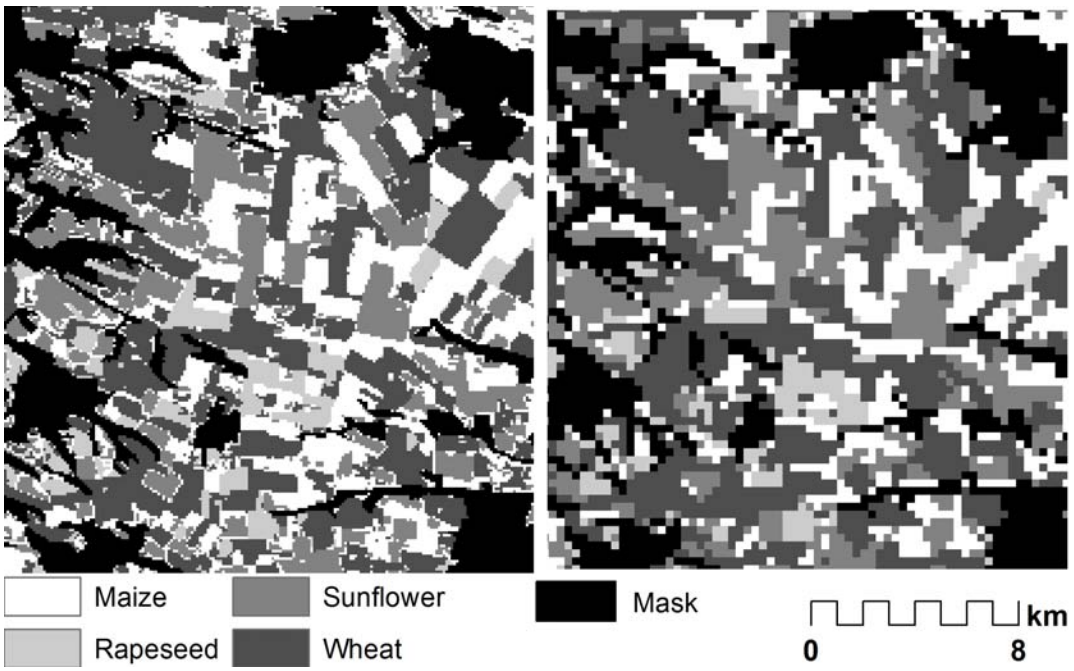


Fig. 1. Subsets from the classifications of the PROBA-V image stacks (21 March+8July) with 100 m (left) and 300 m (right) spatial resolution

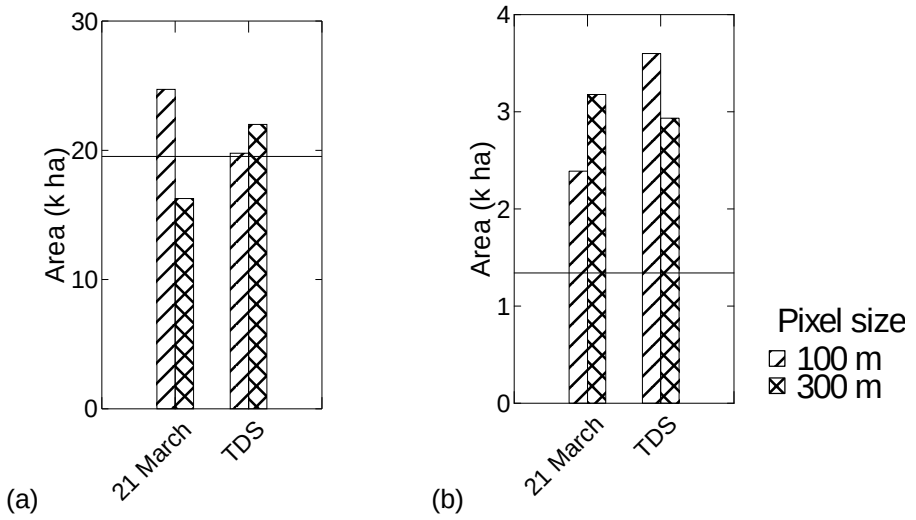


Fig. 2. Comparison between crop area estimates derived from the classifications and harvested area reports of the Ministry of Agriculture and Food (marked by horizontal line) for (a) wheat and (b) rapeseed. TDS – image stack combining data from 21 March and 8 July 2014

Harvested area reports of the MAF are the only source of data for the areas of different crops in the country provided on annual basis. This data were used as a reference to assess the accuracy at which areas are estimated using PROBA-V classified images and a pixel count method. Results for wheat and rapeseed are shown in Figure 2. The analysis was performed for three municipalities, Knezha, Oryahovo, and Iskar. Their overall arable land is 64.5 thousand ha according to the CORINE dataset. Wheat area estimates derived from the classifications are within 1 to 27 % of the reference MAF data. More accurate area estimates for wheat are achieved by the TDS classifications. As seen in Table 3, the TDS classifications have lower overall accuracy compared with the 21 March classifications. The error matrices, however, show that user and producer accuracies for “wheat” are higher in the TDS classifications, thus, for this particular class these classifications provided better area estimates. In order to be useful, crop area estimates derived from remote sensing data should have inaccuracy smaller than the inter-annual variability of the area of that crop [17]. The average rate of inter-annual change of the total area of wheat in Bulgaria for the period 2000-2011 is 12.6%[2]. The

[2] www.mzh.government.bg/MZH/bg/ShortLinks/SelskaPolitika/Agrostatistics/Crop/Results_copy3.aspx

wheat area estimated based on the 100 m TDS classification was within 1% of the official MAF data. This accuracy suggests that using PROBA-V 100 m data one can detect small changes in wheat area from one season to the next. On the contrary the rapeseed area estimated from the classifications deviates strongly from the figures reported by the MAF. The rapeseed area was overestimated with up to 170%. It should be noted that rapeseed covers only about 1300 ha in the three municipalities (according to the MFA data). As shown by Czaplewski [18] the bias in areal estimates for rare classes can be relatively high, even with high producer/user accuracies. At the time when this paper was prepared no complete data for harvested areas were available for maize and sunflower and comparison with the classification area estimates was not possible.

Conclusion

Results from this study show that the PROBA-V 100 m products may be successfully used for crop mapping under agricultural setting (mean field size, crop types, etc.) similar to that of *Zlatia* test site. Two scenes were selected within the growing season in order to map winter and spring crops respectively. For both scenes the overall accuracy of maximum likelihood classification was greater than 80%. Thus, all four major crops in the region can be mapped with reasonable accuracy. The PROBA-V 100 m images provide surprisingly good spatial details over the agricultural landscape of *Zlatia* test site, allowing most fields to be clearly distinguished. This is an important advantage over the PROBA-V products with 300 m spatial resolution. Moreover, significantly higher overall accuracy was achieved with 100 m data in two of the three classifications. Our results also suggest that multitemporal PROBA-V data are useful for crop mapping, however further studies are needed to review their full potential. Wheat area estimate derived from the classified stacked PROBA-V 100 m image was quite accurate judging from the close correspondence with the MAF data. However rapeseed area estimates deviate substantially from the referent data. The higher temporal resolution and wider coverage of PROBA-V 100 m data make them valuable complementary data source to Landsat-like sensors for crop mapping and monitoring exercises. The PROBA-V 100 m products are good alternative to Terra/Aqua MODIS, PROBA-V 300 m, etc for crop mapping and area estimation over large territory, for example at national level.

Acknowledgments

We express gratitude to VITO NV Remote Sensing Unit, which provided the PROBA-V 100 m products within the “PROBA-V 100 m exploration exercise” initiative. We also thank Mr. Ilchovski for the assistance and ground information provided and the Ministry of Agriculture and Food for the statistical data.

References:

1. Waldhoff, G., C. Curdt, D. Hoffmeister, G. Bareth. Analysis of multitemporal and multisensor remote sensing data for crop rotation mapping. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume I-7, 2012, pp. 177-182.
2. Bartholomé, E., A.S. Belward. GLC2000: a new approach to global land cover mapping from Earth observation data. International Journal of Remote Sensing, 26 (9), 2005, pp. 1959-1977.
3. Loveland, T.R., B.C. Reed, J.F. Brown, D.O. Ohlen, Z, Zhu, L. Yang, J.W. Merchant. Development of global land cover characteristics data base and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data. International Journal of Remote Sensing, 21, 2000, pp.1303– 1330.
4. Hansen, M.C., R.S. Defries, J.R.G. Townshend, R. Sohlberg. Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. International Journal of Remote Sensing, 21 (6–7), 2000, pp. 1331–1364.
5. Friedl, M.A, D.K McIver, J.C.F Hodges, X.Y Zhang, D Muchoney, A.H Strahler, C.E Woodcock, S Gopal, A Schneider, A Cooper, A Baccini, F Gao, C Schaaf. Global land cover mapping from MODIS: algorithms and early results. Remote Sensing of Environment, 83 (1–2), 2002, pp. 287-302.
6. Gong, P., J. Wang, Le Yu, Y. Zhao, Y. Zhao, Lu Liang, Z. Niu, X. Huang, H. Fu, S. Liu, C. Li, X. Li, Wei Fu, C. Liu, Yue Xu, X. Wang, Qu Cheng, L. Hu, W. Yao, H. Zhang, P. Zhu, Z. Zhao, H. Zhang, Y. Zheng, L. Ji, Y. Zhang, H. Chen, An Yan, J. Guo, L. Yu, Lei Wang, X. Liu, T. Shi, M. Zhu, Y. Chen, G. Yang, P. Tang, B. Xu, C. Giri, N. Clinton, Z. Zhu, Jin Chen, Jun Chen. Finer resolution observation and monitoring of global land cover: first mapping results with Landsat TM and ETM+ data. International Journal of Remote Sensing, 34 (7), 2013, pp. 2607-2654.
7. Wardlow, B.D., S.L. Egbert, J.H. Kastens. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains. Remote Sensing of Environment, 108, 2007, pp.290–310.

8. Boryan C., Z. Yang, R. Mueller, M. Craig. Monitoring US agriculture: the US Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service, Cropland Data Layer Program. Geocarto International, iFirst article, 2011, pp. 1–18.
9. Ozdogan, M. The spatial distribution of crop types from MODIS data: Temporal unmixing using Independent Component Analysis. Remote Sensing of Environment, 114, 2010, pp. 1190–1204.
10. Vassilev, V. Crop monitoring using SPOT-VGT NDVIs S10 time-series product for the arable land of Bulgaria. Aerospace Research in Bulgaria, 25, 2013, pp. 172-182.
11. Dierckx, W., S. Sterckx, I. Benhadj, S. Livens, G. Duhoux, T. Van Achteren, M. Francois, K. Mellab, G. Saint. PROBA-V mission for global vegetation monitoring: standard products and image quality. International Journal of Remote Sensing, 35 (7), 2014, pp. 2589-2614.
12. Stoimenov, A. Report for the work on Contract № 1218/20.12.2007 between MEW and CLSTI-BAS for "Land cover (types of permanent use) mapping of the territory of Bulgaria by interpretation of satellite images – CORINE Land Cover", 2008, 47 p.
13. Fleiss, J.L., B. Levin, & M.C. Paik. Statistical methods for rates and proportions, 3rd edition. New Jersey: Wiley. 2003, 760 p.
14. Foody, G.M. Classification accuracy comparison: Hypothesis tests and the use of confidence intervals in evaluations of difference, equivalence and non-inferiority. Remote Sensing of Environment, 113, 2009, pp. 1658–1663.
15. Foody, G.M. Thematic map comparison: Evaluating the statistical significance of differences in classification accuracy. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70, 2004, pp. 627−633.
16. Chandola, V., R.R. Vatsavai. Multi-temporal remote sensing image classification – a multi-view approach. *Proceedings of Conference on Intelligent Data Understanding*, 2010, pp. 258-270.
17. GEOSS (2009). Best practices for crop area estimation with Remote Sensing. Edited by Gallego J., Craig M., Michaelsen J., Bossyns B., Fritz S. Ispra, June 5-6, 2008
18. Czaplewski, R. L. Misclassification Bias in Areal Estimates. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 58 (2), 1992, pp. 189-192.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДАННИ ИЗМЕРЕНИ С МЕТЕОСТАНЦИЯ Vantage Pro2 Plus И ПРОГНОЗИРАНЕ ГОДИШНИЯ ДОБИВ НА СЛЪНЧЕВА ЕНЕРГИЯ

Веселин Ташев[1], Ролф Вернер[1], Ангел Манев[1], Богдана Мендева[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: *Известно е, че слънчевата радиация и добива на слънчева енергия са пряко свързани една с друга. Данните за слънчевата радиация са измерени и акумулирани с помощта на автоматичната метеорологична станция Vantage Pro2 Plus. Тя е от полупрофесионален тип, а един от нейните датчици е специално предназначен за измерване на слънчевата радиация. Директно получените данни от сензора за слънчева радиация са интегрирани и преизчислени за да могат да се получат резултати за слънчевата енергия, която се усвоява за определен период от време от единица площ на земната повърхност. По този начин се проследява изменението на енергийните слънчеви характеристики през различните месеци, свързано със сезонния характер на положението на Слънцето. Показана е и степента на повтаряемост през едноименните месеци за различни години. Изчислена е и годишната повтаряемост на измерванията. Месечната повтаряемост се сравнява с годишната, като последната се оказва значително по-добра. Високата повтаряемост, която се наблюдава през годините дава възможност да се прогнозира слънчевия енергиен добив за следващите години.*

INVESTIGATION OF DATA MEASURED WITH WEATHER STATION Vantage Pro2 Plus AND FORECASTING THE ANNUAL PRODUCTION OF SOLAR ENERGY

Veselin Tashev[1], Rolf Werner[1], Angel Manev[1], Bogdana Mendeva[1] , Mariana Goranova[2]

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

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

Abstract*: It is known that the solar radiation and solar power are directly related to each other. The amount of sunlight reaching Earth's surface is monitored and accumulated by automatic weather station Vantage Pro2 Plus. Applying the data, sun energy characteristics of different months are monitored and related to sun position during the seasons. The degree of repeatability is presented for the corresponding days and months in different years. The annual repeatability is estimated on the base of these measurements. The monthly and daily repeatability has been compared with the annual one, as the latter turned out to be significantly better. The high annual repeatability provides an opportunity for sunlight forecast for subsequent years.*

1. Въведение

За измерване на слънчевата енергия попадаща на земната повърхност, могат да се използват данните получени от сензори за измерване на слънчевата радиация. Директно получените данни от тези сензори се интегрират и преизчисляват за да се получат резултати за слънчевата енергия, която се усвоява за определен период от време от единица площ на земната повърхност. Такива сензори притежава метеорологичната станция Vantage Pro 2 Plus, която е от полупрофесионален тип. 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. Тези сензори регистрират интензивността на слънчевата радиация, дозата и индекса на ултравиолетовото излъчване. Метеорологичната станция Vantage Pro 2 Plus предоставя на своите потребители освен седемте директно измервани метеорологични параметри като: температура, относителна влажност, атмосферно налягане, валежи, скорост и посока на вятъра и още над тридесет производни параметри, като слънчева енергия (Solar Energy), която се получава чрез интегриране по време на директно измерваната Слънчева радиация (Solar Radiation).

Метеостанцията Vantage Pro 2 Plus е продукт на американската корпорация Davis. Поради тази причина Слънчевата енергия е дадена в единица Langley.

1 Langley = 11.622 Wh/m2

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

2. 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 6000К. 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.

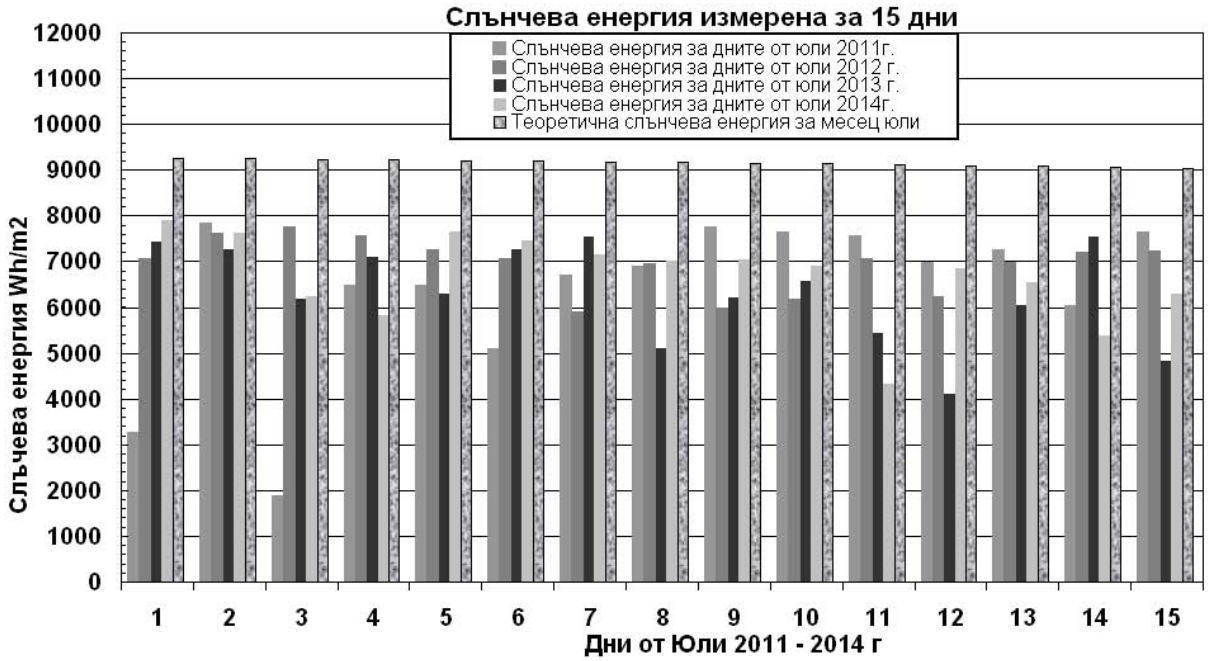
В настоящите изследвания разчетите са направени за потока от слънчева енергия, който попада върху фотосоларните преобразователи, а каква част от него ще се усвои зависи от коефициента на полезно действие на съответните преобразователи.

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 39 месеца съдържа около 140 000 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 4 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 и Юли 2014 години е показана с различни цветове.



Фиг. 1. Слънчева енергия измерена за всеки ден от 1 до 15 юли от 2011 до 2014 година

С мозаичен сив 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 измерената 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 този факт се наблюдава, че слънчевата енергия за различните дни от месеца значително се различава по стойност. Например за почти безоблачните дни 2, 4 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 възможност 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 4 години. За разлика от фиг. 1 тук е показана средно измерената стойност за всяка година, както и максималните и минимални отклонения за всеки месец.

Със сиви стълбчета е показана средната стойност за всеки ден от месеците Юли, през четирите 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 2 и 4 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.

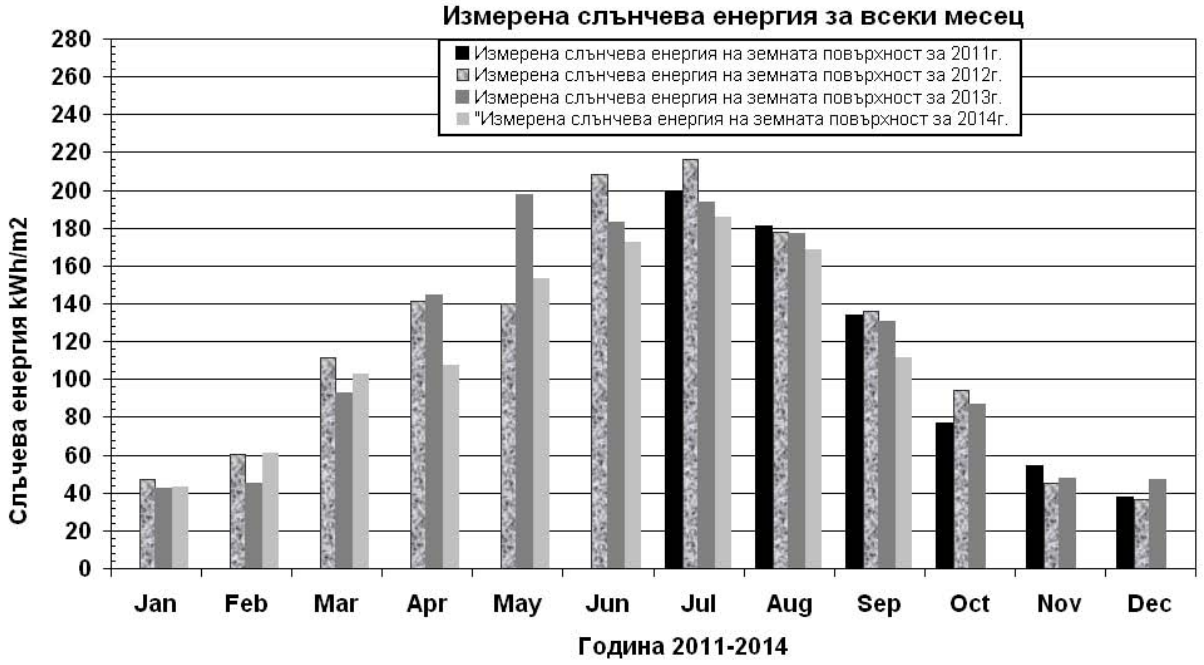


Фиг. 2. Средно измерена слънчева енергия за всеки ден от месец Юли от 2011 до 2014 г.

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.

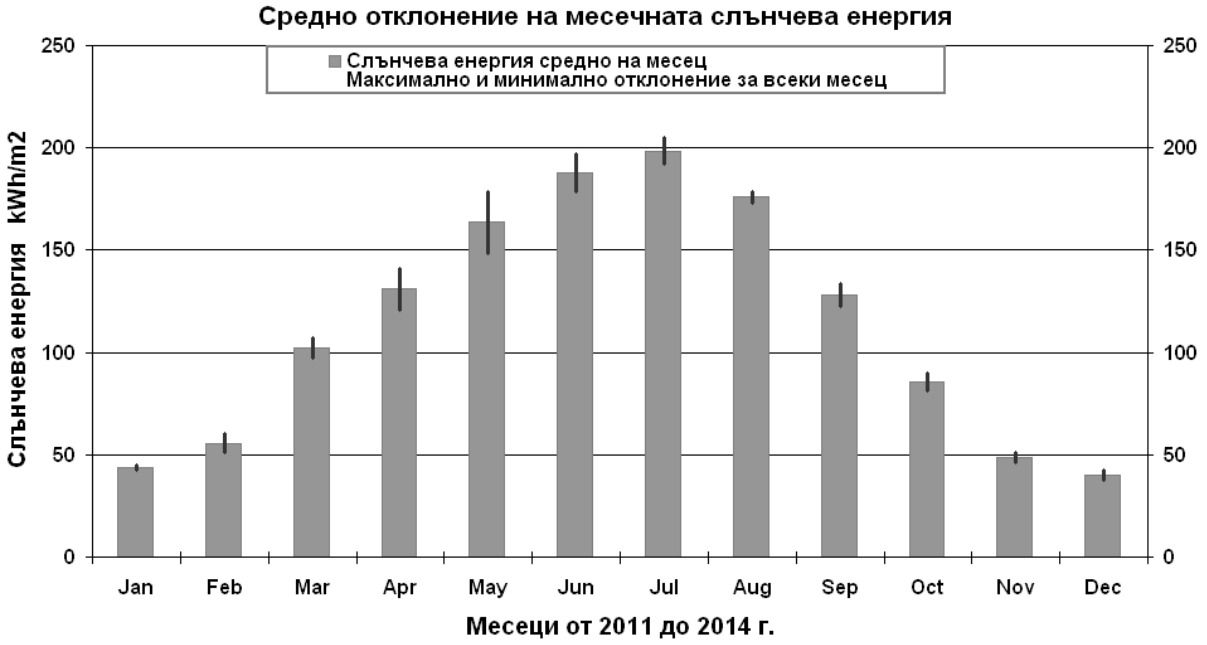
На фиг.3 са показани стойностите на слънчевата енергия измерена за всеки месец в продължение на около 4 години. За всяка от четирите години стълбчетата, показващи съответните месечни стойности са изобразени с различен цвят.



Фиг. 3. Слънчева енергия измерена за всеки месец от 2011 до 2013 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



Фиг. 4. Средно измерена слънчева енергия за всеки месец

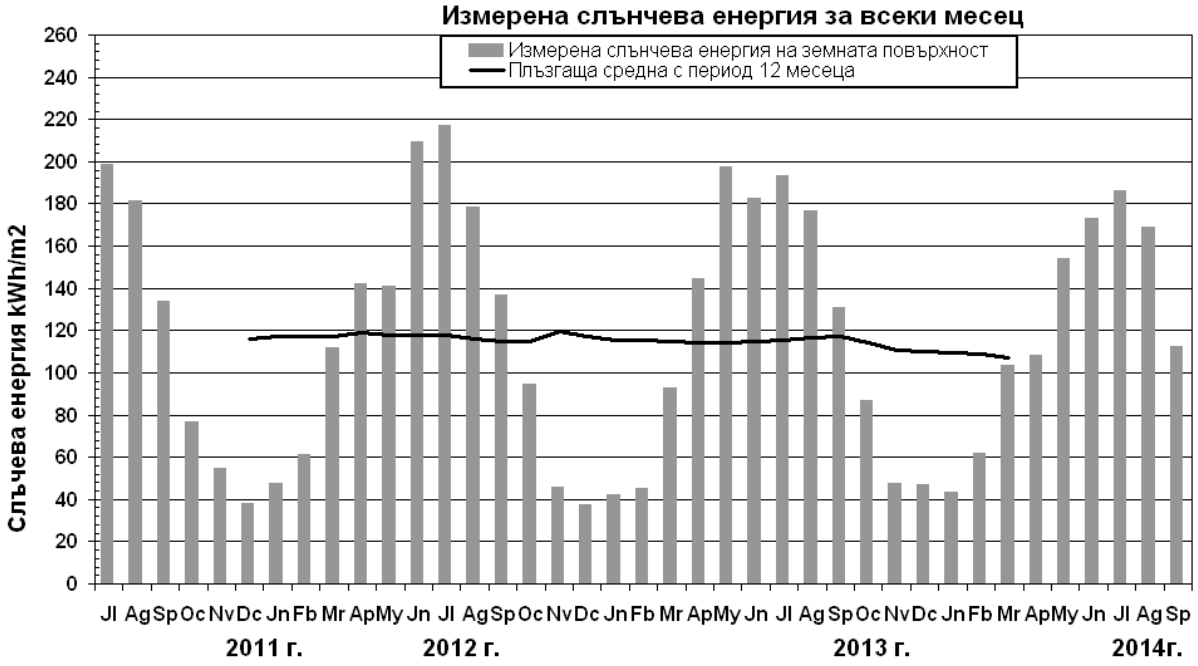
продължение на 4 години, за разлика от фиг. 3, където са показани действителните стойности на месеците. Със сиви стълбчета е показана средната месечна стойност, а с черни линии е отбелязано минималното и максимално отклонение от средната стойност за всеки месец.

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 и Юли 2014 г., показани на фиг. 1 и фиг. 2 измерената слънчева енергия се различава значително, както отбелязахме по-горе, но за четирите едноименни месеца показани на фиг. 3 и фиг. 4 общият добив е почти един и същи. 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 четирите месеца Юли от 2011 до 2014 г. е по-малка от 15 %, което се вижда от месечното разпределение, показано в таблица 1. Подобни минимални разлики се получават и за другите месеци. Например за месеците Януари, Март, Юни и Август тя е по-малка от 20 %, а най-голяма е за месец Май – само 35%. С други думи наблюдаваме едно усредняване на месечна база. Тези първоначални резултати, въпреки, че не са достатъчно продължителни дават основание да се предположи, че би могло да се прогнозира със сравнително добра точност бъдещата ефективност на фотосоларните преобразователи.

Табл. 1. Разпределение на слънчевата енергия по едноименни месеци

Месец	2011 г. [kWh/m²]	2012 г. [Kwh / m²]	2013 [Kwh / m²]	2014 [Kwh / m²]	Средно [Kwh / m²]	Макс. разлика [Kwh / m²]	Отклонение [%]
Януари		47	42	43	44	4	12
Февруари		61	45	61	55	16	29
Март		111	92	103	102	19	19
Април		142	144	108	131	36	28
Май		140	197	153	163	57	35
Юни		209	182	173	188	36	19
Юли	198	216	193	186	198	30	15
Август	181	178	176	169	176	12	7
Септември	133	136	130	112	128	24	19
Октомври	76	94	86		86	18	21
Ноември	54	45	47		49	9	18
Декември	37	37	46		40	9	23

На фиг. 5 е показано месечното разпределение на слънчевата енергия от месец Юли 2011 година до месец Септември 2014 година, заедно с центрирана плъзгаща се средна с период 12 месеца в продължение на около 4 години.



Фиг. 5. Плъзгаща се центрирана математическа средна на слънчева енергия по 12 месеца

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.

Максималните стойности на средната слънчева радиация се получават през месец юли поради по-голямата дължина на деня и голямата височина на Слънцето. Реалните стойности на слънчевата радиация през летните и ранните есенни месеци е около 50% от теоретично максималната радиация, а за късните есенни и наблюдаваните зимни месеци за 2011 – 2014 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 е:

(1) $$E_{teor} = \frac{9.1 \times 31}{0.81} = 348 \frac{kWh}{m^2} \ ,$$

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 198 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 56.8% от теоретично максималната енергия.

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 четирите години се различават значително. Това е показателно, че факторите, които влияят на слънчевата енергия като облаци, прах и други имат случаен характер и с течение на времето взаимно се компенсират и осредняват. При анализа на базата данни натрупана до 2013 година, т.е. в миналия 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 се получи малка корекция в тази тенденция. Най-големите отклонения леко се изместват от пролетния 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	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
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			
Средна стойност	44	55	102	131	164	188	198	176	128	86	49	40
Стандартно Отклонение	2.7	9.3	9.7	20.4	29.8	18.6	13.1	5.2	11.0	9.1	4.6	5.2
Относителен Спад [%]	6.1	16.8	9.5	15.6	18.2	9.9	6.6	2.9	8.6	10.6	9.5	13.1

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. Например за периода Юли 2011 до Юни 2012 тази стойност е 1389 kWh/m^2 , а средномесечната изчислена от плъзгащата се математическа средна е 115.7 kWh/m^2 на месец. В колонка 4 е изчислена средната стойност за всички 12-месечни периоди и тя е 115.1 kWh/m^2. В колонка 5 е показана разликата между месечната стойност за всеки период, 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 стойност [Kwh/m^2]	Разлика [Kwh/m^2]	Разлика [%]
1	2	3	4	5	6
Юли 2011 – Юни 2012	1389	115.7	115.1	0.6	0.6
Авг. 2011 – Юли 2012	1407	117.3	115.1	2.2	1.9
Септ. 2011 – Авг. 2012	1405	117.1	115.1	2.0	1.7
Окт. 2011 – Септ. 2012	1407	117.3	115.1	2.2	1.9
Ноем. 2011 – Окт. 2012	1426	118.8	115.1	3.7	3.1
Дек. 2011 – Ноем. 2012	1417	118.1	115.1	3.0	2.5
Ян. 2012 –Дек. 2012	1416	118.0	115.1	2.9	2.5
Февр. 2012 – Ян. 2013	1411	117.6	115.1	2.5	2.1
Март 2012 – Февр. 2013	1395	116.3	115.1	1.2	1.0
Апр. 2012 – Март 2013	1376	114.6	115.1	-0.5	-0.4
Май 2012 – Апр. 2013	1378	114.8	115.1	-0.3	-0.2
Юни 2012 – Май 2013	1435	119.6	115.1	4.5	3.7
Юли 2012 – Юни 2013	1408	117.4	115.1	2.3	1.9
Авг. 2012 – Юли 2013	1385	115.4	115.1	0.3	0.3
Септ. 2012 – Авг. 2013	1383	115.3	115.1	0.2	0.1
Окт. 2012 –Септ. 2013	1377	114.8	115.1	-0.3	-0.3
Ноем. 2012 –Окт. 2013	1369	114.1	115.1	-1.0	-0.9
Дек. 2012 – Ноем. 2013	1371	114.3	115.1	-0.8	-0.7
Ян. 2013 – Дек. 2013	1380	115.0	115.1	-0.1	-0.1
Февр. 2013 – Ян. 2014	1382	115.1	115.1	0.0	0.0
Март 2013 – Февр. 2014	1398	116.5	115.1	1.4	1.2
Апр. 2013 – Март 2014	1409	117.4	115.1	2.3	2.0
Май 2013 – Апр. 2014	1372	114.4	115.1	-0.7	-0.6
Юни 2013 – Май 2014	1329	110.7	115.1	-4.4	-4.0
Юли 2013 – Юни 2014	1319	109.9	115.1	-5.2	-4.7
Авг. 2013 – Юли 2014	1312	109.3	115.1	-5.8	-5.3
Септ. 2013 – Авг. 2014	1305	108.7	115.1	-6.4	-5.9
Окт. 2013 – Септ. 2014	1286	107.2	115.1	-7.9	-7.4
Средна стойност		115.1			
Стандартно отклонение		3.16			
Относителен спад [%]		2.74			

От таблица 3 се вижда, че най голяма разлика е получена за периода Октомври 2013 и Септември 2014 със стойност 7.9 kWh/m^2 или 7.4 %. За останалите периоди се вижда, че отклоненията са още по-малки. Например за периода Февруари 2013 – Януари 2014 тя е почти 0 kWh/m^2, а за периода Януари 2013 – Декември 2013 0.1 kWh/m^2 или само 0.1%. Такива малки отклонения има и за редица други месеци. 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 съответно 3.16 Kwh / m^2 и 2.74 % съответно. Тези ниски стойности още веднъж показват, че отклоненията в слънчевата радиация и респективно в слънчевия енергиен добив на годишна база са много ниски и в този смисъл поне краткосрочните прогнози ще са много точни.

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) $$СГД = 115.1 \times 12 = 1381.2 kWh/m^2$$

или приблизително 1380 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 Kwh/m^2 . Тази стойност сравнително точно съвпада с получените от нас резултати от 1380 кWh/m^2 . При нас стандартното отклонение съгласно таблица 3 е значително по-малко и има стойност 3.16 кWh/m^2 ,. 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 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. D a v I s I n s t r u m e n t s C o r p. *Vantage Pro2 Plus.* Reference Guide.
2. M e e u s, J. Astronomische Algorithmen, Johann Ambrosius BarthVerlag, Leipzig-Berlin-Heidelberg, 1993
3. L e a n, J. L., Solar irradiance and climate forcing in the near future, Geophzs. Res. Lett. 28, pp. 4119-4122, 2001.
4. R o e d e l, W. Physik unserer Umwelt, 2. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S.48, 1994.

S E S 2 0 1 4
Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

КРАТКОВРЕМЕННИТЕ ТЕМПЕРАТУРНИ АНОМАЛИИ НА ПОВЪРХНОСТТА НА ЧЕРНО МОРЕ ПРЕЗ 1998 И 1999 ГОДИНИ И СЪПЪТСТВАЩИ ФИЗИЧЕСКИ ЯВЛЕНИЯ

Ангел Манев, Веселин Ташев

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

Ключови думи: *температура, аномалия, повърхност, море, озон*

Резюме: *Представен е анализ на краткосрочните температурни аномалии на повърхността на Черно море за срок от две последователни години. Направен е опит за анализ на връзката между температурата на морската повърхност и дебелината на озоновия слой, над Черно море, като се използват едновременно данните от двете спътникови системи - NOAA и TOMS. Резултатите от наблюдението на озоновия слой над повърхността на Черно море противоречат принцип Норманд-Dobbson и позволяват създаването на друг модел на динамиката на общото съдържание на озон.*

SHORT TIME TEMPERATURE ANOMALIES ON THE SURFACE OF THE BLACK SEA IN 1998 AND 1999 AND ACCOMPANYING PHYSICAL PHENOMENAS

Angel Manev, Veselin Tashev

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

Keywords: *temperature anomaly, surface, sea, ozone*

Abstract: *This paper presents an analysis of the short-term temperature anomalies on the Black Sea surface for a period of two consecutive years. We have tried to analyze the correlation between sea surface temperature and the ozone layer thickness, above the Black Sea by using simultaneously data from the two satellite systems - NOAA and TOMS. The observation results of the ozone layer above the Black Sea surface contradict the Normand-Dobbson's principle and allow the creation of another model of the total ozone content dynamics.*

Въведение

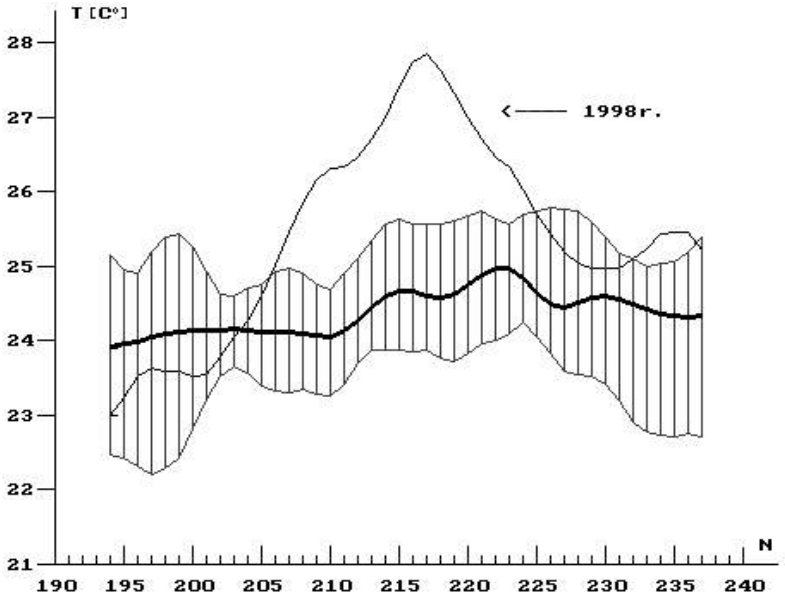
Черно море е много удобен воден басейн за изучаване на взаимодействието между атмосферата и океана. Басейнът е сравнително голям и затворен. Няма условия за хоризонтален пренос на водни маси между райони с много различни синоптични условия. Метеорологичните процеси над морето през лятото се определят най-вече от циклоналната дейност над Азорите и Средиземно море. Самата циклонална дейност през лятото е неголяма и лесно се отчита. На този фон често се наблюдават аномални изменения на температурата на морската повърхност. Аномалиите се делят на два вида дълговременни, касаещи целия сезон и кратковременни – от порядъка на 10 дни. Генерацията на кратковременните аномалии на SST е сложна и не еднозначно изяснена. Поради това се налага използването на данни за динамиката на система от физически параметри.

През последните 80-100 години озоновия слой е предмет на усилено изследване. Интересът на науката е обясним както с изключително важното значение което има този слой за живите организми на Земята, така и с ролята на слоя в динамичните процеси в атмосферата. Промените които протичат в озоносферата са тясно свързани с хоризонталните и вертикални въздушни потоци, формирани и формиращи метеорологичното време в краткосрочни времеви интервали. Поради тази причина интерес представляват всички аномални отклонения в общото

съдържание на озон над големи пространствени области. Изследванията на общото съдържание на озона са колкото многостранни толкова и противоречиви. Създадени са редица модели, обясняващи динамиката на слоя, които постоянно се уточняват и допълват. В нашето изследване се анализират синхронно динамиката на възникването на температурни аномалии на повърхността на морето и измененията в общото съдържание на озон над аномалиите.

Методика на експеримента и резултати

В нашите изследвания са използвани ежедневните температурни данни от апаратурата AVHRR на спътниковата система NOAA[1]. Анализирайки температурните аномалии на повърхността на Черно море, чрез ежедневни спътникови изображения в продължение на осем години, за периода 1989-1998 години, открихме интересна аномалия на 5.08.1998г. [2]. В процеса на изследванията са използвани пет квадратни пространствени зони с размери от 9X9 км. до 128x105 км. В предишни публикации е доказана достоверността на аномалията и пределната грешка в повърхностната температура до 0.5 C^o [3]. На фигура 1 е показан ходът на средно дневната температура на повърхността на цялата акватория на Черно море и на петте зони поотделно. По абсцисната ос са нанесени дните от годината за периода от 9.06.1998г. до 17.09.1998г. или от 180 до 260 – ти ден. С плътната линия е показана средната годишна температура за всеки ден .Осредняването е направено като са взети предвид всички години без 1998г. Сивият интервал около средната линия е образуван от съответно най-високата и най-ниска средно дневна температура за дните през останалите седем години. Данните са леко изгладени чрез пълзящи средни. Детайлният анализ показва наличието на плавно повишаване на температурата на повърхността , което се проявява като топла вълна от запад на изток. Проследена е и динамиката и в шелфовата зона [4]. Аномалията е изследвана подробно и е доказан глобалният и характер за региона Черно-Каспийско море.

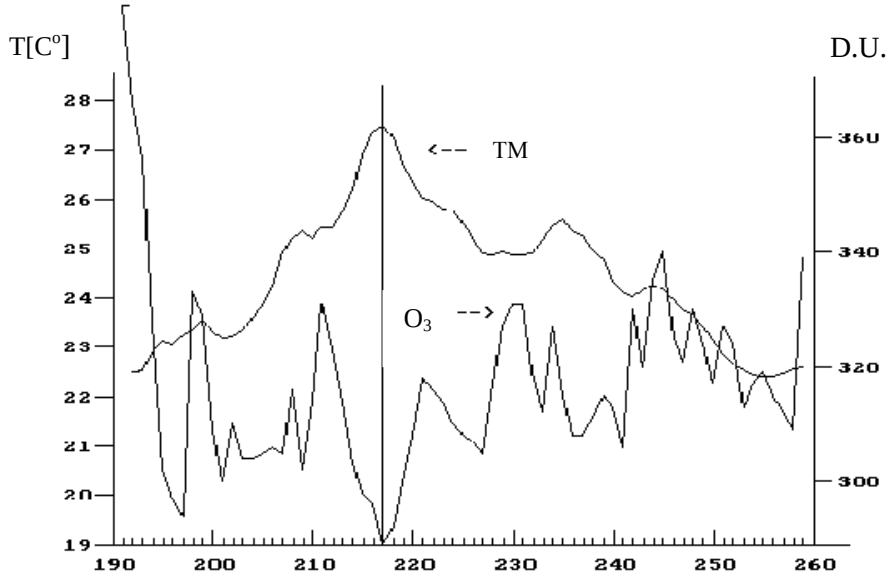


Фиг. 1

В последствие в анализите на причините довели до възникването на аномалията бяха използвани и данни от спътниковата система TOMS за ежедневен контрол на общото съдържание на озон . TOMS е спътникова система на NASA за дългосрочен ежедневен контрол на глобалното разпределение на озоновия слой на Земята. Данните от TOMS са подредени в мрежеста структура обхващаща цялото Земно кълбо със стъпка в направление серер-юг 1.5 градуса и стъпка в направление изток-запад 1.25 градуса. Или една стойност от TOMS е осреднена и валидна за клетка с размери 1.5x1.25 градуси. Бяха подбрани пет зони в петте характеристични части на Черно море за които бяха проведени температурните изследвания. При съпоставката с данните от NOAA (които са с размер 126x108км.) се получава разместване на изследваните участъци с не повече от 2.1 км. Това разминаване в синхронизацията на данните не е от значение за анализа защото е в рамките на около 2 % а пространственото разпределение на параметрите не се изменя рязко с големи амплитуди на и над морето [5].

Резултатите за хода на изменение на дебелината на озоновия слой , обобщени за над цялата акватория на Черно море са показани на Фигура 2. На абцисната ос са нанесени дните от годината. Коефициентът на обратна корелация за петте зони е в границите на 0.9968 – 0.9994. и синхронът на изменение на двата параметъра е доказан. Изтъняването на озоновия слой с около 34 D.U. е недостатъчно за постигането на температурния градиент на повърхността. Облачността по времето на аномалията по данни от TOMS рязко е спаднала и се задържа под 10% преди и след аномалията. Такъв нисък процент облачност, задържаща се толкова дълго, не се наблюдава през другите от изследваните осем години [6]. Анализът на синоптичната обстановка преди и по време на аномалията показва наличието на обширна област от високо атмосферно налягане, от порядъка на 1026 hPa над повърхността на Черно море [7] .

При направените наблюдения се оформят три аномални отклонения: повишаване на ТМП, обедняване на общото съдържание на озон и дълго безоблачно време

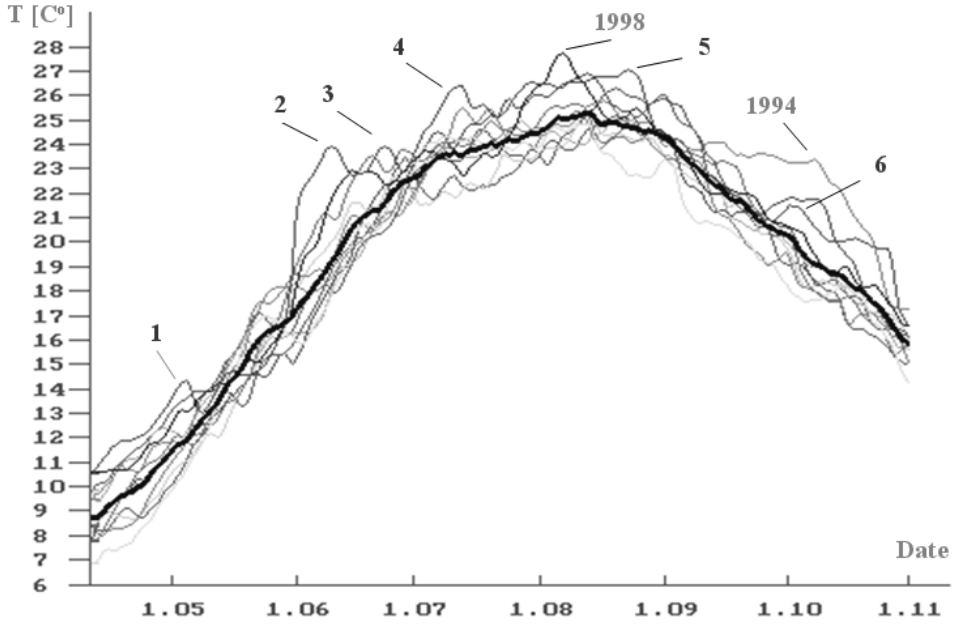


Фиг. 2

Стремежът към пълнота на научните изследвания налага да се създаде модел на процесите, който да включва и трите феномена. Високото атмосферно налягани при повърхността е съществено и трябва да се отчита и неговото влияние. Липсата на облачност в случая може да се обясни с модела на антициклонални вертикални, нисходящи въздушни потоци. При спускането си въздушните маси, в централната зона на антициклона, се нагряват адиабатно и поддържат продължително безоблачно време над обширни територии. Тези топли въздушни маси повишават температурата на повърхността на морето. Според принципът на Норманд-Добсон общото съдържание на озон над зони с низходяши въздушни потоци трябва да нараства [8], [9]. Причината е в спускането на озонирани въздушни маси надолу в тропопаузата а там те са защитени от озоноразрушителната UV слънчева радиация. Такъв е механизмът на нарастване на общото съдържание на озон във вертикално направление. Нашите наблюдения над Черно море показват точно обратното. В случая не може да става въпрос на експериментална грешка. Обяснението потърсихме в друг механизъм на пренос на озонови маси в тропопаузата и ниската стратосфера. Нисходяшият поток над областта освобождава пространство в което се втича по-беден на озон въздух от екваториалните области. Високият, хоризонтален пренос е доминиращ над процеса на “съхраняване” на озон в нисходящия поток, поради това и общото съдържание на озон спада. Хоризонталния пренос става в тропопаузата и ниската стратосфера и може да бъде предизвикан от струйни течения. Този процес явно прави несъстоятелен принципът на Норманд-Добсон за анализираната аномалия на и над повърхността на Черно море. Аналогични изследвания на проявата на тази аномалия (с няколко дни по-късно) над Каспийско море показват възможности за потвърждение на принципът на Норман-Добсон [10].

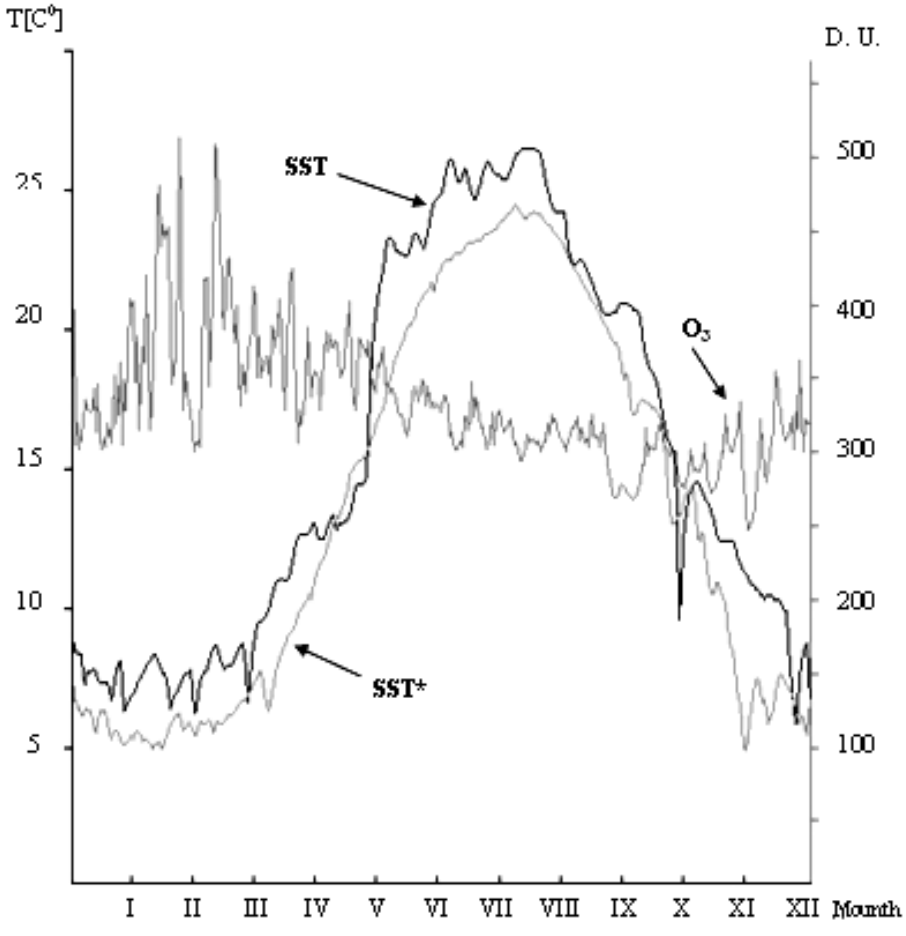
На Фигура 3 е показан ходът на температурата на морската повърхност през късната пролет, лято и есен за 10 години – 1989 -1999 г., По-дебелата синя линия представлява средната температура, пресметната за десетте години. Отчетливо се вижда сезонната аномалия през есетна на 1994г. За двете години 1998 и 1999 са определени осем аномалии с

продължителност до 10 дни – две през 1998 г. и шест през 1999г. На Фигура 3 с номера от 1 до 6 са указани аномалиите през 1999г.



Фиг. 3

На Фигура 4 е показан ходът на SST и общото съдържание на озон за цялата 1999г. Кривата SST* е усреднената температура на повърхността за периода 1990-1998 години



Фиг. 4

За шест от аномалиите през 1999г. също е налице силна отрицателна корелация между температурата на морската повърхност и дебелината на озоновия слой. Големият брой аномалии при които е налице обратната корелация са отново доказателство за неприложимостта пряко на принципът на Норман-Добсон. За обяснението на резултата се налага използването на динамични модели за промяна на височината на тропопаузата и приток на бедни на озон въздушни маси от юг.

Синоптичните условия в дните по време на аномалиите са такива, че над морето се установяват области с високо атмосферно налягане. Създени са условия за загряване на низходящи въздушни потоци, които при съприкосновението си с повърхността на морето я загряват. Това е възможният адекватен модел на генерация на изследваните аномалии.

Заключение

В заключение можем да отбележим че през 1998 и 1999 години над Черно море се развиват атмосферни процеси, които водят до генерацията на температурни аномалии в противоречие с принципа на Норман-Добсон. Предложен е модел за генерация на аномалиите в основата на който стои нисходящо движение на въздушните маси и последвало спадане на общото съдържание на озон над аномалните области в следствие на пренос на бедни на озон маси от юг. В следващите изследвания е необходимо да се анализират кратковремените температурни аномалии и за целия периода 1989-1999 години с цел да се изгради количествен модел на генерацията на аномалиите.

Литература:

1. NOAA/NASA AVHRR Oceans Pathfinder,Sea Surface Temperature Data Set, User's Reference Manual,Version 4.1,February 23, 1998
2. М а н е в, А., К. П а л а з о в, С. Р а й к о в, Д. К р ъ с т е в, Ст. С п а с о в, Температурна аномалия на повърхността на Черно море на 4.08.1998 г.,Съюз на учените в България,Тракийски университет –Стара Загора,Община Стара Загора, Научна конференция с международно участие-Стара Загора',6-7 юни 2002 г.,Сборник с доклади , том1, стр.34-39.
3. М а н е в, А. и сътр. 2001, Възстановяване на температурните полета на повърхността на Черно море по данни от оперативни спътникови наблюдения, сб.докл. "Юбилейна научна сесия 2001 "40 години от първия полет на човек в космоса",12-13 април 2001г, гр,Долна Митрополия, стр. 124-127
4. М а н е в, А., П а л а з о в К., Р а й к о в С., И в а н о в В., Температурна аномалия на повърхността на Черно море и проявата и в Българската шелфова зона, Юбилейна научна сесия 2003 "100 години от полета на братя Райт", 24-25 април, Долна Митрополия , Сб.докл. стр. 447-454
5. М а н е в, А., П а л а з о в К., Ж е к о в Ж., Н и к о л о в Кр. Спътниковите системи NOAA и TOMS за изследване на температурни аномалии на повърхността на морето, Научно-приложна конференция с международно участие "Информационни технологии.Наука, техника и технологии" Ямбол 2003, Сборник научни доклади , том. II стр.36-41
6. М а н е в, А., П а л а з о в К., Ж е к о в Ж.,Р а й к о в С., И в а н о в В. Аномалия в температурата на повърхността на Черно море и облачността. Научна конференция с международно участие "Стара Загора - 2003", 5-6 юни 2003, Стара Загора, Сборник, том IV, Природоматематически науки, стр.140-145.
7. М а н е в, А. П., П а л а з о в К. И., С т о я н о в С. Ж., Р а й к о в С. Й., Динамика на озоновия слой и синоптичните условия по време на температурна аномалия на повърхността на Черно море, Сборник доклади "Природни науки – 2004" на II Научна конференция с международно участие 21-22 май 2004 г.Шумен , Шуменски Университет "Епископ К.Преславски", Шумен, 2004, стр. 148- 152
8. Х р г и а н, А. Физика атмосферы,Гидрометеоиздат, Ленинград, 1969г., 648 стр.
9. Х р г и а н, А.Х., Физика атмосферного озона, Гидрометеоиздат, Ленинград, 1973. 292 стр.
10. М а н е в, А. П., П а л а з о в К. И., Ж е к о в Ж., С т о я н о в С. Ж., Р а й к о в С. Й. Принципът на Норманд-Добсон и динамиката на озоновия слой над Черно и Каспийско морета, Съюз на учените-Стара Загора, Научна конференция с международно участие "Стара Загора - 2004", 3-4 юни 2004, Стара Загора, том. V, стр. 286-290

TOTAL OZONE OVER STARA ZAGORA, BULGARIA (2005-2013)

Bogdana Mendeva

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

Keywords: *Total ozone content (TOC), annual TOC course, satellite measurements.*

Abstract: *An analysis of the total ozone content (TOC) over Stara Zagora, (42°25' N, 25° 37' E), Bulgaria in the period 2005-2013 is presented. For this purpose data from the Ozone Monitoring Instrument (OMI) on board the NASA EOS-Aura satellite are used.*

The annual TOC variations in this period are shown. These variations are expressed by an abrupt maximum in the spring and a gently sloping decrease in the autumn. The total ozone behaviour by its monthly mean values is presented. From 2005 to 2013 a slight decrease in total ozone over Stara Zagora is observed. The monthly TOC variations for this period are presented too. April is the month of highest ozone content : 362 DU (Dobson Unit). The lowest TOC value is in November : 286 DU. The investigation of the seasonal TOC variations show that the highest ozone content is in the spring (March-April-May) : 354 DU. The lowest ozone value is in the autumn (September-October-November) : 293 DU.

ОБЩО СЪДЪРЖАНИЕ НА ОЗОНА НАД СТАРА ЗАГОРА, БЪЛГАРИЯ (2005-2013)

Богдана Мендева

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

Ключови думи: *Общо съдържание на озона (ОСО), годишен ход на ОСО, спътникови измервания.*

Резюме: *Представен е анализ на общото съдържание на озона (ОСО) над Стара Загора, (42°25' N, 25° 37' E), България в периода 2005-2013 г. За тази цел са използвани данни от Ozone Monitoring Instrument (OMI) на борда на спътника NASA EOS-Aura.*

Показани са годишните вариации на ОСО в този период. Тези вариации се изразяват със стръмен максимум през пролетта и плавно намаление през есента. Представено е поведението на озона чрез неговите средномесечни стойности. От 2005 до 2013 г. се наблюдава леко намаление в общото съдържание на озона над Стара Загора. Представени са също месечните вариации в ОСО за този период. Април е месецът с най-високо съдържание на озона: 362 DU (Добсънова единица).Най-ниската стойност на ОСО е през ноември: 286 DU. Изследването на сезонните ОСО вариации показва, че най-високо озонно съдържание има през пролетта (март-април-май): 354 DU. Най-ниската стойност на озона е през есента (септември-октомври-ноември) : 293 DU.

Introduction

Ozone is an important atmospheric constituent, which is formed from the photodissociation of molecular oxygen mainly in the stratosphere. It absorbs the part of solar radiation that is deleterious to biological life on the Earth. The ozone in the stratosphere acts a protective layer to prevent UV radiation reaching the Earth's surface [1]. The role of the ozone for the thermal balance and the temperature structure of the atmosphere is important because it is a heater of the stratosphere, absorbing the UV radiation, a trace species and a major participant in the photochemical processes. Therefore, the monitoring of the ozone amount in global scale is considered nowadays a task of primary significance for the life of our planet.

For this purpose the Global Atmosphere Watch (GAW) network has been created to monitor the total ozone by a set of ground-based instruments. Simultaneously, several projects such as Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS), Global Ozone Monitoring Experiment (GOME), SCanning Imaging Absorption SpectroMeter for Atmospheric CHartographY (SCIAMACHY), Ozone Monitoring Instrument (OMI) etc. investigate the ozone from space.

Instruments and methods

This paper presents the total ozone column (TOC) behaviour over Stara Zagora, (42°25' N, 25° 37' E), Bulgaria in the period 2005-2013. The ozone dynamics is investigated by using data from the Ozone Monitoring Instrument (OMI) on board the NASA EOS Aura spacecraft.

Ozone Monitoring Instrument flies on the Aura satellite since July 2004. OMI is a nadir-viewing wide-field-imaging spectrometer, that measures the solar radiation backscattered by the Earth's atmosphere and surface . It employs hyperspectral imaging in a push-broom mode to observe solar backscatter radiation in the visible (350-500 nm) and ultraviolet (270-380 nm) with a spectral resolution of about 0.5 nm. The 114° viewing angle of the telescope corresponds to a 2600 km wide swath on the surface, which enables measurements with a daily global coverage.

Two algorithms, OMI-TOMS and OMI-DOAS (Differential Optical Absorbtion Spectroscopy), are used to produce OMI daily total ozone datasets. OMI is continuing the TOMS record for total ozone and other atmospheric parameters related to ozone chemistry and climate [2,3].

Data analysis and results

Fig.1 shows the annual TOC variations in the period 2005-2013 by data of OMI. These variations are expressed by an abrupt maximum in the spring and a gently sloping decrease in the autumn. This ozone seasonal course doesn't correspond to the solar radiation energy distribution throughout the year. It is also different from the course of other parameters, such as temperature, humidity, air pressure, which follow the course of the solar radiation with a certain delay at all latitudes.

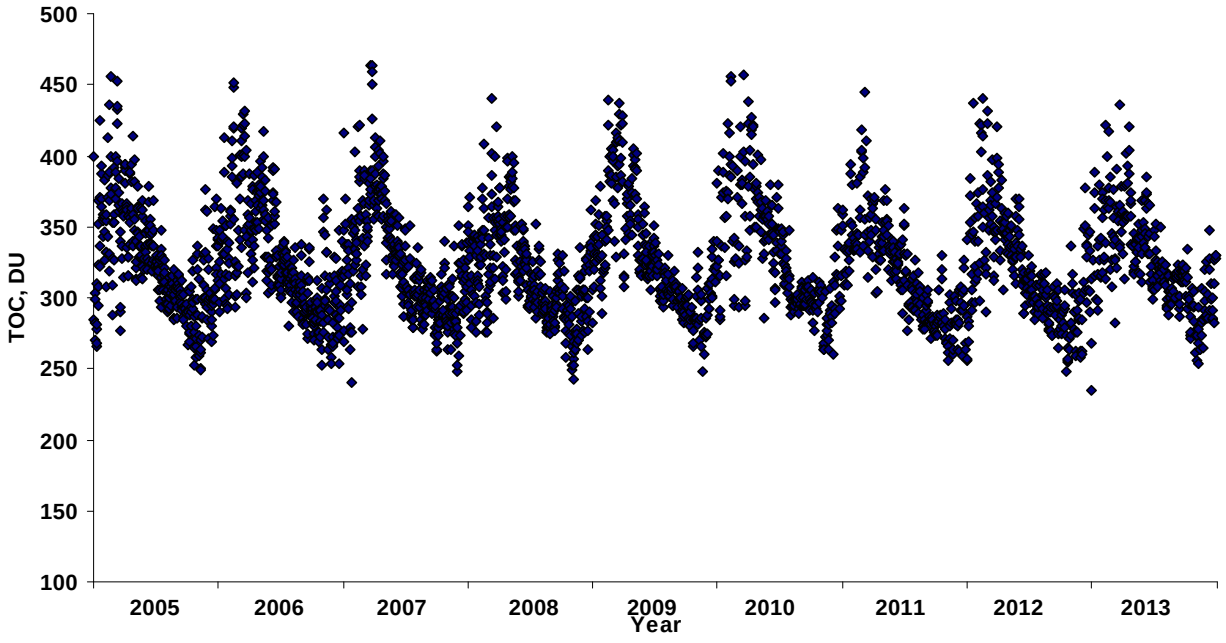


Fig. 1. Day to day variation in TOC, measured by OMI during 2005-2013 period over Stara Zagora

The total ozone behaviour by its monthly mean values is presented in Fig.2. The highest TOC maximum : 390 DU (Dobson Unit), is registered in March 2009, while the lowest one (350 DU) – in May 2008.

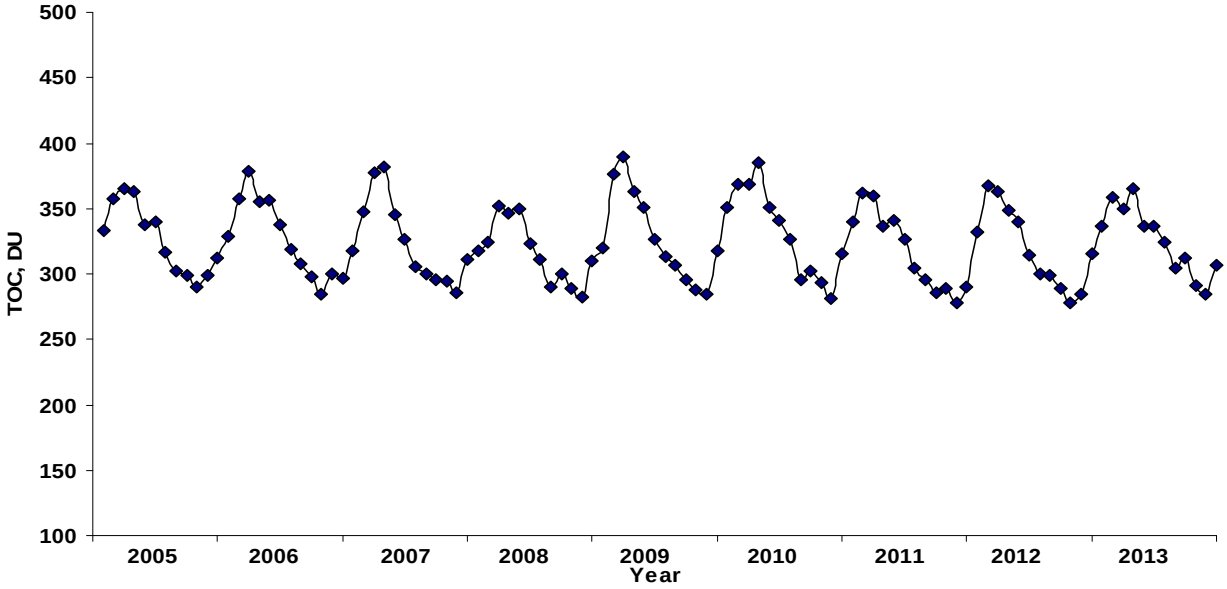


Fig. 2. Total ozone behaviour (monthly mean values) in the period 2005-2013 over Stara Zagora

Fig. 3 presents the monthly TOC variations over Stara Zagora for the considered period. From 2005 to 2013 a slight decrease in total ozone over Stara Zagora is observed. The linear trend is negative: (- 3.6%).

- April is the month of highest ozone concentration : 362 DU.
- The lowest TOC value is in November : 286 DU.

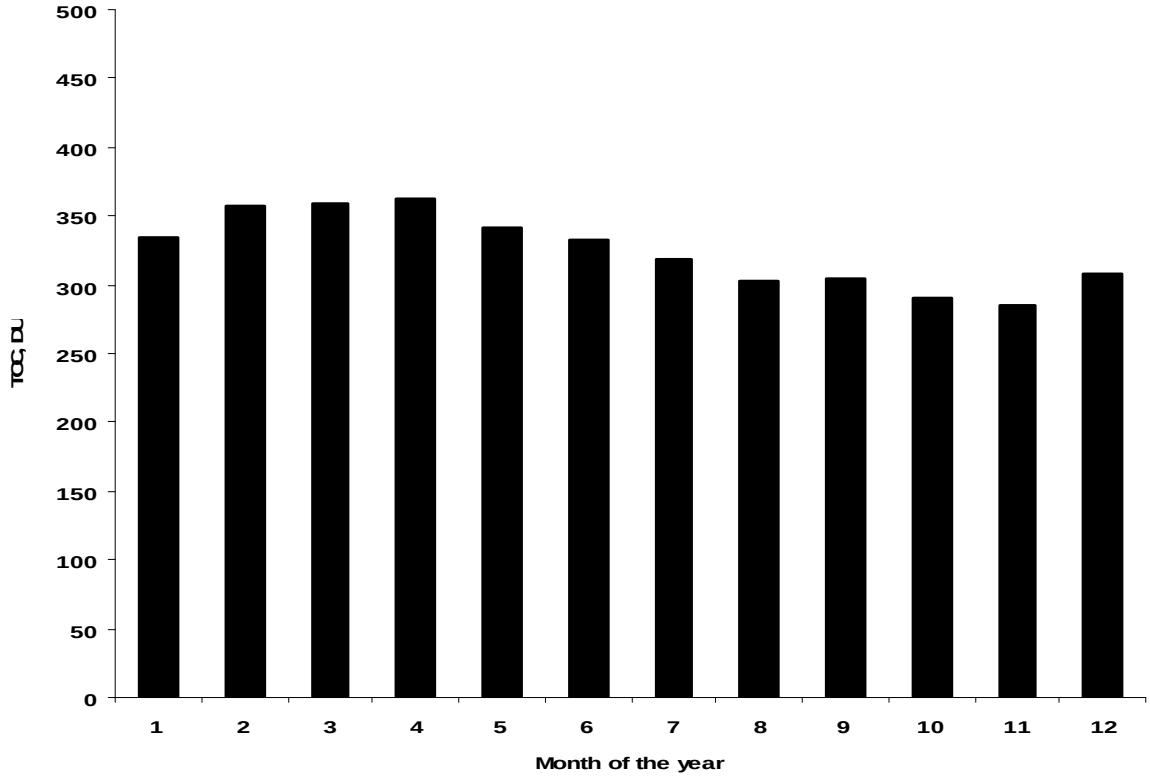


Fig. 3. Monthly mean ozone values for the period 2005-2013 over Stara Zagora

An attempt is made to find the seasonal variations of ozone concentration over Stara Zagora using the OMI data from 2005 to 2013. (Fig.4) .

- It is found that the highest ozone content is in the spring (March-April-May) : 354 DU.
- The lowest ozone value is in the autumn (September-October-November) : 293 DU.

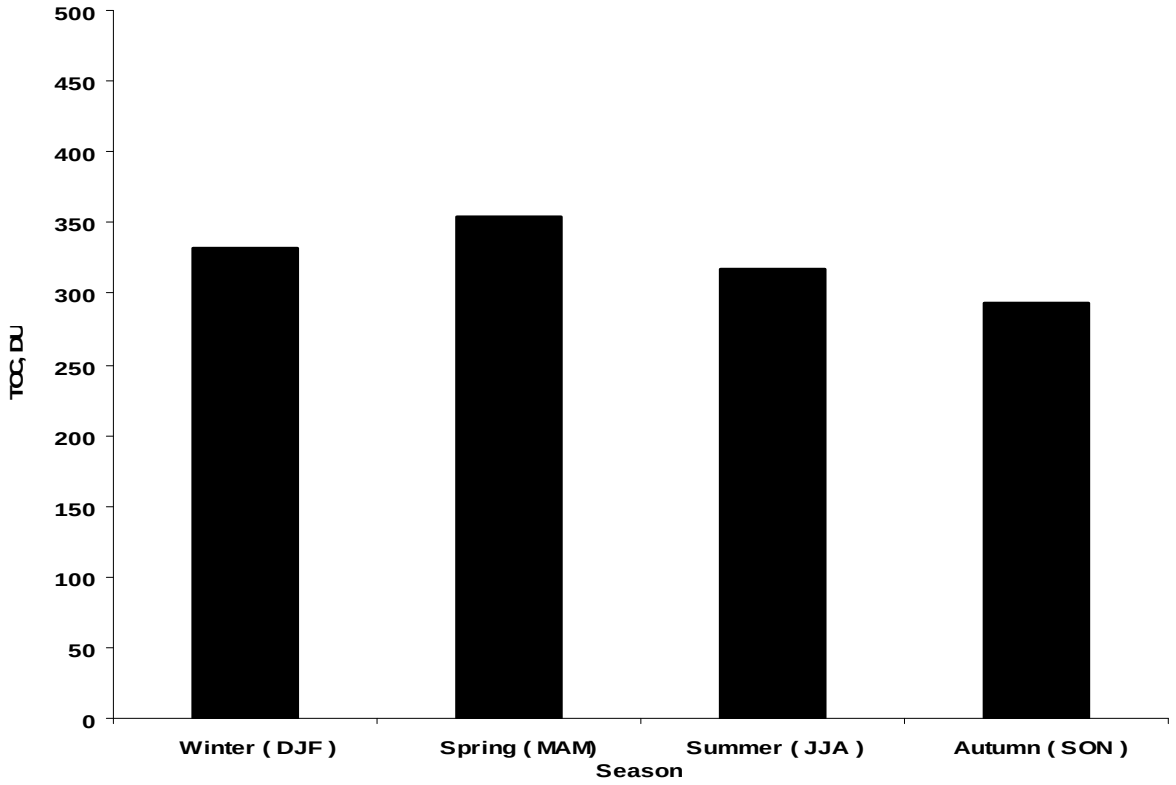


Fig. 4. Seasonal ozone variations for the period 2005-2013 over Stara Zagora

References:

1. N i s h a n t h, T. et al., Atmosph. and Climate Sci.,1, 55-60, 2011.
2. aura.gsfc.nasa.gov
3. www.knmi.nl

ESTIMATING LEAF BIOMASS POTENTIAL AS CARBON STOCK IN BROADLEAF FOREST, RHODOPE MOUNTAINS, USING MODIS LAI/ FPAR DATA PRODUCTS

George Letchov

Department of Mathematics Informatics and Physics, Agricultural University of Plovdiv, Bulgaria
e-mail: letchov@outlook.com

Key words: *foliage biomass, broadleaf deciduous forests, Rhodope Mountains, specific leaf area, leaf area index, MODIS, CORINE, ASTER GDEM2*

Abstract: *Despite the fact that the stored carbon in the leaves is only 4% of the total quantity stored in the whole tree (roots, trunk, branches, leaves), the quantities stored on an annual basis are impressive. Annually the stored carbon in deciduous forests in the Rhodopes amounted to 189.9(217.1) Gg, and the CO2 captured in leaves is 696.3(796.2) Gg. The annual production of foliage biomass in the mid-mountain zone of beech and coniferous forests (700-2000 asl.) is about 12% higher compared to that of forests between 0 and 700 m asl. The largest carbon quantities are stored in mixed broadleaf forests of fagus and oak, between 700 and 1200 m.asl. .Annually there are produced between 243.5(251.6) Gg dry foliage mass, 109.6(113.3) Gg stored carbon and 401.7(408.0)Gg CO2 sequestered in the leaves. The results obtained show the importance of accurate measurement of Specific Leaf Area for dominant species, as the error in the estimates can be up to 12%. The estimates are made over territory of 206600ha broad-leaved forests, Rhodope Mountains, using MODIS LAI/FPAR data sets (ESDT: MCD15A2).*

Introduction

Vegetation biomass is a crucial ecological variable for understanding the evolution and potential future changes of the climate system. Vegetation biomass is a larger global store of carbon than the atmosphere, and changes in the amount of vegetation biomass already affect the global atmosphere by being a net source of carbon, and having the potential either to sequester carbon in the future or to become an even larger source [1]. Therefore, assessment of biomass and its dynamics is essential for predicting climate change, mitigating its impact on the environment and developing strategies for adaptation to these changes. International regulations, action plans and standards related to climate changes on regional and global scale, have led to greater need for information on forest carbon stocks. Many tools are available on regional and national levels. The determination of foliage biomass production is very important, and because it allows the evaluation of the total production of biomass using allometric relationships established between the leaf biomass and woody biomass [2] development of carbon estimates from inventory data for multiple forest stands or entire forests is generally an unwieldy process [3]. There are four main ways to monitor biomass: (a) In situ destructive direct biomass measurement; (b) In situ non-destructive biomass estimations (using equations or conversion factors); (c) Inference from remote sensing (experimental stage); (d) Models. Conventional methods (In situ) for forest biomass estimation use existing relations between biomass and bole diameter at breast height. These relationships, however, depend on the type and the region, and so can hardly be applied to larger areas. Using estimates of biomass made by the National Forestry Agencies is not sufficient since they report only the commercially valuable wood rather than all forest biomass [4].

In recent years the vegetation biomass parameters have been directly associated with remotely sensed vegetation indices (VI), such as Landsat TM data and AVHRR Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), MODIS LAI/FPAR and from SPOT VEGETATION. Given the need to mitigate the uncertainty in estimates of forest biomass, new spaceborne sensors have been proposed: NASA DESDynI (Deformation, Ecosystem Structure and Dynamics of Ice) mission, ESA BIOMASS mission and JAXA ALOS satellites.

Bulgarian forests have multiple economic, environmental and social functions essential for sustainable development. They are key to the formation and maintenance of the environment and

occupy 4.1 million ha or 37.4% of the territory of Bulgaria. Forests provide and maintain the quantity and quality of 85% of the water flow in the country, or around 3.6 billion cubic meters of clear drinking water. Here are over 80% of the protected plant species in the country, over 60% of endangered animal species, eight of the twelve landscape complexes determined by the National Strategy for the Conservation of Biodiversity.

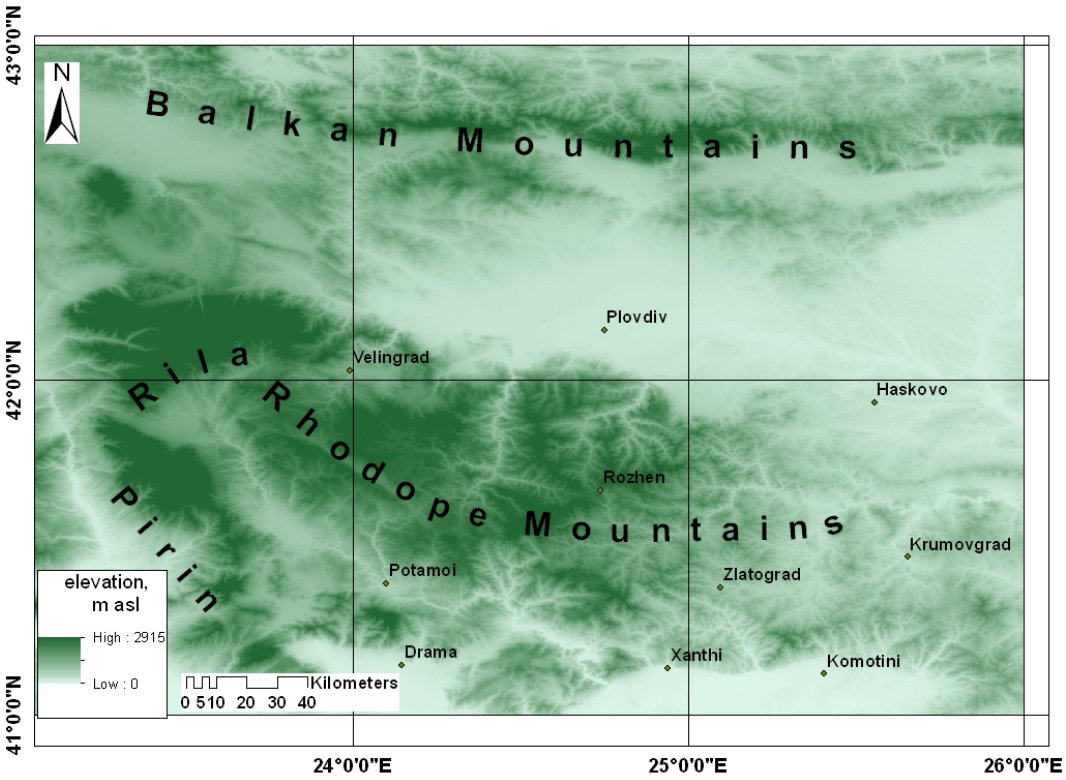


Fig. 1. Rhodope Mountains-Range (Aster GDEM 2)

Foliage biomass is about 3-4% of the above-ground biomass of trees. But annually, the accumulated biomass in the trunk of the tree is comparable to the leaf biomass output. Leaf biomass is a key component in the annual tree litterfall. Apart from being a carbon stock, leaf biomass is a major supplier of nutrients in the soil and increases its fertility and the primary productivity of forest ecosystems. Foliage of some forest tree species contains a large quantity of proteins, starches and fats, making it valuable forage for feeding wildlife.

The present study analyzes the foliage biomass production in deciduous forests of the Rhodope Mountains, based on measurements of leaf area index (LAI) with MODIS spectroradiometer (NASA) on board the Terra and Aqua satellites during 2010. The leaf biomass was calculated using ground measurements of specific leaf area (SLA) of the dominant deciduous species. Tree species were identified using CORINE land cover 2006 data (CLC) and nomenclature, MODIS LAI/FPAR data product and biomes nomenclature, Regional Executive Forest Agency- Plovdiv database, in situ observations and literature data (Greek Rhodpes). CLC data are available at 100 meters resolution and categorized using the 44 classes. Distribution of tree species by altitude is done, combining data from CLC map and higher quality Digital Elevation Model (GDEM2) from the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) instrument of the Terra satellite (ASTER GDEM2 is a product of METI and NASA), which represent altitude at 30 meter resolution.

Data and Method

Research area

The Rhodope Mountains are situated in Southeastern Europe, with over 83% of the area in Bulgaria and the remainder in Greece. In Bulgaria, the Rhodope Mountains include large parts of the Thracian Forest Area and South Borderside -Arda subarea (Figure 1). On the territory of Greece, The Rhodope Mountains Range is the second longest after Pindos and it extends from Mt. Falakron and River Nestos in the northeast to the Bulgarian border and the mountainous area of Xanthi. The

Rhodopes are spread over 14,735 square kilometers (5,689 sq mi), of which 12,233 square kilometers (4,723 sq mi) are on Bulgarian territory. The mountains are about 240 kilometers (149 mi) long and about 100 to 120 kilometers (62 to 75 mi) wide. The altitude of the region varies from 300 to 2191 m (Mt Goliam Perelik).

The Rodopi Mountain-Range is highly diverse, both in terms of plant species and vegetation typology. Low elevations (300 - 800 m) are dominated by mixed broadleaf deciduous forests: *Quercus dalechampii T. Ten., Quercus pubescens, Quercus Virgiliana, Carpinus betulus L., Ostrya carpinifolia, Carpinus orientalis Mill., Populus tremula L., Acer pseudoplatanus L., Fraxinus ornus L., Acer platanoides L., Corylus avellana L and evergreen Juniperus oxycedrus*, while at high altitudes (above 800 m asl) *Fagus sylvatica, Pinus sylvestris* and *Picea abies* are dominant.

Foliage mass

Foliage biomass of deciduous forests is found using the relationship between leaf area index-LAI, and specific leaf area SLA:

$$\frac{LAI}{SLA} = \frac{\frac{m^2(leaf\,area)}{m^2(graund\,farea)}}{\frac{m^2(leaf\,area)}{kg(leaf\,mass)}} = \frac{kg(leaf\,mass)}{m^2(graund\,area)} = LMD \quad (1)$$

Leaf Area Index (LAI) is a dimensionless variable defined as the total one-sided area of green leaves in a vegetation canopy relative to a unit ground area, [LAI] = [m^2m^{-2}]. LAI ignores canopy details such as leaf angle distribution, canopy height or shape. Specific Leaf Area is the one-sided area of a fresh leaf divided by its oven-dry mass, expressed in m^2kg^{-1}. Foliage mass or Phytomass is known also as Leaf Mass Density (LMD) and is measured in [$g.m^{-2}$]. Therefore, to determine the foliage mass, we need data on leaf area index (LAI) and specific leaf area (SLA) for each pixel in the study area.

Leaf area index (LAI) [$m^2.m^{-2}$]

Image data retrieval and processing

The study is based on an analysis of the Leaf Area Index (LAI) – Fraction of Photosynthetically Active Radiation (FPAR) data sets (ESDT: MCD15A2) [5]. The data are composited every 4 days at 1-kilometer resolution by the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) onboard of Tera (EOS AM) and Aqua (EOS PM) satellites, NASA. The MCD15A3 product includes the following Science Data Sets (SDS): LAI, FPAR, and a set of quality rating, and standard deviation layers for each variable.

Leaf area index retrievals algorithm

(1) Data mining from the Hierarchical Data Format [6] database for the studied area. As a result an annual database of 92 images (tiles) is formed containing the LAI data.

(2) Broadleaf forest pixels extract. Based on CORINE land cover 2006 raster data (resolution 100 x 100 m), we retrieved only the pixels classified as Forest and semi natural areas/Forests/Broad-leaved forest- 2066 pixels, each covering an area of 1km^2 (100ha). Deciduous forests are also present in other CLC classes, as Mixed forest, Heterogeneous agricultural areas, Scrub and/or Herbaceous vegetation associations, but they are not the subject of this study.

(2) Annual LAI time series filtering per pixel to remove data outliers.

(3) Calculation of: LAI_0 – leaf area index during dormancy period DJFM and Leaf Area Index maximum annual value LAI_{max} per pixel. LAI_0 acts as a background component and accounts for evergreen coniferous forest and shrubs.

(5) Then the value of the Leaf Area Index, which we will use to determine the productivity of deciduous broadleaf forest, is

$$LAI = LAI_{max} - LAI_0 \quad (2)$$

Specific leaf area (SLA) [m^2 kg^{-1}]

Specific leaf area, which varies greatly among species and is influenced by environmental conditions [7], is an important leaf characteristic because it is positively related to the net assimilation rate [8]. SLA was measured for the main types of deciduous broad-leaved forests in the region: hornbeam, oak, beech. Samples of 500-600 healthy, fresh leaves of dominant species - oak, hornbeam, beech were collected from 10 plots located at different altitudes from 400 to 1300 m in the period 10 May to 27 July 2011 (see Table 1). Groups of 10-15 leaves were scanned with a high resolution scanner. Software was developed to determine the leaf area of the scanned leaves. Then the leaves are dried for 24 hours at 65°C [9]. Dry leaf mass was measured with an accuracy of 0.01g.

Leaf mass density (LAD) of mixed forest

Much of the deciduous forests in the Rhodope Mountains are mixed: deciduous oak and xerothermic forests (up to 700 m asl), mixed deciduous forests of *Quercus petraea* and *Fagus sylvatica* (between 700 and 1200 m asl). Entirely beech forests occur only above 1200 (1200- 1700 m asl). In the Greek part of the Rhodope the zone of mixed deciduous forest is more blurred and mixed forests of *Quercus petraea*, *Carpinus orientalis*, *Fagus sylvatica* reach 1200- 1300 m asl. Here, *Fagus sylvatica* can be found in the highest parts of the mountains up to 1800 meters asl [10]. Therefore, within a pixel, we can find different plant species and in order to define leaf biomass it is necessary to define Composite SLA per pixel (CSLA). The same problem arises when we want to determine the CO2 sequestered in the leaves.

Let on the territory scanned within the i-th pixel, there be n-forest tree species, each with specific leaf area SLA_k (k=1,n). Then the composite SLA of i-th pixel is

(3) $$CSLA_i = \sum \omega_{ki} SLA_k$$

where ω_{ki} is the part of the area (100ha) occupied by the k-th species in percents. To determine the ω_{ki} we used the distribution of the dominant species in the EFA forest zones and subzones [11] and literature data. Due to the lack of research on the spatial distribution of forest tree species on the Greek territory of the Rhodopes we assume that the stratification of forest species in the Greek part of the Rhodope Mountains is similar to that in the South Borderside -Arda forest subarea.

Then leaf mass density in the i-th pixel- LMD_i, is calculated as

(4) $$LMD_i = \frac{LAI_i}{CSLA_i}$$

As there are no data in the available literature for measurements of the SLA for the less common species, we have worked with data for the three dominant deciduous species of hornbeam, oak and beech. As there are differences between the measured and the average values of the SLA in literature data, we examined three scenarios for calculation of the leaf biomass; Variant 1- measured by us SLA - SLA_1, SLA_2 - data from literature sources and the average of them - SLA_{avrg}

Carbon content

Carbon content in the leaves has been taken from literature [12], for the two main tree groups - the families *Fagaceae* (beech family) and *Betulaceae*(birch family), for a given pixel composite carbon contents has been used, accounting for percentage of species area on the territory covered by a pixel (100ha). The weight of CO_2 sequestrated in the tree was measured from the ratio CO_2 to C which is 3.6663.

Results and Discussion

Specific Leaf Area (SLA)

SLA varies greatly both between the different species and among a given species' representatives (Table 1). The average value of the SLA for beech is 22.07 $m^2.kg^{-1}$, for oak -13.02 $m^2.kg^{-1}$ and for hornbeam 14.82 $m^2.kg^{-1}$. This variability has been registered by other researchers too. Bartelink H. [13] determined that for *Fagus sylavatica the average* SLA value is 17.2 $m^2.kg^{-1}$ and SLA is increasing in the direction from the top of the tree to the base of the crown, at the summit SLA varies between 0.8 and 1.2$m^2.kg^{-1}$ while at the base of the crown it is ~ 30 to 34 $m^2.kg^{-1}$. Castro-Díez J. et al. [14], examined structural reasons for the variation in the leaf mass per unit area (LMA, $g.m^{-2}$) and the variations of the leaf structure on 52 European tree species grown in controlled conditions.

They established that for bushes SLA=20.16 $m^2.kg^{-1}$, (with a ratio of fresh to dry leaf mass FM/DM=*3.57*), for trees SLA = 24.0 $m^2.kg^{-1}$, FM/DM=3.57. For *Fagus sylvatica* SLA=26.8 $m^2.kg^{-1}$, (FM/DM = 2.18). For trees of the genus *Querqus – Q. cerris, Q. petraea, Q. robur* and *Q. suber* they found that SLA=19.2 $m^2.kg^{-1}$ (FM/DM = 2.51).

Meier & Leuschner [15] examined beech forests in southern Saxony, northern Thueringia and southwestern Saxony-anhalt (central Germany). They found that SLA = 21,4 $m^2.kg^{-1}$ (S. E. = 0.48) in 2003 and 19.9 $m^2.kg^{-1}$ (S. E. = 0.52) in 2004. The surveyed sites were located at 300-400m above sea level. The variations of SLA are due primarily to the morphological differences between the leaves situated in direct sunlight and those in shady areas. Davi H. *et al*. [16] established an essential difference between the values of SLA for leaves in the sun and leaves in the shade, SLA = 9.795 m2/kg for leaves in the sun, and for leaves in the shade SLA = 29.87 m2/kg. Bouriaud *at al*. [17] examined SLA on the basis of analysis of beech leaves collected during the autumn leaf-fall. They also established that SLA strongly varied from one location to another, changing from 15.0 to 32.0 $m^2.kg^{-1}$. There is a significant connection between SLA and soil properties. SLA and the leaf area have the lowest values in strongly hydromorphic soils with high nitrogen content. On the other hand, high values of the SLA and the leaf area are observed on soils with low nitrogen content.

Table 1. Specific leaf area (SLA) of the dominant species in the Central Rhodopes

Species	Date	Altitude, m asl	Number, of leaves	FM/DM	SLA, m2/kg dry leaves
Fagus sylavatica	10.5.2011	400-700	519	3.77	25.4194
Fagus sylavatica	15.5.2011	400м	523	2.52	17.0997
Fagus sylavatica	15.5.2011	1000	547	4.45	37.0469
Fagus sylavatica	26.6.2011*	600-1100	540	2.22	15.8634
Fagus sylavatica	27.7.2011*	1000-1300	525	2.32	14.9148
Quercus petraea	10.5.2011	300	534	2.66	8.8982
Quercus petraea	15.5.2011	400-500	630	3.28	16.8190
Quercus petraea	26.6.2011*	400-600	556	1.74	14.8541
Quercus petraea	27.7.2011*	400-500	591	2.11	11.5189
Carpinus betulus	10.5.2011	300-400	597	2.61	14.8196

Note: FM/DM = fresh (FM) /dry (DM) leaf mass.

* Very dry weather. The leaves were picked on south-western slopes and were almost dry

* July was very dry and hot

On the basis of the analysis of the collected literature data: 4 source for Carpinus betulus, 15 sources for *Fagus sylvatica* and 12 for *Querqus*, we can make the following assessments:

Carpinus betulus SLA = 21.925 $m^2.kg^{-1}$

Fagus sylvatica SLA = (21.85 ± 4.65) $m^2.kg^{-1}$ (Confidence Level(95.0%))

Querqus SLA = (13.73 ± 3.85) $m^2.kg^{-1}$ (Confidence Level(95.0%))

Table 2: SLA and Carbon in leaves of dominant species in the region

Family	Species	SLA, $m^2.kg^{-1}$			Carbon*) %
		1-st variant	2-nd variant	average	
Betulaceae	*Carpinus*	21.92	14.82	18.37	46.7
Fagaceae	*Querqus*	13.73	13.02	13.38	44.65
Fagaceae	*Fagus*	21.85	22.07	21.96	44.65

*) Carbon contents in percentage of dry leaf mass

As seen, the results obtained by us for *F. sylvatica* and *Querqus* are close to the average values obtained in the sources above. The SLA obtained by us for *Carpinus betulus* differs from measured by other autors. But it should be noted, that research on the SLA of *Carpinus betulus* are very rare. In order to obtain the quantity of leaf biomass and carbon content in it, we have considered the following three options: 1-st variant our measurements in 2011, 2-nd variant- literature sources [12], average of the two variants

Composite SLA and Carbon mass

To determine distribution of broad-leaved forests with the change of altitude, we have used data from CORINE LAND cover 2006 raster data for the Rhodopes. As seen in Figure 3a, the deciduous forests are concentrated in the 300- 1300m asl zone. Above 1300m they quickly decrease. In this zone are concentrated around 90% of the deciduous forests, the distribution of broad-leaved forest is approximately uniform (between 300m and 1300m). On the basis of these data and the data for identifying and mapping of forest habitat types and the composition of plant communities [11], we have obtained altitude profiles of composed SLA (CSLA) and composite carbon contents in percentage of dry leaf mass.

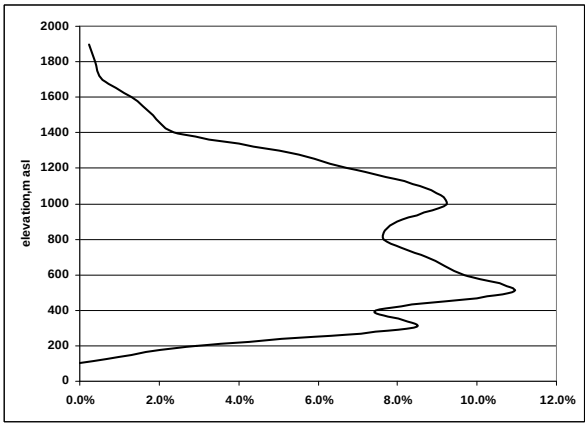


Fig. 3 (a)

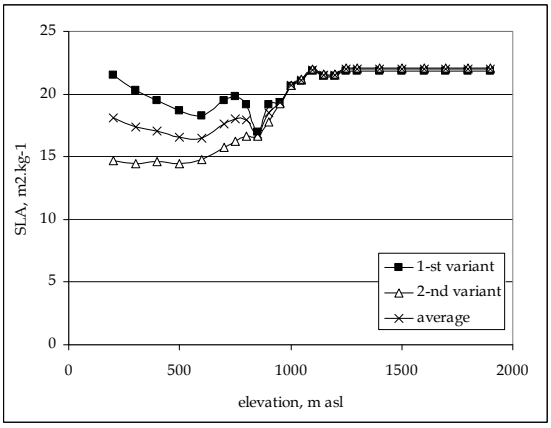


Fig. 3 (b)

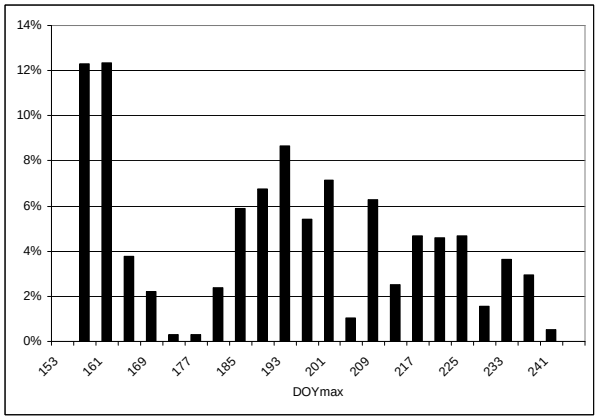


Fig. 4

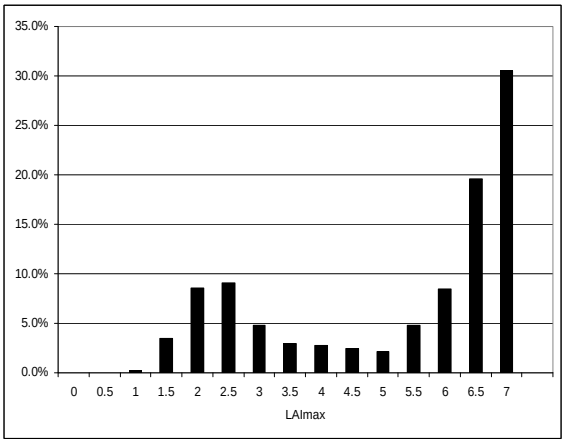


Fig. 5

Figure 3 (a) Broadleaf forest distribution as percentage of total broadleaf forest area; and (b) Composite SLA, (m^2kg^{-1}) with elevation (m, asl) in Rhodope mountains (CORINE land cover 2006).

Figure 4: Frequency distribution of DOY_{max} (2010)- the day of the year in which the deciduous broadleaf forest reaches maximum in the output of leaf biomass..

Figure 5: Frequency distribution of broadleaf LAI_{max}, Rhodopes mountain, 2010.

Here we can see the essential difference from the approach used by NASA MODIS MOD17 product [18] which provides continuous estimates of Gross/Net primary production (GPP/NPP) across entire Earth's vegetated land surface. The MOD17 logic is that biome specific, physiological parameters outlined in the Biome Properties Look-Up Table (BPLUT) within the MOD17 algorithm do

not vary with space or time. These biome-specific, properties are not differentiated for different expressions of a given biome, nor are they varied at, any time during the year. For example, if we assume that, SLA is equal to SLA for the dominant species - beech, this would greatly heighten evaluations at the lower forest zones, where *Carpinus* and *Querqus* forests dominate. As can be seen (Figure 3b), CSLA varies strongly in mixed forests, which will affect the estimates of the production of leaf biomass, and the accumulated carbon and CO_2 in forest trees.

Figures 4 and 5 show the frequency distributions of the maximum value of the leaf area index LAI_{max} and the day of the year DOY_{max} in which LAI reaches a maximum. Both distributions outlined the existence of two groups of trees, one is located in the lower parts of the mountain and reach maturity earlier - the middle of June, with maximum values of the leaf area index LAI_{max} from 1.5 to 3.5m^2 m^{-2}, while the other is located in the higher parts of the mountain and reach maturity in the interval July - mid August with LAI_{max} over 5.5 m^2 m^{-2}. These, in fact, are characteristics of the Lower planar-hilly-sub-mountain zone of the oak forests and of the middle mountain zone of beech and coniferous forests [11].

When determining the productivity of leafy biomass of broadleaved deciduous forests in the region are considered three variants in terms of SLA (see Table 2). In the first variant is taken the average SLA from literature assessments by other researchers, while in the second variant the average of the values of the SLA from the direct measurements is taken (see Table 1).

Annual foliage biomass productivity for 2010 in the different forest zones and sub-zones is presented in Table 3. The highest productivity is that in mixed forests, located between 700 and 1200 m.asl, where mixed deciduous forests of oak and beech produce on average 2.4 Mg/ha dry leaf mass. This exceeds by 24% to 59% the productivity in the sub-zone of deciduous oak and xerothermic forests (0-500m.). The average productivity of the broad-leaf deciduous forests on the territory of the Rhodopes is 2.14Mg/ha.

In order to assess the accuracy with which leaf mass is determined, we have investigated production of leaf biomass in species-homogeneous forest areas: beech forest (LAI= 5.8m^2.m^{-2}), oak forest (LAI= 2.5 m^2.m^{-2}) and hornbeam forest (LAI= 2.0 m^2.m^{-2}). The average productivity of leaf mass of the beech forest is 2.628 Mg.ha-^{1} (2.65 Mg.ha^{-1}), that of the oak forest - 1.92 Mg.ha^{-1} (1.82 Mg.ha^{-1}), and of the hornbeam forest - 1,34 Mg.ha^{-1} (0.91 Mg.ha^{-1}). In brackets are provided assessments for the 2nd variant.

Table 3. Foliage biomass productivity, 2010

Elevation, m asl	Foliage biomass, Mg/ha		
	1-st variant	2-nd variant	Averaged variant
0- 500	1.48	1.98	1.69
500- 700	2.16	2.68	2.39
700-1200	2.35	2.45	2.40
1200-1700	1.99	1.97	1.98
1700-2000	1.98	1.96	1.97
Average	2.01	2.30	2.14

Dimitrova *at al*. [19], studied beech tree communities in the Western Balkan range in three sites - Vitinya, Petrohan 1 and Petrohan 2. They found that the collected litterfall, separated into factions (foliage, branches, trunks), varies from 3.2 to 4.2 Mg.ha^{-1}. The leaf litterfall, is: Vitinya 2.80 t.ha-1, Petrohan1 2.51 t.ha-1, Petrohan2 2.70 t.ha-1. As seen the obtained values are close to the estimates obtained for the segment of entirely beech forest, where we have 2.63 Mg.ha^{-1}. Blaj & Chifu [20] determined the biomass of 4 forest sites in Romania, formed by *Carpinus betulus*, *Quercus robur* and *Tilia tomentosa*, analysing the results of Romanian and foreign researchers. The sites are located at 300m above sea level, with a northern exposure, 80% of them occupied by *Quercus robur*, *Carpinus betulus* and *Tilia tomentosa*, with average density 670 trees/ha, as the plots with dominant *Carpinus betulus* - 230 trees/ha, *Quercus robur* - 227 trees/ha and *Tilia tomentosa*- 92 trees/ha. Average trunk diameter 25.08cm. The average leaf mass value for *Carpinus betulus* is 1.480Mg.ha^{-1}, for *Quercus robur* - 2.017Mg.ha-1, which are close to our estimates.

The annual production of foliage biomass in the mid-mountain zone of beech and coniferous forests (700-2000 asl.) is about 12% (40%) higher compared to that of forests between 0 and 700 m

asl (Table 4). The largest leaf biomass quantities are accumulated in mixed forests of oak and hornbeam between 700 and 1200 m.asl. .Annually there are produced between 243.5(251.6) Gg dry foliage mass, 109.6(113.3) Gg stored carbon and 401.7(408.0)Gg CO_2 sequestered in the leaves. Despite the fact that the stored carbon in the leaves is only 4% of the total quantity stored in the whole tree (roots, trunk, branches, leaves), the quantities stored on an annual basis are impressive. Annually the stored carbon in deciduous forests in the Rhodopes amounted to 189.9(217.1) Gg, and the CO_2 captured in leaves is 696.3(796.2) Gg. The results obtained show the importance of accurate measurement of SLA for dominant species, as the error in the estimates can be up to 12%.

Table 4: Distribution of foliage mass production, carbon mass, CO_2 sequestered in leaves in Rhodope Mountains forest zones and sub-zones during 2010.

Elevation m, asl	1st variant*			2nd variant*			Average variant*		
	Foliage Mg	Carbon mass, Mg	CO2 Mg	Foliage Mg	Carbon mass, Mg	CO2 Mg	Foliage Mg	Carbon mass, Mg	CO2 Mg
0- 700	172918	80352	294595	223360	103841	380712	194805	90541	331950
0-500	90303	42229	154826	121166	56683	207818	103438	48380	177375
500-700	82615	38123	139769	102194	47158	172894	91367	42161	154576
700-2000	243491	109575	401734	251645	113313	415440	247231	111290	408021
700-1200	194789	87829	322009	203401	91772	336465	198761	89648	328675
1200-1700	46123	20594	75504	45691	20401	74796	45905	20496	75146
1700-2000	2579	1151	4221	2553	1140	4179	2565	1145	4199
Totals	416409	189927	696329	475004	217154	796152	442036	201830	739971

**) see Table 2 for definitions of variants*

Conclusions

The present study is the first attempt to use the remote sensing observations of vegetation cover for establishing the ability of the leaves to store atmospheric carbon and thus to reduce atmospheric emissions of CO_2. This will reduce uncertainties in carbon inventory. The results presented here show that MOIDIS LAI / FPAR data products can be successfully used to determine the leaf biomass over large territories, which is very difficult to achieve with ground based measurements. The combination of detailed information on the spatial distribution of forest tree species (CLC) with observations on their development in terms of leaf area index increases the accuracy of estimates of leaf production and storage of atmospheric carbon.

The determination of foliage biomass production is very important, because it allows the evaluation of the total production of biomass using allometric relationships between leaf biomass and woody biomass [2], [21].

Acknowledgements

We would like to thank the various MODIS software development and support teams for the production and distribution of the MODIS data, and making available them to the scientific community.

References:

1. Bombelli, A., V. Avitabile, H. Balzter, L. B. Marchesini, M. Bernoux, M. Brady, R. Hall, M. Hansen, M.Henry, M.Herold, A. Janetos, B. E. Law, R. Manlay, L. G. Marklund, H. Olsson, D. Pandey, M. Saket, C. Schmullius, R. Sessa, Y. E. Shimabukuro, R. Valentini, M. Wulder, (2009). Assessment of the status of the development of the standards for the Terrestrial Essential Climate Variables. Biomass, Global Terrestrial Observing System, version 10, 25 May 2009, Rome
2. Zhang, X. and S. Kondragunta (2006). Estimating forest biomass in the USA using generalized allometric models and MODIS land products. *Geophysical Research Letters*, 33:, L09402, DOI: 10.1029/2006GL025879

3. National inventory report 2011 for Greenhouse Gas Emissions Submission under the UNFCCC and the Kyoto Protocol, Ministry of environment and water, Executive Environment Agency, Republic of Bulgaria (In Bulgarian).
4. Brown, S. L., P. Schroeder, J. Kern. 1999. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. *Forest Ecology and Management,* 123: 81-90.
5. Myneni, R,.Y. Knyazikhin, J. Glassy, P. Votava, N. Shabanov (2003). FPAR, LAI (ESDT: MOD15A2) 8-day Composite NASA MODIS Land Algorithm, *User's Guide*
6. The HDF Group (2011). HDF5 User's Guide, *HDF5 Release 1.8.7*.
7. Korner, C.H. (1991). Some often overlooked plant characteristics as determinants of plant growth: a reconsideration. *Functional Ecology*, 5: 162-173.
8. Poorter, H. (1989). Interspecific variation in relation to growth rate: on ecological causes and physiological consequences. In Causes and Consequences of Variation in Growth Rate and Productivity of Higher Plants. Eds. H. Lambers, M.L. Cambridge, H. Konings and T.L. Pons. SPB Academic Publishing, The Hague, pp 45-68.
9. Karlik, J.and A. McKay (2002). Leaf Area Index, Leaf Mass Density, and Allometric Relationships Derived From Harvest of Blue Oaks in a California Oak Savanna, *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-184*.
10. Tsiripidis I.and N. Athanasiadis (2003). Contribution to the knowledge of the vascular flora of NE Greece: Floristic composition of the beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in the Greek Rodopi, *Willdenowia* 33: 273-297.
11. Executive Forest Agency, (2011). Instructions for identifying and mapping of the location types and the composition of tree associations. Second Edition Publisher: Bulprofor, Sofia 2011, ISBN: 978-954-9311-09-9 (in Bulgarian)
12. Vergutz, L., S. Manzoni, A. Porporato, R.F. Novais, and R.B. Jackson (2012). A Global Database of Carbon and Nutrient Concentrations of Green and Senesced Leaves. Data set. Available on-line [http://daac.ornl.gov] from Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, Tennessee, U.S.A.
13. Bartelink, H.,(1997). Allometric relationships for biomass and leaf area of beech (*Fagus sylvatica* L), *Annals of Forest Science*, 54: 39-50.
14. Castro-Díez P., J. Puyravaud J. Cornelissen (2000). Leaf structure and anatomy as related to leaf mass per area variation in seedlings of a wide range of woody plant species and types, *Oecologia,* 124: 476–486.
15. Meier, I. C. and C. Leuschner(2008). Leaf Size and Leaf Area Index in Fagus sylvatica Forests: Competing Effects of Precipitation, Temperature, and Nitrogen Availability, Ecosystems (2008) 11: 655–669
16. Davi, H., C. Barbaroux, E. Dufrêne, C. François, P. Montpied, N. Bréda, F. Badeck (2008). Modelling leaf mass per area in forest canopy as affected by prevailing radiation conditions, *Ecological Modelling,* 211: 339–349.
17. Bouriaud, O., K. Soudani, N. Bréda (2003). Leaf area index from litter collection impact of specific leaf area variability within a beech stand, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 29 (3): 371–380.
18. MODIS Land Team (2003). GPP and NPP (MOD17A2/A3) Products. NASA MODIS Land Algorithm. *User's Guide*.
19. Dimitrova, V., M. Lyubenova, K. Slavova (2009). Investigation of some functional parameters of the beech (Fagus Sylvatica L.) communities. *Journal of Biotechnology & Biotechnological Equipment,* SE, 23, 426-429
20. Blaj, I. And T. Chifu (2004). Biomass and the aerial productivity of the arborescent layer of the Aro Orientalis-Carpinetum (Dobrescu Et Kovacs 1973) Täuber 1991-1992 association from the Vaslui river basin. *Buletinul Grădinii Botanice Iaşi*, 12 (45-51),
21. Widlowski, J., M. Verstraete, B. Pinty, N. Gobron (2003). Allometric Relationships of Selected European Tree Species. Parametrizations of tree architecture for the purpose of 3-D canopy reflectance models used in the interpretation of remote sensing data. EUR 20855 EN, Science & Technology, EC Joint Research Centre, Ispra (VA), Italy

USING MULTISPECTRAL DATA TO ASSESS PLANT CONDITION UNDER CADMIUM-INDUCED STRESS

Rumiana Kancheva, Georgi Georgiev

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: rumik@abv.bg, ggeorgie@stil.bas.bg

ИЗПОЛЗВАНЕ НА МНОГОСПЕКТРАЛНИ ДАННИ ЗА ОЦЕНКА НА СТРЕСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА РАСТЕНИЯ ПРИ КАДМИЕВО ЗАМЪРСЯВАНЕ

Румяна Кънчева, Георги Георгиев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
*e-mail: rumik@abv.bg, ggeorgiev@*stil.bas.bg

Ключови думи: *кадмий, почвено замърсяване, люцерна, грах, метал-индуциран стрес, спектрални характеристики, вегетационни индекси*

Резюме: *С нарастващата световна загриженост относно опазването на околната среда дистанционните методи придобиват все по-голямо значение за диагностика и оценка на състоянието на растителната покривка. Растителността е особено чувствителен биомаркер за повсеместното замърсяване на почвите и водите в природата. Особено актуален и труден е проблемът* на *замърсяването с тежки метали поради факта, че те не са биоразградими, остават в почвата за продължителен период от време, не се изнасят от коренообитаемия почвен слой и се съхраняват в него дълго след отстраняване на източника. Кадмият е един от най-токсичните метали в тази група. В настоящата работа представяме резултати от експеримент с люцерна и грах, отглеждани в условията на кадмиево замърсяване. Целта е да се установи влиянието на тежкия метал върху биологичния отговор на растенията, както и да се изследва връзката между стресовия фактор и измененията на спектрпалните характеристики на растенията. Анализът на тези стрес-индуцирани изменения цели приложението на спектрални признаци като стрес-индикатори за състоянието на растенията.*

Introduction

Soil contamination is a common thing these days. The issue has received special attention because of the degradation effect of various abiotic pollutants on land resources. The high toxicity, persistent nature, easy take-up by plants, mutagenic effects even at low concentration, and long biological half-life put heavy metals among the most dangerous contaminants [1, 2]. Therefore, particularly great interest has been focused on plant heavy metal-induced stress, its detection. mechanisms of action, consequences, and prevention. Soil is the primary recipient of heavy metals. Contamination is a reason for temporary or permanent decrease of the productive capacity of land. Besides the strong negative impact on natural vegetation and agricultural species which exhibits itself in lowering soil fertility, plant growth depression and yield reduction, heavy metals constitute short-term and long-term healthrisks. The hyper-accumulation and toxicity of heavy metals is now a worldwide problem leading to agriculture losses and hazardous health effects.

Among heavy metals, cadmium (Cd) is a toxic pollutant whose presence in the environment is mainly due to industrial processes and phosphate fertilizers. Cadmium is a non-essential for plant metabolism but when it is present in excessive amount it enters the roots and further translocates to the aerial tissues and exhibits varied degrees of phytotoxicity. Cadmium toxicity has been widely studied in different plant species [3-7]. The studies have demonstrated that Cd is rapidly taken up by plant roots. The high solubility of Cd makes this element an environmental concern especially because

it is easily assimilated by plants and disturbs their metabolism. Most plants are sensitive to low Cd concentrations, which inhibit plant growth as a consequence of alterations in the photosynthesis rate and the uptake and distribution of macronutrients and micronutrients. Cadmium causes growth inhibition, metabolic and physiological disorders. Similarly, photosynthesis is sensitive to cadmium. Cadmium tolerance varies with different stages of development in plants.

Modern remote sensing technologies are greatly involved in various ecology-related investigations. Studies are carried out for assessing vegetation condition and response to the impact of different environmental and man-made factors. In agriculture, remotely sensed data are widely employed for crop growth monitoring and health assessment. Numerous papers have the objective of analyzing species reflective and emissive spectra in order to estimate growth variables in relation to stress detection [8-11]. The best results are often obtained where both ground and remote sensing surveys are integrated. Ground-level spectrometric studies are a precondition for the correct interpretation of remotely sensed data and a basis for verification of the information products.

Materials and Methods

This paper takes as its focus the study of species spectral response to Cd pollution. The goal is to use remote sensing techniques as a tool to detect plant stress and quantify the stress impact from spectral indicators. Ground-based experiments were performed, using alfalfa (Medicago sativa) and pea (Pisum sativum) grown under Cd contamination. Alfalfa plants were grown in green-house in soil-pots contaminated with Cd in concentrations 5, 10, 20, 30, and 40 mg per kg soil. Two soils were used with pHs of 5.5 and 7.5. Each trial was replicated 5 times. The pea treatments were grown in 4 replications over alluvial-meadow soil under Cd contamination of 0, 10, 15, 20, and 30 mg/kg. The heavy metal was introduces through $CdCl_2.2.5H_2O$. The reflectance signatures of the treatments were measured in multiple bands within the visible and near infrared wavelength range from 400 to 820 nm with a 10 nm step. The spectral measurements were carried out at canopy level and weekly intervals during plant development. Plant performance was characterized by a set of growth variables: canopy fraction cover, stem length, above-ground biomass and pigment content.

The datasets were statistically analyzed to describe the variations in plant performance as a function of the stress-impact The multispectral data acquired at different phenological stages were linked to plant parameters and Cd concentration. The differences of the spectral reflectance characterstics between the treatments were assessed through various vegetation indices. The sensitivity of the spectral response to the contamination level and plant variables was evaluated using statistical analysis tools. Spectral features were examined for the ability to detect and quantify stress-induced changes in plants. Plant phenology was taken into consideration. Along with the influence of the soil type and the hydroponic medium, the phenological stage was studied as a factor of plant spectral variability. Analysis of variance was conducted to determine the statistical significance of the differences within replications and between treatments. The analysis of variance allowed also to reveal the individual and interactive effects of the applied factors using F-tests. Correlation analysis was performed in order to determine the presence and strength of the correlation between plant parameters and spectral response as well as to reveal the the significance of their stress-induced variations depending on the level of Cd conramination. Through regression analysis, empirical relationships were derived describing plant spectral and physiological response to the stress factor and quantifying cadmium stress impact.

Results and Discussion

We report some results from a study designed to make use of plant spectral response in assessing the performance of species grown under different conditions and subjected to different levels of Cd contamination. Multispectral data obtained from ground-based spectroradiometric measurements are analyzed in terms of the ability to serve as plant stress estimators.Cd toxicity manifested itself by inhibition of plant growth and synthesis of photosynthetic pigments. Multispectral reflectance was measured and examined for the suitability to detect differences in plant condition. Statistical analysis was performed and empirical relationships were established between Cd concentration, plant growth variables and spectral response Various spectral properties proved to be indicative of plant performance and predictive estimators of the degree of the Cd-induced stress.

Various vegetation indices have been developed from the performed narrowband multispectral measurements. Combinations of spectral bands are a common tool for analyzing vegetation reflectance data and characterization of plant performance. In Table 1 some of the examined in this study vegetation indices (VIs) are presented. Many of them exploit vegetation reflectance and absorption features in the green (G), red (R) and near infrared (NIR) bands as well as in the red edge region.

Cd causes disturbances in plant vital processes with symptoms of depressed growth, root system damages, chlorosis, etc. As a consequence, there was a pronounced plant spectral response to the varying Cd concentration (Fugure 1).

Table 1. Vegetation indices

1	$(R_{800}-R_{670})/(R_{800}+R_{670})$	12	$[(R_{800}-R_{670})/(R_{800}+R_{670})+0.5]^{0.5}$
2	$(R_{550}-R_{670})/(R_{550}+R_{670})$	13	R_{800}/R_{670}
3	R_{710}/R_{670}	14	$(R_{800}-R_{550})/(R_{800}+R_{550})$
4	$(R_{800}-R_{670})/R_{800}$	15	R_{800}/R_{550}
5	$(R_{550}-R_{670})/R_{550}$	16	$(R_{550}-R_{670})/(R_{550}+R_{670})$
6	$(R_{720}-R_{700})/R_{720}$	17	R_{550}/R_{670}
7	$(R_{720}-R_{670})/R_{720}$	18	$R_{800}(R_{550}-R_{670})/(R_{550}+R_{670})$
8	$R_{670}/(R_{550}+R_{800})$	19	$R_{670}//(R_{550}-R_{670})$
9	$R_{550}/(R_{650}+R_{670})$	20	$R_{550}/(R_{670}+R_{800})$
10	$R_{670}/(R_{800}+R_{670}+R_{550})$	21	$R^2_{670}/R_{620}R_{720}$
11	$R_{800}/(R_{670}+R_{680}+R_{690}+R_{700}+R_{710}+R_{720})$	22	$(R^2_{550}+R^2_{800})^{0.5}$

As measures of spread of VIs values of a treatment (species, growing medium, Cd concentration and growth stage) the mean, average deviation, variance, standard deviation and coefficient of variation were estimated. Then the statistical significance of the differences of VIs values between treatments with different Cd level was evaluatef using t-test statistics. In Table 2 the derived t-test values for VI_5 of the alfalfa grey soil trials at button stage are presented. Dashes point out that the t-value is not statistically meaningful (at 0.05 probability). In other words, VI_5 cannot distinguish between the respective two Cd concentrations, as it is the case of the adjacent concentrations 0 and 5 mg/kg, 5 and 10 mg/kg, and 10 and 20 mg/kg. Spectrally distinguishable, however, are all the rest possible pairs. This means that VI_5 possesses class separability for these pairs and quantitative assessment of the stress factor is possible using (G-R)/G vegetation index.

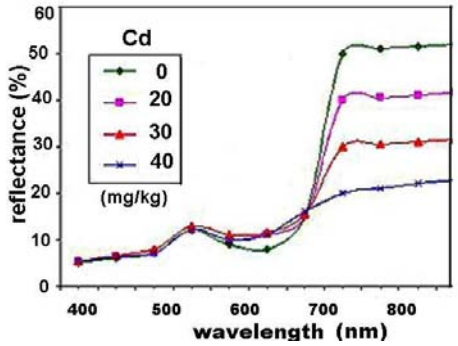
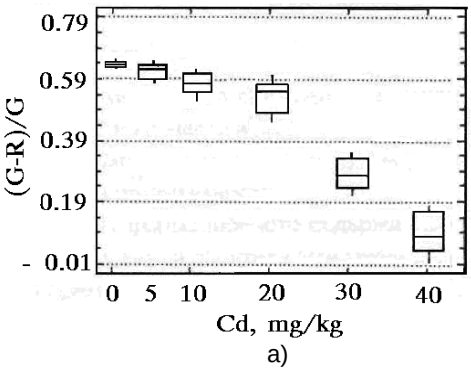


Fig. 1. Spectral reflectance signatures of alfalfa treatments on grey forest soil

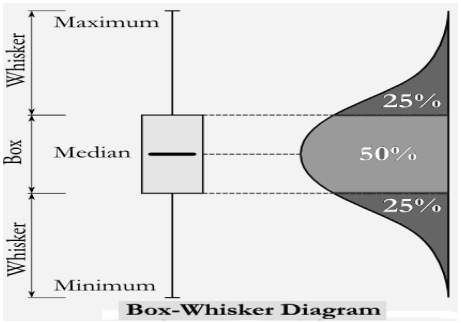
Table 2. Student's t-test values for (G-R)/G vegetation index (VI_5) of alfalfa treatments on Cd contaminated (mg/kg) grey forest soil

Cd	5	10	20	30	40
0	--	2.8	7.0	8.4	10.8
5		---	3.8	5.7	8.6
10			---	2.6	5.6
20				3.0	6.7
30					3.9

This result is graphically depicted in Figure 2 by the box and whiskers diagram of VI_5 values.



a)



b)

Fig. 2. Box and whiskers diagram of (G-R)/G index (VI_5) of alfalfa treatments on grey soil with Cd contamination (a); illustrative explanation of the concept of box and whiskers diagram (b)

While the t-test compares the actual difference between the means of two groups, the box and whiskers diagram displays the spread of each group and provides a visual representation of the values range (whiskers), median (indicated with a line in the group box), the highest 25 percent (quartile) and lowest 25 percent of each sample. A "box" of the plot shows the middle or "most typical" 50% of the values. Two groups on the diagram in Figure 2a appear most different in the cases where there is no or relatively little overlap between the boxes. Then it means that the impact of the respective Cd concentrations is non-chance, but systematic. The growth of the control plants was the same at the two pHs studied but plants grown in the presence of the heavy metal showed different behavior at each pHs being most depressed in the case of the acid grey forest soil.

For the most sensitive VIs, regression analysis was carried out to model the statistical relationships between Cd contamination level and plant spectral response. Many of the examined VIs of alfalfa plots revealed high correlation with the degree of Cd contamination. This correlation became stronger from the initial (real leaf) towards the later (button and flowering) phenological stages.The derived empirical relationships for two of the VIs are shown in Figure 3. It should be noted that vegetation indices (VI_6, VI_7, VI_9, VI_{11}) located in the spectral region of the red shift (670-720 nm) were as a rule most highly correlated with the Cd level.

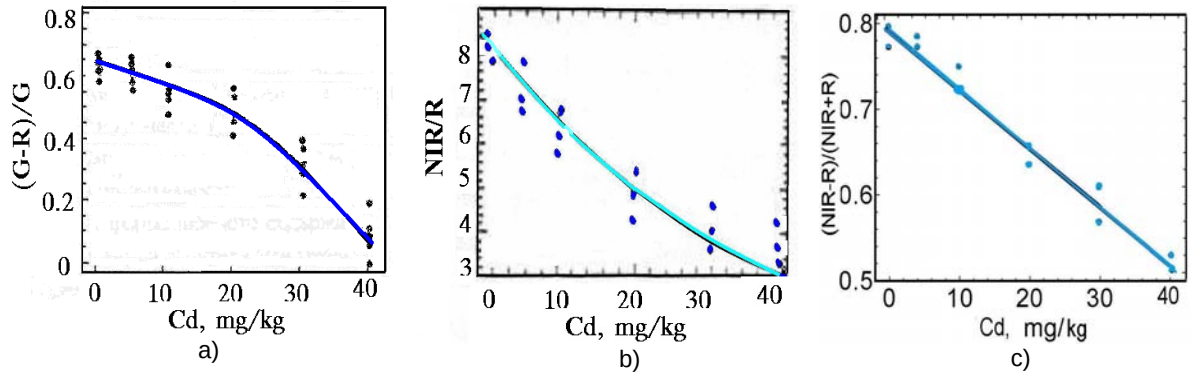


Fig. 3. Empirical relationships between Cd concentration in the grey forest soil and alfalfa vegetation indices VI_5 (a), VI_{13} (b) and VI_1 (c) at button stage

Cd contamination caused worsening of the performance of pea trials as well. The heavy metal-induced stress manifested itself in plant growth depression and resulted in reduced biophysical parameters. Cadmium inhibited chlorophyll synthesis and accelerated carotenoid cumulation. Stress-induced changes of growth variables effected in turn plant reflectance. The correlation coefficients of VIs of the pea treatments with growth variables and Cd concentration are given in Table 3.

Table 3. Correlation between vegetation indices of pea treatments, Cd concentration in the soil and plant bioparameters

VI	Height	Biomass	Cover	Caroten.	$Chl_{(a+b)}$/Carot	Cd
1	0.88	0.86	0.97	-0.91	0.78	-0.97
8	-0.86	-0.86	-0.97	0.9	-0.79	0.97
13	0.93	0.92	0.99	-0.92	0.81	-0.97
14	0.75	0.75	0.03	-0.87	0.7	-0.96
15	0.77	0.76	0.94	-0.89	0.73	-0.97
16	0.96	0.96	0.07	-0.89	0.84	-0.93
17	0.97	0.98	0.96	-0.88	0.84	-0.91
18	0.89	0.9	0.98	-0.89	0.81	-0.95
19	-0.9	-0.9	-0.96	0.89	-9.84	0.94
20	-0.71	-0.71	-0.91	0.85	-0.67	0.95
21	-0.9	-0.89	-0.98	0.92	-0.82	0.97
22	0.5	0.5	0.75	-0.64	0.52	-0.77

A consequence of the varying degree of plant depression were significant variations of canopy spectral response. Vegetation indices with reliable variations between the treatments were subjected to correlation and regression analysis in order to establish their relationship with the Cd contamination level. Fugure 4 and Figure 5 illustrate the statistically meaningful changes of plant spectral behaviour due to Cd-induced stress in pea plants. Cd effect on plant spectral behaviour became more pronounced with time as the same was observed for alfalfa plots. The strong correlation between plant

biophysical and spectral response to the stress factor makes the use of spectral models a reliable approach for the assessment of plant performance.

Chlorophyll as a marker indicating plant growth status. Chlorosis is one of the primary symptoms of heavy metal toxicity.

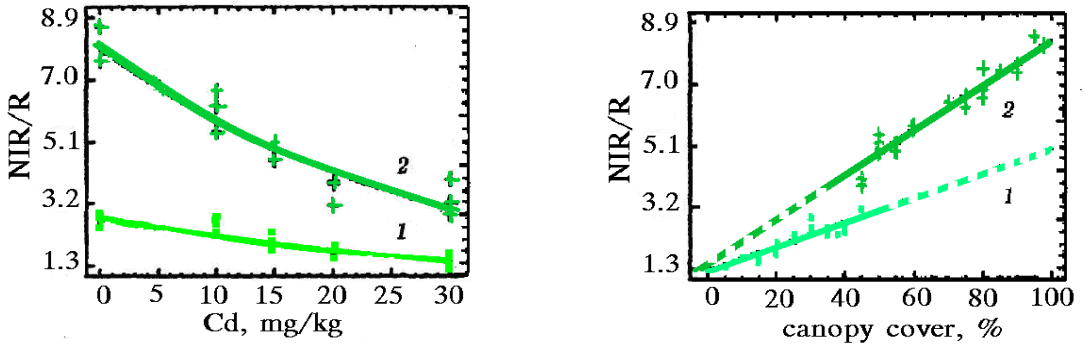


Fig. 4. Dependence of pea spectral index NIR/R (VI_{13}) on Cd concentration in the soil (a) and on the fractional canopy cover (b) at an initial (1) and later (2) growth stages

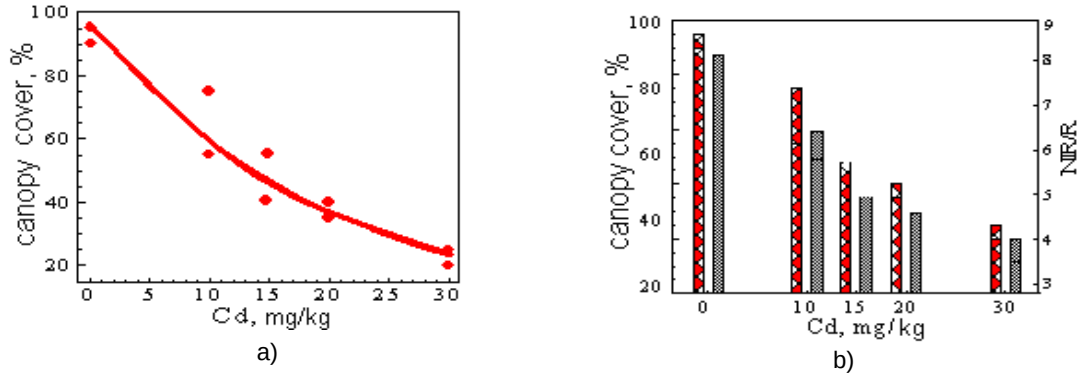


Fig. 5. Dependence of pea fractional cover on Cd concentration in the soil (a); simultanious effect of Cd contamination on NIR/R index (VI_{13}) and canopy fraction (b)

Plant chlorophyll depression when occurring at the active growth stages is a serious bioindicator of stress. Stresses inhibite chlorophyll and increase the concentrations of carotenoid pigments. We found variation in pigment content to be pollution load dependent. On the other hand, these variations led to pronounced changes of plant reflectance features. One of the most consistent spectral indicators for chlorophyll evaluation proved to be the red edge wavelength estimated through derivative analysis. The highest peak of the first derivative of reflectance shows the position of the inflection point and determines the red edge wavelength. The red edge position is the point of maximum slope in vegetation reflectance spectra that occurs in the 680-750 nm region. For all Cd-treatments the red edge wavelength was found to be very closely correlated (r >0.92) with plant chlorophylls. Red-edge spectral shifls effectively detected plant stress in terms of chlorophyll depression as it can be seen in Figure 6a. Figure 6b presents the obtained empirical dependence of the red edge wavelength of alfalfa on Cd concentration in the soil.

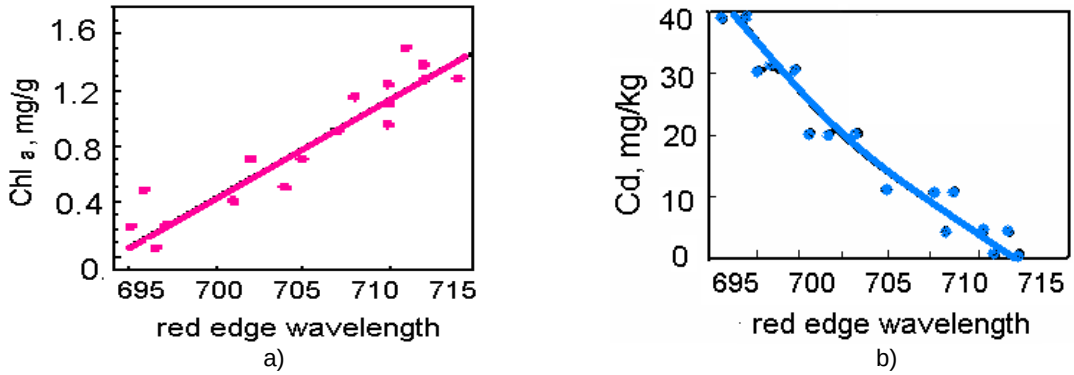


Fig. 6. Empirical relationships of the red edge position on alfalfa chlorophyll-a at button growth stage (a) and on Cd concentration in the grey forest soil (b)

Conclusions

The obtained experimental findings clearly suggeste that growing conditions cause significant variations of plant spectral response. Damage to plants caused by Cd contamination can be assessed from variations of plant reflectance properties. Various spectral indices appear to be highly correlated with Cd contamination and allow to distinguish between healthy and depressed vegetation as well as to discriminate between the stress levels. Therefore we conclude that spectral indices can be successfully used as sustainable vegetation stress indicators. Multispectral data proves applicable for detection of stress symptoms and reliable diagnosis of species.One more general conclusion that can be drawn from this study is the importance of performing multitemporal remote sensing measurements during plant growing season. Vegetation assessment and stress detection should be performed at different stages of plant development since phenology is a significant factor of plant spectral response and because of the time-dependent stress impact. Soil type also should be considered as an environmental factor of plant performance.

References:

1. L a r s J ä r u p., “Hazards of heavy metal contamination”, British Medical Bulletin 68 (1), 167-182. 2003.
2. M o r t v e d t, J. J., “Heavy metal contaminants in inorganic and organic fertilizers”, Fertilizer Research 43, 55–61, 1996.
3. B a v i, K., K h o l d e b a r I n, B., M o r a d, A., “Effect of cadmium on growth, protein content and peroxidase activity in pea plants”. Pak. J. Bot. 43(3), 1467-1470, 2011.
4. R a h a t N a z a r, N o u s h i n a I q b a l, A s i m M a s o o d, M. I q b a l R. K h a n, S h a b i n a S y e e d, N a f e e s A. K h a n, “ Cadmium Toxicity in Plants and Role of Mineral Nutrients in Its Alleviation”, American Journal of Plant Sciences 3, 1476-1489, 2012.
5. D. P a n k o v I c, M. P l e s n I c ï a r, I. A r s e n I j e v I c-M a k s i m o v I c, N. P e t r o v I c, Z. S a k a c, R. K a s t o ri, “Effects of Nitrogen Nutrition on Photosynthesis in Cd-treated Sunflower Plants”, Annals of Botany 86: 841±847, 2000.
6. A n d r e s e n, E., K u p p e r, H.. Cadmium toxicity in plants. In: Sigel, A., Sigel, H., Sigel, K.O. (eds.). Cadmium: From Toxicity to Essentiality. Metal Science in Life Sciences, 11. Springer, New York, pp. 395-229-414, 2013.
7. F. R i v e r a-B a x e r r I l, G. C a l a n t z I s, K. T u r n a u, J.-P. C a u s s a n e l, A. B e l i m o v, S. G I a n I n a z z i, R. S t r a s s er, V. G i a n I n a z z i-P e a r s o n, “Cadmium accumulation and buffering of cadmium-induces stress by arbuscular mycorrhiza in three Pisum sativum L, gwnotypes”, journal of Experimental Botany 53/371, 1177-1185, 2002.
8. G l e n n E., H u e t e. A., N a g l e r, P. and N e l s o n, S., “Relationship between remotely-sensed vegetation indices, canopy attributes and plant physiological processes: What vegetation indices can and cannot tell us about the landscape”. Sensors, 8, 2136-2160, 2008.
9. A P e n u e l a s, J., G a m o n, J., F r e d e e n, A., M e r i n o, J. and F i e l d, C.. “Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen- and water-limited sunflower leaves”. Remote Sensing of Environment 48, 135-146, 1994.
10. O s ó r i o J., M. O s ó r i o, A. R o m a n o, Reflectance indices as nondestructive indicators of the physiological status of Ceratonia siliqua seedlings under varying moisture and temperature regimes, Functional Plant Biology, Vol. 39, 588–597, 2012.
11. K. G r o l l, G r a e f f S., and C l a u p e i n W., “Use of Vegetation indices to detect plant diseases”, Proceedings of the 27th GIL Annual Conference, 340, Stuttgart, Germany, 5–7 March 2007, 91–94, 2007.

S E S 2 0 1 4
Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

САМООРГАНИЗИРАЩА СЕ ПРОГРАМНА СИСТЕМА ЗА АНАЛИЗ НА ПЪТНА МРЕЖА, ПЪТНО-ТРАНСПОРТНИ СЪОРЪЖЕНИЯ И СТРУКТУРИ

Валентина Христова

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

Ключови думи: *Самоорганизираща се програмна система, пътна мрежа, пътно-транспортни съоръжения, пътно-транспортни структури*

Резюме: *Изследването на на мрежата от пътно-транспортни съоръжения и структури е от особена важност за инфраструктурата на всяка една държава. Това позволява тя да се изгражда, доразвива, наблюдава като се следи нейното състояние и се предприемат съответните мерки. Необходим инструмент в подобна задача се оказва самоорганизиращата се програмна система за анализ на пътната мрежа. Тя позволява бързо и точно да се определят действията, които биха били нужни, за да се подобри състоянието на пътно-транспортните съоръжения и структури.*

SELF-ORGANIZING SOFTWARE SYSTEM FOR ANALYSIS OF ROAD NETWORK, TRAFFIC FACILITIES AND STRUCTURES

Valentina Hristova

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

Keywords: *Self-organizing software system, road network, traffic facilities, road-transport structures*

Abstract: *The study of the network of road transport facilities and structures is essential for the infrastructure of each country. This allows it to be built, builds, observed by monitoring its condition and take appropriate action. Necessary tool in this task proved self-organizing software system for analysis of the road network. It allows to quickly and accurately identification the measures that would be needed to improve the condition of road facilities and structures.*

Въведение

Самоорганизиращата се мрежа (СОМ) е вид изкуствена невронна мрежа, която е подготвена да използва обучение без учител, с цел да даде резултат, който е едно- или двумерен. Най-често срещаните приложения на СОМ са в двумерни изходни данни. Друга основна характеристика на резултатите е, че те са дискретизирано представяне на входните. Резултатът от СОМ се нарича карта. СОМ се различава от другите невронни мрежи, защото позволяват да се запази топологичните характеристики на входните данни. Това прави метода подходящ за обработка на входни данни с висока размерност, който да бъдат визуализирани като едно- или двумерни.

Обединението на най-новите географски изследвания изисква система, която да се адаптира и използва в нови изследователски проекти. Разработването на алгоритъм за самоорганизираща се програмна система за анализ на пътната мрежа (СОПМ) предоставя възможност да се извличат и групират данни. В [1] се разглеждат областите на приложение на подобна система. По-щателно са разгледани: картографията, биофизичните процеси и явления, и социално-икономическата среда.

Геометрията на пътя е ключов параметър при извличане СОПМ от изображения с висока разделителна способност, добити чрез дистанционно наблюдение. В [2] се предлага метод за автоматично определяне на параметрите на пътната геометрия. Подходът може да

коригира броя на клъстерите и клъстерния център на изображението, чрез анализ на дискретизираното разпределение на плътността на самоорганизиращи се функции на невронната мрежа по слоеве (при обработка на изображение с много слоеве). Правилната обработка на изображението изисква да се сегментира в правилния момент, за да бъде този процес приложен точно върху изследвания обект. Тогава може да се извлекат геометричните характеристики на терена. Резултатите са показали, че предложеният алгоритъм е прецизен и ефективен.

За решаването на конкретна задача, свързана с проектирането на пътища се предлага подход, който позволява създаването на голям брой теоретични трасета [3]. Представени са основните етапи за създаване на теоретично трасе на пътища, използвайки Delaunay триангулация. Това е широко използван метод, който има предимство че създадените по този метод триъгълници са най-равноъгълни. За тях е характерно, че в описаната около които и да е тях окръжност не попадат други точки освен тези, формиращи триъгълника. Съществуващите алгоритми за решение на тази задача са итеративни алгоритми, разделящи алгоритми и директно построение на Delaunay триангулацията. Предложеният алгоритъм дава надеждни резултати.

Описание на метода

Методът се използва с цел да се открие СОПМ от входно изображение, което е получено от дистанционно наблюдение на земната повърхност. Това изображение се преобразува като се откриват неговите ръбове по метода на SUSAN [4], които могат да бъдат групирани или не по метода ACE (anti-parallel centerline extraction) на Doucette [5]. Входното изображение се сегментира по метода на Tilton [6] или на Felzenszwalb [7]. Сегментираното изображение се класифицира по метода на Mahalanobis [8]. Така входното изображение претърпява обработка на ниско до средно ниво, в резултат на което се получават две изходни изображения, които ще се обработят допълнително на високо ниво.

Предложената СОПМ в настоящата работа се състои започва с морфологично филтриране. Математическата морфология или простата морфология може да се дефинира като теория за анализ на пространствените структури. Тя се нарича морфология, тъй като нейната цел е анализа на очертанието и формата на обектите. Морфологията освен теория се явява и техника за анализ. В следствие на морфологичното филтриране се получава равномерно разпределена мрежа върху изображението, като всяка точка от мрежата представлява струпване на центроиди (медицентрове). След полагане на тези клъстери, СОПМ актуализира центроидите като ги премества към най-близката група от пиксели, класифицирани като част от пътя. С цел да се намали ефекта на големите различия в стойностите се прилага групиране по средна стойност. Центровете на клъстерите се обновяват итеративно или докато не възникнат допълнителни актуализации, или докато се достигне определен брой повторения. Клъстерите с непроменени центроиди се считат за несъществени и не се разглеждат в последващата обработка. Останалите центроиди се представят като част от диаграма на Voronoi. Последната стъпка е да се извлече MST (minimum spanning tree) от триангулацията на Delaunay от точките на центроида.

СОПМ може да бъде използвана и самостоятелно чрез командата в Command Prompt:
sorm <border>.tif <classif>.tif <out>.tif <out>.shp pointnum

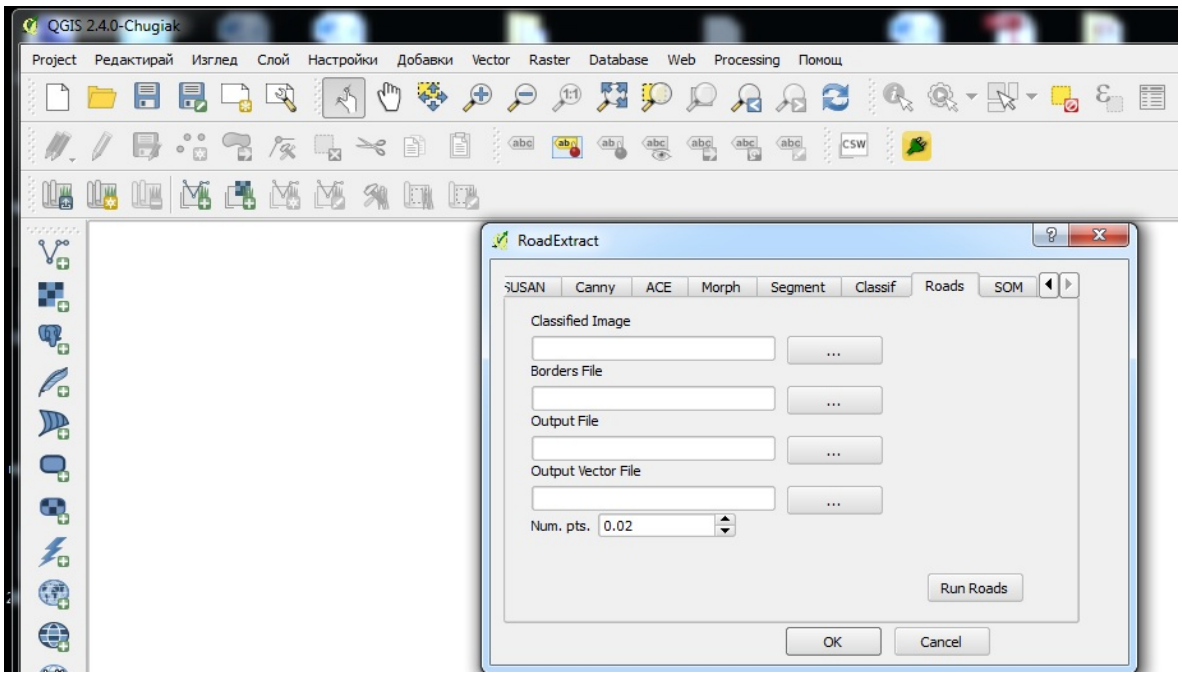
Например:

sorm ace.tif classif.tif output.tif output.shp 0.1

Параметрите, които могат да се варират са:

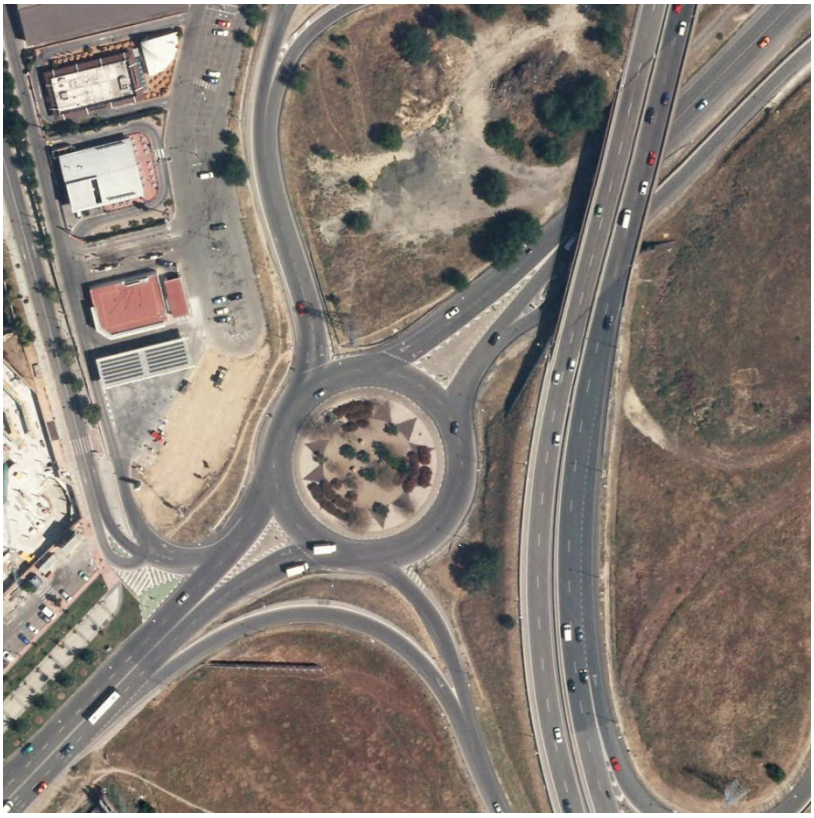
- border: входното изображение с открити ръбове;
- classif: входно изображение с класифицирани пътища;
- Out: изходно изображение в .tif формат, който е георефериран;
- Out.shp: изходна централна ос в .shp формат;
- Pointnum: брой на използваните точки, като процент от общия на всички входни.

Създадена е програмна приставка, която е компютърна програма, която може да се интегрира в QGis Chugiak 2.4.0. Тя предоставя специфична допълнителна функционалност, която не се поддържа от основното приложение, както е показано на фигура 1.



Фиг. 1. Общ вид на програмната приставка

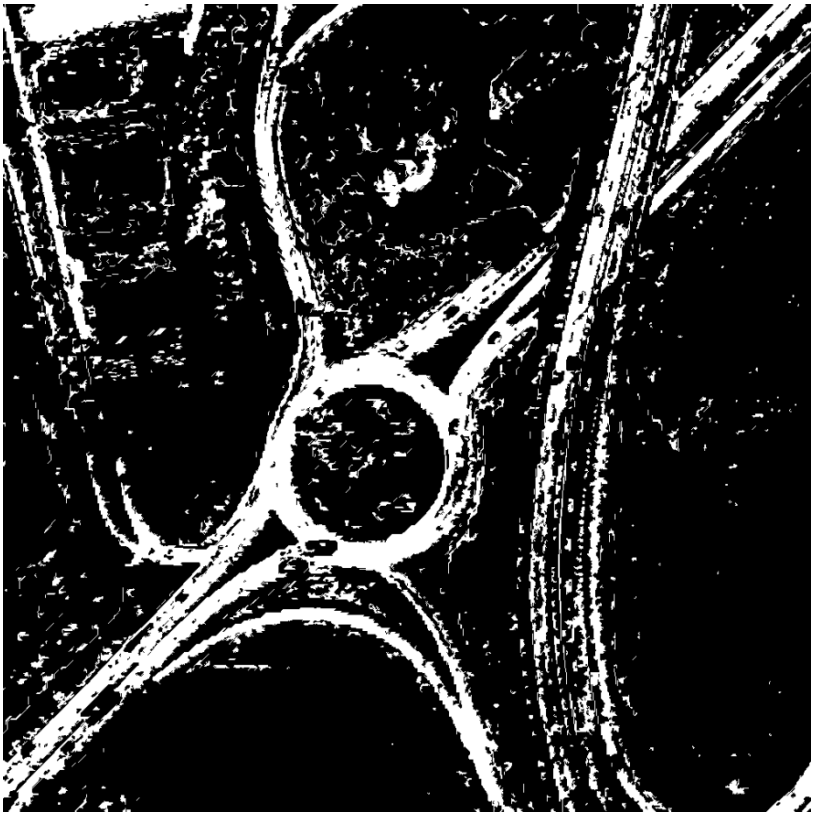
Опитни резултати



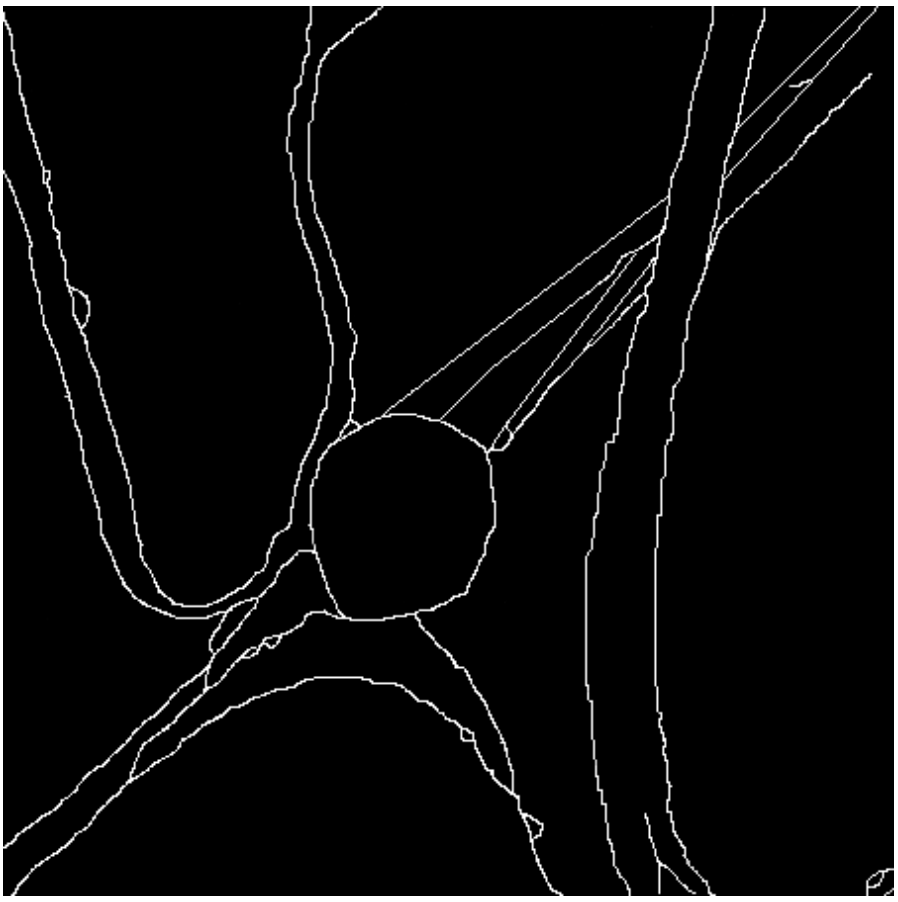
Фиг. 2. Входно изображение. Мадрид, 1000x1000 пиксела, 96 dpi, bit depth – 24, TIF файл



Фиг. 3. Метод за откриване на ръбове SUSAN, приложен върху входното изображение



Фиг. 4. Метод за класификация на Mahalanobis, приложен върху входното изображение



Фиг. 5. Изходно изображение, резултат от СОПМ

На фигура 2 е представено входното изображение. Фигура 3 представя обработеното входно изображение с метода за откриване на ръбове на SUSAN. Фигура 4 изобразява обработеното входно изображение с метода за класификация на Mahalanobis. Фигура 3 и 4 представляват обработка на входното изображение с алгоритми на ниско ниво. Фигура 5 представя обработка с алгоритъм от високо ниво.

Изводи

За реално прилагане на СОПМ е нужно внимателно да се подбират алгоритмите от ниско и средно ниво, които да се прилагат на входното изображение, както и прецизно вариране на техните параметри с цел постигане на оптимален резултат.

Недостатъците на метода са свързани с резултати, съдържащи недействителни линии на пътно съоръжение или структура. Това се дължи на преопределяне на системата, която при итерация попада в бифуркация, което води до увеличение на броя на линиите, които в действителност не съществуват. Съответно и обратното е възможно да се наблюдава. Тези въпроси ще бъдат разгледани и изследвани допълнително.

На конкретното изображение се забелязва действителен, но леко изместен в пространството резултат. Постигнат е баланс на параметрите, които внимателно са преценени. Разгледани са над 100 комбинации от стойности на параметрите на методите от ниско и средно ниво като изложения в статията показва най-добър резултат.

Литература:

1. A g a r w a l, P., A n d r e S k u p i n, “Self-Organising Maps: Applications in Geographic Information Science”, ISBN: 978-0-470-02167-5, February 2008, 214 pages.
2. S h u, Z., D i a n h o n g, W a n g, C h e n g, Z h o u, “Road Geometric Features Extraction based on Self-Organizing Map (SOM) Neural Network”, Journal of Networks, Vol 9, No 1 (2014), pp 190-197, Jan 2014, doi:10.4304/jnw.9.01.190-197.
3. И в а н о в, Р у м е н, А., “Проектиране на пътища с Делоне триангулация”, Шестнадесета международна научна конференция, „Транспорт 2006“, V раздел, 21-23 стр.

4. P e r e z, M. M., T. J. D e n n i s, "An adaptive implementation of the SUSAN method for image edge and feature detection," Image Processing, 1997. Proceedings, International Conference on, vol.2, pp.394-397, vol. 2, 26-29 Oct 1997, doi: 10.1109/ICIP.1997.638789.
5. D o u c e t t e, P., P. A g o u r i s, A. S t e f a n I d I s and M. M u s a v i, “Self-organised clustering for road extraction in classified imagery”, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 55 (5-6), pp 347-358, 2001.
6. T I l t o n, J. C., "Image Segmentation by Iterative Parallel Region Growing and Splitting," 12th Canadian Symposium on Remote Sensing, Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'89), vol. 4, pp. 2420-2423, July 1989.
7. F e l z e n s z w a l b, P. F., D. P. H u t t e n l o c h e r, "Image Segmentation Using Local Variation", Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp 98-104, June 1998.
8. Y I h, J e n g-M I n g, Y u a n-H o r n g, L I n, "Clustering Algorithms Based on Mahalanobis Distances", Electronic Commerce and Security (ISECS), 2010 Third International Symposium on, pp.228,231, 29-31 July, 2010 doi: 10.1109/ISECS.2010.57.

ДОБРИ ПРАКТИКИ В БЪЛГАРИЯ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА СПЪТНИКОВИ ДАННИ В ЗЕМЕДЕЛИЕТО И ЛАНДШАФТНО-ЕКОЛОГИЧНИЯ МОНИТОРИНГ

Георги Желев, Лъчезар Филчев, Ваня Стаменова, Васил Василев, Петър Димитров, Александър Гиков, Евгения Руменина, Стефан Стаменов

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

Ключови думи: *спътникови данни, земеделие, екологичния мониторинг*

Резюме: *Работата е посветена на някои от основните изследвания в областта на приложението на аерокосмически данни в земеделието и ландшафтно-екологичния мониторинг на територията на България, проведени от членовете на Секция „Дистанционни изследвания и ГИС“ към Институт за космически изследвания и технологии – БАН.*

BEST PRACTICES IN SATELLITE DATA APPLICATIONS FOR AGRICULTURE AND LANDSCAPE-ECOLOGICAL MONITORING IN BULGARIA

Georgi Jelev, Lachezar Filchev, Vanya Stamenova, Vassil Vassilev, Petar Dimitrov, Aleksandar Gikov, Eugenia Roumenina, Stefan Stamenov

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

Keywords: *satellite data, agriculture, environmental monitoring*

Abstract: *The work is dedicated to some of the basic research in the application of aerospace data in agriculture and landscape-ecological monitoring on the territory of Bulgaria, carried out by members of the Section "Remote Sensing and GIS" at the Space Research and Technologies Institute - BAS.*

Въведение

Аерокосмически изследвания в България се провеждат върху цялата територия на страната или на отделни тестови участъци, наречени аерокосмическите полигони. Това са аерокосмически полигони (АПК): „Рила“, „Плевен“, „Пловдив“, „Шумен“, „Източни Родопи“, „Пчелина“ и „Нови Искър“ (Фиг. 1.) (Roumenina et al. 2008, 2009). Те са определени за различни изследвания в областта на селското и горско стопанство, екологията, геологията и др.

Полигоните в северна България са предназначени за дистанционни изследвания, най-вече в областта на селското стопанство, мониторинг на антропогенните изменения на околната среда както и валидиране на дистанционни данни.

Полигоните в Южна България са ориентирани към приложение на дистанционни изследвания при търсене и проучване на полезни изкопаеми, локализиране на сеизмо-тектонски зони и явления, при изследване на редица неотектонски и палеотектонски морфоструктури, както и при определяне на геоложката опасност.

Спътников мониторинг на земеделски култури и растителна покривка

На АКП „Плевен“, „Пловдив“ и „Шумен“ се тестват и валидират спътникови данни за изследване развитието на земеделски култури и растителната покривка.

Един основен източник на данни за растителната покривка е Европейската SPOT VEGETATION програма, която сега продължава с мисията PROBA-V (Фиг. 2.). По-високата

пространствена разделителна способност (ПРС) на данните от PROBA-V (300 m и 100 m) дават възможност да се проследи развитието и оцени състоянието на посевите. В случая на Фиг. 3. – оценка на развитието и състоянието на зимната пшеница в района на с. Лозен, община Добрич. (Craciunescuet al. 2012, Kazandjiev et al. 2012, Roumenina et al., 2012a, 2012b, 20123c)

Общата Селскостопанска Политика (ОСП) на Европейския Съюз (ЕС) изисква информация за коректното изпълнение на поетите ангажименти на земеделските стопани. Един такъв надежден и достоверен източник на информация са спътниковите изображения. Чрез автоматизирана класификация надеждно се разпознават земеделските култури. На Фиг. 4а. са показани спътниково изображение от SPOT 5 и резултат от автоматизираната класификация, при което ясно се отделят засетите култури – зимна пшеница и зимна рапица. Състоянието на засетите култури надеждно се определя по спътникови изображения с по-висока ПРС (QUICKBIRD, Фиг. 4б.).

По-големия пространствен обхват или обзор на спътниковите изображения с по-ниска ПРС, каквито са тези от NOAA AVHRR, дават възможност за определяне на състоянието на растителната покривка и регистрират аномалии в него за цялата територия на страната. На (Фиг. 5а.) ясно се вижда аномалното състояние на растителната покривка 2007 година - показани в тъмножълто и кафяво докато през 2008 г. състоянието на растителната покривка е нормално (Фиг. 5б.) (Roumenina et al., 2010). За подобни изследвания служат спътниковите данни от SPOT VEGETATION. Добре се отличава аномалното състояние на селскостопанските култури през 2007 г. и по техните времеви профили на развитие. Докато за 2011 г. развитието е напълно нормално (Фиг. 6.) (Roumenina et al., 2012d, 2013a, 2013b).

Ландшафтно-екологичен мониторинг. Нарушени земи, природни и културно-исторически забележителности, гори, природни бедствия и градски зелени площи

АКП „Нови Искър“ е основният за тестване на дистанционни данни при провеждане на ландшафтно-екологичен мониторинг. При него основен проблем са нарушените земи. Тяхното определяне е възможно по сателитни изображения с висока пространствена разделителна способност. А с използване на обектно-ориентирана класификация се определят класовете земно покритие, както и тяхното разпределение (Фиг. 7.) (цитат).

Благодарение на използването на архивни данни – аерофото снимки от 40$^{-те}$ години - може да се проследят промени в развитието на даден район и да се анализират причините за тези промени. Така например една природна забележителност край гр. Нови Искър - Кътинските пирамиди деградират в резултат от променен ерозионен базис в следствие на възледобив в района (Фиг. 8.) (Naydenova, Roumenina 2009; Naydenova, Roumenina, Kanev, Filchev, Stefanov 2007; Naydenova 2012; Naydenova 2009). За района на Нови Искър е разработена концептуална методика за приложението на дистанционните методи, ГИС и GPS технологии за опазване на природно и културно-историческо наследство, и възможностите за развитие на туризъм. Картографирани са наличните културно-исторически обекти и са направени пространствени анализи за определяне на потенциални туристически маршрути (Фиг. 9.) (Найденова, Стаменов 2012; Найденова, Стаменов 2014).

Важен фактор за екологичната оценка е състоянието на горите, чието определяне се провежда на АКП „Нови Искър“ и „Рила“. Като надежден и достоверен източник на информация са отново спътниковите изображения. По спътниково изображение от Landsat е определен здравният статус на буковите и смърчови гори в биосферния резерват „Чупрене“ (Фиг. 10.) (Руменина, Е., В. Димитров. 2003). Изследвани са пораженията причинени от бръмбар корояд на територията на биосферен резерват „Бистришко бранище“ с помощта на спътникови данни от CHRIS-PROBA (Filchev et al. 2013). С използване на изображения с висока спектрална разделителна способност, в случая от спътника Earth Observing-1 (EO-1), Hyperion с 242 спектрални канала здравния статус на горите може да се определи много по-детайлно (в десетостепенна скала) по примера на горите във водосборния басейн на р. Тайна, в района на гр. Нови Искър (Фиг. 11.) (Filchev, 2013). Спътниковите изображения дават възможност за изчисляване на надземната биомаса в горските масиви (Dimitrov 2012b). На Фиг. 12. е показано пространственото разпределение на количеството надземна биомаса, в тонове на хектар, на иглолистните гори в Северозападна Рила, изчислени на базата на спътниково изображение с висока пространствена разделителна способност от спътника SPOT 5 (Dimitrov 2012a; Dimitrov and Roumenina 2012).

Друга област, в която дистанционните данни са полезни е проследяването на последствията от горски пожари. Такова изследване е проведено за пожара от 2000 г. близо до х. Мальовица, Рила. Засегнатата площ може да бъде ясно идентифицирана върху изображения със средна (Landsat) висока ПРС (QuickBird), което позволява картографирането й. (Фиг. 13а.) (Gikov and Dimitrov 2010, Dimitrov and Gikov, 2010). С цел идентифициране на засегнати от

горски пожар площи в биосферния резерват „Бистришко бранище“, Витоша са прилагани данни от PROBA/CHIRIS и Landsat (Фиг. 13б.) (Filchev and Dimitrov, 2013).

Спътниковите изображения успешно се прилагат при моделите за оценка на геоложката опасност. Това успешно се извършва върху АКП „Източни Родопи“. В случая, показан на Фиг. 14., са използвани данни със средна пространствена разделителна способност от спътниците Landsat и Terra/ASTER в модела за определяне на геоложката опасност в Източни Родопи (Jelev, 2012; Jelev, 2013). Като краен продукт е създадена карта на степента на геоложка опасност за изследвания район (Jelev, 2013).

Един пример в този аспект е използването на дистанционни данни за определяне активността на свлачището при с. Ген. Гешево (Фиг. 15а.), което силно се активира през 2000 г. (Gikov, 2011; Гиков, и др., 2011). С помощта на архивна аерофото снимка и спътниково изображение с подобна пространствена разделителна способност (в случая от спътника WORLDVIEW) се установи ареала и посоката на свличане на земните маси. Като краен продукт е съставена карта на посоката и преместване на свлачището в метри (Фиг. 15б.) (Gikov, 2011). Най-големите премествания са от порядъка на 35-40 m.

По спътниково изображение от IKONOS са определени зоните изложени на риск и са разпознати типовете сгради и съоръжения в зависимост на тяхната уязвимост от високи вълни по Черноморското ни крайбрежие в района на гр. Балчик (Фиг. 16.) (Ranguelov, et al. 2009, Ranguelov, et al. 2010).

Иновативно приложение на геоинформационните технологии е разработването на пространствен модел за картографиране, документиране и опазване на Външния град на първата българска столица Плиска с интегрираното използване на спътникови изображения, GPS технологии и ГИС (Фиг. 17.) (Stamenov 2012;.Stamenov, Naydenova, Aladzhov 2012; Stamenov, Aladzhov 2014).

Данните от спътници се използват за определяне на последствията от друг рисков фактор какъвто са наводненията. По спътниково изображение с висока ПРС от IKONOS (Фиг. 18.) се определени наводнените площи от наводнението в района на гр. Нови Искър от 2005 г. На изображение от QUICKBIRD две години по-късно може да се види промяната на земеползването на наводнените площи (Roumenina et al. 2010). От обработваеми земи са се превърнали в ливади и пустеещи земи. Освен определяне на залетите площи интерес представлява и проследяването на динамиката им във времето, което става по спътникови изображения с висока времева разделителна способност (веднъж на ден), каквито са тези от спътниците TERRA и AQUA. На Фиг. 19. е показано такова проследяване на наводнения по поречието на р. Дунав и долното течение на р. Марица.

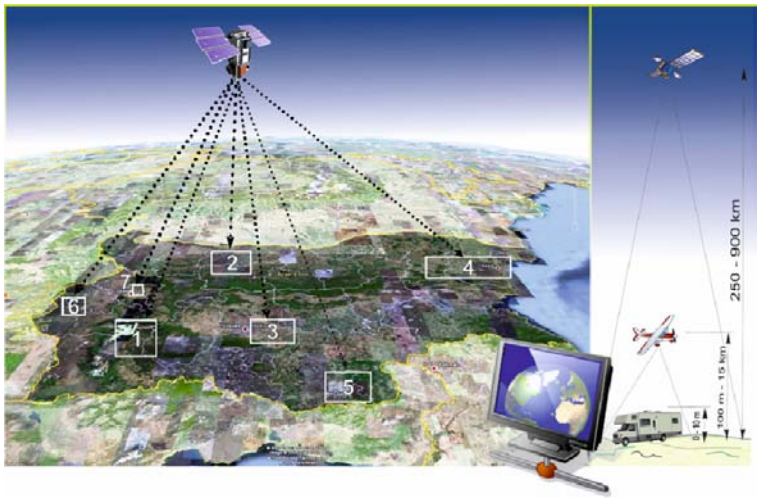
Един интересен пример е използването на спътникови изображения с висока ПРС при определяне на електромагнитното замърсяване на околната среда (Фиг. 20.). С помощта на такова изображение от спътника QUICKBIRD в с. Чепинци са локализирани ретранслаторните антени и е изградена мрежа за наземно опробване. Като резултат е съставена карта на електромагнитното замърсяване (Getsov et al. 2008, 2009; Teodosiev et al. 2009a, 2009b).

Развитието на зелената система в населените места е важен фактор за тяхното екологично развитие. При съпоставка на архивни данни и актуални спътникови изображения, каквито в случая са аерофото снимка от 1982 г. и изображение от спътника QUICKBIRD за гр. Пловдив, се вижда разрастването на район Тракия (Фиг. 21а.) (Nedkov et al. 2005a, 2005b, Roumenina et al. 2007b). От съставените карти се вижда, че в района са обособени и нови зелени площи – паркове, градинки и др. Крайният резултат от интерпретиране на спътниковото изображение е създадената карта на зелената система на гр. Пловдив (Фиг. 21б.).

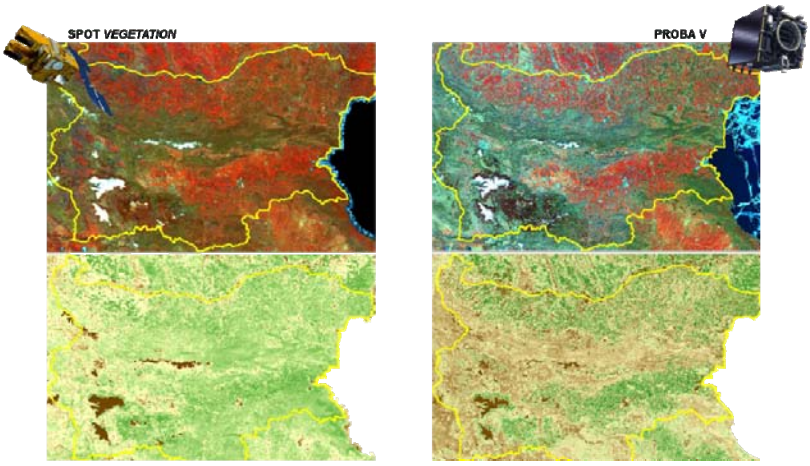
Заключение

Всички представени в този доклад резултати са от екипната работа на колегите от секция “Дистанционни изследвания и ГИС”, като повечето от тях са резултати от изпълнението на национални и международни проекти. Постигнатите резултатите са представени в десетки публикации в списания и доклади на национални и международни форуми, представени в литературата.

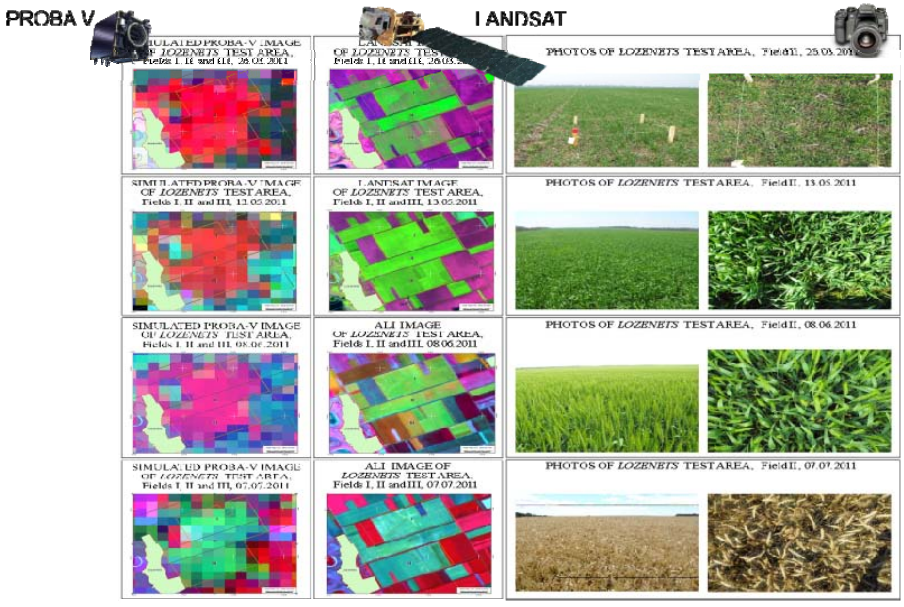
Ползването на данни от новото поколение спътници ще бъде приоритет при провеждане на изследвания в земеделието и ландшафтно-екологичния мониторинг на територията на България. Космически компонент на Европейската програма „Коперник“ е изстрелването на 7 спътника от семейството SENTINEL за изследване и изучаване на природната среда. Очакваме първите многоканални изображения с висока и средна пространствена разделителна способност от спътниците SENTINEL-2 и SENTINEL-3 предвидени за изследване на земната повърхност.



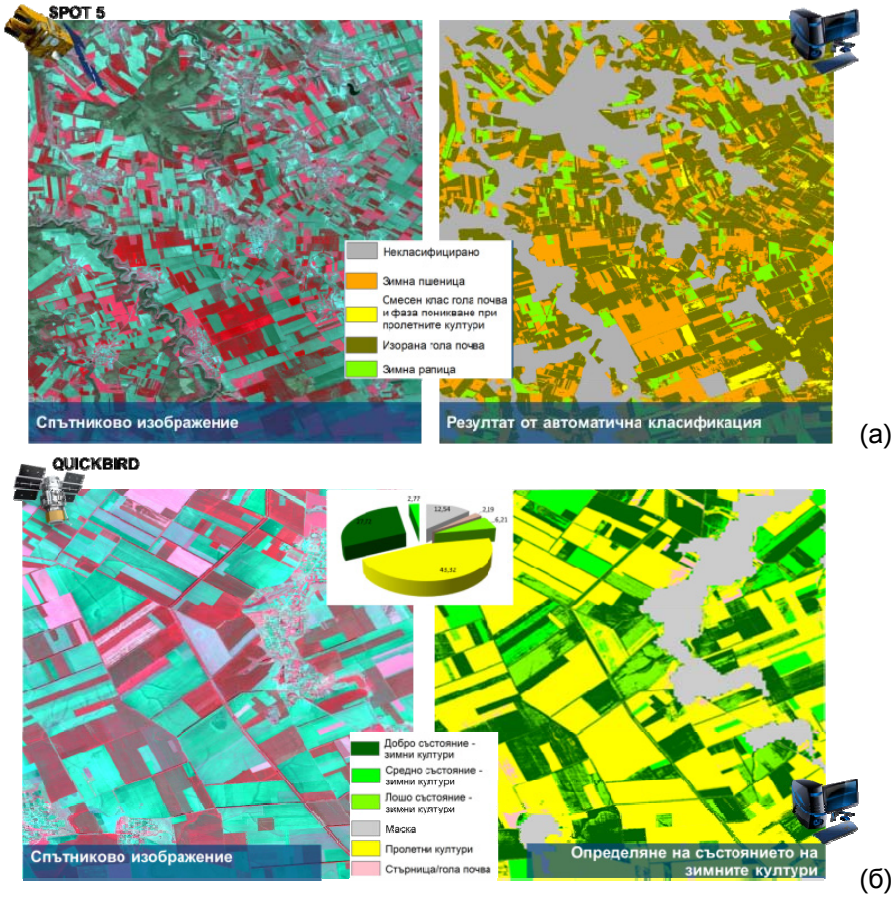
Фиг. 1. Местоположение на аерокосмическите полигони на територията на Р. България;
1 Рила, 2 Плевен, 3 Пловдив, 4 Шумен, 5 Източни Родопи, 6 Пчелина, 7 Нови Искър



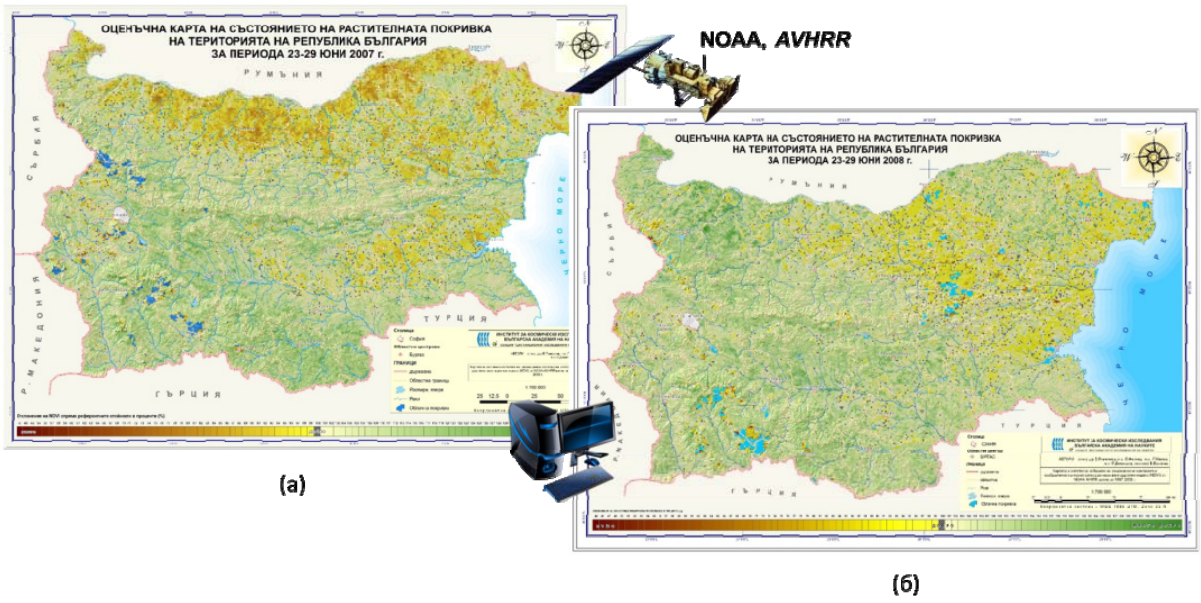
Фиг. 2. Псевдо цветно и индексно (NDVI) изображение от SPOT VEGETATION и PROBA V (добавете датите на заснемане на изображенията, като a) и b) защото излиза, че са две различни от различни дати или две изображения от една и съща дата)



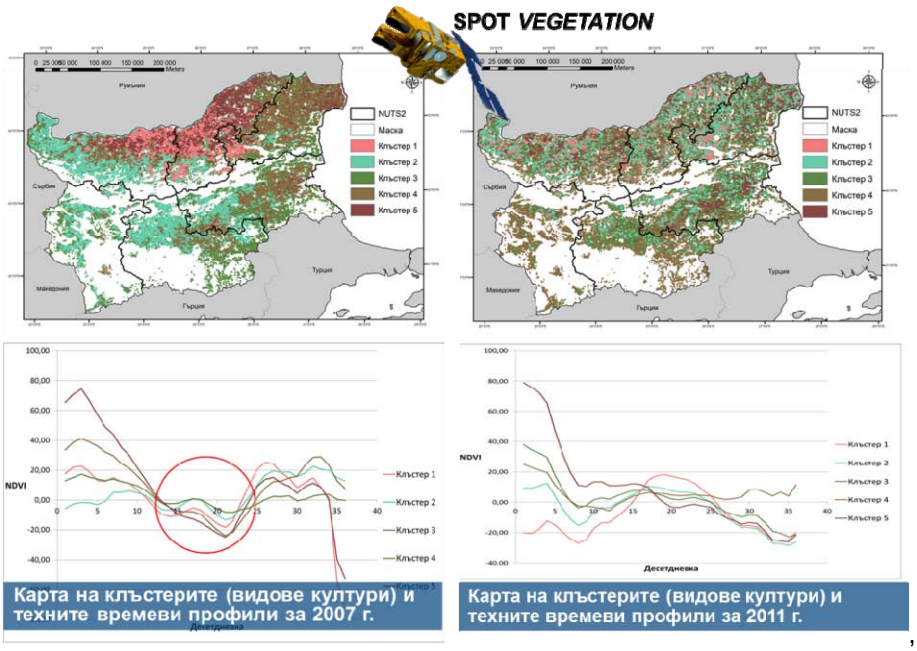
Фиг. 3. Развитието и състоянието на зимната пшеница в района на с. Лозен, община Добрич по спътникови и наземни данни



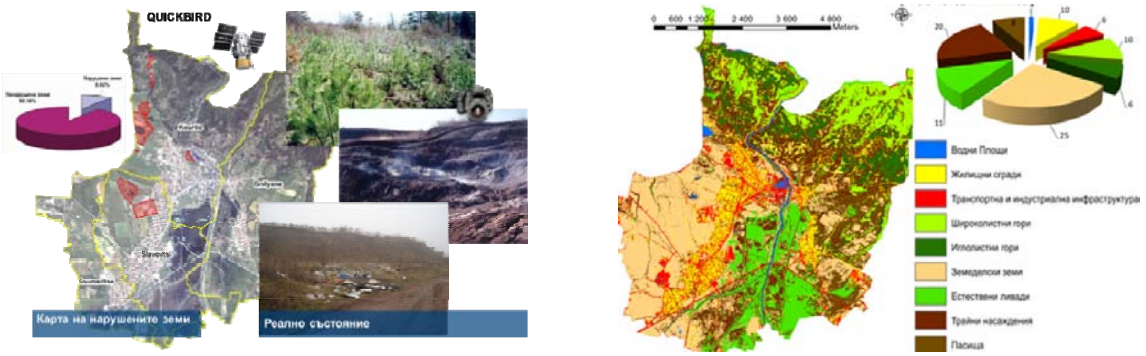
Фиг. 4. Разпознаване (а) и оценка на състоянието (б) на земеделски култури по спътникови изображения в района на с. Житен, обл. Добрич



Фиг. 5. Оценъчни карти на състоянието на растителната покривка

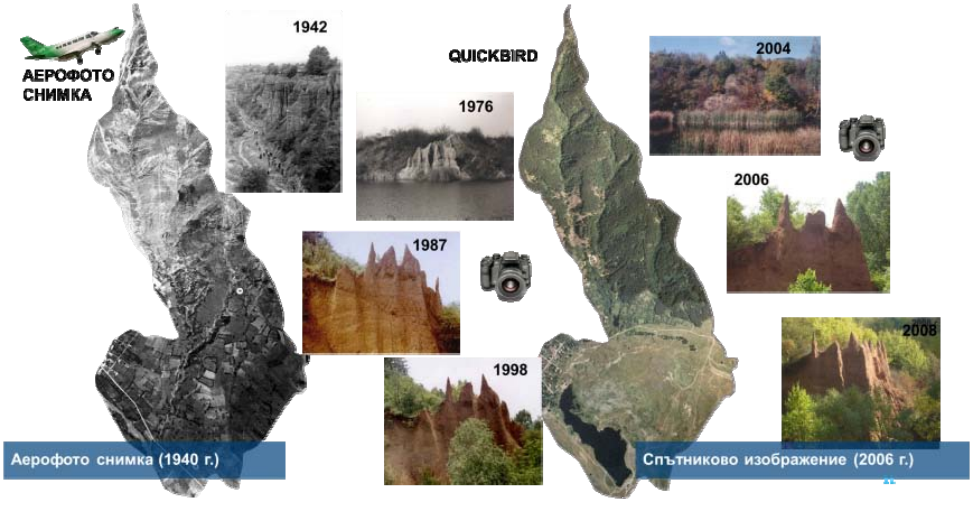


Фиг. 6. Разпознаване на земеделски култури по спътникови данни от SPOT VEGETATION

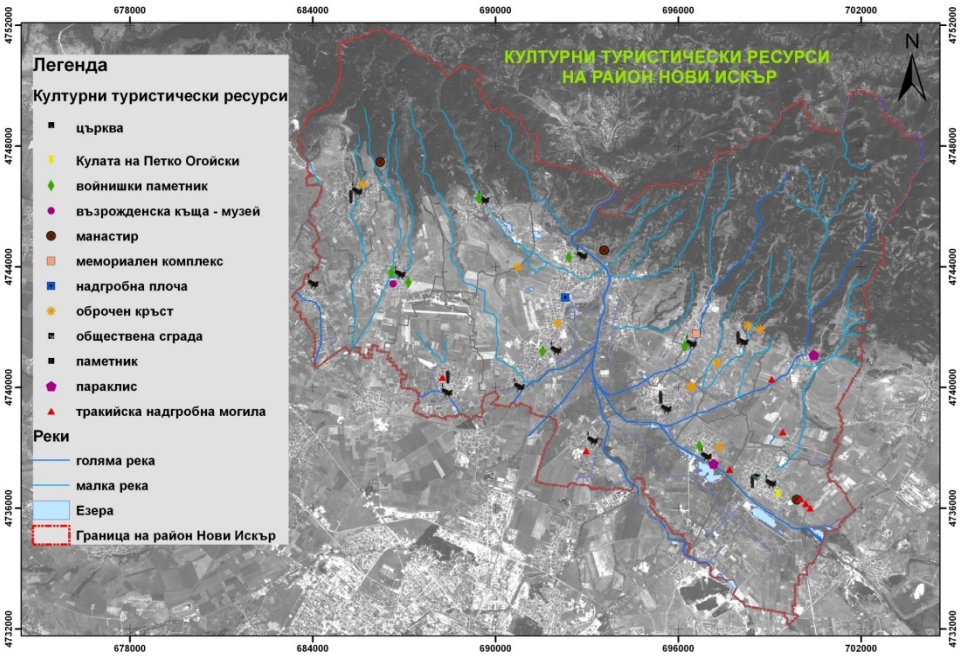


(а) (б)

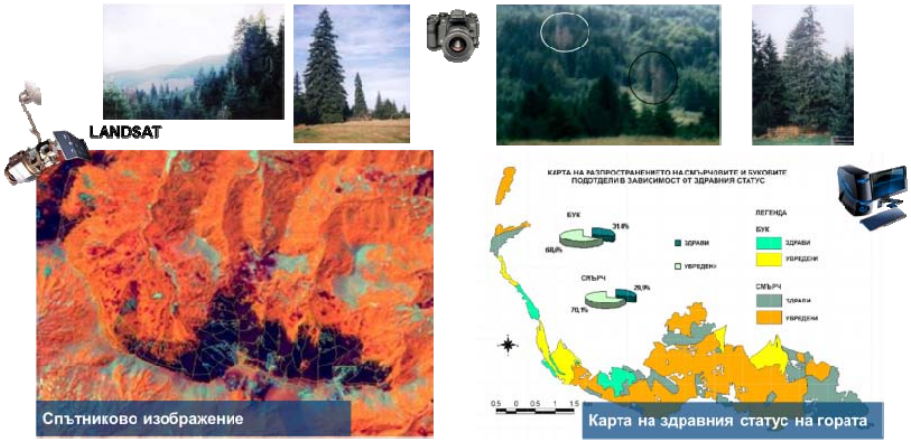
Фиг. 7. Нарушени земи (а) в гр. Нови Искър и обектно-ориентирана класификация (б) на QUICKBIRD изображение, заснето на 30.05.2008 г.



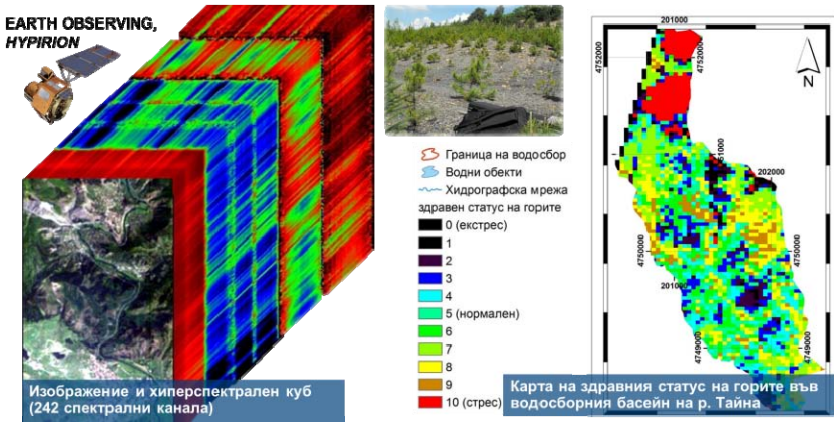
Фиг. 8. Природна забележителност Кътински пирамиди, гр. Нови Искър



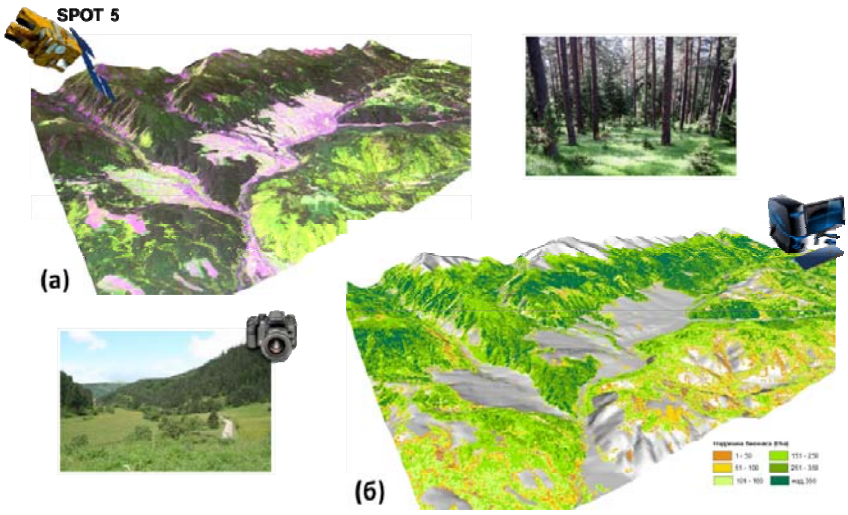
Фиг. 9. Карта на културно-историческите обекти на територията на гр. Нови Искър



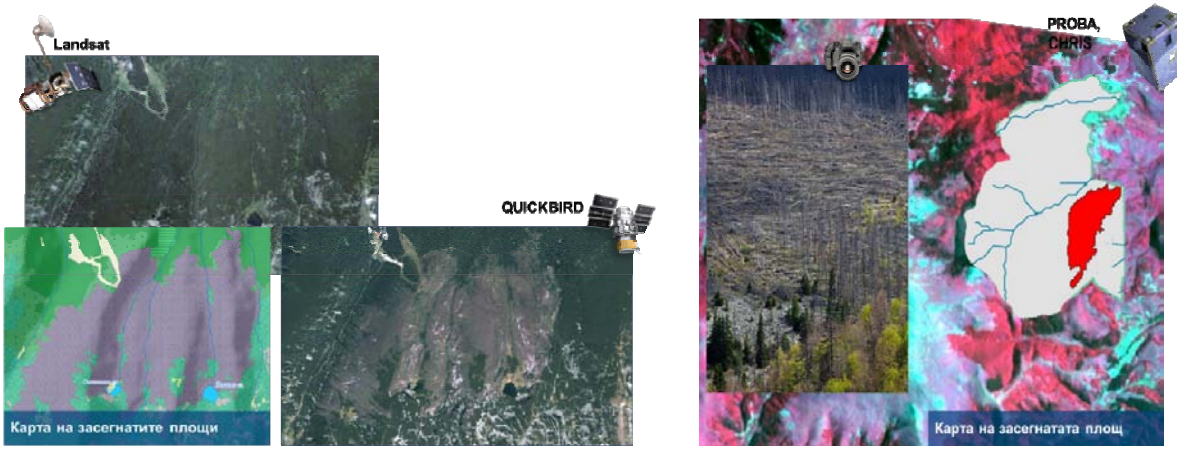
Фиг. 10. Екологична оценка на състоянието на смърчови и букови формации в биосферния резерват „Чупрене“ по сателитни данни



Фиг. 11. Определяне на здравния статус на гори по спътникови изображения

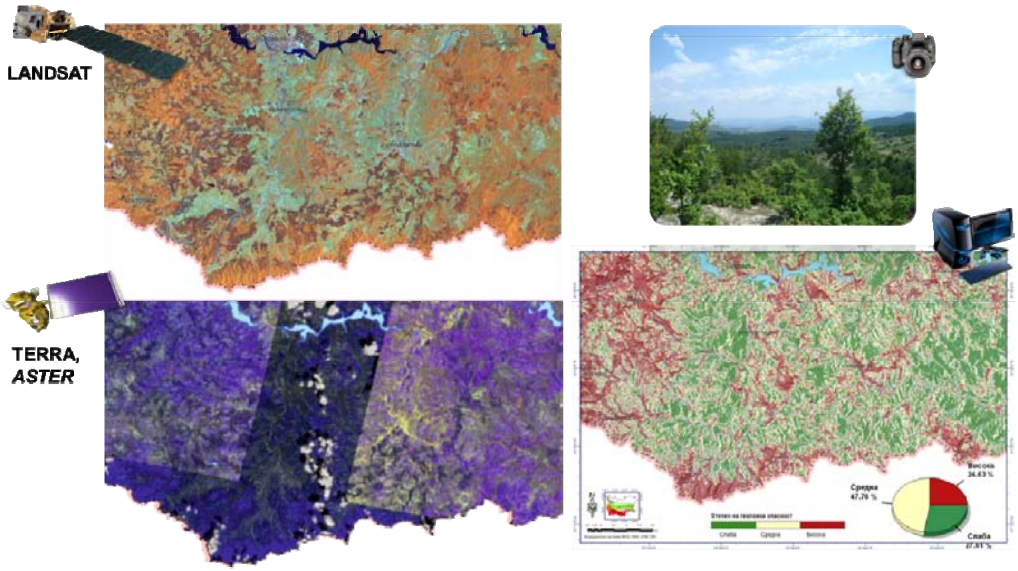


Фиг. 12. Спътниково изображение (SPOT 5) с висока пространствена разделителна способност (а) и изчислена биомаса (б) на иглолистните гори в северозападна Рила



(а) (б)

Фиг. 13. Последствията от горски пожар в Рила, близо до х. Мальовица, 2000 г. по данни от Landsat и QUICKBIRD (а) и биосферен резерват „Бистришко бранище“, Витоша, 2012 г. по данни от PROBA,CHRIS (б)

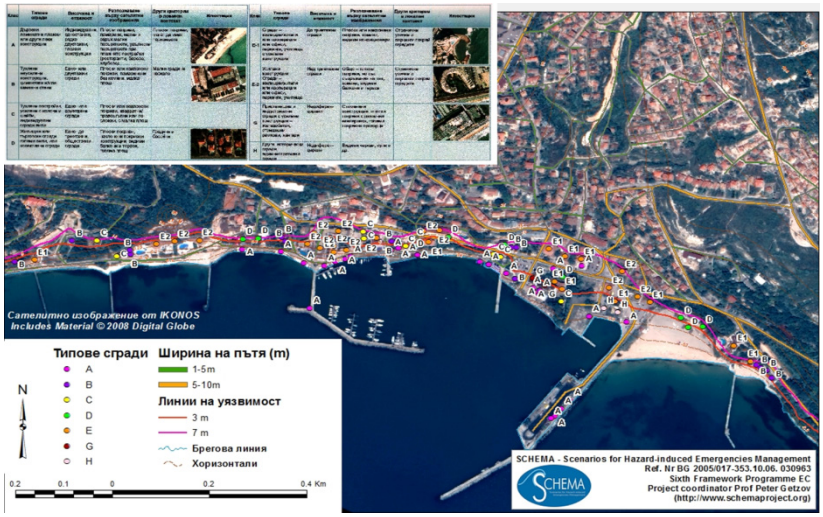


Фиг. 14. Определяне на степента на геоложка опасност в Източни Родопи

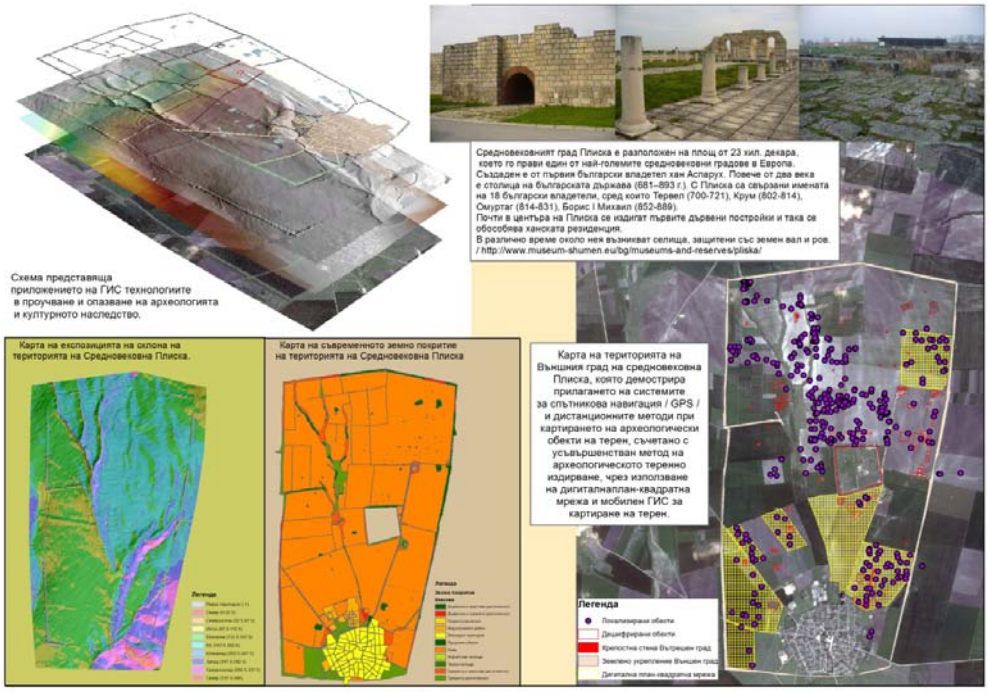


(а) (б)

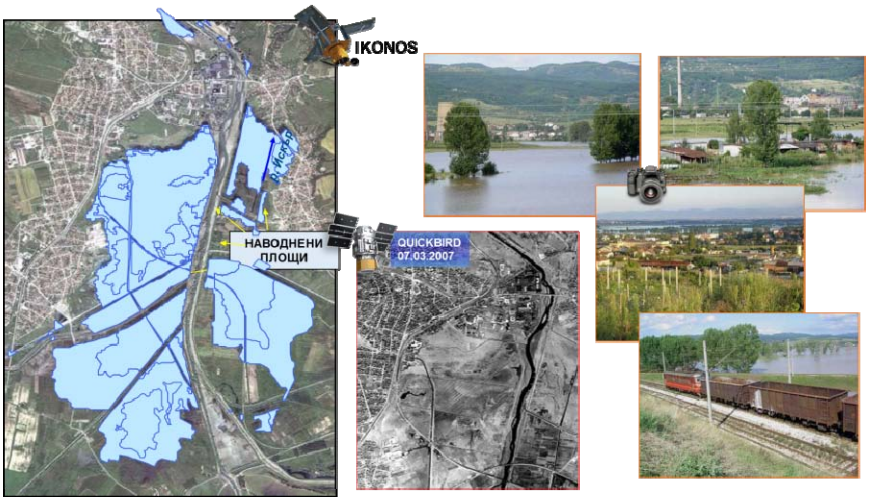
Фиг. 15. Мониторинг на активността на свлачището (а) при с. Генерал Гешево в Източни Родопи и карта на посоката на преместване в метри (б)



Фиг. 16. Зони изложени на риск от цунами по черноморското ни крайбрежие и класификация на типовете сгради и съоръжения в зависимост от класовете уязвимост, гр. Балчик



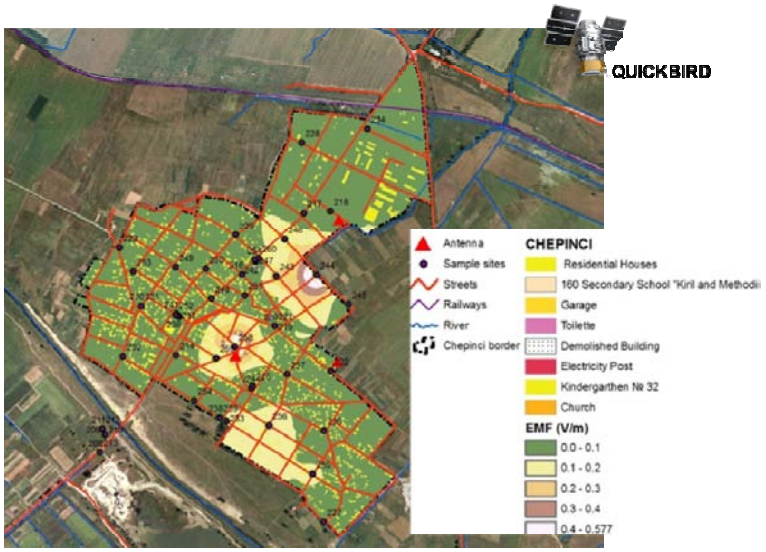
Фиг. 17. Пространствен модел на Външния град на средновековната българска столица Плиска



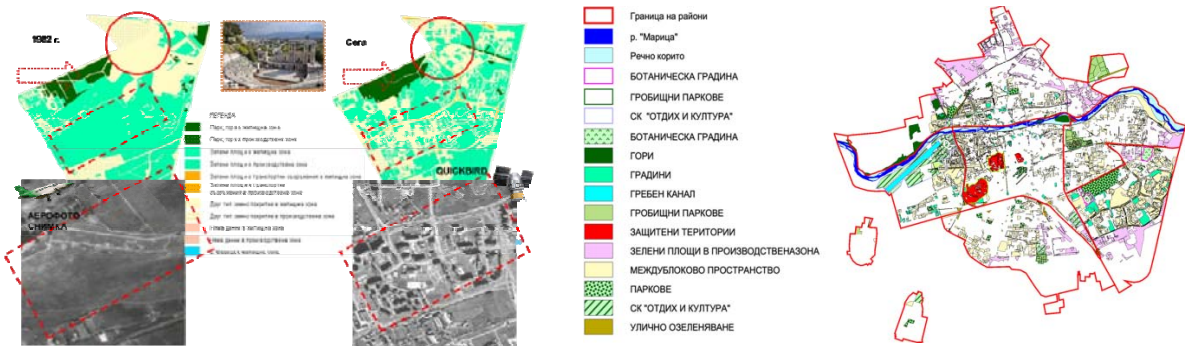
Фиг. 18. Проследяване на последствия от наводнението на 09.06.2005 в района на гр. Нови Искър



Фиг. 19. Локализиране на наводнения и проследяване на зоните на заливане



Фиг. 20. Стратегия за мониторинг на електромагнитното замърсяване на околната среда



(а) (б)

Фиг. 21. Изследване на динамиката на зелените площи на територията на гр. Пловдив на базата на аерокосмически данни в периода от 80-те години до сега (а) и съставяне на карта на зелената система на града (б)

Литература

1. Гиков, А., Х. Спиридонов, Г. Желев, 2011. Изследване на свлачищните процеси между селата Устрен и Генерал Гешево, източни Родопи, Proceedings of Sixth Scientific Conference with International Participation “Space, Ecology and Safety” SES 2010, 2-4 November 2010, Sofia, Bulgaria, pp. 373-380, ISSN 1313-3888. http://www.space.bas.bg/SENS/ses2010/4_ERM/12.pdf
2. Найденова, В., Ст. Стаменов. 2012. Картографиране на туристическите ресурси на район Нови Искър на базата на спътникови данни и ГИС. Седма научна конференция с международно участие “Космос, Екология, Сигурност” – SES 2011, София, България, стр. 229-235. ISSN 1313-3888.
3. Найденова, В.,Ст Стаменов. 2014. Ролята на географските информационни системи за развитие на културния туризъм. Сб.: България в световното културно наследство - Материали от Трета национална конференция по история, археология, и културен туризъм Пътуване към България - Шумен 17–19 май, 2012 г., Университетско издателство „Епископ Константин Преславски“ - Шумен, стр. 1166-1174.
4. Руменина, Е., В. Димитров. 2003. Пространствен модел за оценка на динамиката на земното покритие в биосферен резерват “Чупрене”. сб. Доклади от Юбилейна научна конференция “100 години от полета на братя Райт”. ВНВВУ "Г. Бенковски", Плевен. стр. 413-418
5. Craciunescu, V, G Stancalie, E Roumenina, V Kazandjiev, G Jelev, L Filchev, E Savin, S Catana, 2012. Interactive Web-Mapping System for Satellite Based Agricultural Applications in Bulgaria and Romania. In: Proceedings of 4th International Conference on Cartography and GIS, Vol. 1, edited by Bandrova T, M Konecny & G Zhelezov (Bulgarian Cartographic Association, Albena), pp. 429–439.
6. Dimitrov, P., A. Gikov. 2010. Identification and assessment of fire scars in Rila mountain using spectral indexes of Landsat data. In: Proceedings of the 5th Scientific Conference with International Participation “Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS` 2009”, November 2009, Sofia, Bulgaria. SRI-BAS, pp. 142-149, ISSN 1313-3888 (in Bulgarian) URL: http://www.space.bas.bg/SENS2009/6-R.pdf
7. Dimitrov, P. 2012. Estimation and mapping of structural attributes of coniferous forests by multispectral satellite images. PhD Thesis, Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 103 pp.
8. Dimitrov, P. 2012a. Mapping of coniferous forests’ structural attributes in Rila Mountain, Bulgaria by satellite data. In: Proceedings of 1st European SCGIS Conference with International Participation “Best practices: Application of GIS technologies for conservation of natural and cultural heritage sites”, 21-23 May 2012, Sofia, Bulgaria, pp. 44–52. URL: http://proc.scgis.scgisbg.org/S1-7_Dimitrov.pdf (date of last access: 12/03/2013)
9. Dimitrov, P. 2012b. Using of multispectral satellite images for estimation and mapping of coniferous forest aboveground tree biomass. Problems of Geography, 1-2, pp. 90–104.
10. Dimitrov, P., E. Roumenina. 2012. Studying the relationship between some attributes of coniferous forests and spectral data from the ASTER satellite sensor. Aerospace Research in Bulgaria, 24, pp.116–128. http://www.space.bas.bg/Eng/magasin.html
11. Dimitrov, P., E. Roumenina. 2013. Combining SPOT 5 imagery with plotwise and standwise forest data to estimate volume and biomass in mountainous coniferous site. Central European Journal of Geosciences. 5(2). pp. 208-222. ISSN:2081-9900. DOI 10.2478s13533-012-0124-9. Published by Versita. (electronic version http://www.versita.com/science/geosciences/cejg/
12. Filchev, L. 2013. Detection and Assessment of Abiotic Stress of Coniferous Landscapes Caused by Uranium Mining (Using Hyperspectral EO-1/Hyperion Data). Aerospace Research in Bulgaria, No 25, pp. 138–153. Publisher: SRTI-BAS, ISSN 1313 0927. (URL: http://www.space.bas.bg/Aerospace%20research/25/8.pdf)

13. F i l c h e v, L. and P. D i m i t r o v. 2013. Fire Scars Area Estimation Using CHRIS-Proba Satellite Data. In: CD Proceedings of the ESA Living Planet Symposium, 9–13 September, 2013, Edinburgh, United Kingdom (UK), ESA, SP-722, 163 p. Publisher: ESA Communications, ISSN 1609-042X. ISBN: 9292212869/978-92-9221-286-5
14. F i l c h e v, L., M. P a n a y o t o v, and F. L i n g. 2013. A Study of Ips Typhographus Pest Infestation with the Use of Multi-Angular CHRIS-Proba Data. In: CD Proceedings of the ESA Living Planet Symposium, 9–13 September, 2013, Edinburgh, United Kingdom (UK), ESA, SP-722, 259 p. Publisher: ESA Communications, ISSN: 1609-042X. ISBN 9292212869/978-92-9221-286-5
15. F i l c h e v , L . 2012. Model for detection of stress situations in coniferous landscapes with the use of multispectral and hyperspectral satellite data, PhD Thesis, (SRTI-BAS), 163 p.
16. F i l c h e v , L . , E R o u m e n i n a , 2012. Detection and assessment of abiotic stress of coniferous landscapes caused by uranium mining (using multitemporal high resolution Landsat data). Geography, Environment, Sustainability, 5(1), pp. 52–67. http://int.rgo.ru/wpcontent/uploads/2012/03/GES_01_2012.pdf (date of last access: 26/04/2013)
17. F i l c h e v , L . 2011. Land Use Classification of Taina River Watershed Using Automated Feature Extraction (AFE) Algorithms. In: Proceedings of 6th Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Safety“(SES), 2010, Sofia, Bulgaria, pp. 270-275.2011. Publisher: SSTRI-BAS, ISSN: 1313-3888.
18. G i k o v, A., P. D i m i t r o v. 2010. Applying geoinformation technologies to assess the damages and effects of the great fire in the area of the Malyovitsa hut, Rila mountain. In: Proceedings of the 5th Scientific Conference with International Participation “Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS` 2009”, November 2009, Sofia, Bulgaria. SRI-BAS, pp. 150-159, ISSN 1313-3888 (in Bulgarian) URL: http://www.space.bas.bg/SENS2009/7-R.pdf
19. G e t s o v , P . , D . T e o d o s i e v , E . R o u m e n i n a , M . I s r a e l , G . M a r d i r o s s i a n , G . S o t i r o v , S . V e l k o s k i , P . G a j e s h e k , D . S i m u n i c , K . I l i e v . 2009. Development of a Strategy and Methods for Monitoring of Elecromagnetic Pollution in the Environment of the Western Balkans. Scientific results of the SEE-ERA.NET Pilot Joint Call. Edited by J. Machačová, K.Rohsman. pp. 95-101. Published by Centre for Social Innovation (ZSI), Vienna, Austria.
20. G e t s o v , P . , G . M a r d i r o s s i a n , E . R o u m e n i n a , G . S o t i r o v , D . T e o d o s i e v , B . S r e b r o v , M . I s r a e l , D . S i m u n i c , P . G a j e s e k , S . V e l k o s k i . 2008. Development of Strategy and Methods for Monitoring of Electromagnetic Pollution in the Western Balkan Environment. In: Proceedings of the 3rd Scientific Conference with International Participation “Space, Ecology, Nanotechnology Safety – SENS’2007”. Varna, Bulgaria. pp. 209-213. Published by SRTI-BAS.
21. G i k o v , A . 2011. Assessment of Horizontal Displacement in Landslide Close to General Geshevo Village (Eastern Rhodope Mountain) Using Aerial and Satellite Images. In: Proceedings of 6th International Science Conference on the International Day of Earth and Day of Geology-Geography Faculty “Global changes and regional challenges”, Sofia, 16-17 April 2010, 2011. pp 18-23 ISBN: 978-954-07-3200-8
22. J e l e v , G . 2012. Fuzzy Logic Based Method for Assessment of Geological Hazards in the Eastern Rhodope Mountains. In: Proceedings of 8th Scientific Conference with International Participation - SES 2012, Sofia, Bulgaria, pp 328-339. http://www.space.bas.bg/SES2012/R-5.pdf.
23. J e l e v , G . 2013. Study of the Volcanic Structures in the Area of the Eastern Rhodopes through Remote Sensing and GIS, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House. PhD Thesis, (SRTI-BAS), 120 p., ISBN 978-954-322-633-7.
24. K a z a n d j i e v , V . , E . R o u m e n i n a , V . G e o r g i e v a , P . D i m i t r o v , G . J e l e v . 2012. Comparative Study of Some Features of winter Wheat Crops by Applying Ground Based Measurements and Satellite Images with Different Resolution. (965) BALWOIS 2012 Proceedings of International Scientific Conference on Water, Climate and Environment 28 May - 2 June 2012 - Ohrid, Republic of Macedonia. pp. 1-15.
25. N a y d e n o v a , V . 2009. Geographic information system for remote sensing and ground-based monitoring of anthropogenic impact in the drainage basin of the Kutinska river. PhD Thesis, (SRTI-BAS). 172 p.
26. N a y d e n o v a , V . 2012. The Kutina Pyramids natural landmark – its degradation and disappearance. In: Proceedings of the 1st European SCGIS conference “Best practices: Application of GIS technologies for conservation of natural and cultural heritage sites”. 2012, pp. 23-30. Publisher: SRTI-BAS, ISSN 1314-7749.
27. N a y d e n o v a , V . , E . R o u m e n i n a , G . K a n e v , L . F i l c h e v , K . S t e f a n o v . 2007. Investigating the Stream Network Changes and Landslide Processes in Open Coal Mining Areas Using Remote Sensing Methods. In: Proceedings of 3rd International Conference on Recent Advances in Space Technologies. Istanbul, Turkey. pp. 242-246. Published by IEEE.
28. N a y d e n o v a , V . , E . R o u m e n i n a . 2009. Monitoring the Mining Effect at Drainage Basin Level using geoinformation technologies. Central European Journal of Geosciences.1(3). pp 318-339. Published by Versita. (electronic versionhttp://www.versita.com/science/geosciences/cejg/
29. N a y d e n o v a , V . , G . J e l e v , 2009. Forest Dynamics Study Using Aerial Photos and Satellite Images with Very High Spatial Resolution. In: Proceedings of the 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies “Space in the Service of Society”–RAST 2009, Istanbul, Turkey. Published by IEEE, ISBN: 978-1-4244-3628-6. pp 344-348.

30. Naydenova, V., P. Dimitrov, G. Jelev, E. Roumenina. 2010. Analysis of the Dynamics of Vegetation Parameters LAI, EVI and FPAR for Forest Areas using MODIS Data. In: Proceedings of 30th EARSeL Symposium - Remote Sensing for Science, Education, and Natural and Cultural Heritage, UNESCO Headquarters, Paris, France. pp. 357–364, Published by EARSeL.
31. Nedkov, R., E. Roumenina, G. Jelev. 2005a. Monitoring of green areas in Plovdiv city with High Resolution Satellite Data. Poster Proceedings of International Conference on Recent Advances in Space Technologies. Istanbul, Turkey. pp. 57-59. Published by IEEE.
32. Nedkov, R., E. Roumenina, G. Jelev. 2005b. Monitoring of Green Urban Areas in the Central Part of Plovdiv City with High Resolution Satellite Data. Aerospace Research in Bulgaria. № 19. pp 91-94. Published by SRTI-BAS. http://www.space.bas.bg/Eng/magasin.html
33. Ranguelov, B., G. Mardirossian, E. Roumenina, G. Jelev, A. Gikov, V. Naidenova. 2009. DEM and vulnerability classifications about Balchik test site according EU SCHEMA Project. In: Proceedings online of the International Conference Fundamental Space Research, Sofia, Bulgaria. pp 13-16. Published by STIL-BAS.
34. Ranguelov, B., G. Jelev, T. Novikova, G. Mardirossian, G. Papadopoulos, A. Fokaefs, V. Naydenova, E. Roumenina, A. Gikov, Y. Kroumova. 2010. ATLAS of the tsunami-risk-susceptible areas along the Northern Bulgarian Black sea coast, Balchik site. 6th EU Framework Programme, SCHEMA Project, Sofia.
35. Roumenina, E, A Gikov, H Lukarski, V Naydenova, G Sotirov, G Jelev, L Filchev, L Kraleva, S Fotev, M Chervenyashka, P Dimitrov, V Kazandzhiev, N Valkov, 2008. Establishment of a scientific-information complex for aerospace test sites on the territory of the republic of Bulgaria. In: Proceedings of 4th Scientific Conference with International Participation 'Space, Ecology, Nanotechnology, Safety' (SENS) 2008, (SRTI-BAS, Varna), pp. 108-113. URL: http://www.space.bas.bg/SENS2008/3-GIS.pdf
36. Roumenina, E, L Filchev, G Jelev, P Dimitrov, H Lukarski, V Kazandjiev and V Georgiev, 2012a. Determination of Wheat Crop Status after Winter Using Simulated Proba-V and Ground-Based Data. In: Proceedings of 7th Scientific Conference with International Participation 'Space, Ecology, Safety' (SES) 2011, (SRTI-BAS, Sofia), pp. 197–207 http://www.space.bas.bg/SES2011/R-1.pdf .
37. Roumenina, E, L Filchev, P Dimitrov, G Jelev, V Kazandjiev, V Georgieva, D Joleva, 2011. Monitoring of Winter Wheat of the Enola Variety on the Lozenets Reference Area Using Satellite and Ground-Based Data. Field Crops Studies, Cereals Breeding, 2, pp. 221–232, http://daigt. org/fcs/bg/pdf/fulltext_VII_2_2.pdf
38. Roumenina, E, L Filchev, V Vassilev, P Dimitrov, G Jelev, G Stancalie, E Savin, D Mihailescu, 2012b. Comparative analysis of crop maps for chosen test areas on the territory of Bulgaria and Romania using simulated PROBA-V and SPOT Vegetation data. EARSeL eProceedings, 11(2), pp. 155–160. URL: http://www.eproceedings.org/static/vol11_2/11_2_roumenina1.pdf (last date accessed: 26/04/2013).
39. Roumenina, E, L Filchev, V Vassilev, P Dimitrov, G Jelev, G Stancalie, E Savin, D Mihailescu, 2013a. Comparative analysis of land-use/land-cover maps for chosen test areas on the territory of Bulgaria and Romania using simulated PROBA-V and SPOT Vegetation data. In: 32nd EARSeL Symposium Proceedings "Advances in Geosciences", 1st EARSeL Workshop on Temporal Analysis of Satellite Images, edited by Perakis K & A Moysiadis (EARSeL, Mykonos), 430-435 http://www.earsel.org/symposia/2012-symposium-Mykonos/Proceedings/14-02_EARSeLSymposium-2012.pdf (last date accessed: 26/04/2013)
40. Roumenina, E, V Kazandjiev, G Stancalie (Eds.), 2012c. Methodological Requirements for Testing PROBA-V and VEGETATION data for agricultural applications in Bulgaria and Romania, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, 148 pp. (In Eng. and Bulg.) http://www.baspress.com/pic/mp3/bMETHODOLOGICAL%20REQUIREMENTS%20Eng-Bg.pdf
41. Roumenina, E, V Kazandjiev, P Dimitrov, L Filchev, V Vassilev, G Jelev, V Georgieva , H Lukarski. 2013d. Validation of LAI and assessment of winter wheat status using spectral data and vegetation indices from SPOT VEGETATION and simulated PROBA-V images. International Journal of Remote Sensing, 34(8): 2888-2904. DOI: 10.1080/01431161.2012.755276.
42. Roumenina, E., G. Jelev, R. Nedkov, V. Naydenova, G.Kanev. 2007a. Spatial Model for Evaluate Man-Induced Transformation Using Geoinformation Technologies. Aerospace Research in Bulgaria. № 21. pp. 35-47. Published by SRTI-BAS. http://www.space.bas.bg/Eng/magasin.html
43. Roumenina, E., G. Jelev, R. Nedkov, V. Naydenova. 2007b. Mapping Green Urban Space Using High Spatial Resolution Images. In: Proceedings of 4th International Conference Recent Problems in Geodesy and Related Fields with International Importance (INTERGEO EAST). Inter Expo Centre, Sofia, Bulgaria. pp. 222-228.
44. Roumenina, E., L. Filchev, V. Naydenova, G. Jelev, P. Dimitrov, V. Vassilev, L. Kraleva. 2010. Monitoring of Winter Crop Status in Bulgaria Using a Series of NOAA AVHRR NDVI Images. Canadian Journal of Remote Sensing. Vol. 36, Suppl. 2. pp. S224-S230. DOI 10.5589/m10-057. ISSN: 1712-7971. Published on the web: 05 April 2011. Published by Canadian Aeronautics and Space Institute (CASI).
45. Roumenina, E., L. Filchev, V. Naydenova, G. Kanev. 2007c. A Model for Geodatabase Organization for Purposes of Large scale Mapping of Land-Use Conflicts. In:

Proceedings of 4th International Conference Recent Problems in Geodesy and Related Fields with International Importance (INTERGEO EAST). Inter Expo Centre, Sofia, Bulgaria. pp. 180-189.

46. Roumenina, E., L. Filchev, V. Naydenova, P. Dimitrov, G. Jelev. 2010a. Landscape Planning of Land-Use Using High Resolution Satellite Images and Ground-Based Data. In: Proceedings of 30th EARSeL Symposium - Remote Sensing for Science, Education, and Natural and Cultural Heritage, UNESCO Headquarters, Paris, France. pp. 215–222.
47. Roumenina, E., N. Silleos, G. Jelev, L. Filchev, L. Kraleva. 2008. Designing a Spatial Model of Land-Use Impact Dynamics Caused by Uranium Mining Using Remote Sensing and Ground-Based Methods. In: Proceedings of the 3rd Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology Safety – SENS'2007". Varna, Bulgaria. pp. 179-184, Published by SRTI-BAS.
48. Roumenina, E., V. Naydenova, G. Jelev, V. Vassilev, L. Kraleva. 2009. Aerospace Test Sites in Bulgaria - State and Prospects. Aerospace Research in Bulgaria. 23. pp. 59-69. Published by SRTI-BAS, http://www.space.bas.bg/Eng/magasin.html
49. Roumenina, E., V. Vassilev, K. Ruskov. 2009. Large scale cartography and analyses of man-induced transformation in an urban area using satellite imagery with very high resolution. In: Proceedings of the 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies–RAST 2009. Istanbul, Turkey. pp. 313-316. Published by IEEE
50. Roumenina, E., V. Vassilev, V.Naydenova, G. Jelev, P. Dimitrov, K. Ruskov. 2010. Land Use Dynamics of Areas Threatened with Floods Using Object-Oriented Classification of Very High Resolution Imagery. In: Proceedings of the 5th Scientific Conference with International Participation Space, Ecology, Nanotechnology, Safety–SENS'09, Sofia, Bulgaria. pp. 116-124. Published by SRTI-BAS.
51. Stamenov, St, A Aladzhov. 2014. Application of geographic information system for survey of archaeological site Pliska. In: Bulgaria in the World Cultural Heritage – Papers from the 3rd National Conference on Archeology, History and Cultural Tourism - Journey to Bulgaria 3rd, Shoumen, 17 – 19 May 2012, Published by "Konstantin Preslavski" University of Shoumen, pp. 675-692 (in Bulgarian)
52. Stamenov, St, V. Naydenova, A Aladzhov. 2012. GIS-based concept for conservation of the archaeological site of Pliska. In: Proceedings of the 1st European SCGIS conference "Best practices: Application of GIS technologies for conservation of natural and cultural heritage sites", (SRTI-BAS, Sofia), 63-71 http://proc.scgis.scgisbg.org/S2-3_Stamenov.pdf (last date accessed: 26/04/2013)
53. Stamenov, St. 2012. Modern land cover and land use of the outer town of the medieval Bulgarian capital Pliska using satellite images with high spatial resolution. In: Proceedings of 7th Scientific Conference with international participation 'Space, Ecology and Safety' (SES) 2011, (SRTI-BAS, Sofia), 236-240 http://www.space.bas.bg/SES2011/R-6.pdf (last date accessed: 26/04/2013)
54. Teodosiev, D., G. Mardirossian, B. Srebrov, L. Filchev and Ts. Srebrova. 2009a. Mapping of Electromagnetic Pollution in Urban Territories–First Results. In: Proceedings of 5th Scientific Conference with international participation „Space, Ecology, Nanotechnologies, Safety" (SENS) 2009, 2–4 November, 2009, Sofia, Bulgaria. Publisher: Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences (SRI-BAS). ISSN 1313-3888, pp. 246–251. (URL: http://www.space.bas.bg/SENS2009/8-E.pdf)
55. Teodosiev, D., G., Mardirossian, L., Filchev, R., Gurov, B., Srebrov, P. Dimitrov, and Ts. Srebrova. 2009b. Results from the pilot monitoring research of the characteristics and distribution of the electromagnetic fields in urbanized territory in the range 800 – 2200 MHz. In: Proceedings of Annual scientific conference „Ecologization 2009", 28-29 May 2009. NBU, SRI-BAS, USB, SD „RAO". Ecological Engineering and Environment Protection (EEEP). No 3-4, pp. 74–81. (URL: http://www.nbu.bg/PUBLIC/IMAGES/File/departamenti/nauki%20za%20zemiata%20i%20okolnata%20sreda/ecologizatzia_posl_statia_teodosiev_garo_RG_drugi.pdf)
56. Vassilev, V. 2009. Accuracy assessment of an object-oriented classification for transport and industrial infrastructure, residential homes and water bodies on a QuickBird image. In: Proceedings of the 5th Scientific Conference with International Participation Space, Ecology, Nanotechnology, Safety–SENS'09, Sofia, Bulgaria. pp. 130-134. Published by SRI-BAS. ISSN: 1313-3888;
57. Vassilev, V. 2010. An approach for accuracy assessment comparison between perpixel supervised and object-oriented classifications on a QuickBird image. In: Proceedings of 30th EARSeL Symposium - Remote Sensing for Science, Education, and Natural and Cultural Heritage, UNESCO Headquarters, Paris, France. pp. 357-364, Published by EARSeL. ISBN 978-3-00-033435-1.
58. Vassilev, V. 2013. Crop identification using satellite images and vegetation products. Prof. Marin Drinov Academic Publishing House. PhD Thesis, (SRTI-BAS), 152 p.
59. Vassilev, V., E. Roumenina. 2011. Accuracy assessment comparison of per-pixel supervised and object-oriented land-cover classifications on a QuickBird image. In: Proceedings of 6th Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology and Safety" – SES 2010, Sofia, Bulgaria. pp. 276-283. Published by SSTRI-BAS.

S E S 2 0 1 4
Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

РАЗПОЗНАВАНЕ НА КРЪГОВИ СТРУКТУРИ ПО КОСМИЧЕСКИ (САТЕЛИТНИ) ИЗОБРАЖЕНИЯ

Георги Желев

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

Ключови думи: *кръгови структури, космически (сателитни) изображения*

Резюме: *В работата е представена една класификационна схема на различни видове кръгови структури, разпознаваеми на космическите (сателитни) изображения. Показани са по няколко представителя от всеки вид, спрямо класификацията, кръгови структури, както и кратко описания.*

RING STRUCTURES DETECTION IN SPACE (SATELLITE) IMAGES

Georgi Jelev

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

Keywords: *ring structures, space (satellite) images*

Abstract: *In the present work, we applied a classification scheme for various types of ring structures recognizable space (satellite) images. Below are a few representative of each type to the classification, circular structures and their short descriptions.*

Въведение

Като кръгови структури се определят такива с кръгова, пръстеновидна или овална форма в план и кръгов рисунък върху сателитните изображения. Те представляват тела с различен генезис и пространствена конфигурация, но създават на земната повърхност кръгово-изометрични аномалии (*Я. Кац и др., 1988; Х. Спиридонов и др., 1978*).

Кръговите структури на земната повърхност са обект за изучаване и интерес още от първите космически наблюдения и фотографии, направени от борда на пилотираните космически кораби „*Восток-2*“, „*Gemini-4*“, „*Gemini-5*“ и „*Союз-9*“ (*Х. Спиридонов, 1999; Х. Спиридонов и др., 1999; Г. Мардиросян, 2003; и др.*), като и до сега впечатляват със своите изометрия, форми и размери.

Има редица класификационни схеми, целящи да опишат кръговите структури като вземат предвид тяхната форма, генезис, строеж и др. Такива са правени от В. Соловьов, В. Буш, (*Я. Кац и др., 1988*), О. Борисов, А. Глух, В. Буш, А. Доливо-Доброволски, Е. Свишникова (*Х. Спиридонов, 1999*), Н. Кацков, (*1990*) и редица други изследователи.

В настоящата работа се приема класификацията, предложена от Х. Спиридонов, (*1999*) по тип, група и клас на подялба на кръговите структури, като са обособени само тези, които могат да се разпознаят върху космически (сателитни) изображения (Фиг. 1.). Основните типове са определени в зависимост от техния генезис – космогенни, екзогенни, ендогенни, антропогенни и климатични. Към тях са определени групи, а към тях класове. Показани са представители от всеки клас.

Използваните примерни изображения и описания са свободно достъпни в Интернет пространството, което значително улесни написването на настоящата работа.



Фиг. 1. Класификация на кръговите структури

Космогенни кръгови структури

Космогенните кръгови структури са едни от най-впечатляващите със своите размери, възраст на импактното събитие и ясно изразена кръгова или пръстеновидна форма. Те образуват негативни релефни форми и много често са запълнени с езера. Те имат една група – *ударно-взривни* и с един клас – метеоритни кратери (Фиг. 1.).

В Интернет пространството има създадена геобаза данни с над 180 импактни събития върху Земята (http://www.passc.net/EarthImpactDatabase) (Фиг. 2.).

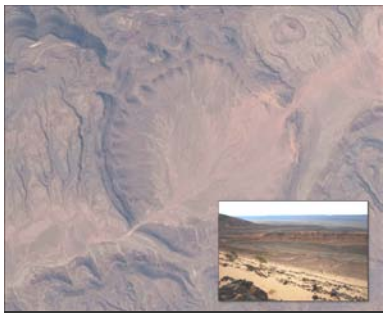


Фиг. 2. Петдесет от най-добре очертаните върху сателитните изображения метеоритни кратери

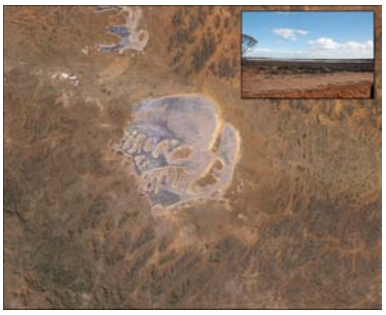
Ударно-взривни

- **Метеоритен Кратер Оуаркзиз (Ouarkziz)** (Фиг. 3а.) е един от най-ярките представители и се намира в северозападната част на Алжир, близо до границата с Мароко. Кратерът е образуван от въздействието метеор преди по-малко от 70 милиона години по време на края на периода креда на мезозойската ера или още „*Ерата на динозаврите*".
- **Кратера Acraman** (Фиг. 3б.) е дълбоко ерозирали кратер в Южна Австралия. Местоположението му е белязано от езерото Acraman , чиято брегова линия очертава кръг с около 20 km диаметър. Инпактното събитието се определя на възраст от около 580 милиона година по време на периода Едиакарий, непосредствено преди камбрия.
- **Serra Da Cangalha** (Фиг. 3в.) е кратер в щата Токантинс в североизточната част на Бразилия. Кратерът е между 12 и 13 km в диаметър , което го прави вторият най-големият известен кратер в Бразилия. Възрастта му се изчислява на около 220 милиона години (*триаски период*).

- **Метеоритен кратер Баринджър,** Аризона –САЩ (Фиг. 3г.) е с диаметър около 1 km и е формиран преди около 50 000 години от сблъсък с метеорит.
- **Кратера Чиксулуб (*Chicxulub*), Ютакан, Мексико** (Фиг. 3д.) с диаметър 180 km е оставен от 10 километровия астероид, довел до масовото измиране в края на мезозойската ера, граница Креда - Терциер преди 65 милиона години и края на ерата на динозаврите.



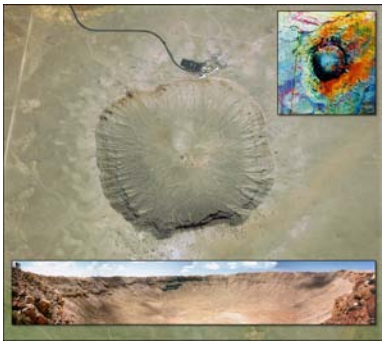
Фиг. 3а.



Фиг. 3б.



Фиг. 3в.



Фиг. 3г.



Фиг. 3д.

Екзогенни кръгови структури

Те представляват структури на земната повърхност образувани в резултат от външни земни сили и се поделят на две групи – *акумулативни и денудационни* (Фиг. 1.).

Акумулативните кръгови структури

Те са представени от алувиални, ледникови (глациални), криогенни и еолови (ветрови).

- **Алувиална кръгова форма (континентална делта на река)** в долините на Загрос планина (Фиг. 4.). На изображението се наблюдава югоизточната провинция Фарс в южната част на Иран, където речна долина (каньон) се разлива към равнината и алувиалният материал образува ветрилообразна суха делта. По периферията на делтата е развито активно земеделие поради наличието на подпочвени води и кладенци.
- **Ледникова овална структура оформя езика на предпланинския ледник Маласпина,** един от най-величествените в Аляска и в света (Фиг. 5.). Той се спуска от масива Св. Илия – 4 488 m към крайбрежието на Тихия океан и носи името на първия си изследовател – италианец. Разлива на над 3 000 km^2 и се разпространява в цялата крайбрежна равнина като оформя величествена овална структура.
- **Криогенна кръгова структура** в националния резерват Bering Land Bridge, Аляска (Фиг. 6.), образувана от изтласкване на вода нагоре, в следствие от разширяване на лед от вечно замръзналия слой в дълбочина. Образуват се конуси, които с течение на времето се изригва под тънкия торф и почвена покривка в далечния Север.

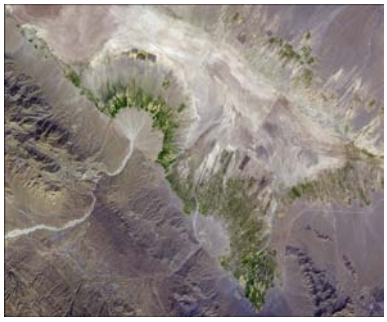
Еолови дъговидни и пръстеновидни форми на пясъчните дюни в пустинята Сахара (Фиг. 7.).

Денудационни кръгови структури

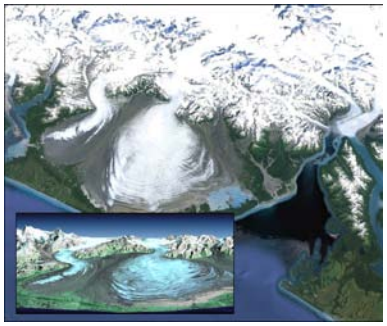
Те са представени от конусни твърдици и некове, ерозионни калдери и карстови форми.

- **Един от най-известните конусни некове** е Дяволска кула Уайоминг, САЩ (Фиг. 8а.), представлява група от некове с височина 386 m. Диаметърът на основата им е около 300 m, а на върха — приблизително 85 m. Кулата започва да се формира преди 50 милиона години, когато извираща магма се излива през пукнатините на повърхността. В течение на много години

меките скали около втвърдената магма се разрушават и откриват група от многостенни некове, наподобяващи колони. Според други теории Дяволската кула е отдавна изгаснал огромен вулкан. От върха ѝ се виждат 5 щата: Уайоминг, Монтана, Северна Дакота, Южна Дакота и Небраска. Любопитно е да се знае, че кулата е свещено място за над 20 индиански племена, някои от които и до днес практикуват своите свещени ритуали край нея.



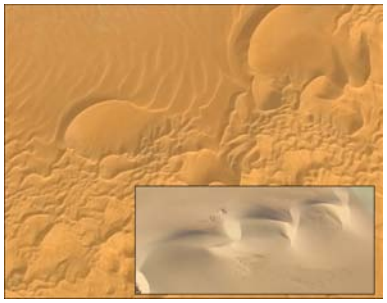
Фиг. 4.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

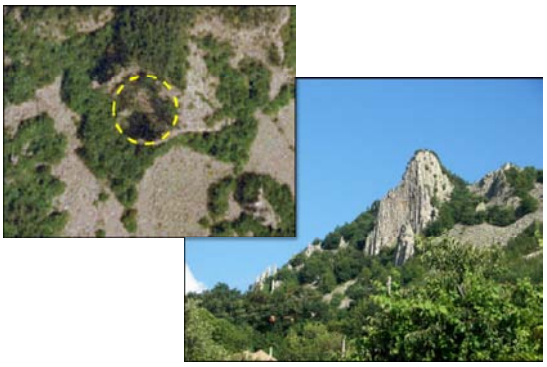


Фиг. 7.

У нас такъв представител е палеовулкана Устра – Източни Родопи (Фиг. 8б.), При разрушаване на вулканичния конус остава да стърчи като огромна колона, застиналата лава в гърлото на вулканите. Понякога това е всичко, което остава от най-страховитите и огнени ерупции след милиони години, подложени на въздействието на вятър, вода и температурни промени.



Фиг. 8а.

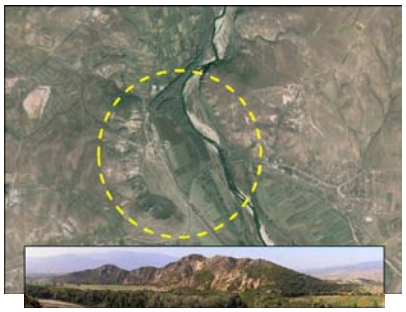


Фиг. 8б.

- **Ерозионните калдери** са характерни с това, че те са в резултат от речна ерозия. У нас най-известната е Маджаровската ерозионна калдера (Фиг. 9а.) Древен подводен вулкан, през чиито зъбери преминава река Арда, образувайки приказно ждрело и ерозионна калдера. Маджарският вулкан е с размери приблизително 17 на 11 km.



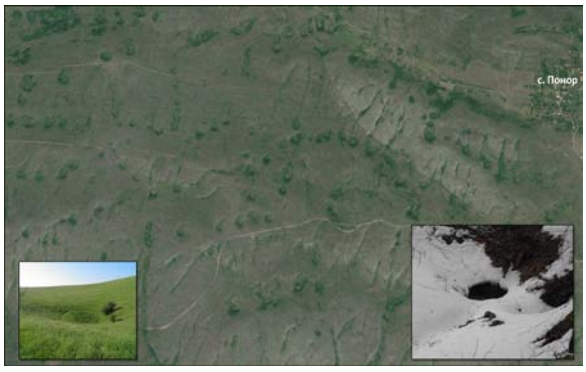
Фиг. 9а.



Фиг. 9б.

- Друга подобна структура е Кожух планина (Фиг. 9б.). Намира се в Сандански-Петричката котловина и се издига 200 m над коритото на река Струма. Кожух не е активен от близо 1 милион години. Реката Струма е еродирала овална депресия в източната част на купола, която може да се опише като ерозионна калдера. На това място извира топла минерална вода. Името му идва от народните вярвания, че прилича на наметнат кожух.

- **Карстовите форми** се отличават с по-малките си размери, но независимо от това на сателитните изображения те се очертават добре. Карстът представлява съвкупност от такива форми, образувани върху лесно разтворими и излужени скали като варовик, доломити, гипс, каменна и калиева сол и др. Карстовите форми и карстовият процес образуват едно цяло – карст. По земната повърхност обаче преобладава карстът, развит върху варовити скали, изградени предимно от калциев карбонат (CaCO) Ето защо, когато говорим за карст в геоморфологията си представяме релеф, развит върху варовити скали, варовици и доломити. Карстовият релеф, западно от с. Понор е изпъстрен с множество понори, валози и вртопи (Фиг. 14а.). Подобен, но много по-силно изразен е карстовият релеф в района на гр. Липовача, Босна и Херцеговина (Фиг. 14б.).



Фиг. 14а.



Фиг. 14б.

Ендогенни кръгови структури

Ендогенните структури са образувани в резултат от вътрешни земни сили. Те образуват едри форми на релефа и са ясно видими върху различните видове спътникови изображения. Поделени са на вулкански (ефузивни) и магмени (интрузивни).

Вулкански (ефузивни) кръгови структури.

Те са представени от *вулкански конуси, взривни тръби и калдери и атоли;*

- **Вулкански конуси** (вулканичен купол, лавово кубе) представлява вулканично образуване подобно на хълм, образувано от гъста, лепкава, бавно бликаща лава на върха на отдушника на един вулкан. Формирането се отнася към типа на съгласните интрузии, т.е. не пресича пластовете на скалите, в които се вмества. Може да се развие както в кратера на върха, така и по склоновете на вулкана, далеч от кратера. Среща се във вулканичните региони по целия свят. Някой от най-изразените са:

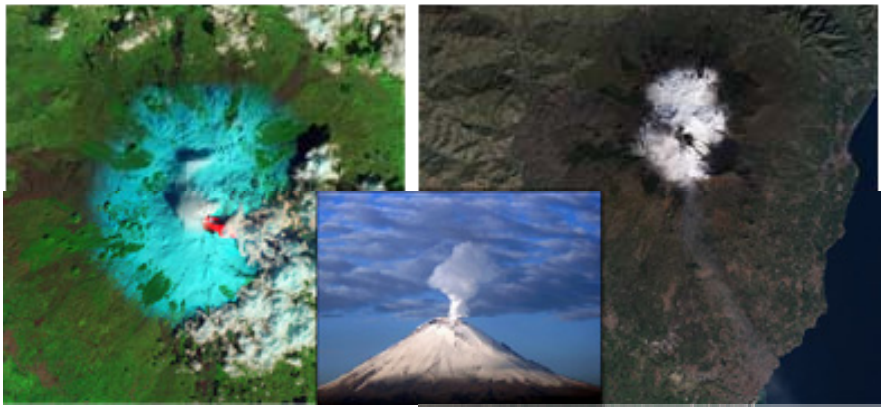
Етна (Фиг. 15а.) (на италиански - Etna) е активен вулкан в североизточната част на остров Сицилия, (Италия). Височината му е 3 323 m, т.е. той е най-високият в Европа. Изграден е от базалти. По склоновете му има над 200 кратера и лавови потоци. Възрастта му е около 300 000 г. На синтезираното изображение (в дясно) ясно се вижда поток лава (в червено).

Везувий (Фиг. 15б.) се извисява на височина 1 277 m над морското ниво, близо до Неаполитанския залив, Италия. Той е единственият активен вулкан в континенталната част на

Европа. Кратерът му е с дълбочина 217 m и обиколка 1 400 m. Диаметърът на основата му е повече от 3 km. Везувий изригвал периодично в продължение на повече от 12 000 години. Днес над кратера се издигат тънки ленти дим, а по склоновете му има пукнатини, през които прониква горещина, достатъчна да се запали лист хартия.

Попокатепетъл (Фиг. 15в.) (на испански Popocatépetl, често наричан и Ел Поп или Дон Гойо) е активен стратовулкан, част от 900-километровия трансмексикански вулканичен пояс и втората най-висока точка (5 426 m) в Мексико.

Мауна Кеа (Фиг. 15г.) е угаснал вулкан на остров Хавай. Височината му е 4 205 метра над морското равнище и е най-високата точка на щата Хавай. Ако се измери от океанската му основа в Тихия океан обаче, той е висок около 10 000 m - много повече от връх Еверест. Той е на около един милион години като последното му изригване е от преди 4 000 до 6 000 години. В момента вулканът се счита за неактивен. Площта му е 22,8 % от площта на острова.



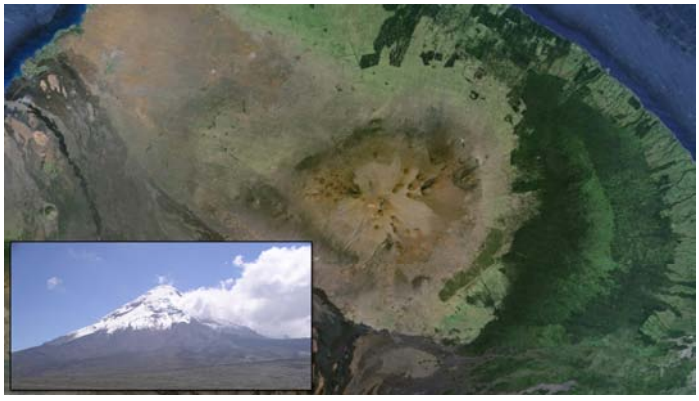
Фиг. 15а.



Фиг. 15б.



Фиг. 15в.



Фиг. 15г.

- **Взривни тръби и калдери**

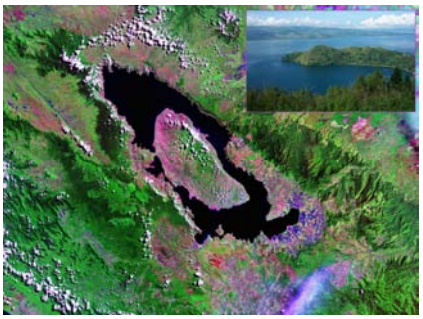
Санторини (Фиг. 16а.) - архипелагът е с вулканичен произход, известен преди всичко с катастрофалното вулканично изригване, станало там през 1400 г. пр.н.е. Преди това изригване брегова линия на Санторини е била почти правилна окръжност, получена в резултат на вулканичните изригвания, довели до образуването на острова. При изригването вулканът експлодира с такава мощ, че централната част на Санторини литва във въздуха. На нейно място се образува огромен кратер (по-точно калдера), който се запълнил с морска вода.

Калдерата Тоба (Фиг. 16б.) се е образувала преди около 74 000 години в следствие на изригване на мега вулкан. Според някои проучвания това изригване е променило климата преди хилядолетия, който е причинил ледников период на планетата ни. Предполага се, че това е най-голямата активна калдера в цял свят. Днес в нея е разположена езерото Тоба, чийто размери достигат до около 1707 km^2 площ, а на места дълбочината му е към 530 m. ***Езерото Тоба е интересен природен феномен*** . Първо, то се намира на **остров Суматра**, а не на континент, както повечето езера. Второ, неговата форма е необичайна, то е пръстеновидно. В центъра му има остров Самосир. И това е най-големият остров в света, намиращ се в езеро, което пък е нас остров. Трето и най-интересното, това е неговият вулканичен произход.

Палеовулкански кръгови структури в Източни Родопи – Звездел и Нановица (Фиг. 16в.).



Фиг. 16а.



Фиг. 16б.



Фиг. 16в.



Фиг. 17.

- **Атоли**

Великата синя дупка, Белиз (Фиг. 17.) - част от бариерната рифова система, Великата синя дупка лежи приблизително на 100 km от сушата на град Белиз. Голяма, с почти перфектна кръгла форма, с диаметър 0.4 km, тя е една от най-поразителните места за гмуркане из цялата планета. Водата е дълбока 145 m и точно дълбочината дава плътния син цвят, който кара такива образувания по цял свят да бъдат наричани „сини дупки".

Магмени (интрузивни) кръгови структури

Те са представени от единични плутони и магматични комплекси от централен тип.

- **Масивът Брандберг** (Фиг. 18а.) **е гранитна интрузия**, която представлява куполовиден масив и плато в Намибия. Той се намира в северозападната част на пустинята Намиб и обхваща площ от около 650 km^2 Най-високата точка е 2 573 m. Това е. Тя е възникнала по време на ранната креда, аргон-аргон анализите дават възраст около 132-130 Ma. Доминиращата плутононична скалата е еднородна среднозърнест биотит-амфибол гранит.

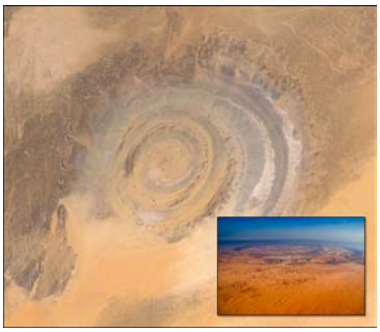
Структурата Ришат (Richat) (Фиг. 18б.) е геоложко образувание, наричано още заради характерната си форма „Окото на Сахара". Намира се в Мавритания, насред Сахара, близо до град Уадан, на надморска височина между 400 и 450 m. Представлява концентрични кръгове с диаметър около 50 km, изградени от варовик и палеозойски кварцити. Разликата във

височината на пръстените е около 40 метра (кварцитовите са по-високи). В центъра се намира гигантски конгломерат с диаметър около 1.5 km.

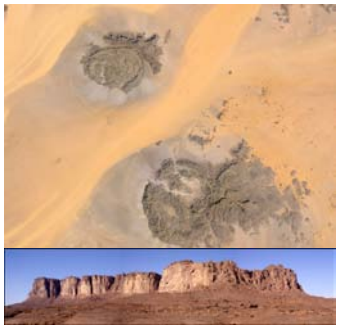
- **Структурата Джавер Ювайнет** (Jebel Uwaynat) (Фиг. 19.), Судан/Египет/Либия е **геоложки магматичен комплекс**. Структурата е разкрит на повърхността древен гранит, проникнал в докамбрийски метаморфити, които оформят заедно елиптични пръстеновидни фрактури. Гранитът е по-устойчив на ерозия от метаморфитите, които по-бързо се ерозират. Структури от този вид са често срещани в Судан и Египет, те са образувани преди 700 милиона години по време на т. нар. панафриканско събитието, което засегна голяма част от Северна Африка.



Фиг. 18а.



Фиг. 18б.



Фиг. 19.

Антропогенни кръгови структури

Тези структури са в резултат от човешката дейност. Поделени са на *съвременни* и *археоложки*.

Съвременни кръгови структури.

Към съвременните кръгови структури спадат голям брой от кръгови квартали и населени места, кръгови детелини и сгради, изкуствени острови, кариери и открити рудници, напоителни съоръжения и др.

- **Квартал** в Сидни (Фиг. 20а.), Австралия и в Абу Даби (Фиг. 20б.), Обединени арабски емирства.

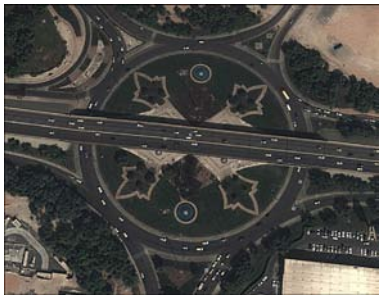


Фиг. 20а.



Фиг. 20б.

- **Кръгово кръстовище** на пътя за летището в Абу Даби (Фиг. 21а.), Обединени арабски емирства и в София (Фиг. 21б.).



Фиг. 21а.



Фиг. 21б.

- **Има изградени много кръгови сгради по света, но стадионите са едни от най-впечатляващите.**

Стадион "1-ви май Рунгардо", Пхенян, Северна Корея (Фиг. 22а.). Стадионът е най-големият в света. Капацитетът му е 150 000 зрители и на него освен мачове се провеждат и мащабни мероприятия.

Стадиона Маракана, Рио де Женейро (Бразилия) (Фиг. 22б.) Стадионът е построен за световното футболно първенство през 1950 г. Тогава капацитетът му е 200 000 места, но през 1990 г. е намален на 73 916 места. В момента е 9-ят най-голям стадион в света.



Фиг. 22а.



Фиг. 22б.

Изглед към националната **ускорителна лаборатория „Енрико Ферми“** Фермилаб (Fermilab), САЩ (Фиг. 22в.). Теватронът (пръстенът в дясно) и пръстенът - инжектор – в ляво. Водните площи служат за охлаждане.

Площад Свети Петър (на италиански: Piazza San Pietro), Ватикана (Фиг. 22г.) е разположен непосредствено пред базиликата „Св. Петър“ във Ватикана. Свободното пространство пред базиликата е проектирано от Джовани Лоренцо Бернини от 1656 до 1667 г. под ръководството на папа Александър VII.



Фиг. 22в



Фиг. 22г

- **„Палмовите“ острови в Абу Даби** (Фиг. 23)**,** Обединени арабски емирства Палмовите острови са 3 строящи се изкуствени острова в Персийския залив, близо до град Дубай в Обединените арабски емирства. След завършването им ще бъдат 3-те най-големи изкуствени острова в света. Всеки от тях има формата на палма. Целта на изграждането им е построяването на жилищни и хотелски сгради, както и увеличаването на дължината на плажната ивица. Строителството на първия остров (Джумейра) започва през 2001 г., а на втория (Джебел Али) - през 2002 г. те завършени в края на 2007 г. Третият и най-голям остров (Дейра) е започнат през 2004 и завършен през 2009 г.



Фиг. 23

- **Кариера за добив на диаманти - кимберлитова тръба „Мир“, Якутия** (Фиг. 24а)**,** Русия. Добиват се диаманти в момента. Външният диаметър е 1200 m, а дълбочина 525 m.

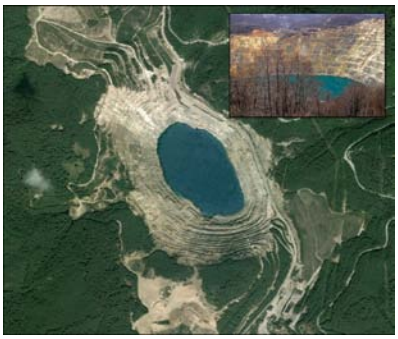
Открит рудник „Асарел“ (Фиг. 24б) Първата копка на рудник „Асарел” е направена на 7 май 1976 г.и **открит рудник „Медет“** (Фиг. 24в) **с** обща площ на находището е 50 км^2. Строителството на открит рудник „Медет” започва през 1961 г. Ликвидиран, поради изчерпване на запасите в кариерата през февруари 1994 г.



Фиг. 24а



Фиг. 24б

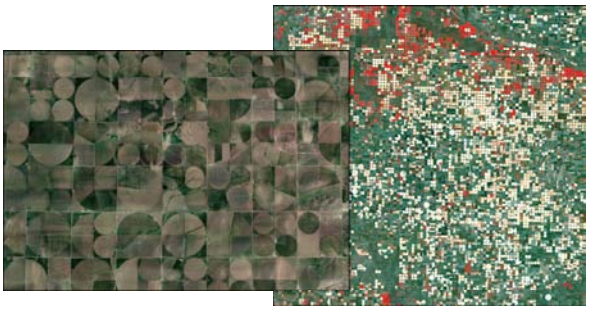


Фиг. 24в

- **Напоителни съоръжения в близост до гр. Табук, Саудитска Арабия** (Фиг. 25а) **и в *Garden city,* Канзас, САЩ** (Фиг. 25б)**.** Червени кръгове на синтезираното изображение показват по-здравите и силни растения в градините.



Фиг. 25а



Фиг. 25б

Археоложки кръгови структури

Те са представени от крепостни останки и кули, религиозни конструкции и овални сгради.

- **Село Брох Гурнес** (Фиг. 26а) северозападното крайбрежие на континенталната част на Оркни в Шотландия. Останките от централната кула са до 3.6 метра високи, а каменните стени са до 4.1 метра дебели.

Крепостта Царевец (Фиг. 26б) е разположена край самия център на град Велико Търново. Тя е била главната българска крепост по време на Второто българско царство (1185-

1393 г.), когато Търново е столица на царството. През Средновековието хълмът, на който е ситуирана, е изцяло застроен с жилищни и административни постройки.



Фиг. 26а



Фиг. 26б

- **Карановската селищна могила** (Фиг. 27а) е разположена в подножието на последните разклонения на Сърнена гора, в северозападния край на село Караново, отстоящо на около 10 km от град Нова Загора. Простира се на площ от 24 дка, висока е 13 m, дълга - 250 m и широка - 150 m. Могилата, макар и да е разкопана само частично (около 1 700 m^2), представя голяма част от Българското археологическо богатство. Могилата е открита при разкопки през 50$^{-те}$ години на XX в. И е една от най-старите в Европа.

Стоунхендж (Фиг. 27б) е най-известният мегалитен паметник в света — комплекс с диаметър около 100 m. Намира се в средата на равнината Солсбъри в графство Уилтшър, Великобритания. Строителството на рова и землената част е датирано около 30 век пр. Хр., а на каменното съоръжение към 24-21 век пр. Хр.



Фиг. 27а



Фиг. 27б

- **Колизей е овална сграда** (Фиг. 28а) и най-великолепният от амфитеатрите в древен Рим, започнат от Веспасиан между 70 И 72 г. и завършен през 80 г. от Тит, като някои допълнителни промени са направени по времето на Домициан. Колизеят остава един от главните символи на Римската империя и нейните инженерни постижения.

Античният театър (Фиг. 28б), гр. Пловдив е сред най-добре запазените антични театри в света. Зрителните места на театъра са ориентирани на юг - към античния град в низината и планината Родопа. В план театърът е полукръг с външен диаметър 82 m.



Фиг. 28а



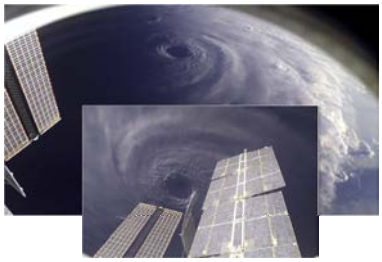
Фиг. 28б

Климатични кръгови структури

Климатичните се образуват от облачни завихряния в атмосферата, поради което те биват *атмосферни*. Поделят се на урагани и циклони и тайфуни.

- Космическо изображение на **урагана „Иван“** (Фиг. 29а), един от най-силните урагани в историята, заснето на 11 септември 2004 г. от борда на Международната космическа станция.

Окото на **урагана „Катрина“** (Фиг. 29б) се очертава ясно и се вижда как приближава крайбрежието на Мексиканския залив, 28 август 2005.



Фиг. 29а

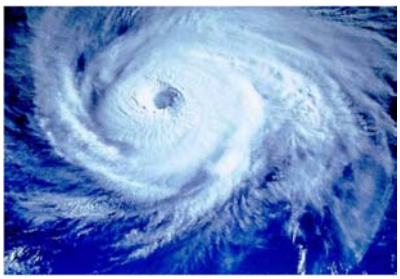


Фиг. 29б

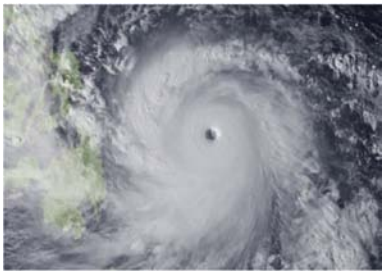
- Мощният **тайфун „Меги”** (Фиг. 30а) връхлетя северната част на Филипините на 18 октомври 2010 г.

Най-мощния за 2013 **тайфун „Хайян”** (Фиг. 30б) удари източното крайбрежие на Филипините на 8 ноември 2013 г.

Супер **тайфуна „Йоланда“** (Фиг. 30в) над Филипините на 11 октомври 2013 г.



Фиг. 30а



Фиг. 30б



Фиг. 30в

Заключение

Кръговите структури на земната повърхност са едни от най-интересните структури. Те са видимо изразени, както в релефа, така и на сателитните изображения. Единствено климатичните кръгови структури са намират в атмосферата и оформят спираловидно-кръгови форми. Всички структури са видимо ясно отличими и добре се подчертава тяхното класификационно отнасяне.

Литература:

1. К а ц, Я., А. Т е в е л е в, А. П о л е т а е в, 1988. Основы космической геологии. Москва, Изд. Недра, 235 с.
2. К а ц к о в, Н., Х. С п и р и д о н о в, 1990. Типове кръгови структури и тяхното значение за търсенето на минерални суровини. - В: Методи и технологии за търсене на минерални суровини. Том 1, С., Техника, с. 46-52.
3. М а р д и р о с я н, Г., 2003. Аерокосмически методи в екологията и изучаването на околната среда, Част 1 – Методи и средства за дистанционно аерокосмическо изучаване на Земята, Акад.Изд. „Проф. Марин Дринов”, С., 208 с.
4. С п и р и д о н о в, Х., Ф. Р и в е р о, 1978. Дешифрирование кольцевых морфоструктур на самолетных снимках Родопского масива, Проблеми на географията, 2, с. 56-64.
5. С п и р и д о н о в, Х., 1999. Кръгови морфоструктури в Средногорието. Книга, С., Академично издателство “Проф. М.Дринов”, 270 с.
6. С п и р и д о н о в, Х., Г. Ж е л е в, 1999. Геолого-геоморфоложко дешифриране на вулканогенни структури с помощта на космически снимки, Проблеми на географията, Кн.5-6, с. 89- 95.
7. http://bg.wikipedia.org/wiki/
8. http://www.passc.net/EarthImpactDatabase

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ДИСТАНЦИОННИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ГИС В ОБУЧЕНИЕТО ПО ГЕОГРАФИЯ И ИКОНОМИКА В ПРОГИМНАЗИАЛЕН ЕТАП

Тихомир Алексиев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

Ключови думи: *обучение по география, дистанционни изследвания, ГИС*

Резюме: *В съвременният етап от развитието на географското познание все повече нараства ролята на дистанционните аерокосмически изследвания и геоинформационните системи. В същото време информационните технологии все повече навлизат в образованието, както и в ежедневието на младите хора. Тенденциите в науката и ежедневното споделяне на информация навлизат трудно в класните стаи по география. Този доклад има за цел да предложи някои идеи за това как цифровите технологии и дистанционните аерокосмически методи могат да повишат ефективността на обучението по география в училищата, чрез завишаване на интереса към предмета, повишавайки качеството на визуалните материали и включвайки в обучението любимите дигитални устройства на учениците.*

USING REMOTE SENSING METHODS AND GIS IN GEOGRAPHY AND ECONOMICS EDUCATION IN SECONDARY- SCHOOL

Tihomir Aleksiev

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

Keywords: *education in geography, remote sensing, GIS*

Abstract: *In contemporary stage of development of the geographical knowledge the role of remote sensing and geo-information systems is growing. At the same time information technologies are more and more used in education and young people's everyday life. Development in science and daily information sharing hardly enters the geography classrooms. This report's purpose is to present some ideas of how digital technologies and remote sensing methods can be used in geography education in schools for rising interest of this subject as well as increasing the quality of visual presentations, introducing students' favorite digital devices in education process.*

Въведение

Едва ли можем ли да си представим развитието на съвременната география и останалите науки за земята без дистанционните аерокосмически изследвания и географските информационни системи. Те дотолкова са променили количеството, качеството, мащабът, възможностите за интерпретация и систематизация на географската информация, че на практика бележат нов етап в развитието на географската наука. Създадоха се нови научни направления в географията, технологизираха се традиционните. Логично е да се очаква, че тези промени да намерят своето отражение в областта на географското образование. Започвайки от университетските програми, където се подготвят бъдещите изследователи, ДИЗ и ГИС започнаха да променят и обучението по география. В САЩ, Канада, страните от Западна Европа и Източна Азия новите направления и техните методи намериха в различна степен място и в обучението на учениците в гимназиалния и прогимназиалния етап на училищното образование. Доколко обаче обучението по география в България предоставя възможност на учениците да се ползват от най-новите достижения на науката? Подготвени ли са учителите да

организират внедряването дори на най-достъпните възможности за съвременно географско обучение? Какви са тези възможности? Това са въпросите, на чиито отговори надяваме се ще подобрят съществено условията за обучение по география на учениците в България.

Връзка с когнитивното развитие

Според съществуващата в Република България законова рамка обучението по предмета география и икономика започва в пети клас, който е първия прогимназиален. Първите теми от географския цикъл се появяват още в началните класове, особено в четвърти клас на началния етап, където учениците се запознават с някои регионални особености на географията на България, в часовете по учебния предмет човекът и обществото. Формирането на уменията и нагласите за учене, необходими за успешното овладяване на учебния материал и достигането на целите на обучението по география е необходимо да започне далеч по-рано. Важни за изграждането на тези умения е да бъдат съобразени с възрастовите особености в интелектуалното развитие на децата. В тази връзка от значение за успешното изучаване на географията са още първите дни в детската градина и началното училище. Въпреки, че темата на доклада засяга основно въпроса за приложенията на ДИЗ и ГИС в обучението по география в прогимназиалния етап, не можем да пропуснем изграждането на фундаменталните способности за разпознаване и възпроизвеждане на образи, описанието на изображения, работата с посоки, ориентация в пространството и техническите умения за работа с дигитални устройства.

Съгласно теорията на Жан Пиаже за когнитивното развитие се различават четири стадия в изграждането на детския интелект – сенозомотрен, предоперационален, стадий на конкретните операции, стадий на формалните операции. Етапът на началното образование съвпада с третия стадий, а четвъртия с прогимназиалния етап. В началните класове учениците започват да боравят с абстрактни понятия като цифри и букви, като от тях се очаква да ги използват по начин подобен на възрастните. Това става преждевременно и в повечето случаи по неподходящ начин. В същото време се пренебрегва огромния потенциал на децата в тази възраст да запомнят и разпознават образи, както и да отчитат промените в тях. Според теорията на Масару Ибука за ранното детско развитие способността за сигурно запаметяване и разпознаване на образи се проявява още в първата година след раждането на детето. В същото време съгласно теорията за когнитивното развитие формалните операции, които изискват развито абстрактно мислене са подходящи за използване в обучението след 11-12 годишна възраст. Можем да направим извода, че образът на Земята, континентите, океаните, родината и другите географски обекти е разпознаваем и лесен за запомняне от детското съзнание, докато множество понятия, с които е изпъстрено учебното съдържание са неясни и сложни преди четвъртия стадий на формалните операции. Началните учители би трябвало да насочат усилията си към запознаване и запаметяване на карти, сателитни изображения и триизмерни визуализации. В същото време в часовете предвидени за творчески дейности учениците в началните класове биха могли да се да рисуват или възпроизвеждат обемно, чрез инсталации формите, и очертанията на географските обекти. Биха могли да посочват основните им характеристики, като сравнителна големина (Азия е по-голяма от Австралия), цвят (пустинята се различава от екваториалните гори) и други характеристики. Предимство на образите пред абстрактните понятия е, че са приложими за работа с деца, които не владеят добре български език. В началния етап би трябвало да се изградят и уменията за ориентация в пространството. Уменията на съвременните деца за боравене с дигитални устройства са забележителни. Таблетите и смартфоните са все по-достъпни и с тях се борави все по-интуитивно. Така подготвени децата ще могат успешно да навлязат в света на географията, който все повече се променя под влиянието на технологиите.

Предизвикателства и възможности за внедряване на ГИС и ДИЗ в училище

Съвременните технологии в географията могат да предложат множество подобрения в обучението по география, а това да доведе до множество ползи и за самата наука:

1. Популяризиране на науката сред децата, повишавайки интереса към предмета чрез атрактивни, интерактивни и технологични методи. Това би довело до качествена ранна подготовка на бъдещи изследователи.
2. Повишаване на ефективността на обучението по география, отразявайки по-пълно напредъка на науката и прилагайки достиженията на съвременните изследвания.
3. Повишаване на качеството на планиране на уроците от учителите и подготвените материали, чрез визуализации и използване на ГИС.

4. Повишаване на квалификацията на учителите по география и мотивацията им за професионално развитие. Повишен трансфер на професионалисти между двете основни сфери на познанието – научни изследвания и образование. За да се постигнат тези резултати е необходимо да се изследват както съществуващото ниво на преподаването по география в училищата, така и възможните механизми за внедряване на ДИЗ и ГИС.

Важен аспект определящ състоянието на образованието по предмета са нормативните документи, които уреждат обучението по география. Основа на учебните програми са държавните образователни изисквания (ДОИ), които учениците трябва да покриват в края на съответния обучителен етап. Според ДОИ за предмета география и икономика, по ядро на учебното съдържание „източници на географска информация и работа с тях" от всеки ученик в XII клас се очаква да „Познава възможностите на географските информационни системи ГИС и практическото им приложение в живота." ГИС и дистанционните методи за изследване на земята не са предвидени „за познаване" на прогимназиален етап. Формулировка на ДОИ не предвижда реализирането на определена измерима цел на обучението и не уточнява какво се крие зад „познава възможностите на ГИС". Посочените особености на ДОИ, рефлектират и при създаване на учебните програми. С програмите се затвърдява описателно-разказвателния стил на преподаване и учене - факт, който е в противоречие с постановките на международните документи за географско образование. Все пак ДОИ регламентират единствено образователните минимуми, така че на учителите се оставя възможността да изведат учениците си по-близо до тенденциите на съвременната географска наука. Доколко те са способни на това е друг въпрос. Добра насока във връзка с това е провеждане на едно проучване за нивото познаване и използване на ДИЗ и ГИС от учителите по география.

Важна характеристика на българското общо образование, която въздейства качеството на образованието и възможността за внедряването на иновации е средната възраст на учителите. Според „Национална стратегия за развитие на педагогическите кадри" делът на учителите под 35 годишна възраст е 9,9%, а на тези, които са на възраст на 55 и повече години е 29,3 %. Без да имаме сигурни данни за средната възраст на учителите по география, можем да приемем, че тя надвишава 50 години, каквато е общата средна възраст на учителите в България. Макар и условни тези данни показват, че голяма част от учителите в България са завършили своето висше образование, преди обучението по ГИС да бъде внедрено в университетските програми. В геолого – географския факултет на Софийския университет е създадена първата специализирана катедра по ГИС за студенти по география през 2002 г. С това започва и практическото обучение на студентите и бъдещите учители по география в тази дисциплина, която изисква много повече умения, отколкото теория. Тревожната тенденция посочена в цитираната стратегия е към повишаване на средната възраст на учителите. Сегашният кадрови състав на учителите по география не може да осигури внедряването на достиженията на ГИС и ДИЗ в училищното образование, поне на сегашното си равнище в тези области.

В същото време много може да се направи за повишаване на квалификацията на учителите. За това е необходимо да се анализират връзките между различните образователни и научни институции. Тази връзка е йерархична, като отразява последователните етапи в образованието училище, университет, научен институт. Висшите училища обучават географи с професионална квалификация учител. Преподавателите във ВУЗ са преобладаващата част от колективите, които създават учебниците. От своя страна училищата осигуряват възможност за педагогически стаж към университетските програми. От училищата, учителите и учениците не се търси обратна връзка за качеството на учебниците, нито за качеството предоставената педагогическа подготовка на учителите. Училищата са потребители, чиито възможности за въздействие върху системата са сведени до минимум. В същото време географите, които попадат в научните звена за дистанционни изследвания на земята и ГИС се обучават в същите университети, независимо дали са завършили педагогически модул. Ясно е, че научните звена имат еднопосочни интереси от качествени кадри с училищата. Така университетите се оформят като посредник и ключово звено с максимално въздействие в системата, осигурявайки кадри за другите две звена. Недостатъците в университетското обучение се мултиплицират многократно в другите нива. Съществува потенциал да се изгради една равнопоставена система (Фиг.1), в която прякото взаимодействие между научните звена и училищата ще даде възможност да се коригират някои съществени недостатъци в подготовката на ученици, учители и научни кадри. Тук е необходимо допълнително сътрудничество между научните и образователни институции, които осигурявайки стажове и допълнително обучение на студентите в научните звена биха повишили качеството на подготовката, както на своите бъдещи научни работници, така и на бъдещите специалисти в обществения и частен сектор, и разбира се на учителите. Тук би трябвало да се включат и самите ученици най-малко по две причини. Първо за да се повиши интереса на децата към науката и да им се представи научната работа като кариерна

възможност. Също така, за да се предостави възможност на учителите и научните работници да разработват иновативни образователни програми в реална обстановка в летни училища или под друга подходяща форма. Положителна стъпка в тази посока е организираният и провеждан в Института за космически изследвания и технологии към БАН ден на отворени врати. За съжаление, това не е достатъчно и е необходимо да се търси задълбочаване на взаимодействието между всички страни в процеса.



Фиг. 1

Друго необходимо условие за прилагането на дистанционните изследвания и географските информационни системи е техническото оборудване и използването на ИКТ (информационните и комуникационни технологии) на кабинетите и класните стаи. Съгласно „Люцернска декларация за географско обучение за устойчиво развитие" Комисията по географско обучение на Международния географски съюз насърчава академични дискусии и обмен на изследователски резултати, свързани с използването на ИКТ в географското обучение. Широко приложение имат компютрите, мултимедийните прожектори, интерактивни дъски и достъпа до интернет. Те позволяват визуализация, проверка на разбирането, оценка на напредъка, възлагане на учебни задачи, дидактични игри. В българските училища, през учебната 2011-2012 г. на един компютър се падат 15 ученика при средно за ЕС 7 ученика на компютър. Това изоставане се дължи донякъде и на политиката ИКТ да се използват в специализирани компютърни кабинети. Не съществува разпоредба класните стаи да се осигуряват с компютър или лаптоп, свързан и интернет, и мултимедиен прожектор, макар че в някои училища съществува подобно оборудване и в класните стаи и кабинетите. Другата страна на въпроса е умението на учителите да боравят ефективно с ИКТ. Според законодателството на Република България висшите учебни заведения са автономни. По тази причина не съществува законово условие учителите, които се обучават там да минават задължително обучение по ИКТ. Проучването на уменията за работа на учителите с ИКТ ще даде възможност да се види какви мерки са необходими за повишаването компетенциите в тази сфера, а също да служи за нуждите на атестацията на учителите. Проучването на информационните технологии в училище показват една интересна тенденция, според която 40% от осмокласниците използват личния си телефон за образователни цели. Таблетите и смартфоните предлагат големи възможности, особено при домашни задания и извънкласни дейности. Те имат възможности за GPS навигация, достъп до интернет и възможност за трансфер на информация с учителя и проучване за домашни задания и проекти. Много директори постановяват пълни забрани за внасяне на мобилни устройства в сградата на училището, а за учебните часове съществува законова такава. Тази позиция заслужава да се преосмисли, защото образование чрез забрани е концепция характерна за тоталитарните общества, но по-важното е, че тя не е ефективна.

По отношение на софтуера, необходим за работа в класната стая и за подготовка на уроци, ограниченията отново са предимно в по отношение на квалификацията и мотивацията

на учителите. Съществуват достатъчно свободно достъпни софтуерни програми за работа с ГИС и аерокосмически изображения, като ArcVeuw, SPRING, MultiSpec, GRASS, както и множество други. За нуждите на планиране на уроци по география те имат достатъчни функционалности. В помощ на учителите са и множество интернет сайтове са образователна насоченост, като най-добри възможности осигуряват NASA Kids' club и Space for educators на Европейската космическа агенция (ESA). ESA провежда състезание за сателити,проектирани от деца 5-8 клас, изработени с използване на рециклирани материали. Интересна възможност за интерактивно преподаване, включващо изображения, карти, игри, свързани към мултимедия дава ENVISION. Този разработен в България продукт позволява към един компютър, управляван от учителя да се включат множество мишки, чрез които учениците да отговарят на въпроси, посочвайки отговора или локализирайки правилно географски обект, изобразен чрез прожектор. Този продукт успешно се съчетава с достъпни сателитни изображения. Резултатите на учениците се виждат единствено от учителя на екрана на неговия компютър и не компрометират обратната връзка към учителя.

Заключение

В заключение можем да отбележим, че внедряването на ГИС и ДИЗ в обучението на география е изправено пред няколко предизвикателства:

1. Включването на постижими и измерими цели в Държавните образователни изисквания, постановяващи постигането на компетенции и умения от учениците за работа с геопространствена информация, още в прогимназиален етап.

2. Повишаване на квалификацията на учителите и уменията им за работа с ИКТ, географски информационен софтуер и он-лайн базирано обучение.

3. Оптимизация на материално-техническата база в училище, позволяваща разгръщане на обучение, изграждащо съвременни географски, дигитални и комуникационни компетенции учениците.

Тези предизвикателства са в същото време и необходими условия да предоставим на учениците образователен продукт, съответстващ на съвременното равнище на географските изследвания в света.

Литература:

1. А н г е л о в а – Г а н ч е в а, Д. Географското образование в средното училище в контекста на националната програма за развитие на училищното образование и предучилищното възпитание и подготовка (2006-2015 г.)
2. И б у к а, М. След три е вече късно
3. Люцернска декларация за географско обучение за устойчиво развитие – 2007 г.
4. Национална стратегия за развитие на педагогическите кадри – 2014 г.
5. П и а ж е, Ж. Увод в генетичната епистемологи
6. Учене и иновативност чрез информационните и комуникационните технологии в европейското училище – 2011

Session 4

Ecology and Risk Management

Chairman: Prof. Garo Mardirossian
Secretary: Tsveta Srebrova, MS

KINEMATIC MODELS AND APPLICATIONS FOR THE EARLY WARNING SYSTEMS – EARTHQUAKES AND TSUNAMIS

Boyko Ranguelov[1], Ivan Parushev[1], Garo Mardirossian[2], Edelvays Spassov[3], Atanas Bliznakov[4]

[1]Mining and Geology University, Sofia, Bulgaria,
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[3]Kinemetrics
[4]NBU
e-mail: branguelov@gmail.com

Kew words: *Early warning, kinematical models, earthquakes, tsunamis*

Abstract: *The kinematical models about seismic and tsunami early warning systems are developed using the standard methodology of the travel times for seismic S and P waves as well as for the tsunamis travel times. For both types the travel times of the P, S, and S-P seismic waves are calculated. These calculations can be used by the local authorities, decision makers and other responsible institutions (like Civil Defense, Administrations, etc.) for the development of a SEWS providing resilience of the infrastructure and population in case of strong earthquake occurring anywhere. Several models of the travel times of tsunamis propagation trough the Adriatic Sea have been used. The travel tames from some seismogenic sources in the Black Sea also show the time limitations for the warning issue. Both needed complex hardware for the effective operation. The decision matrix is suggested using all available hardware for the marine hazards observations. Some practical considerations are presented about the organization of a SEWS and TEWS, using the existing seismic networks or creation the own infrastructure of these early warning systems.*

КИНЕМАТИЧНИ МОДЕЛИ И ПРИЛОЖЕНИЯ ПРИ СИСТЕМИТЕ ЗА РАННО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ – ЗЕМЕТРЕСЕНИЯ И ЦУНАМИ

Бойко Рангелов[1], Иван Парушев[1], Гаро Мардиросян[2], Еделвайс Спасов[3], Атанас Близнаков[4]

[1]Минно-Геоложки Университет
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[3]Кинеметрикс
[4]НБУ
e-mail: branguelov@gmail.com

Резюме: *Системите за ранно предупреждение при земетресения и цунами са практически приложения на най-напредничавите постижения на съвременните науки за Земята. Всички сеизмични системи се основават на едно фундаментално свойство на сеизмичните вълни: P - вълните (с по-малки амплитуди и по-малък разрушителен потинциял) се разпространяват в твърдите среди със скорост приблизително 1.71 пъти по-бързо от S – вълните (с няколко пъти по-големи амплитуди и благодарение на свойството частичките на средата да трептят в перпендикулярна посока на разпространение на вълните имат значително по-голям разрушителен потинциял. Всички системи за предупреждение от цунами се основанват на разликата в скоростите на разпространение между сеизмичните вълни и цунами вълните.*
Няколко специфични кинематични модела се използвани, като е създадена матрица на решенията включваща:
- *Сеизмична система за ранно предупреждение от типични земетръсни огнища*
- *Система за ранно предупреждение от цунами генерирани в Адриатическо и Челно море*

Introduction

The seismic early warning systems (SEWS) and tsunami early warning systems (TEWS) are the world innovative product. Heavy earthquakes and tsunamis occurred in Japan (2011), Sumatra (2004), Chile (2010, 2014), Solomon Islands (2014), etc. These earthquakes and the following tsunamis demonstrated clearly the need of Seismic and Tsunami Early Warning systems. Up to now – only Japan has fully operative and effective SEWS introduced in operation in 2007. Its efficiency was demonstrated during the M9 earthquake on 11th March, 2011. All TEWS are based on the time differences between the propagation velocity of the seismic and the tsunami waves which differ in the range of 10^2 to 10^4 of seconds. During the last years SEWS and TEWS have been on focus in Bulgaria. Many projects related to this issue have been executed. Several very peculiar cases and kinematic models have been developed in two directions:

- The SEWS about two typical cases – Vrancea and Pernik seismic sources
- The TEWS about a case of the tsunami sources located near the Bulgarian Black Sea coast.
- A combination of TEWS and SEWS developed for Venice.

Theoretical basics

The typology of the Early Warning Systems (EWS) working in the real time mode could be systemized in two big groups:

- Seismic EWS (SEWS) – working in the time domain of seconds to tens of seconds (very rare to minutes) and
- Tsunami EWS (TEWS) - effective in the time domain of minutes to hours.

The TWES such like the transoceanic tsunamis required (for example PTEWS and ITEWS – located in the Pacific and Indian oceans) time of warning issue between hours and days. All known SEWS are based on the fundamental physical property of the seismic wave's propagation: the P-waves (with lower amplitudes and smaller destructive potential) travel approximately 1.71 times faster then the S waves. The S-waves do not propagate trough liquids.
The range of the Vs and Vp according the theory is $2^{-1/2}$
The equation

(1) $Vp/Vs = 2^{-1/2}$

is the fundamental relationship on which the kinematic SEWS are functioning. This relationship always exists in the solid ideal body and is an immanent property of any ideal elastic medium. The travel time function is the main relationship, which is used to calculate the kinematic models of the SEWS. The main principle of the SEWS requires longer time propagation from the seismic source to the threaten territory, which means longer distance. This time (t_p-t_s) is called "warning time" and presents the difference between the P and S waves arrivals to the threaten object. The TWES are based on a similar relationship but in the two mediums – water and the solid Earth. The time difference between the tsunami and the seismic waves can reach the range of 10^2 to 10^4 of seconds. The important peculiarity of the tsunami waves is that they are moving with very low amplitudes (not larger then few meters – in the extreme cases) and very low frequencies (long lengths of about tens to hundreds of kilometers) in the open ocean, where they propagate with higher velocity (between 800 and 1 000 km/h).

Kinematic models for Bulgaria. Tsunami Early Waning System (TEWS) in the Black Sea

The projects related to the TEWS have been developed during the last years – like ESNET, MARINEGEOHASARD, etc. All of them are closely related to the seismic generation of the tsunamis they have as main component a complex equipment – for seismic (on land and in the sea) monitoring and the sea complex stations. As the MARINEGEOHASARD Project is the only one related to the hardware establishment and is intended to act as a real time warning system here only this case is under discussion. (Ranguelov et al., 2011). The MARINEGEOHAZARD Project represents the first major initiative to address in an integrated and coordinated manner the establishment of a geohazard early-warning system for the Black Sea**.** General objective of the Project is - Implementation of an integrated early-warning system accompanied by a common decision-support tool, and enhancement of regional technical capability, for the adequate detection, assessment, forecasting and rapid notification of natural marine geohazards of risk to the Ro-Bg Black Sea cross-border area. The modeling (Ranguelov, 2010) of the travel times using most conservative model shows that the time interval that tsunami can reach the coast is between 20 and 40 minutes. This time is very limited to any safety measures. Thus is shown that the intended TEWS in the black sea (Romania-Bulgaria border region) is really time deficit system. – Figure 3.

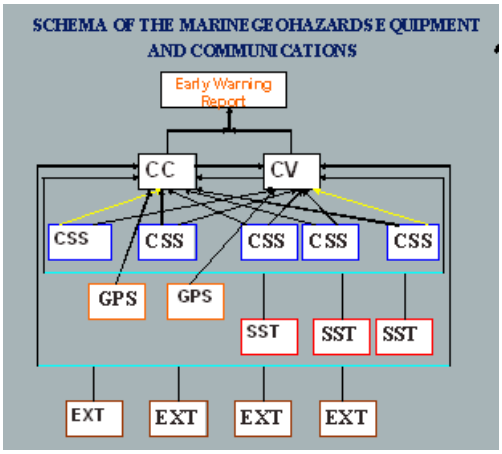


Fig. 1. Main components of the TEWS according the MARINEGEOHASARD project
CC – Centre Constanta, CV – Centre Varna (Both Centers are equivalent in their operational activities)
LEGEND: CSS – Complex Sea Station, SST – Strong motion Station, GPS – GPS Station, EXT – Extensometer Station, SAT – Satellite communication (yellow), INT – Internet Communication (blue)

To create the correct precalculated kinematics models, the virtual (closer to the reality) seismic sources, with their respective parameters have been selected (Ranguelov, 2010). The travel time of a tsunami front is between 20 and 30 minutes to the nearest sea coast.
During the efforts to make such a system operational in a real time mode special investigations were performed to establish a Decision Matrix (DM) before warning issue. – Figure 2. The main focus of this research was to incorporate all the available equipment deployed on land and in the sea. The main hardware components included in the system are as follows (Ranguelov, 2014):

- SMD – strong motion devices (detect strong motions generated by)
- SMD and local/regional seismic networks (BG,ROM) (provide earthquake parameters determination
- Complex Bottom Stations (CBS=OBS+DART) (detecting the tsunami generation)
- GPS networks: Bulgaria (5 stations), Romania (13 stations);
- EXT – Extensometers networks (Bulgaria local network)
- The two data centers – Varna and Constanta

SMD	CBS	GPS		EXT		Tsun warning
green	green	green	red	green	red	green
orange	green	green	red	green	red	green
red	green	green	red	green	red	orange
green	orange	green	red	green	red	orange
orange	orange	green	red	green	red	red
red	orange	green	red	green	red	red
green	red	green	red	green	red	red
orange	red	red		green	red	red
red	red	red		red		red

Fig. 2. Decision Matrix for the tsunami warning – three levels of alert

Local seismogenic and tsunamigenic conditions are considered about the combination of the seismic and tsunami warnings (Ranguelov, 2011):

Seismic early warning system – Bulgaria applications

Kinematic model for the Bulgaria seismic sources

During the last years several projects related to the SEWS have been executed (DACEA, SIMORA – still active, etc.). The Bulgarian kinematic model for SEWS is developed in (Ranguelov, 2013). To build up such kinematic model several seismic sources are outlined (these are coinciding with the approximate locations of the real earthquake sources on Bulgarian territory) and presented to the

Table 1. Parameters of the main seismic sources in Bulgaria

№	Seismic source	Coordinates		Depth
		φ [E]	λ [N]	[km]
1	Sofia	23°20'00''	42°40'00''	10
2	Kresna	23°10'00''	41°50'00''	10
3	Plovdiv	25°00'00''	42°10'00''	10
4	G.Oriahovica	25°50'00''	43°10'00''	10
5	Shabla	28°30'00''	43°30'00''	10

Then the kinematic model used the travel time's curves of S and P waves and their differences (Figure.3.) to calculate the respective times. To model the coverage of each wave phase isochrones diagrams are constructed dependent to the distances. – Figure.3. The implementation of the methodology related to the main Bulgarian seismic sources shows the time intervals between 5 and 20 seconds according to the selected seismic source – Figure. 3.

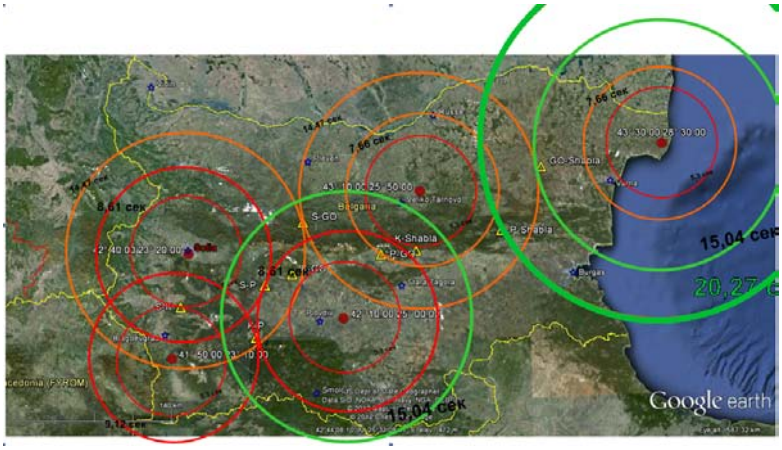


Fig. 3. The t_s-t_p isochrones of each seismic source at the levels of 5.3 (dark red), 7.6 (light orange), 8.6 (red), 14,5 (orange) 15 (light green) and 20,2 (green) seconds, covered almost the entire territory of Bulgaria

The Vrancea (Romania) seismic source

The same methodology described for the whole country, including all local seismic sources is applied as well as for the Vrancea source. The Vrancea seismic source is rather specific and has several peculiarities: very clear fixed position in space (location and depth), well defined P and S phases of the direct body seismic waves and due to these specifics could be easily accepted as a point source. Due to the model and the results obtained, the Vrancea seismic source model shows the pretty reliable and high effective SEWS. The minimum tp of the seismic waves reaching Bulgarian territory is about 50 seconds and the t_s-t_p – about 40 seconds. This time is rather effective about the EW issue for such a limited territory – Figure 4. The time response is easy to be transferred into measures – for example – shut down the reactors of the NPP, to close gas and oil pipes, to stop the electricity, to shut down the dangerous production activities, etc. Of course, the evacuation time for the population is rather short, but in case of a good preparation and effective education about the correct behavior in case of strong seismic event, the individual reactions can safe many lives.

The Pernik seismic source kinematic model

The results due to the kinematic model application to Pernik seismic source are investigate by a specific methodology (Ranguelov et al, 2013)

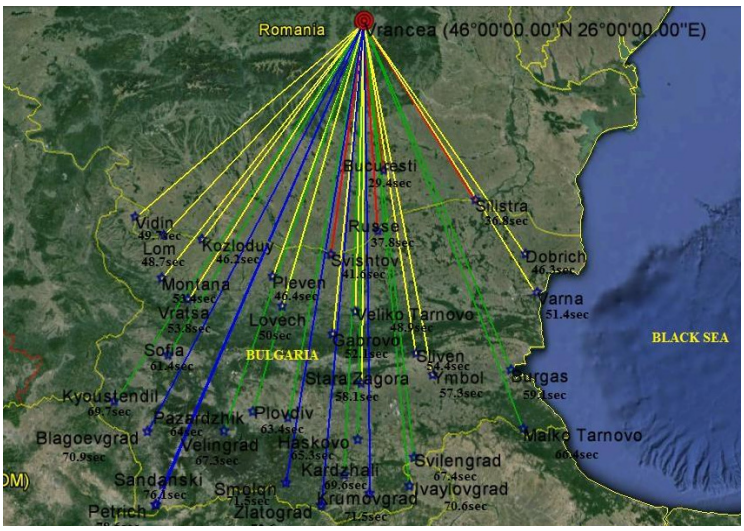


Fig. 4. The travel times t_s-t_p (Vrancea source) show the time for reaction after the early warning is issued

Venice case – SEWS and TEWS kinematic models

Venice as a world cultural heritage city is threatened by many natural hazards – floods, lagoon fulfillment, pollution, etc. This part of our research is focused to the possible negative influence of two natural hazards - earthquakes and tsunamis. Both hazards are wide spread in Italy since historical times until the present days.

Hypothetical Seismic kinematic model

It is based on the assumption that P waves are traveling from each seismic source to the city of Venice. The seismic sources are outlined by the researchers during the construction of the seismic zoning map of Italy (Slejkoet al, 1998). The seismotectonic model considered all known seismic events occurred on the territory of Italy simplified as geometrical polygons.

According to the new seismic zoning maps of Italy (Slejko et al, 1998), Venice is attributed to the zone of expected PGA between 0.08 and 0.12 g for 475 return period (which is a standard for EU) and macroseismic intensity of VII MSC, with a probability of exceeding 0.1g in 20 years. This suggests the expected seismic shaking, which could be dangerous for the historical buildings in Venice.

To investigate the expected travel times of the first P wave arrivals (“signaling” - seismic phase) we use the calculated model of Jeffrey’s-Bullen table. The data is used to model the kinematic peculiarities of the P, S and S-P waves travel times for each distance between the respective seismic zone and the city of Venice. (Fig.5). The zones are extracted from the seismic zoning map of Italy (Slejko et al, 1998), applying the same approach of the “Low” and “High” seismic active zones. The geometric centers of each zone are obtained using Golden Software’s Surfer.

Hypothetical tsunami kinematic model

The travel times of the tsunami wave’s propagation from the respective tsunamigenic source to Venice have been calculated using acceptable models – for example. The results of (Paulato et all, 2011) show the travel times from the established tsunami sources, together with the expected wave heights at the lagoon of Venice. According these results the travel times are enough for the evacuation measures, thus decreasing the tsunami risk for the city of Venice from the influence of the possible tsunamis generated in the Adriatic Sea. On one side this is acceptable low risk for the population. On the other – the possible additional tsunami influence to the effects of the floods – seasonal or generated by storm surges can increase dramatically the destructive potential in case of such coincidence. That’s why an effective tsunami warning system could be very useful for the Venice resilience to the combination of the tsunami and seismic risks. To avoid such risks a combination of the seismic and tsunami early warning systems could benefit by the city administration of Venice. Such experience have been developed and used by the Bulgaria-Romania border region including marine hazards in the sea and on the land (Ranguelov, 2013).

Results for Venice

As it was mentioned before the seismic sources have been divided in two classes – “high” and “low” seismically active. The modelled calculations covered both types. For illustration we used only the “high” seismic active zones – fig.5. It is clearly visible that the nearest distances are due to the Central Apennines seismic zones located at the distances between 130 and 200 km. On the same figure all other distances are plotted with different colours. This gives the possibility to estimate the farer seismic areas, which can generate seismic signals at the distance more than 800 km.

The average travel times of the P waves are presented. They show that the minimum travel times from the “high seismic” zones range between 30 and 36 seconds. These travel time are very short, but gives a possibility of the automatic systems to switch off the lifelines in the city.

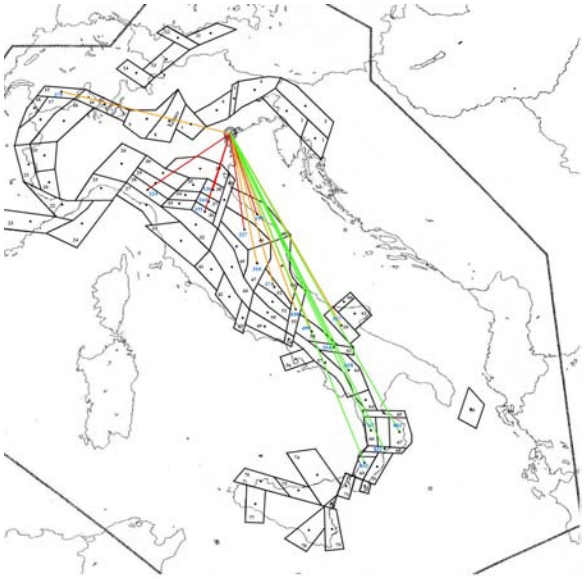


Fig. 5. Seismotectonic sources of Italy according (Slejko et al, 1998) and distances between them and Venice

Some chances for the population to evacuate at the more secure places are also available. The larger “signaling” times are expected from the most far zones and range between 110 and 120 seconds (about 2 minutes). The “warning” times (t_s-t_p) varied between 19 and 88 seconds – fig.5. These time intervals between the first arrivals of the “signaling” P waves and the most destructive “damaging” S waves also provide some time for reaction.

The tsunamigenic zones at the Adriatic Sea – most dangerous for the Venice lagoon are extracted from (M. Paulatto et al, 2007). – Fig.6. The distances and the travel times are modeled following the methodology described in (Paulatto et al, 2007) and presented at fig.8.

The models covered all seismic active zones in Italy creating danger for Venice. They have been divided into two main groups – “high” and “low” active seismic zones. For both types the travel times of the P, S, and S-P seismic waves to the city of Venice are calculated. These calculations can be used by the local authorities, decision makers and other responsible institutions (like Civil Defense of Venice) for the development of a SEWS providing resilience of Venice infrastructure and population in case of strong earthquake occurring anywhere in Italy.

The models of the travel times of tsunamis propagating trough the Adriatic Sea and the calculations of them show relatively high effectiveness of the TEWS regarding Venice lagoon and low coasts.

Some practical considerations are presented about the organization of a SEWS and TEWS in the region of Venice, using the existing seismic network of Italy or creating the new own infrastructure of the early warning systems

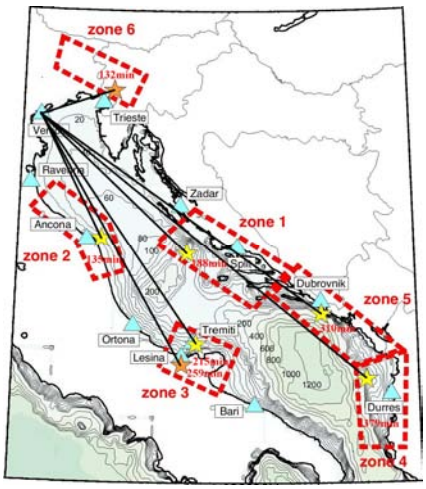


Fig. 6. Travel times for the tsunami waves from the tsunamigenic sources (Paulatto et al, 2007) to Venice

Conclusions

Several kinematical models have been constructed and explored. All of them are targeted to the seismic and tsunami early warning systems. Many examples related to different tsunami cases (Black and Adriatic Sea) and seismic sources (Vrancea (Romania), Pernik (Bulgaria) and Italy sources to Venice) have been modeled. The calculations show that in some cases the seismic early warnings could be more effective (Vrancea, Venice) or less effective (Pernik). The legislation issues could be of a great importance due to the rules of the warning issues emitting actions.

Acknowledgments

This work is supported by Contract DFNI-T01/0003 – 2012.

References:

1. Paulatto, M., T.Pinat, , F. Romanelli. Tsunami hazard scenarios in the Adriatic Sea domain, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 7, 2007, pp. 309–325.
2. Ranguelov , B. Early warnings - Bulgarian experience in case of time deficit systems (earthquakes and tsunamis), *Proceeding 1/2, 5th ICC&GIS*, 2014, pp. 432-443.
3. Ranguelov, B. Natural hazards – nonlinearities and assessment, Acad. Publ. House (BAS), 2011, pp. 327.
4. Ranguelov, B. Complex geophysical investigations – natural hazards, monitoring and early warning systems, on land and in the Black sea, *Proc. 4th international scientific and technical conference "Geology and hydrocarbon potential of the Balkan-Black Sea region*" 11 - 15 September, Varna, Bulgaria. 2013, pp 234-243.
5. Slejko, D., L.Peruzza, A. Rebe. Seismic hazard maps of Italy, Annali di geofisica, Vol. 41, No 2. . 1998, pp. 218-243.
6. Ranguelov, B., G. Mardirossian, N. Marinova, E. Spassov. Early warning systems – EWS (earthquakes and tsunamis) and their effectiveness., Seventh Scientific Conference,- SES 2011 , 29th November – 1st December 2011, Sofia, Bulgaria, 2012, pp. 307-312.
7. Ranguelov, B., Radichev R., Dimovsky S., Oaie G., Dimitriu R., Diaconescu M., Palazov A., Dimitrov O., Shanov S., DobrevN. MARINEGEOHAZARDS Project – key core elements of the early warning system in the Black Sea., Ann. of M&G University, Vol. 54, Part I, Geology and Geophysics. 2011, pp. 177-182.
8. Ranguelov, B., Paskaleva I, Radichev R, Dimovsky S, Tzankov Ch, Kisiov A, Yankova M, Iliev T, Margarita V. Complex geophysical investigation for development of seismic monitoring and quasi EWS around Pernik city. *Proc. 7th Balkan Geophysical Congress*. Tirana, 7-10th October, 2013, (on CD).
9. Ranguelov, B., Atlas of the tsunami risk susceptible areas along the Northern Bulgarian Black Sea coast – Balchik site. 25 p. 2010.

СИСТЕМА ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

Радик Мартиросян[1], Альберт Гулян[2], Гамлет Пирумян[2], Маргар Адибекян[3], Геворк Аветисян[2]

[1]президент Национальной Академии Наук Армении - Армения
[2]Институт Радиофизики и Электроники НАН Армении – Армения
[3]Западная служба сейсмической защиты " ГНО МЧС Республика Армения - Армения
e-mail: adibekyan@yahoo.com

Ключевые слова: ионосфера, радиотелескоп, интерференционная гармоника, цифровой анализ

Абстракт: *Рассмотрены структура и технические характеристики системы вертикального зондирования ионосферы на длине волны λ =4,2 м, и возможности улучшения чувствительности интерференционного радиотелескопа методом цифровой обработки данных наблюдений с целью исследования оценки симптомов сейсмической опасности, и характера изменения плотности потока радиоисточника Кассиопея-А. Анализы результатов наблюдений подтвердили корреляцию между сейсмическими явлениями и поглощением ионосферой радиоизлучения природных космических источников в период подготовки землетрясения магнитудой M≥4, а так же слабо выраженную периодичность в изменении плотности потока радиоисточника Кассиопея-А.*

SYSTEM FOR VERTICAL IONOSPHERE SOUNDING SEISMIC HAZARD ASSESSMENT

Radik Martirosyan[1], Albert Gulyan[2], Gamlet Pirumyan[2], Margar Adibekyan[3], Gevork Avetisyan[2]

[1]President Armenian National Academy of Sciences
[2]Institute of Radiophysics and Electronics Armenian NA of Sci - Republic of Armenia
[3]"Western Survey for Seismic Protection" State non Commercial Organization – Republic of Armenia, Ministry of Emergency Situations
e -mail: adibekyan@yahoo.com

Keywords: *ionosphere, radio telescope, the interference harmonica, digital Analysis*

Abstract: *Vertical ionosphere sounding seismic hazard assessment. The structure and system specifications of the vertical sounding of the ionosphere at a wavelength of = 4,2 m, and opportunities to improve the sensitivity of the interference of the radio telescope with digital data observations to study the seismic hazard assessment symptoms and the nature of change of flux density of the radio source Cassiopeia A. Analyzes of observational results have confirmed the correlation between seismic phenomena and absorption of radio waves by the ionosphere natural cosmic sources in preparation for earthquakes with magnitude M≥4, as well as weak expressed periodicity in density changes the flow of the radio source Cassiopeia-A.*

Введение

Оценка сейсмической опасности осуществляется путем непрерывной регистрации разных (электромагнитного, геомагнитного, ионосферного и т.д.) симптомов в зоне опасности. В ряде работ [1-5] предложены модели возбужденный ионосферы в связи с аномальным нарастанием литосферно-ионосферным взаимодействием. В отличия от наклонного зондирования, радиоастрономический способ вертикального зондирования ионосферы однозначно обхватывает зону подготовки землетрясения, все слои ионосферы, и благодаря чувствительного радиотелескопа обладает высокой информативностью. С этой целью в

Институте радиофизики и электроники НАН Армении был разработан, изготовлен и в научном полигоне установлен интерференционный радиотелескоп в диапазоне волны λ=4,2 м, на котором проводятся продолжительные наблюдения Галактического фона и некоторых точечных космических радиоисточников (Кассиопея-А, Лебедь-А), кульминирующих в близ зенита. Ниже приведены структура и технические параметры радиотелескопа, а также анализ результатов наблюдений.

Радиотелескоп

Антенна радиотелескопа - полноповоротное плоское зеркало с линейными размерами 4λ x1,5λ, состоявшегося из двенадцати равномерно распределенных синфазно возбужденных волновых диполей (рис.1.), столбики которого соединяются кабелями с электрическими длинами λ/2, а волновые сопротивления отдельных диполей (R≈900Ом) рассчитаны из условия согласования. Выход антенны, через симметрирующий узел подается к радиометру. Для осуществления радио интерферометрии при регистрации слабых точечных космических радиоисточников над уровнем Галактического фона, на территории полигона было установлено второе зеркало (один столб основного зеркало). Параметры антенны (Табл. 1) определились радиоастрономическим методом, с помощью радиоисточников Кассиопея-А и Лебедь-А.

Таблица 1.

Параметр	$A_{Эфф}$	$\varphi_{3дБ}$	$\Theta_{3дБ}$	f_0	Δf	$K_{ус.}$	$F_ш$
Величина	50 м^2	40°	15°	72 МГц	400 КГц	70 дБ	≥ 2.5

Радиометр, структурная схема которого приведена в рис. 2, супергетеродинная система прямого преобразования, со входным малошумящим усилителем, в которой, с целю отстранения от помех предусмотрена девиация рабочей частоты в пределах 1 МГц.

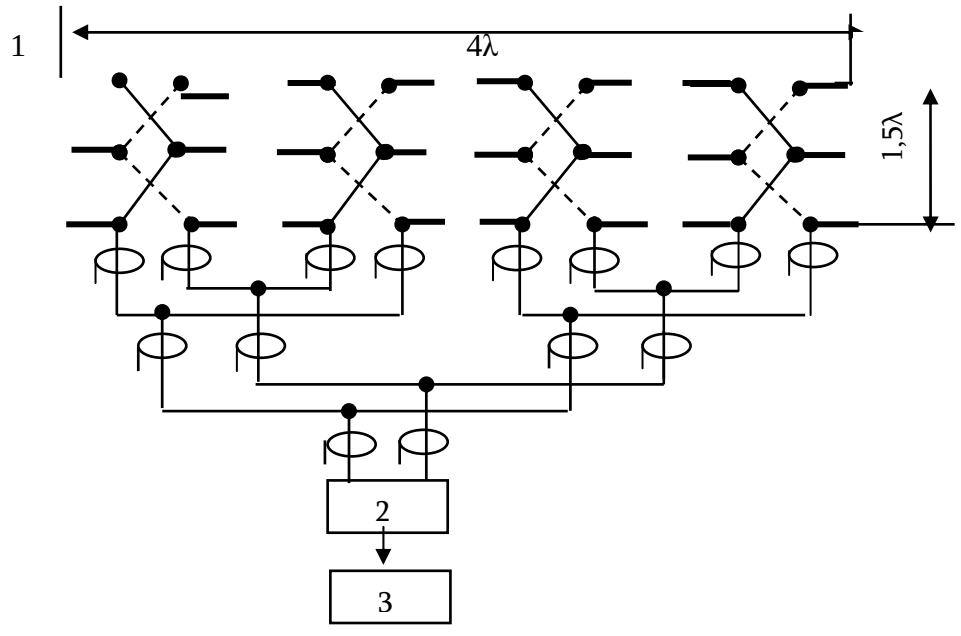


Рис.1. Структурная схема антенны:

1 - антенна, 2 - симметрирующий узел, 3 - радиометр

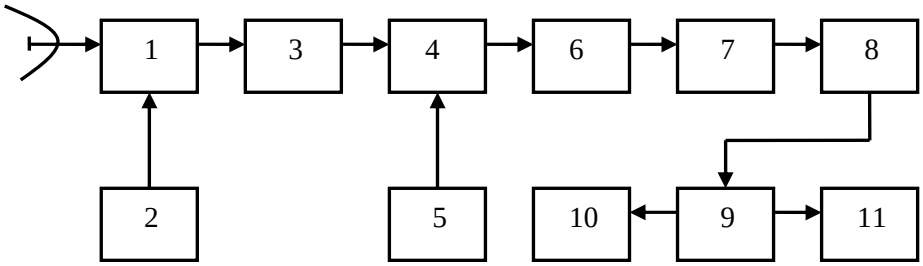


Рис. 2. Структурная схема радиометра:

1 - антенный переключатель, 2 - генератор шума, 3 - малошумящий усилитель, 4 - смеситель, 5 - гетеродин, 6 - усилитель промежуточной частоты, 7 - детектор, 8 - усилитель постоянного тока, 9 - накопитель, 10 - компьютер, 11 - самописец.

Программа и методика наблюдений

Учитывая тот факт, что плотности потоков радиоисточников Кассиопея-А и Лебедь-А известны с большой точностью и они кульминируют в близ зенита, где Галактический фон интенсивнее, для наблюдений была выбрана прилежащая область небосвода. Наблюдения проводились ежедневно, девятичасовой продолжительностью, достаточной для прохождения обеих источников через диаграмму направленности неподвижного радиотелескопа, в интервале $17^h\ 30^m \le \alpha \le 26^h\ 30^m$ прямого восхождения источника. Совместная регистрация радиоизлучения Галактического фона и дискретных радиоисточников осуществляется и в аналоговом виде – на ленте самописца и в виде цифрового ряда - в памяти компьютера. С целю улучшения чувствительности системы осуществлялись методы цифрового анализа данных наблюдения.

Узкополосная частотная фильтрация интерференционной гармоники (ИГ)

Метод практически реализовался на примере наблюдения космического радиоисточника Телец-А на длине волны $\lambda = 4{,}2$ м с помощью радиоинтерферометра ИРФЭ с базой $D = 15\ \lambda$ и эффективной поверхностью антенн 50 м^2 и 10 м^2. Полный аналоговый сигнал (радиоисточника, Галактического фона и шумов) зарегистрированного на выходе радиометра (рис.3.а) оцифровывался 10-разрядным аналого-цифровым преобразователем с временным разрешением 0,01 с и вводился в компьютер в виде последовательной записи данных в отдельный инициируемый текстовый файл. По второму параллельному каналу записывались метки времени. Такая регистрация позволяла с большой степенью точности учитывать фазовый сдвиг при последующей обработке результатов измерений. Дальнейшая обработка данных производилась с помощью программы ,,Origin-6” , которая имеет встроенные функции Фурье анализа, расширенные математические возможности для построения узкополосных цифровых фильтров, настраиваемых на частоту гармоники. Процесс цифровой частотной фильтрации происходит по следующей примерной схеме. Из регистрированного после детектора аналогового сигнала (рис. 3.а) с помощью полинома N-й степени выделяется фоновое излучение, которое затем вычитывается. Далее для ИГ источника строится частотный спектр мощности и определяются параметры полосового фильтра F и ΔF.

Результаты цифровой фильтрации дали возможность выявить слабый полезный сигнал на фоне шумов и радиопомех. Почти незаметная интерференционная гармоника радиоисточника Телец-А после цифровой фильтрации четко выделяется на уровне несравненно более сильного фонового излучения Галактики, шумов и помех (рис. 3.б.). Даже далекие от центра боковые лепестки ИГ, которые вообще не заметны до фильтрации, тоже хорошо выделяются.

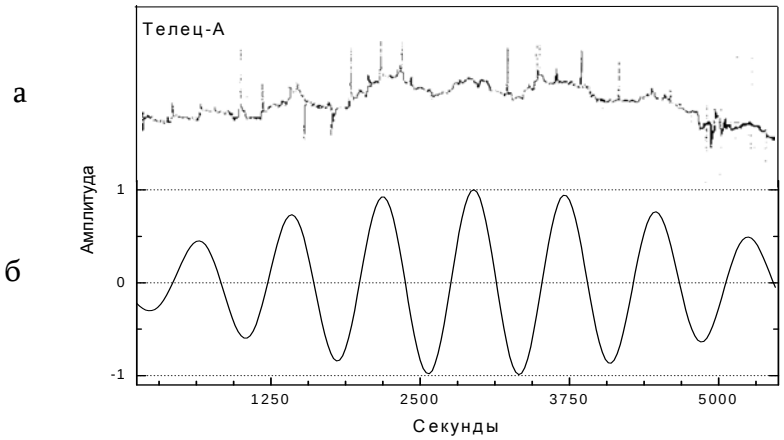


Рис. 3. ИГ радиоисточника Телец-А до (а) и после (б) цифрового узкополосного частотного фильтра

Это свидетельствует о том, что радиоисточники, имеющие на порядок меньшую интенсивность, чем Телец-А, можно наблюдать с помощью радиоинтерферометров, имеющих малые эффективные площади антенн.

Степенная фильтрация

Степенной цифровой фильтр усиливает переменную составляющую регистрированного после детектора сигнала космического радиоисточника, в данном случае-его пространственную гармонику. При этом чем больше ее амплитуда, тем больше она усиливается, соответственно улучшается избирательность системы.

Представим интерферированную запись космического излучения (сигнал дискретного источника, галактического фона и шумов) в виде цифровой последовательности во времени и введем ее в память ЭВМ. Умножим каждый член P(t) последовательности Pi(t), соответственно, на степенной множитель, например, exp - $\left\{\frac{P_m - P_i(t)}{P_m}\right\}$ (как основание можно взять любое целое число), и запишем ее в виде новой последовательности во времени: P(t) = Pi(t) exp- $\left\{\frac{P_m - P_i(t)}{P_m}\right\}$, где P_m - член последовательности Pi(t) с максимальным значением.

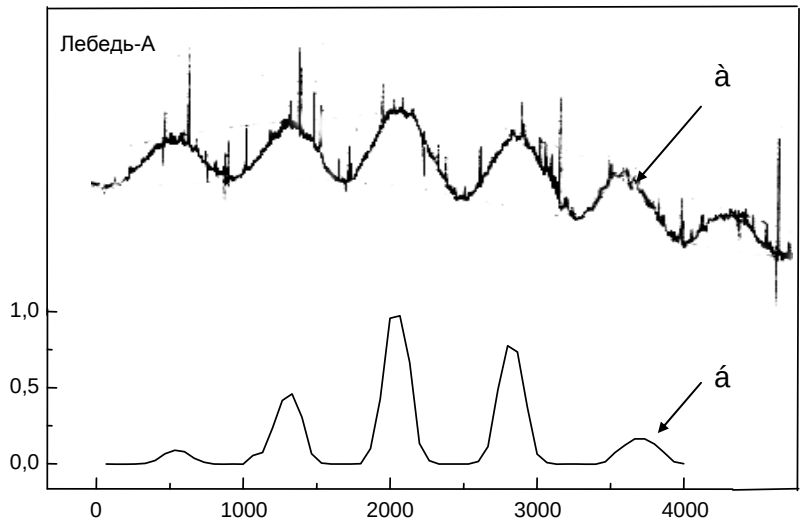


Рис. 4. ИГ радиоисточника Лебедь-А до (а) и после (б) степенного цифрового фильтра

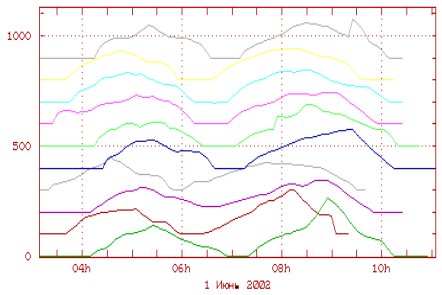
Очевидно, что в результате такого преобразования получится отфильтрованное значение переменной составляющей последовательности. Это хорошо видно на примере фильтрации интерференционной записи сигнала радиоисточника Лебедь-А (рис. 4.б), который, как известно находится в области сильного фонового галактического излучения (рис. 4.а)

Результаты исследования

Графические изображения обработанных результатов наблюдений приведены в Рис. 5-10. В рис. 5 и 6 изображены постепенные уменьшения значений мощностей дискретных радиоисточников поглощенных в слоях ионосферы и временной ряд наблюдений (метод приближений Соболева) перед землетрясением Амадана (Иран, 22.06.2002, M ≈ 6,5).

В рис. 7 и 8 приведены временные ряды радиоисточников Кассиопея-А и Лебедь-А до Бингельского (Турция, 01.05.2003, M ≈ 6,4) и Эрзурумского (Турция, 28.03.2004, M ≈ 5,4) землетрясений.

Виды аномальных кривых при прохождении радиоисточников Кассиопея-А и Лебедь-А через диаграмму направленности радиотелескопа за три дня до Бингёльского и Эрзурумского (Турция, 28.03.2004, M ≈ 5,4) землетрясений показаны в рис. 9 и 10.



Июнь 27
Июнь 25
Июнь 22
Июнь 18
Июнь 16
Июнь 11
Июнь 8
Июнь 6
Июнь 2
Июнь 1

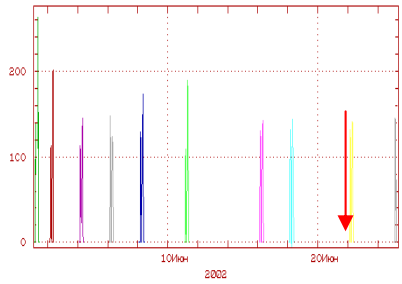
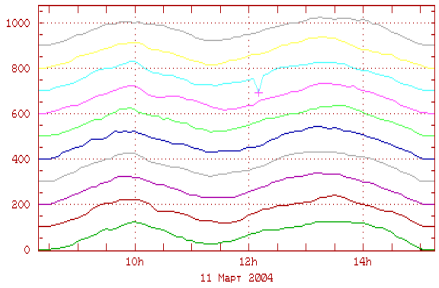


Рис. 5

Рис. 6



Март 29
Март 27
Март 25
Март 22
Март 20
Март 18
Март 16
Март 15
Март 13
Март 11

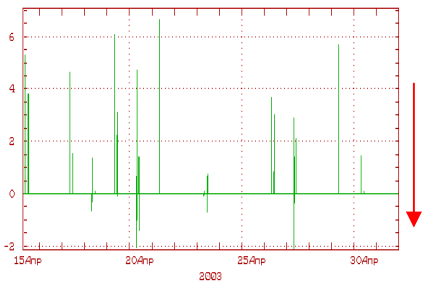
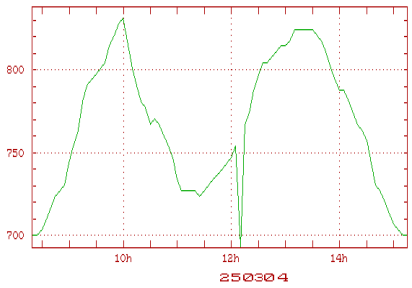


Рис. 7

Рис. 8



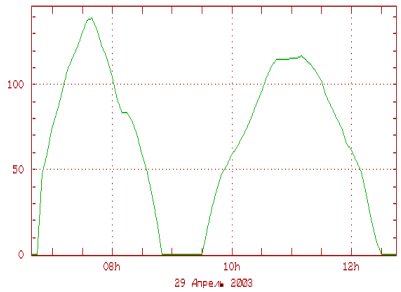


Рис. 9

Рис. 10

Выводы

Полученные результаты каждодневных, длительных наблюдений, представленных в рис. 5 - 10 подтверждают факт измеримой корреляции между фазой подготовки землятрясения с магнитудой M ≥ 4 и поглащением радиоизлучения в возбужденной ионосфере, который можно обяснять ухудшением радиопрозрачности ионосферы, обусловленным электромагнитным излучением деформированного грунта в зоне землятрясения.

Полученные обнадеживающие результаты обосновывают необходимость дальнейших исследований сейсмо-ионосферных связей и применение радиоастрономического метода вертикального зондирования.

По мнению авторов, для увеличения информативности (направление и скорость распространение сейсмических волн и т.д.) перспективнее объединение наблюдательных пунктов в интерференционную систему, а наблюдение проводить одновременно на разных радиочастотах.

Литература:

1. B a l a s a n i a n, S. Dynamic Geo- electricity. Novosibirsk," NAUKA", Siberian Department, 1990, pp. 232.
2. L e v i c h, V. The Theoretical Physics, vol. 1, 1969, 797 p.
3. B a r s u k o v, O. Analisis Method for Seismoelectromagnetic Processes, M., Nayka, 1991, 56 p.
4. K a m k e, E. Referense Book for Ordinary Differential Equations, M., Nauka, 1965, 454 p.
5. M a r t i r o s y a n, R., A. G o u l y a n, V.. S a n a m y a n, H. P i r o u m y a n, M. A d i b e k y a n, A. M i r s o y a n. Remote sensing system of ionosphere for assessment of seismic risks //Izv.NAN, RA Gyumri, Ser. TH. 2006. T.LIX, N 3.

DETECTING EARTHQUAKE PRECURSORS BY MATHEMATICAL MODELLING OF IONOSPHERIC TIME SERIES

Margar Adibekyan

WSSP "Western Survey for Seismic Protection" State Non Commercial Organization – Republic of Armenia, Ministry of Emergency Situations
e-mail: adibekyan@yahoo.com

Keywords: *Earthquake precursors, time-series, forecasting, ionosphere, radio-astronomical method, vertical reconnaissance.*

Abstract: *Aiming at earthquake precursors apportionment the earthquake preparation display of SEVAN (Armenia, 28.03.2014, M=2.6) earthquakes in time-series have been studied using the geomagnetic and ionospheric tools. Aiming at earthquake forecasting the anomaly in the ionosphere plasma is investigated by a radio-astronomical method. There were received some results, allowing to make out the difference of seismogenic anomalies of ionosphere between the longer anomalies connected to magnetic activity of ionosphere by the method of vertical reconnaissance of ionosphere.*

Introduction

It is known, that the geophysical environment, including seismically active zones, is made up of solid, liquid and gaseous phases. It is known as well that in the zone of two phases separation a Zone of Separated Changes (ZSC) is forming, or as they are called in physical chemistry, double ionic (electric) layers. Depending on their structure, each of the ZSC of geophysical environment is characterized by capacity, inductivity and resistance (see [1]).

The results obtained earlier allow to make out the difference between activity of ionosphere, by the method of vertical reconnaissance of ionosphere.

Radio astronomical monitoring method makes possible, along with immediate detection of electromagnetic emission from the Earth's depth in the selected frequency band, to observe other types of lithospheric impact on the atmosphere, such as aerosol, electrostatic, acoustical/gravitational, etc.

Those sources ultimately create anomalies at different altitudes of the atmosphere, high affect the propagating radio astronomical signal. Radio astronomical monitoring method has the following clear advantages over the active sensing methods: 1) Cosmic radio sources (Galactic background, discrete radio stars, etc.) are used instead of man-made radiation sources, often powerful, which are able to affect the observed layers of atmosphere; 2) Cosmic radio sources generate noise-like signals, which makes possible observation of the same source at several wavelengths (this is increasing the informative ness of monitoring); 3) Since the signals from the stellar radio sources pass through all layers of the atmosphere, their informative ness is high; 4) The radio astronomical instruments are highly sensitive and able to detect the smallest changes in the state of the atmosphere; 5) The method allows monitoring of solar activity by direct measurement of solar radiation density in the receiver waveband; 6) The cosmic source's power in the radio-frequencies range (over 10 MHz) is stable and known with high accuracy, while stability of the receiver system is provided by a controlled noise power source. This configuration allows reception of signals from point cosmic radio sources Swan and Cassiopeia-A, with nearly the same amplitudes of interference lobes. Time interval between these sources by the local meridian is 3 hours and 30 min(see [2]).

The method and technique of research

A new Methodology has been elaborated that provides possibility to estimate the current Seismic hazard (its intensity, location and time) with a sufficiently big probability. The elaborated methodology was used for analysis of data received in the process of perpendicular ionosphere from "Swan - A" and "Cassiopeia - A" point radio sources by radio astronomy methods. Aiming at the

earthquake forecasting the anomaly formations in the ionospheric plasma are investigated by a radio - astronomical method Saravand ionospheric stations.

Results

The results of the retrospective analysis of ionosphere observation data before SEVAN (Armenia, 28.03.2014, M = 2.6), revealed the following basic types of anomaly Fig.1:

1. Blinking of ionosphere active radio-source Swan – A on the frequency of 74 MHz.
2. Anomaly of above – mentioned precursors is coming out up to 40 days before earthquake.

Conclusion

The results of analysis by used methods show that the anomalies generally appear on 1- 40 days before the earthquake.

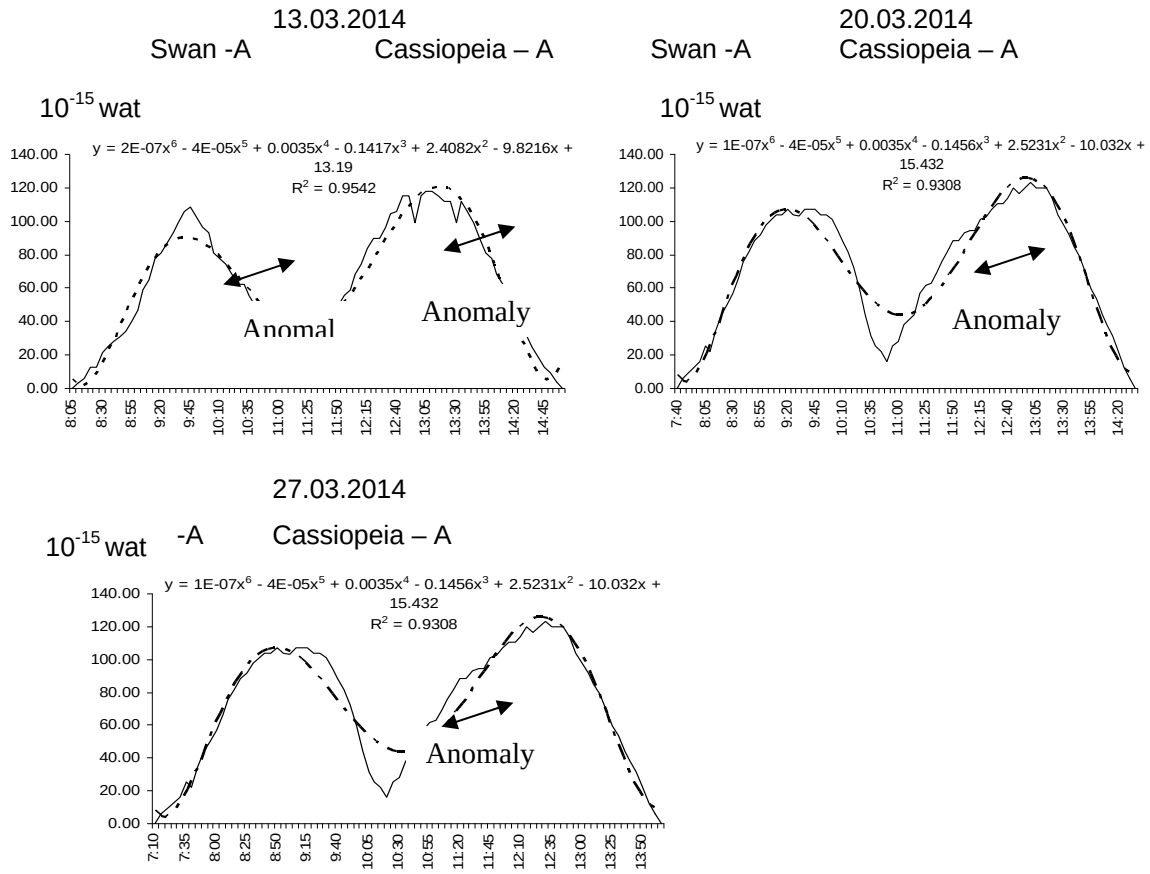


Fig. 1. The time–series of the ionosphere field (Saravand station) obtained by Radio astronomic method for the SEVAN (Armenia, 28.03.2014, M = 2.6) earthquake

References:

1. B a l a s s a n I a n, S. Dynamic Geo-electricity.Novosibirsk, “NAUKA”,Siberian Department, pp. 232,1990.
2. M a r t i r o s y a n, . R, A. G o u l y a n, V. S a n a m y a n, H. P I r u m y a n, M. A d i b e k y a n , A. M I r s o y a n. Remote sensing system of ionosphere for assessment of seismic risks //Izv.NAN RA Gyumri. Ser. TH.2006.T.LIX, N 3.

STUDY OF PLATE TECTONIC TRANSITION BOUNDARIES IN BULGARIA FROM GPS

Keranka Vassileva, Mila Atanasova

National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: Keranka.vassileva@gmail.com, ker@bas.bg, mila_at_zl@abv.bg

Key words: *GPS, velocity, Euler pole, tectonic plate*

Abstract: *Three microplates in Bulgaria are inferred on the base of estimation of relative Euler rotation vectors and Euler poles with respect to the Eurasia stable plate and they fit very well with the tectonic setting of the territory of the country. GPS data from 26 GNSS permanent stations on the territory of Bulgaria and nearby have been processed with the Bernese software, version 5.0 and station coordinates and velocities have been estimated in ITRF2005, afterwards transformed into ETRF2000. Several groups of relative Euler pole parameters have been estimated in least squares adjustment process on the base of obtained ETRF2000 coordinates and velocities of several sets of GNSS permanent stations. Analysis of the estimated parameters of Euler pole confirm the suggestion given from other researchers that the Moesia platform belongs to the Eurasia plate. Two other microplates have been inferred in this study – Maritsa region and region belonging to the Aegean extensional zone, which boundaries match well with the tectonic boundaries. GNSS stations involved in this study cover evenly the whole territory of Bulgaria but denser network of stations will contribute to more precise verification of the transition zones.*

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ГРАНИЦИТЕ НА ПРЕХОД НА ТЕКТОНСКИ ПЛОЧИ В БЪЛГАРИЯ ОТ GPS

Керанка Василева, Мила Атанасова

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките
e-mail: Keranka.vassileva@gmail.com, ker@bas.bg, mila_at_zl@abv.bg

Ключови думи: *GPS, скорост, Ойлеров полюс, тектонска плоча*

Резюме: *На базата на оценки на Ойлеровите относителни ротационни вектори и Ойлеровият полюс по отношение на Евроазиатската стабилна плоча са изведени три микроплочи за територията на България, които съответстват много добре на тектонската обстановка на територията на страната. GPS данните от 26 GNSS перманентни станции на територията на България и от съседни страни са обработени с Бернския софтуер, версия 5.0. Координатите и скоростите на станциите са оценени в система ITRF2005 и са трансформирани в ETRF2000. Няколко групи относителни ротационни параметри и Ойлерови полюси са оценени чрез изравнение по метода на най-малките квадрати на базата на получените ETRF2000 координати и скорости за съответни конфигурации от GNSS перманентните станции. Анализът на оценените Ойлерови параметри потвърждават предположението, дадено и от други изследователи, че Мизийската платформа принадлежи към Евроазиатската плоча. В това изследване са изведени две други микроплочи: първата обхващаща Маришкия басейн, а втората – областта, принадлежаща към Егейската екстензионна зона, като получените граници за последната съответстват много добре с тектоничните граници. GNSS станциите включени в това изследване са равномерно разпределени по цялата територия на България, но една по-гъста мрежа от точки би допринесла за по-точно установяване и потвърждаване на преходните зони.*

Introduction

The region of Balkan Peninsula and in particular the territory of Bulgaria characterizes with active tectonics and seismotectonics. A number of geological, geophysical and geodetic investigations demonstrate the recent activity of the region and tried to give a reasonable and adequate

interpretation of the obtained results [2], [4], [5], [6], [7], [9], [11], based on the analysis of estimated stations velocities from GPS data processing.
This work is an attempt to contribute to clarify the boundaries of the Eurasian plate in the country with applying another approach for boundary determination, i.e. by applying the theory of Euler rotation pole to the estimated coordinates and velocities of freely accessible GNSS permanent stations operating in Bulgaria and nearby.

GPS data processing

For purposes of the study data from 26 GNSS permanent stations are used as 19 of them are on the territory of Bulgaria, 2 permanent stations in Romania, 4 permanent stations in northern Greece and 1 permanent station in north-east Turkey (*Figure 1*).

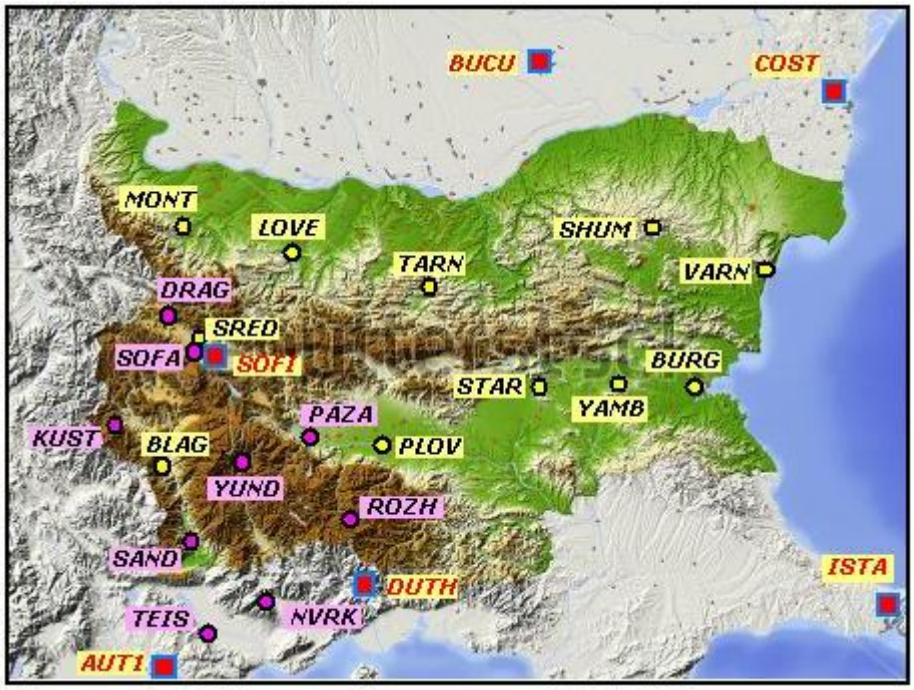


Fig. 1. GNSS permanent stations involved in this study

Velocity vectors used in this study were obtained earlier in two time frames [12], [13]. Station velocity vectors were estimated in [12], for the investigation of geodynamics of the territory of the Balkan Peninsula. For their estimation, one week GPS data in every year from 2006 up to 2010 were processed with the Bernese software, version 5.0 in ITRF2005. Obtained results for the Bulgarian stations - DRAG, SOFA, KUST, PAZA, YUND, SAND, VARN, ROZH, and SOFI are used for this study. The other part of the stations was involved in a later investigation [13] of GNSS BULiPOS permanent network [10]. One week GPS data of BULiPOS stations were processed with the same software, in the same coordinate system, in every year from 2009 up to 2011. To be consistent and comparable results for the station velocities in both works, all GPS data of BULiPOS network are reprocessed with the same IGS stations for datum definition as they are used in Vassileva, 2013a. New estimations of station coordinates and station velocity components (V_X, V_Y, V_Z) are obtained from their combined solutions in ITRF2005, referred to epoch 2000.0. For the local movements of the stations, which are more important for their behaviour, the ETRF horizontal station velocity vectors (*Figure 2*) have been obtained by applying ETRF components of the Eurasia plate rotation pole [1] to the obtained ITRF2005 velocity vectors. Then they have been transformed into ETRF2000.

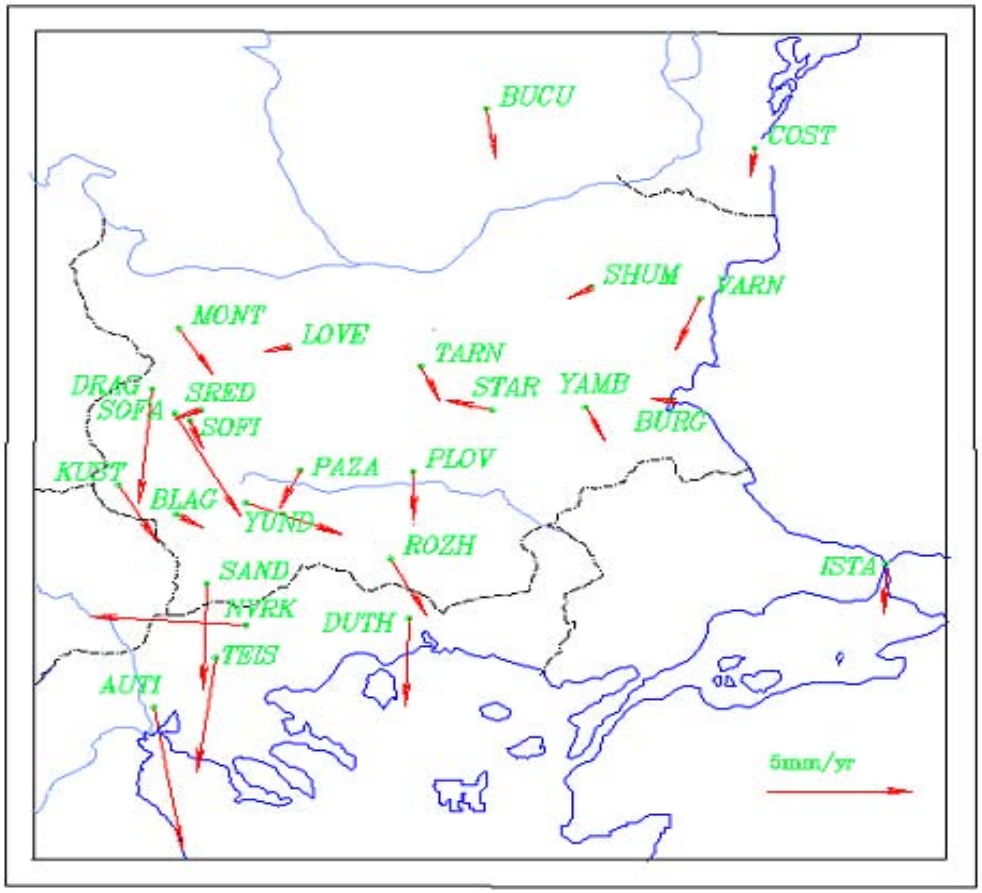


Fig. 2. Obtained ETRF2000 horizontal velocity vectors of participated GNSS permanent stations

The magnitude of the obtained horizontal station velocities varies from 0,2mm/yr up to 3,8mm/yr for the Bulgarian stations and up to 10mm/yr for stations in northern Greece. Such small magnitudes of movements of points over the territory of the country have been also obtained by other researchers [2], [4], [6].

Estimation of relative Euler rotation pole parameters

Different relative Euler rotation vectors and Euler poles are computed using resulting relative velocity vectors in previous section to obtain information about the motion of supposed microplates on the territory of the country.

The kinematic plate model of each tectonic plate can be presented by altogether six parameters: Euler rotation vector Ω (Ω_X, Ω_Y, Ω_Z) and Euler pole (φ, λ, Ω). Relation between estimated parameters of a single station – Cartesian geocentric coordinates (X, Y, Z) and station velocity components (V_X, V_Y, V_Z), and unknown values of the Euler rotation vector - Ω (Ω_X, Ω_Y, Ω_Z) gives the linearized observation equation for the station. Plate kinematic models are estimated by applying the least squares method using reduced to the Eurasia stable plate coordinates and velocities of GNSS stations. GPS relative velocity vectors are modelled as [10]:

(1) $$\vec{V} = \vec{\Omega} \times \vec{P}$$

or

(2) $$\begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\Omega_Z & \Omega_Y \\ \Omega_Z & 0 & -\Omega_X \\ -\Omega_Y & \Omega_X & 0 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

where P (X, Y, Z) is the vector defining the position of the GPS station, V (V_X, V_Y , V_Z) is the relative velocity vector at that station, and Ω (Ω_X, Ω_Y, Ω_Z) is the rotation vector defining the motion of the plate carrying the station.

Estimating Euler rotation vector Ω (Ω_X, Ω_Y, Ω_Z) it is possible to calculate the Euler pole (φ, λ, Ω).

(3) $$\varphi = arctan\left(\frac{\Omega_Z}{\sqrt{\Omega_X^2+\Omega_Y^2}}\right)$$

(4) $$\lambda = arctan\left(\frac{\Omega_Y}{\Omega_X}\right)$$

(5) $$\Omega = \sqrt{\Omega_X^2 + \Omega_Y^2 + \Omega_Z^2}\,.$$

Nine sets of stations with their estimated ETRF2000 coordinates and velocities have been configured considering the tectonic setting of the territory of the country (*Figure 3*, after Dabovski, Zagorchev, 2009) and respective parameters of the Euler rotation pole have been estimated.

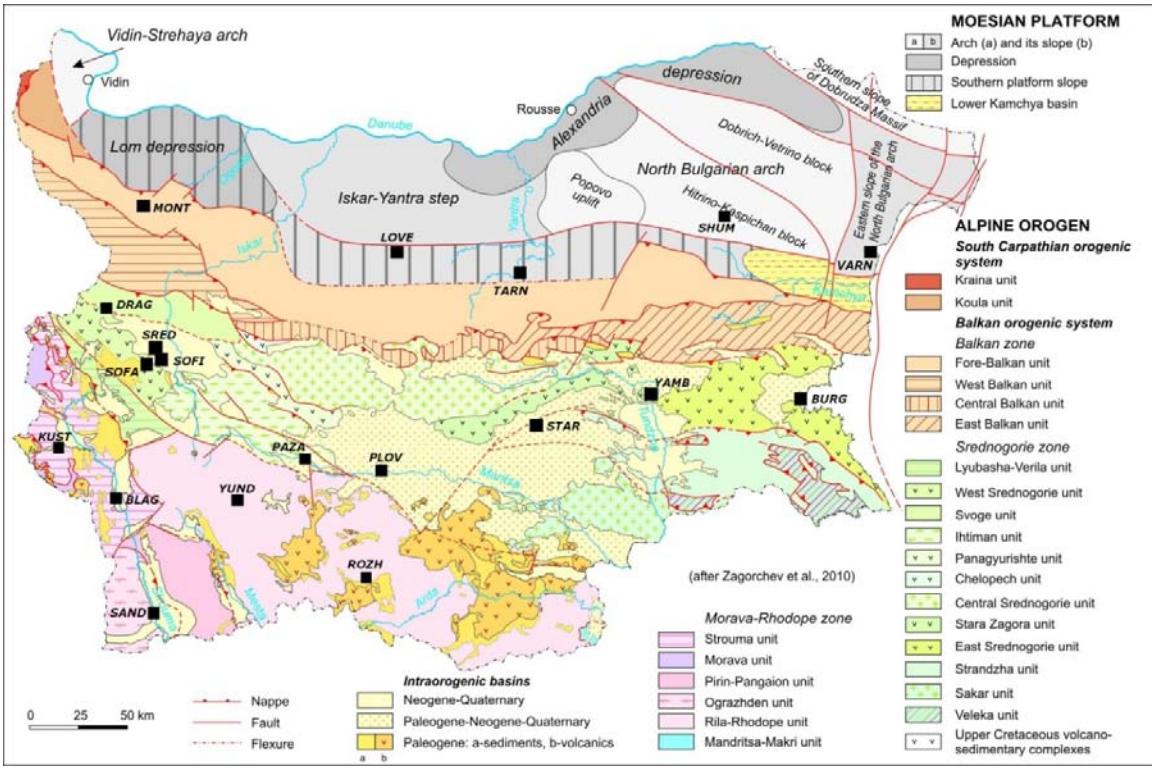


Fig. 3. Tectonic setting of Bulgaria, after Dabovski, Zagorchev, 2009 and location of GNSS stations

Burchfiel et al., 2006 and Kotzev et al., 2008 suggest that the northern boundary of the Aegean extensional region passes through the Central Bulgaria. Other researchers [4], [5], [8] also suggest that the boundary of the Eurasian plate follows the Balkan mountain chain. By this reason two main sets are configured from all stations in northern Bulgaria and two stations in Romania (*Table 1*- sets 1and 2) and respectively from all stations in southern Bulgaria, northern Greece and northern Turkey. The sets in south Bulgaria (*Table 1*- sets from 3 up to 9) are configured in such a way that stations gradually are added considering the principle tectonic extensional areas of Bulgaria (Figure 4, [14]) and to be followed the changes of the estimated Euler parameters.

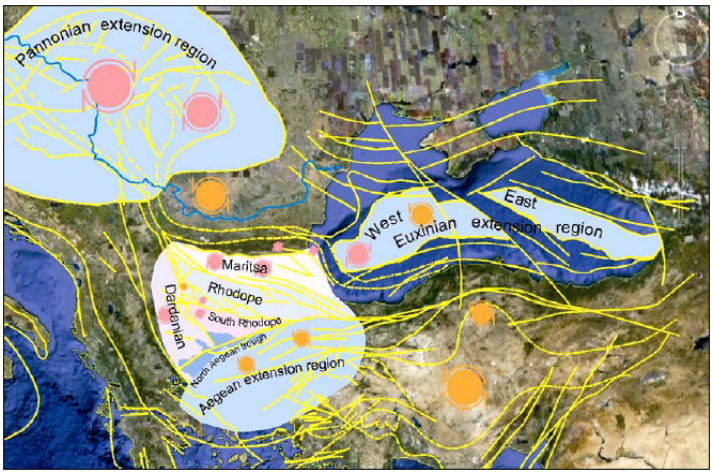


Fig. 4. Principle extensional areas and regional rotation patterns, after Zagorchev, 2011

Principal extensional areas – light blue, Principal faults – yellow, Zone boundaries – dashed yellow lines, Block rotations – clockwise rotation in pink, counterclockwise rotation in orange.

The obtained results for Euler pole (φ, λ, Ω) of all sets are given in *Table 1*.

Table 1. Inferred Bulgarian microplates relative to Eurasia plate

Microplate	***Set***	Ω_X [*mas/yr*]	Ω_Y [*mas/yr*]	Ω_Z [*mas/yr*]	λ [°]	ϕ [°]	Ω [*mas/yr*]	***Site Name***
Moesia plate	1	0.0702	0.0642	0.0918	42.4718	43.9861	0.1322	*MONT, LOVE, TARN, SHUM, BUCU, COST*
	2	-0.0491	0.0096	-0.0372	-11.086	-36.626	0.0624	*MONT, LOVE, TARN, SHUM, BUCU, COST, VARN*
Maritsa Basin	3	0.8402	0.4254	0.8594	26.8683	42.4020	1.2750	*SOFA, SOFI, SRED, DRAG, STAR, YAMB, BURG, PLOV,PAZA*
	4	0.7095	0.3724	0.7367	27.7107	42.6184	1.0885	*SOFA, SOFI, SRED, DRAG, YAMB, BURG, PLOV, PAZA*
	5	0.3911	0.2075	0.4104	27.9675	42.8497	0.6037	*SOFA, SOFI, SRED, STAR, YAMB, BURG, PLOV,PAZA,*
	6	0.4605	0.2393	0.4615	27.4751	41.6683	0.6945	*STAR, YAMB, BURG, PLOV,PAZA*
	7	0.4744	0.2585	0.4882	28.5990	42.1192	0.7282	*YAMB, BURG, PLOV,PAZA*
Aegean extensional region	8	-0.6380	-0.1793	-0.5515	15.7031	-39.7863	0.8622	*BLAG, KUST, YUND, SAND, AUT1, TEIS*
	9	-0.6147	-0.1600	-0.5374	14.5974	-40.2550	0.8321	*BLAG, KUST, SAND, AUT1, TEIS*

Discussion and conclusion

The obtained results of Euler pole for two sets of the Moesia microplate show quite different values and different rotation with adding the station VARN - set 2 (*Table 1*). We suggest that the reason for this result could be the local geology of the station VARN, which is located very close to the Black Sea coast.

The Euler pole parameters of the sets suggested for the Maritsa basin could be divided in two groups. First group consists of sets 3 and 4 and the second group consists of sets 4, 5, 6 and 7. The main difference between these two groups is that the station DRAG participates only in the first group. That could be interpreted as the station DRAG does not belong to the Moesia microplate. The results for two sets of the Aegean extensional region are very similar and they confirm the belonging of all these stations to this microplate. According to the results obtained in this study three major microplates, shown in figure 5 can be inferred for the territory of Bulgaria, which confirm the suggested principal areas by Zagorchev, 2011.

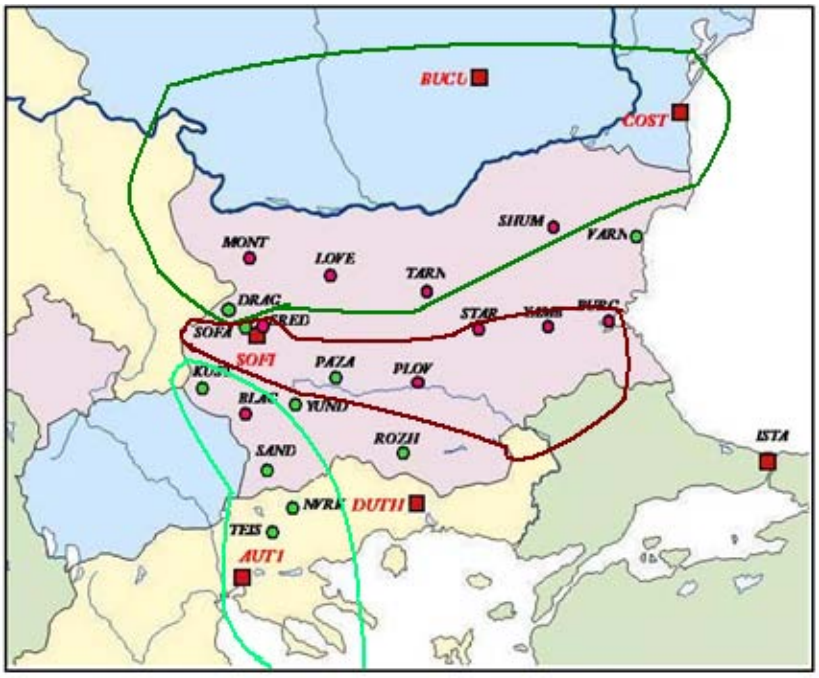


Fig. 5. Suggested microplates from this study – Moesia (in green), Maritsa (in dark red) and Aegean (in light green) zones

We tried to find the boundaries of the Rhodope region as proposed by Zagorchev, 2011, but the results are not optimistic due to the low number of GNSS permanent stations in this region.

References:

1. B o u c h e r, C., Z. A l t a m i m i, 2011. Memo (2008): Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign. Version 8: 18-05-2011.
2. B u r c h f i e l, B. C., R. W. K i n g, A., T o d o s o v, V., K o t z e v, N., D u r m u r d z a n o v, T., S e r a f i m o v s k i, B., N u r c e. (2006). GPS results for Macedonia and its importance for the tectonics of the Southern Balkan extensional regime, Tectonophysics, 413, 239–248.
3. D a b o v s k i, C h., I. Z a g o r c h e v. (Edts)..(2009). Geology of Bulgaria, Volume II. Mesozoic geology. Prof. Marin Drinov Academic publishing house, 766 pp., Z a g o r c h e v, I., C h. D a b o v s k i, T. N i k o l o v, Alpine tectonic subdivision of Bulgaria. 30-37 (in Bulg.)
4. G e o r g i e v, I., D.,D i m i t r o v, P., B r i o l e, E., B o t e v. (2011).Velocity field in Bulgaria and northern Greece from GPS campaigns spanning 1993-2008. Proceedings of 2nd INQUA-IGCP-567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering, Corinth, Greece, 54-56.
5. G e o r g i e v, I., D.,D i m i t r o v, E., B o t e v (2013). Crustal Motion Monitoring in Bulgaria and Surrounding Regions by Permanent GPS Array. Proceedings of 7th Congress of Balkan Geophysical Society – Tirana, Albania, 7-10 October 2013, 5 pp.
6. K o t z e v, V., R. N a k o v, T z. G e o r g i e v, B. C. B u r c h f i e l, R. W. K i n g (2006). Crustal motion and strain accumulation in western Bulgaria, Tectonophysics, 413, 127–145.

7. K o t z e v, V., R.W. K I n g, B. C. B u r c h f l e l, A. T o d o s o v, B. N u r c e, R. N a k o v (2008). Crustal motion and strain accumulation in the South Balkan Region Inferred from GPS Measurements, in Husebye, E., ed., Earthquake monitoring and seismic hazard mitigation in Balkan countries: Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Earthquake Monitoring and Seismic Hazard Mitigation in Balkan Countries, Borovetz, Bulgaria, 11–18 September 2005: NATO Science Series IV: Earth and Environmental Sciences. 2008, Volume 81, p. 19–43.
8. M a t e v, K. GPS constrains on current tectonics of southwest Bulgaria, northern Greece and Albania. Thesis, Doctor of university of Grenoble, 2011, 203pp
9. M i l e v, G., D a b o v s k i, C. (Eds). Geodynamics of the Balkan Peninsula, Monograph, Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology, Institute of Geodesy and Geodetic Astronomy, 2006, 647 pp.
10. M i l e v, G., K. V a s s i l e v a, I. Milev (2009). Development and applications of DGNSS in Bulgaria. Proceedings of the International symposium on GNSS, Space-Based and Ground-Based Augmentation Systems and Applications, 73-77.
11. S t a n g l, G. Velocity Fields from Geodesy to Geodynamics. Presentation at the Seminar, University of Vienna, 2011-04-12.
12. V a s s i l e v a, K. (2013). Geodynamical study of the territory of the Balkan Peninsula from GPS solutions. Coordinates, Vol. IX, Issue 6, 37-42.
13. V a s s i l e v a, K. (2013). Effect of Datum Definition on Estimated Station Velocities from GPS Solutions: Case study. Proceedings of 7th Congress of Balkan Geophysical Society – Tirana, Albania, 7-10 October 2013, 5 pp.
14. Z a g o r c h e v, I. (2011). Cenozoic Block Rotations in the Balkan Peninsula. Proceedings of 3rd International Symposium of the Black Sea region, 1-10 October, 2011, Bucharest, Romania, 220-222.

RISK MANAGEMENT OF KOPRIVLEN LANDSLIDES

Milen Kadiyski[1,2], Stoyan Sarov[3], Georgi Frangov[4], Vladislav Kostov-Kytin[1], Svetla Sarova[3], Ventseslav Stoyanov[4], Luba Macheva[1], Vilma Petkova[5,1], Theodosios T. Papaliangas[6]

[1]Institute of Mineralogy and Crystallography – Bulgarian Academy of Sciences
[2]European Polytechnical University – Pernik
[3]Geology and Geophysics JSCo – Sofia
[4]University of Structural Engineering and Architecture – Sofia
[5]New Bulgarian University, Department "Natural Sciences" – Sofia
[6]Technological Educational Institute of Thessaloniki, Department of Civil Infrastructure Engineering – Greece
e-mail: vpetkova@nbu.bg

Keywords: *Risk management, risk mitigation, landslides, RISKLIDES, Blagoevgrad region*

Abstract: *The present paper provides detailed results from the implementation of project RISKLIDES in the framework of European Territorial Cooperation Programme "Greece-Bulgaria 2007-2013". The study shows the geological and hydrogeological features, as we as the risk mitigation strategy, and risk management of two landslides, developed in Miocene-Pliocene sediments next to Koprivlen village, Gotse Delchev municipality, Blagoevgrad region, SW Bulgaria. A detailed characteristic of the area has been made, including data for the seismic situation, water table, and seasonal rain values. Fieldwork included sample collecting, low-scale geological mapping, and core boring. Laboratory analyses were performed on the collected samples for mineralogical phase identification as well as for rock and soil strength. As a result, detailed low-scale 3D GIS maps of the landslides were produced. A landslide risk management and mitigation strategy is provided for the prevention of the development of Koprivlen landslides.*

УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА НА СВЛАЧИЩЕ КОПРИВЛЕН

Милен Кадийски[1,2], Стоян Саров[3], Георги Франгов[4], Владислав Костов-Китин[1], Светла Сарова[3], Венцеслав Стоянов[4], Люба Мачева[1], Вилма Петкова[5,1], Теодосиос Папалиангас[6]

[1]Институт по минералогия и кристалография – Българска академия на науките
[2]Европейски Политехнически университет – Перник
[3]НИИ Геология и Геофизика – София
[4]Висше Строително Училище „Любен Каравелов" – София
[5]Нов Български Университет – София
[6]Технологичен Образователен Институт на Солун - Гърция
e-mail: vpetkova@nbu.bg

Ключови думи: *управление на риска, предотвратяване на риска, свлачища, RISKLIDES, Благоевградска област*

Резюме: *Настоящата работа описва в детайли резултати от изпълнението на проект RISKLIDES в рамките на Европейската програма за териториално сътрудничество „Гърция-България 2007-2013". Изследването предоставя геоложки и хидрогеоложки особености и стратегия за управление на риска на две свлачища в Миоцен-Плиоценски седименти в близост до село Копривлен, община Гоце Делчев, Благоевградска област, ЮЗ България. Направена е детайлна характеристика на района с данни за сеизмичната ситуация, нивото на подземните води и стойности на сезонните валежи. Теренните работи включват пробоотбор, геоложко картиране в мащаб 1:500, както и ядково сондиране. На събраните проби е направена минераложка фазова идентификация, както и тестове за здравина и якост на почвите.В резултат е произведен детайлен 3D GIS модел на свлачищата. Представена е стратегия за предотвратяване и управление на риска от развитието на свлачищата до Копривлен.*

Introduction

Landslides occur in different forms, from individual rock falls to large creep failures depending on site conditions and the type of the triggering event (earthquake, precipitation, erosion, excavation etc) [1-3]. Based on their characteristics (number, timing, location, size, mobility etc.), landslides can have significant consequences such as casualties, property damage or socioeconomic impacts, which constitute the "hazard" and the "vulnerability" of people, structures and infrastructure that exist or live in the potentially affected area [4-5]. Natural occurrence landslides can be provoked by a single or combined action of water, earthquakes and volcanoes. The effects of landslides triggered by natural causes vary widely and depend on factors such as slope steepness, shape of terrain, soil type, underlying geology etc. [6]. The change of the drainage patterns the destabilization of the slopes and the vegetation removal are human activities that are related to landslides occurrence.

Project RISKLIDES (RISK management of natural and anthropogenic landsLIDES in the Greek-Bulgarian cross-border area) carried the assessment and management of landslide risk caused by natural or anthropogenic causes in the area adjacent to the road line Lailias-Serres-Kato Nevrokopi- Koprivlen-Gotse Delchev-Bansko, covering a total road length of 160 km, from which 92 km in the Greek and 68 km to Bulgarian territory (Fig. 1).

Slope stability of roads is crucial in areas with rugged terrain. Different gravitational processes occur continuously and their mechanism and dynamics are determined by geological and geomorphological conditions, and the current destabilizing factors such as weathering, precipitation, erosion, contemporary tectonic movements, and earthquakes. Technogenic influence also plays an important role in slope stability. In many cases, the technogenic influence determines the occurrence or accelerates the activation of landslide and rockfall processes. The problems of various civil constructions resulting from activation of gravitational processes are large and the activities carried out in the slopes are regulated in order to reduce the risk and prevent the occurrence and activation of landslide and rockfall processes.

Several landslides have been established during the project and here we present a detailed geological and hydrogeological characteristic, as well as a risk mitigation strategy, and risk management of two landslides close to Koprivlen village, Blagoevgrad region, SW Bulgaria.

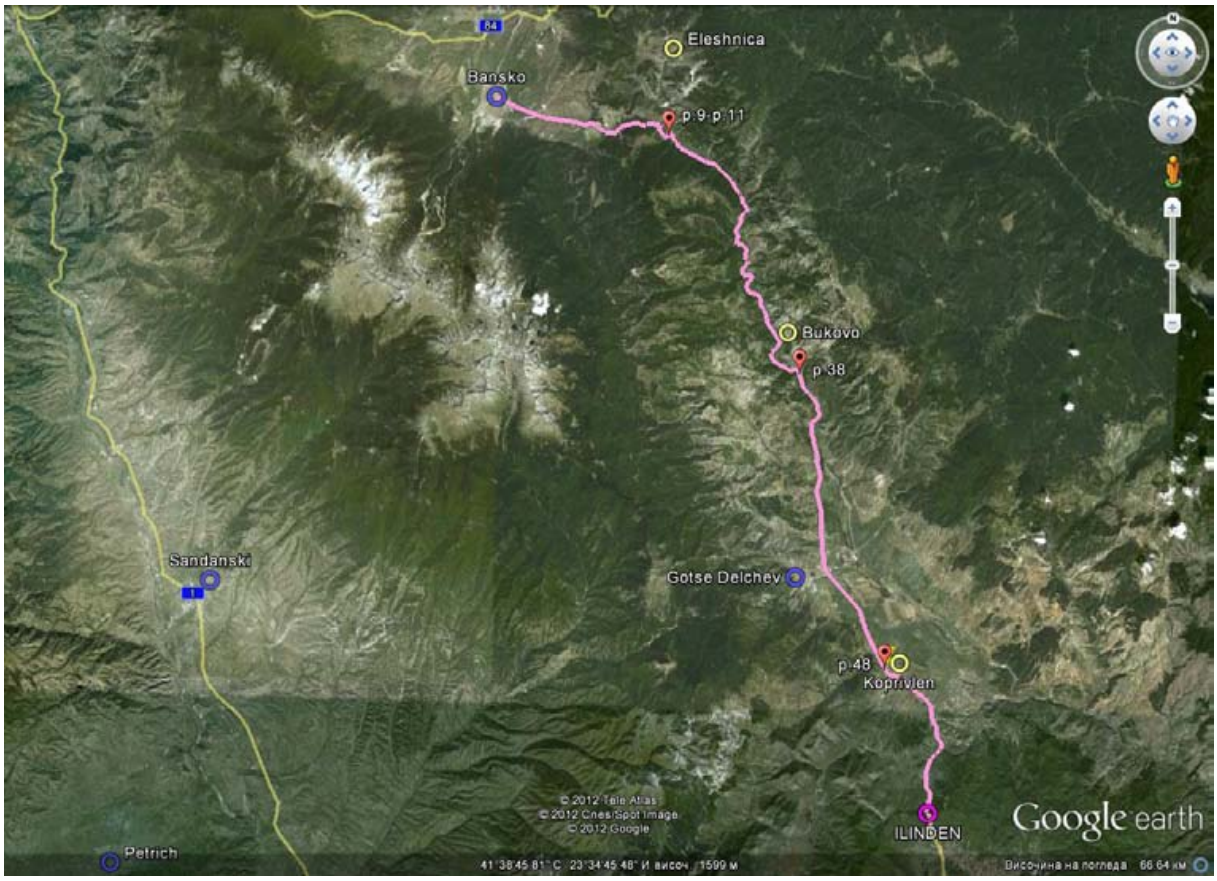


Fig. 1. Map of the area, concerning RISKLIDES project. Point 48 marks the landslides at Koprivlen

The landslides near Koprivlen are exposed in the southern parts of the village (point 48 – Figure 1). They are a two step-like developed bodies located to the northeast and northwest of benchmark 561.43 m. The central points of both landslides have coordinates as follows: 41 31 12.2/023 47 27.0 (for the northeast body) and 41 37 08.1/23 47 16.1 (for the southwest body), referred later as Koprivlen-1 (p. 48-1) and Koprivlen-2 (p. 48-2) (Figure 2).

According to the Geological Map of Bulgaria in scale 1:50 000, map sheets Hadjidimovo and Ilinden [7-8] and the carried out additional field investigations in scale 1:500 the landslides are developed in sediments of the conglomerate and sandstone formation aged Late Miocene-Pliocene. In the vicinity of Koprivlen village they are presented by sandstones, sandy siltstones, and clays. The sandstones are weakly bound and in some places pass into sands. They are medium- to thick-layered small- and medium-grained. The clays expose as separate layers and lens-like bodies with thickness from couple of centimetres to couple of meters. They are light grey, grey-greenish and brown in colour. Typically they contain siltstone admixtures.

The beds of the sandstones, siltstones, and clays are sub-horizontal or weakly dipping to the south. This dip is inconstant and is considered as an undulating part of the generally horizontal layers. From regional geological point of view the exposures nearby Koprivlen village are part of the southern periphery of the Mesta Depression and the Gotse Delchev graben separated from the marbles of the Pirin Lithotectonic Metamorphous Unit through a fault striking at 140°. The latter is post-Neogene in age according to its manifestations. This is a normal fault with north-eastern footwall. According to our investigations the fault is the main tectonic reason for the formation of a number of smaller landslides between the villages of Novo Lyaski and Koprivlen. Well expressed morphological steps have been formed along some satellite failures breaks as one of them divides the two landslides at bench mark 563.43 m.

Morphostructurally, the landslides at Koprivlen village fall in the southern periphery of the Gotse Delchev basin separated from the Pirin morphostrucutal Unit by a fault striking at 140°. The lay in the area of the landslide is hilly-plain with altitude ranging from 530-585 m. The landslides are developed in Neogene sediments presented by sandstones, limy siltstones and clays as their slope surface is inclined towards Mesta River. This surface is subjected to sheet and channel erosion, intensively manifested nearby the villages of Sadovo and Novo Lyaski. The areas of the landslides, superimposed over satellite image are shown in Figures 3 and 4.



Fig. 2. The two landslides near Koprivlen, Google maps orthophoto



Fig. 3. Area of Koprivlen-1 landslide, superimposed GIS layer over a Google maps orthophoto



Fig. 4. Area of Koprivlen-2 landslide, superimposed GIS layer over a Google maps orthophoto

Materials and methods

Electrotomography

The electrotomographic methods are applicable for defining the depth of ore body's deposits and water-saturated horizons. Most of the landslide surfaces of rupture are water-saturated and therefore, easily separable. In order to define the depth and the inclination of this surface a portable generator of 400 V tension current and high accuracy measurement equipment with digital indication and the necessary appliances have been used. The electrotomographic methods require interpretation of the curves obtained by data of the vertical electrical boring performed at each 5 m along the investigated profile. A dipole-plus scheme is applied (length of dipole 10 m). The quantitative interpretation of the curves is made by a program of practically proved merits. In order to investigate the landslides profiles of 100-120 m have been constituted. The measurements reach up to 80 m in depth which is enough for the assigned task.

Field surveys

Field surveys included borehole drillings and sampling. Field survey took place in mid-August, 2012. It is expressed in: terrain view and mapping of 3 landslides and 3 rockfalls; drilling of 9 exploratory boreholes with a diameter of 127 mm and a total length of 120 m with drilling equipment URB 2A2, on dry way and short trips (by 0.30 to 0.40 m). At each landslide 3 boreholes have been made in the slope profile; visual description and sampling of drilled lithological strata; clarification of hydro geological conditions.

Laboratory tests

Laboratory tests of 37 soil samples have been made by Soil mechanics laboratory of "Ecology and Geology" Ltd. in accordance with the standards and regulations in the country. Laboratory tests of 12 rock samples were carried out by the Geological Institute of the Bulgarian Academy of Sciences.

Slope Stability Analysis and Risk Mitigation Strategy

The main aim of this stage is to develop a geotechnical projects to improve slope stability and to prevent landslide activation based on results from engineering geological studies and additional detailed considerations about considered landslides. To achieve this goal the following tasks have been performed:

- Preparation of 2D geomechanical model of each of the three landslides, including determining the location of the most possible slip surface, groundwater level, verification of computing values of physico-mechanical properties of soils;
- Determination of the factor of safety (Fs) of landslides in different conditions - actual slope stability, slope stability after uprising of groundwater level, slope stability during an earthquake, slope stability in heavy traffic and a combination of relevant factors;
- Following the geotechnical slope stability analysis adequate preventive measures and/or structures have been designed to increase slope stability and to prevent activation of the recorded landslides.

All field and laboratory data were processed and presented in a final engineering geological report including drawings of engineering profiles as well obtained computational values of engineering geological layers. Design values of physical and mechanical properties have been determined from laboratory tests data, and they have been reduced by correction coefficients according to Ordinance № 12/03.07.2001. The method of Janbu in "effective stress" has been used. Several options have been considered - stability of the slopes in the natural state with deep groundwater levels, after rising of groundwater levels and earthquake influence. Software program Slope W has been used. Factors of safety for more than 1,000 slip surfaces have been calculated and most adequate of them have been selected.

Results and Discussion

From electrotomography data, the two step-like bodies developed in Neogene sediments have been separated in the landslide nearby Koprivlen village. They are characterized through longitudinal to the body geophysical electrical profiles, 120 m in length. The profiles directions are 70° and 65° for the northeast and the southwest part, respectively. Three-dimensional models of the landslides are shown on Figures 5 and 6.

Koprivlen-1 landslide is cut by the road and fastened by gabions. The main geomorphological data for it are presented in the tabular data base. A longitudinal profile of 120 m length and 70° azimuth has been constructed to investigate this part of the landslide positioned between the road and

the benchmark 563.43. The measurement base station has been situated at a point with coordinates 41 31 12.2/023 47 27.0. According to the data of the performed electric resistance measurements the surface of rupture is registered along the boundary of a thick water-saturated sandy bed and the deposited beneath clays. The sandy bed is characterized by electric resistances of 20-50 Ω/m, while the clays have 4-15 Ω/m. Judging by the measured resistances a wedging of the clayey layer is observed in the northeast part of the profile leaving further on only the sands.

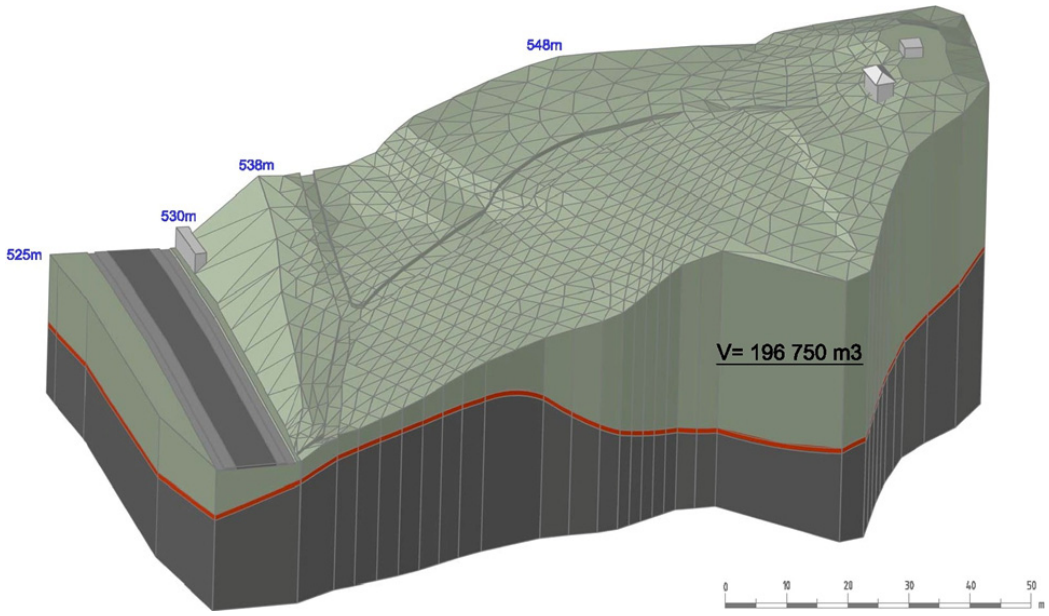


Fig. 5. 3D model of landslide Koprivlen-1, scale in meters

The geophysical profile of Koprivlen-2 landslide is revealing the form and the depth of localization of the surface of rupture. At the base point of measurement the surface of rupture is about 30 m in depth. In the north-eastern part (nearby the road-bed) it lays closer to the surface – 5-7 m. In the south western part it is approximately 30-35 m in depth.

According to the measurements the surface of rupture is developed along the boundary of water-saturated in its base sandy bed overlaying a clayey bed of about 10-12 m thickness.

The clayey bed is clearly marked by the low values of the electric resistance of 4-1 Ω/m. The resistance of the sands is between 15-50 Ω/m. The rupture starts in the south-western part of the profile where the surface of rupture rises outside. In the base station of measurements it is registered at about 15 m in depth and gradually increases in the north-eastern part of the profile.

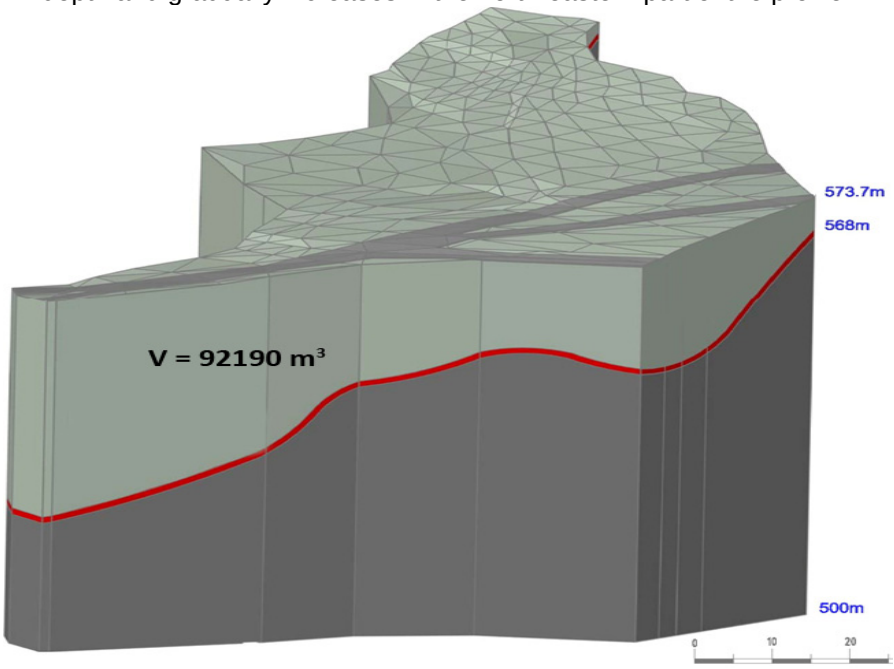


Fig. 6. 3D model of landslide Koprivlen-1, scale in meters

Hydrogeological conditions

The types of groundwater within the studied landslides are porous, phreatic to low pressure. Their depth of embedding is variable and depends on the filtration properties of the soil, geomorphological conditions, recharge zones and drainage. Groundwater levels are set at different depths to the terrain:

Table 1. Groundwater depth and hydraulic gradient of Koprivlen landslides

Landslide	Groundwater depth, m	Hydraulic gradient
Koprivlen-1	7.00-9.80	0.15
Koprivlen-2	8.30-14.00	0.17

Drilling studies were conducted after a prolonged dry period. It is expected that during wet periods groundwater levels will rise by 1.0 to 2.0 m. Groundwater flows followed slopes, but they aren't parallel to them. Paleogene and Neogene sediments within investigated landslides are too clayey and has low filtration properties and low water abundance. Relatively aquifers are sand and gravel layers. They are drained in erosion decreases in relief and small springs are formed.

Geological Environment

The landslides are cirque-shaped and the main reason for their occurence is the post-Neogene activation of the fault separating the south periphery of the Mesta Depression and the Gotse Delchev graben from the marbles of the Pirin Lithotectonic Unit. The main (initial) landslide process is during the Pleistocene when the depth of the slid masses is about 20 m in the upper part to 40 m in the lower part of the landslide body and the length from the initial landslide bevel to the lowest part of the body exceeds 350 m.

According to their geological and tectonic characteristics the landslides are consequent – the slipping occurs along a separating surface between heterogeneous beds and along interlayers without cracks. According to the mechanism of the landslide process it is detrusive – it starts from the upper part of the slope as the slid earth masses form "landslide domes" as a result of the above applied pressure. According to the depth of the surface of rupture it is characterized as a deep-seated one.

Neotectonic movements along the boundary fault during the Pleistocene have given rise to the formation of two step-like landslide bodies in the initial landslide – a lower one with coordinates 413112.2/0234727.0 and an upper one with coordinates 413708.1/234716.1. Starting from the Lower Holocene both landslides have been subjected to a number of activations manifested by secondary landslide bevels separating small "landslide domes". The bevels' height varies from 1.5 to 2-3 m.

The reasons for activation of the landslide processes are complex: neotectonic movements along the boundary fault between the Neogene sediments and the marbles of the Pirin lithotectonic Unit, combined with oversaturation of the slipping surface by abundant rainfalls and by the water-main system equipment (pouring of water from reservoirs, the presence and utilization of irrigation waters, etc.). An important reason for cutting of the lower landslide body is the setting of the road-bed for border checkpoint "Ilinden". This cutting activates the landslides and endangers the road through a bevel reaching 17 m. The landslide supporting by fastening this bevel through gabions is only a temporary and ineffective measure in the attempt to preserve the road.

Engineering geology

1. Landslide Koprivlen-1

The study paid particular attention to shallow landslides within the ancient landslide (Table 2). Three engineering geological layers are divided, which are characterized by laboratory tests data.

A. Layer 1 - Medium to coarse sand (N1-2). Layer 1 has relatively limited distribution. It reveals on the terrain in the borehole 1 (BH 1) and BH 2 as well in depth in the intervals from 11.7 to 15.0 m in BH 1; 11.4 to 12.0 m – BH 2. It is represented by grey to yellow brown medium to coarse sand, medium dense to weak sandstone with some gravels. Layer 1 has the following physico-mechanical parameters:

- Bulk density - 1,99 g/cm^3
- Void ratio - 0,55
- Angle of internal friction (residual) - 31,4°
- Cohesion (residual) - 2,7 kPa

B. Layer 2 - Silty sandy clay (N1-2). The layer is established in all boreholes at various depths. The thickness of the individual layers vary between 1.0 to 2.6 m, increasing downhill. The biggest

overall thickness is 6.7 m and it is established in BH 3. The layer is made of brown to variegated stiff to firm sandy silty clay. Physical and mechanical properties of this layer are within following limits:

- Bulk density - 1,83 – 1,94 g/cm^3
- Consistency index - 0,71 – 1,97
- Void ratio - 0,59 – 0,69
- Angle of internal friction (residual) - 22,3°
- Cohesion (residual) - 18,7 kPa

C. Layer 3 - Clayey sand (N1-2). The layer occupies a large part of the incision. It is represented by grey, grey-yellow to brown clayey sand with thin layers of stiff to firm clay. Physical and mechanical parameters are within the boundaries:

- Bulk density 1,78 – 2,21 g/cm^3
- Consistency index 0,78 – 2,45
- Void ratio 0,33 – 0,74
- Angle of internal friction (residual) 22,8 – 24,7°
- Cohesion (residual) 8,0 – 9,3 kPa

Slope stability calculations are summarized in Table 2 and Figure 7

Table 2. Factors of safety in different conditions of the slope for Koprivlen-1

Condition of the slope	Slip surface No	Factor of safety, Fs
Dry slope	508	1.854
High ground water table	426	1.272
High ground table + earthquake	438	0.923

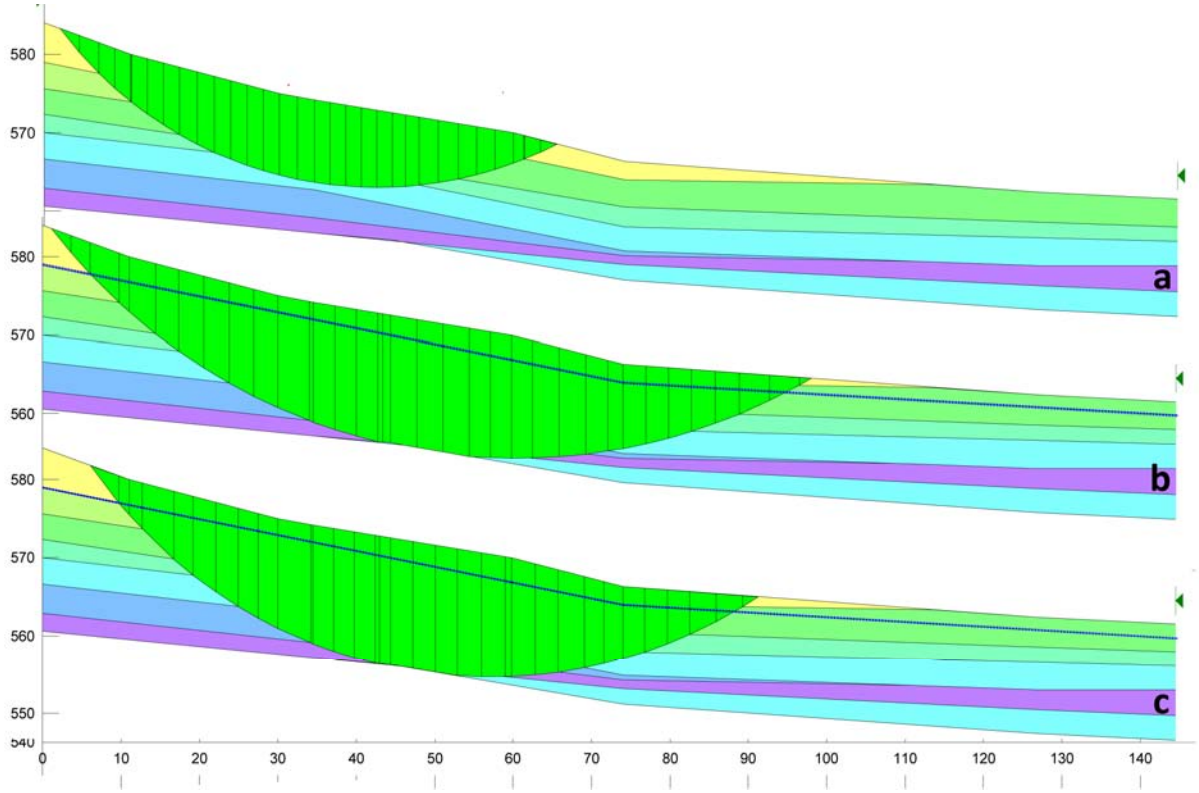


Fig. 7. Different load conditions for Koprivlen-1 landslide: dry (a), high ground water table (b), and High ground water table + earthquake (c). Scale in meters

In the current slope morphology both with deep groundwater table located under slip surface and with shallow groundwater the factors of safety are significantly above 1. Only in the case of combination between shallow groundwater levels and prognostic earthquake of VIII degree landslide Koprivlen 1 goes into unstable state. Since the landslide Koprivlen-1 is located up the hill, at a considerable distance from the road and do not endanger capital construction, it isn't necessary to conduct special reinforcement activities. Surface-panelled drainage ditches only can be applied to protect slope from penetration of surface waters into the landslide body.

2. Landslide Koprivlen-2

The landslide is located at the bottom of the hill just above the road. The base of the slope has been cut by a deep road pit. To increase retention forces in the heel of the trench retaining wall of gabions has been constructed. Data from exploratory drillings and laboratory data are used to divide three engineering geological layers.

A. Layer 1 - Medium to coarse sand (N1-2). Layer 1 has relatively limited distribution. It is established in borehole 4 (BH 4), just below the ground and in the range from 12.8 to 15.0 m, and in the BH5 - in the range from 3.3 to 5.1 m. Layer 1 is represented by grey to yellow brown medium to coarse sand, medium dense to slightly cemented sandstone with some gravels. Layer 1 has the following physico-mechanical parameters:

- Bulk density 1,91 g/cm^3
- Void ratio 0,61
- Angle of internal friction (residual) 32,6°
- Cohesion (residual) 1,3 kPa

B. Layer 2 - Silty sandy clay (N1-2). Layer 2 is found in all boreholes and takes up most of the section. It is made of grey-yellow to variegated silty sandy clay in stiff consistency, with thin sandy layers. Physical and mechanical parameters are within the limits:

- Bulk density 1,82 – 2,14 g/cm^3
- Consistency index 0,72 – 2,12
- Void ratio 0,39 – 0,71
- Angle of internal friction (residual) 24,2°
- Cohesion (residual) 16 kPa

C. Layer 3 - Clayey sand (N1-2). Layer 3 is encountered in layer 2. It is represented by gray clayey sand with thin layers or with alteration of brown stiff clay. Layer 3 is characterised with the following physical and mechanical properties:

- Bulk density 1,81 – 2,05 g/cm^3
- Consistency index 1,09 – 1,83
- Void ratio 0,48 – 0,73
- Angle of internal friction (residual) 23,7°
- Cohesion (residual) 6,7 kPa

Slope stability calculations are summarized in Table 3 and Figure 8

Table 3. Factors of safety in different conditions of the slope for Koprivlen-2

Condition of the slope	Slip surface No	Factor of safety, Fs
Dry slope	157	1.278
High ground water table	233	1.044
High ground table + earthquake	252	0.802

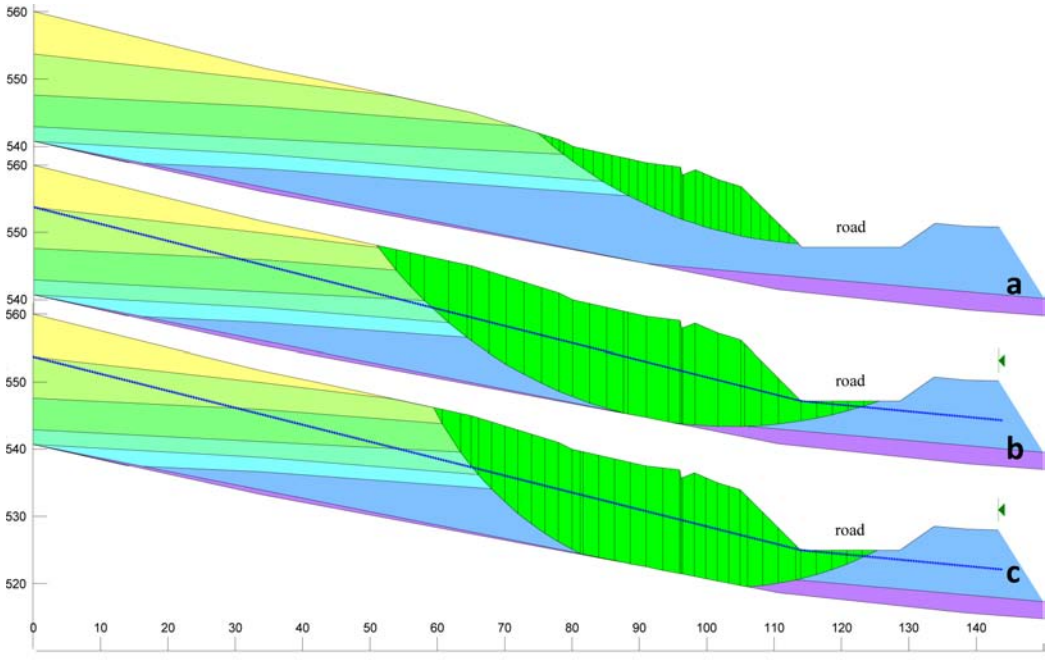


Fig. 8. Different load conditions for Koprivlen-2 landslide: dry (a), high ground water table (b), and High ground water table + earthquake (c). Scale in meters

In the initial state with deeply located underground water, table slope resistance is higher than the legally required levels. Upon elevation of groundwater the slope passes into a state close to the limit equilibrium. During the prognostic earthquake of VIII degree factor of safety drops significantly and lower part of the landslide passes in a unstable situation which real threatens with strong deformation and breaking the road in this area.

Landslide Koprivlen-2 lacks quality drainage. This includes urgent restoration of the surface ditch, which is seriously compromised by erosion runoff. Next, the slope should be strengthened. There are two options according to the author's opinion:

1. Continuation of existing section of flexible retaining wall of gabions. This retaining wall consists of four rows of gabions and the side height could be reduced stepwise. The existing wall of 22 m should be extended to about 72 m (Figures 9 and 10)

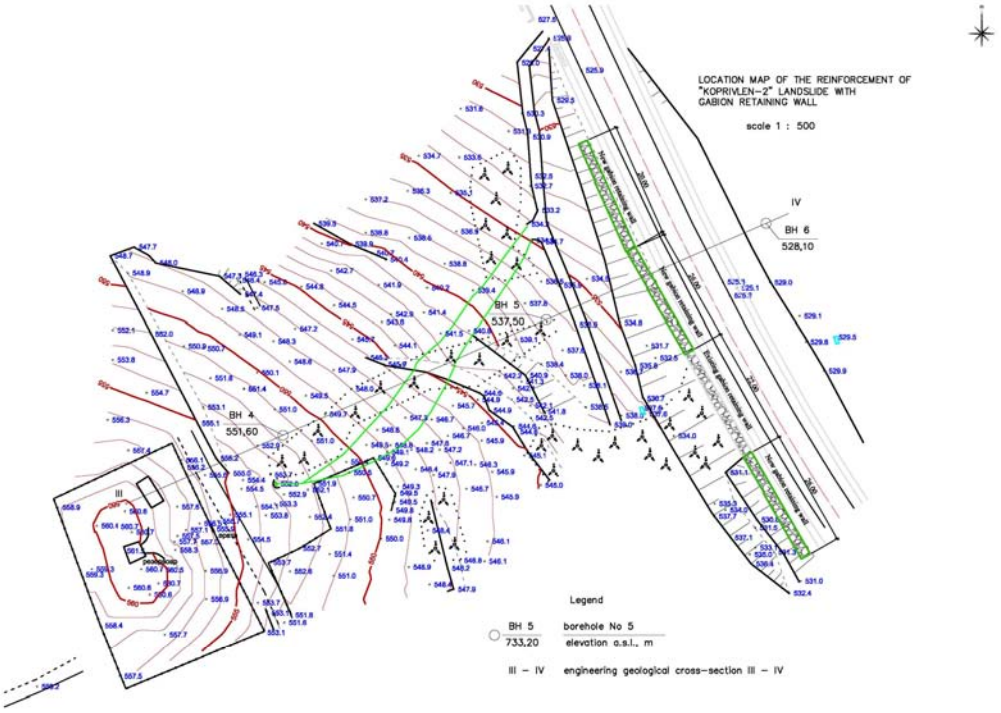


Fig. 9. Reinforcement of Koprivlen-2 with gabions

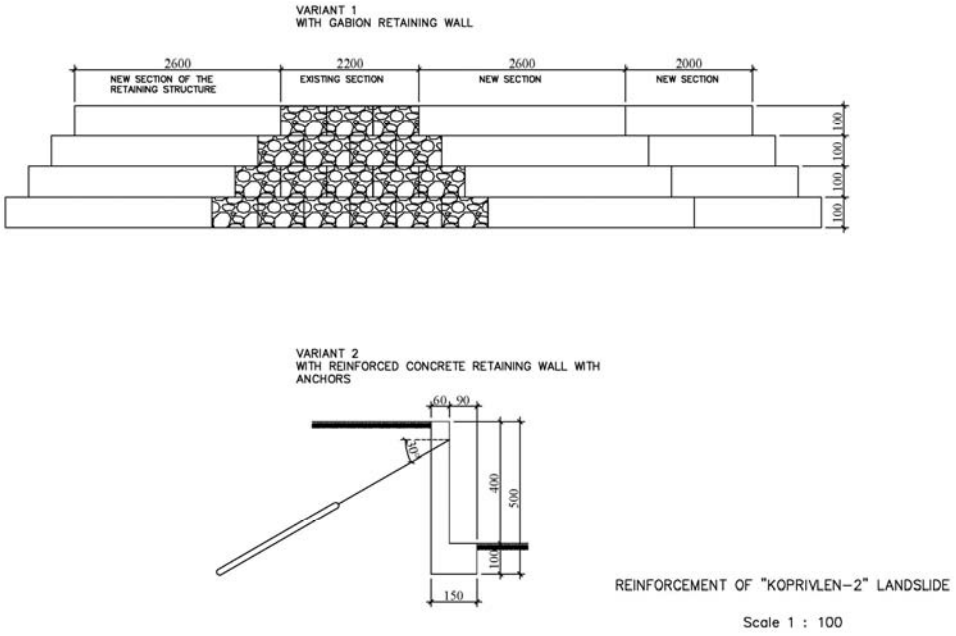


Fig. 10. Schematic of the reinforcement models for Koprivlen-2

2. Strengthening of the slope with reinforced concrete anchored retaining wall using injection anchors with dr = 0,2 m and lr = 4,0 m under 300. In this way all checks on sliding and overturning are satisfied (Figures 10 and 11)

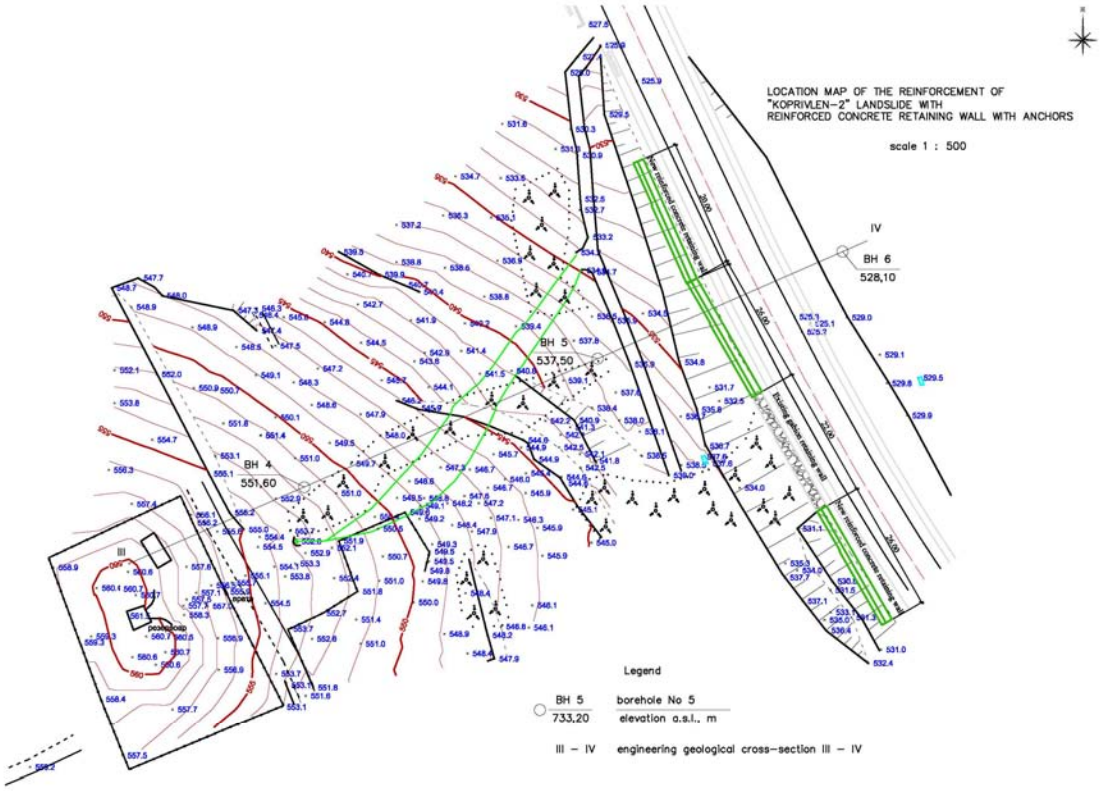


Fig. 9. Reinforcement of Koprivlen-2 with concrete retaining wall with anchors

Conclusions

The collected data and materials have been successfully implemented in RISKLIDES project. The results have been described in detail in several work report packages. Combination of high ground water table + earthquake puts the slope in an unstable environment. Adequate preventive measures and retaining structures have been developed to increase slope stability and to avoid activation of recorded landslides based on geotechnical slope stability analysis.

References:

1. V a r n e s, D. J., Slope movement types and processes. In: Schuster, R. L., Krizek, R. J. (Eds.), Landslides—analysis and control. Transportation Research Board Special Report 176. National Academy of Sciences, Washington, DC, (1978), 12– 33.
2. V a r n e s, D. J., Commission on landslides and other mass movements — IAEG: The principles and practice of landslide hazard zonation, UNESCO Press, Paris (1984).
3. Б е р б е р о в а, Р., Природни бедствия в България – състояние и тенденции. НБУ, (2012), стр. 147
4. Б е р б е р о в а, Р., Уязвимост на България от природни бедствия, Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS’2011, БАН, (2012), 276-282
5. S a r k a r, S., R. A n b a l a g a n, Landslide hazard zonation mapping and comparative analysis of hazard zonation maps, Journal of Mountain Science, 5 (3), (2008), 232-240
6. Б е р б е р о в а, Р., 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, (2012), 267-275
7. S a r o v, S. (ed.). Geological map of the Republic of Bulgaria, scale 1: 50,000, sheet Dobrinishte. - MEW, BNGS - Apis 50 Ltd, (2010), 72 p.
8. S a r o v, S. (ed.). Explanatory note to the geological map of the Republic of Bulgaria, scale 1: 50,000, sheet Dobrinishte. - MEW, BNGS - Uniscorp Ltd, (2010), 72 p.

ПРОСТРАНСТВЕНИ ГИС СЛОЕВЕ НА ЗОНИ С ПОВИШЕН РИСК ОТ СВЛАЧИЩА ЗА ПРОЕКТ „УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА ОТ ПРИРОДНИ И АНТРОПОГЕННИ СВЛАЧИЩА В ГРЪЦКО-БЪЛГАРСКИ ТРАНСГРАНИЧЕН РЕГИОН ”(RISKLIDES)

Вилма Петкова[1,2*], Светла Сарова[3], Милен Кадийски[2,4], Владислав Костов[2], Венцеслав Стоянов[5], Стоян Саров[3], Ралица Гюрова, Теодосиос Папалиангас[6]

[1]Нов български университет, ул. „Монтевидео“ №21, 1618 София
[2]Институт по минералогия и кристалография, БАН, ул. „Акад. Г. Бончев, бл. 107, 1113 София
[3]“Геология и геофизика“, бул. „Ситняково“ №23, 1505 София
[4]Европейски политехнически университет, ул. „Кирил и Методий“ №23, 2300 Перник
[5]Висше строително училище, ул. „Суходолска“ №175, 1373 София
[6]Технологичен университет в Солун, департамент „Гражданско строителство“, 57400 Солун, Гърция
**e-mail: vpetkova@nbu.bg; vilmapetkova@gmail.com*

Ключови думи: *свлачища, срутища, управление на риска, GIS*

Резюме: *В статията е разгледан модел за генериране на пространствени ГИС слоеве на зони с повишен риск от свлачища и срутища в района на „Банско (Разлог) – Г. Делчев – ГКПП Илинден в изпълнение на Договор № 6/24.04.2013 г. по Проект: RISKLIDES, Договор за БФП № BI.11.02/14.03.2011 г. по Оперативна програма за Европейско териториално сътрудничество (ЕТС) «Гърция - България 2007-2013 г.». За построяването на модела са използвани дани от регистрационна карта в М 1:50 000 с местоположението и вида на опасните рискови зони, геоложките и геоморфоложките изследвания в района на пътя. Данните от детайлните проучвания на свлачищата са визуализирани в М 1:500. Всички геопространствените данни и резултати от теренни и др. проучвания, свързани с координатни определения са представени в координатна система WGS84 в проекция UTM34N. Векторните данни са организирани в географска информационна система MapInfo (www.mapinfo.com).*

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” – (RISKLIDES)

Vilma Petkova[1,2*], Svetla Sarova[3], Milen Kadiyski[2,4], Vladislav Kostov-Kytin[2], Ventseslav Stoyanov[5], Stoyan Sarov[3], Ralitza Gurova, Theodosios T. Papaliangas[6]

[1]New Bulgarian University, 21 Montevideo str, 1618 Sofia, Bulgaria
[2]Institute of Mineralogy and Crystallography, Bulgarian Academy of Sciences, 107 Akad. G. Bonchev Str., 1113 Sofia, Bulgaria
[3]Geology and Geophysics JSCo, 23 Sitnyakovo Blvd., 1505 Sofia, Bulgaria
[4]European Polytechnical University, 23 Sv. Kiril i Metodiy str., 2300 Pernik, Bulgaria
[5]University of Structural Engineering and Architecture, 175 Suhodolska str., 1373 Sofia, Bulgaria
[6]Technological Educational Institute of Thessaloniki, Department of Civil Infrastructure Engineering, 57400 Thessaloniki, Greece
**e-mail: vpetkova@nbu.bg; vilmapetkova@gmail.com*

Keywords: *landslide, risk management, GIS layers*

Abstract: *In the article was investigated a model to generate spatial GIS layers of areas at risk of landslides and rock falls in the "Bansko (Razlog) - Gotse Delchev - Ilinden under contract № 6 / 04.24.2013, on the project: RISKLIDES, Contract for the grant № BI.11.02 / 14.03.2011, the Operational Programme for European Territorial cooperation (ETC) "Greece - Bulgaria 2007-2013". For the construction of the model was*

used the registration card in M1:50 000 with the location and type of dangerous risk areas, geological and geomorphological researches in the area of the road. Data from detailed studies of landslides are displayed in scale M1: 500. All geospatial data and results from field and others studies was related to coordinate definitions are presented in the WGS84 coordinate system in projection UTM34N. Vector data are organized into geographical information system MapInfo (www.mapinfo.com).

Въведение

Генерирането на пространствени ГИС слоеве на зони с повишен риск от свлачища, срутища и каменопади е част от дейностите на проект „Управление на риска от природни и антропогенни свлачища в гръцко-български трансграничен регион"(RISKLIDES) по сключен Договор № B1.11.02/14.03.2011 г. към Оперативна програма за европейско териториално сътрудничество „Гърция - България 2007-2013 г.".

RISKLIDES е проект, насочен към оценката и управлението на риска от свлачища, причинени под въздействието на природни или антропогенни фактори. Областите, които са обект на обследване в проекта са пътните артерии в районите Лиляс-Серес-Като – от гръцка страна (92 км), и ГКПП Илинден-Гоце Делчев-Банско – от българска страна, общо 68 км. Районът се характеризира с планински терен и многообещаващи перспективи за развитие, като на негова територия са и ски курортите на Лиляс и района на гр. Банско. Свлачищата са един от най-опасните геоложки феномени със сериозни последици, тъй като те са тясно свързани с човешките и имуществени загуби и имат важно влияние върху регионалната икономика [1-2]. Причини за свлачищата могат да бъдат интензивни валежи, бързото стопяване на снега, повишаване на равнището на реките и силни земетресения. Ефектите на свлачища, предизвикани от естествени причини, варират значително и зависят от различни фактори, като: литологията на скалите, геоложкия им строеж и протичащите геодинамични процеси – навличания, разломни нарушения, земетресения, формата и наклона на терена, вида на почвата, и т.н. Промяната на отводнителния режим, дестабилизацията на склона и обезлисяването са човешки дейности, предизвикващи поява на свлачища. Свлачищата могат да засегнат населени места на регионално или национално ниво. В такъв случай от жизнено значение е проходимостта на пътищата, които ще осигурят достъп до съседните населени места и възможности за снабдяване с вода, храна и помощи [3].

Основна цел на генерираните пространствени ГИС слоеве на зони с повишен риск от свлачища за проект „Управление на риска от природни и антропогенни свлачища в гръцко-български трансграничен регион"(RISKLIDES) е маркирането, характеризирането и следенето на свлачищата, застрашаващи околната среда и хората в нея.

Основната задача - оптимизиране на информацията за свлачищата на територията на изследвания район се базира на предимството на ГИС - графичната информация се възприема в пъти по-лесно от аналитичната т.е. от текстовата или цифровата [4-6].

За генерирането на слоевете е използвана информация от отчетите за теренните проучвания на съответните експерти, отчети от предишни проучвания, извършени превантивни мероприятия, планове на инженерно - строителни съоръжения и други данни [7-8].

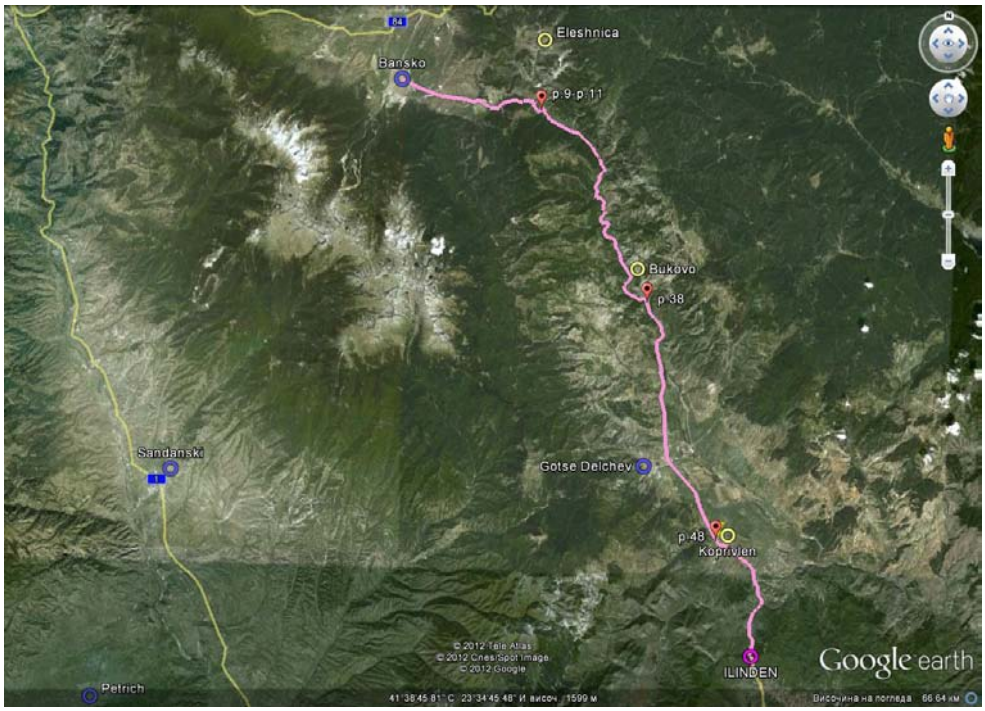
За всяко маркирано свлачище могат да се получат публични данни за типа му, направените изследвания, активността и др. от всички заинтересовани организации - ГД "Национална служба "Гражданска защита", органите на управление на общинско и областно ниво, МВР, Агенция „Пътна инфраструктура", Басейнова дирекция Западнобеломорски район, Областна дирекция „Земеделие", както и от строителни, туристически и транспортни фирми, частни земеделски стопани и др. [9]

Задание

В изпълнение на дейностите по работен пакет (WP5), „Оценка на риска & управление" в района Банско-Гоце Делчев- ГКПП Илинден се поставя за цел за:

- Генериране пространствени GIS слоеве на рисковите участъци и зони с потенциален риск от свлачища, срутища и каменопади по пътя Банско - Гоце Делчев – ГКПП Илинден";
- Слоевете да бъдат групирани в модули съобразно резултатите от работата на експертите и да изграждат съответните карти;
- Информацията за всеки елемент от проучването да се съхрани в отделени слоеве със съответната атрибутивна таблица;
- Данните от регистрационна карта с местоположението и вида на опасните рискови зони да се визуализират в М 1:50 000;
- Данните от детайлните проучвания на свлачищата да се визуализират в М 1:500;

- Всички геопространствените данни и резултати от теренни и др. проучвания, свързани с координатни определения да се представят в координатна система WGS84 в проекция UTM34N;
- Слоевете да могат да бъдат включвани/изключвани за визуализация със съответна подробност в определения мащаб;



Фиг. 1. Област на проект RISKLIDES

Методология

При генерирането на ГИС слоевете са спазени всички изисквания на заданието. Векторните данни са организирани в географска информационна система MapInfo.

Данните от регистрационна карта с местоположението и вида на опасните рискови зони, геоложките и геоморфоложките изследвания в района на пътя са визуализирани в М 1:50 000.

Данните от детайлните проучвания на свлачищата са визуализирани в М 1:500.

Всички геопространствените данни и резултати от теренни и др. проучвания, свързани с координатни определения са представени в координатна система WGS84 в проекция UTM34N.

Информацията за всеки елемент от проучването е въведена в отделен слой със съответната атрибутивна таблица.

За всеки слой са валидни следните основни функции:

- инструменти за придвижване по картата;
- определяне на мащаб - произволен, стандартен;
- получаване на информация за един или няколко обекта;
- възможност за получаване на информация за обекти от различни теми за едно и също местоположение;
- търсене на обект по един или няколко признака;
- слоевете могат да бъдат включвани/изключвани за визуализация със съответната подробност в определения мащаб.

Изходни данни

В изпълнение на поставените цели и задачи са използвани данни от отчетите за: „Събиране и анализ на карти (геоложки, геотехнични, кадастрални и др.); теренни изследвания (цифрова фотография, топографски измервания, интервюиране) и създаване на 3D дигитален модел на зони с повишен риск от свлачища по пътя Банско - Гоце Делчев – ГКПП Илинден“ по проект RISKLIDES на изпълнител НИИ „Геология и геофизика” АД, Договор “RISKLIDES”/No 3/28.06.2012 г.

- „Инженерногеоложки проучвания на рискови свлачища и срутища по пътя Банско – Гоце Делчев – ГКПП Илинден“ по проект RISKLIDES „Управление на риска от природни и антропогенни свлачища в гръцко-български трансграничен регион“, на изпълнител СТИВ 88 ЕООД, Договор “RISKLIDES”/No 4/09.08.2012 г.
- „Сеизмичното състояние по линията „Банско (Разлог) – Г. Делчев” по проект RISKLIDES „Управление на риска от природни и антропогенни свлачища в гръцко-български трансграничен регион“.
- „Сезонни валежи в района на „Банско (Разлог) – Г. Делчев – ГКПП Илинден ” по проект RISKLIDES „Управление на риска от природни и антропогенни свлачища в гръцко-български трансграничен регион“.
- „Състоянието на повърхностните и подземните води в района на „Банско (Разлог) – Г. Делчев – ГКПП Илинден” по проект RISKLIDES „Управление на риска от природни и антропогенни свлачища в гръцко-български трансграничен регион“.

Резултати

1. КАРТИ В М 1: 50 000
1.1. ТОПОГРАФСКА ОСНОВА
Структура
TOPOGRAPHIC BASE MAP – workspase
Horizontals – linear objects
National boundary – linear objects
Rivers– linear objects
Rivers-poly – polygon
Roads-I – linear objects
Roads-II – linear objects
Towns and villages – polygons
Towns and villages name – text

1.2. РЕГИСТРАЦИОННА КАРТА
Структура
REGISTRATION MAP – workspase
Observation points – point objects
Observation points-numbers – text



Фиг. 2. Визуализирани в М 1:500 местата с потенциален риск от свлачища, срутища и каменопади в района на проект RISKLIDES

1.3. ОПАСНИ МЕСТА
Структура
DENGEROUS PLACES – workspase
Landslides – point objects
Rock-fall – point objects
Slope erosion – point objects
Lateral river bank erosion – point objects

1.4. ГЕОЛОЖКА КАРТА
Структура
GEOLOGY – workspase
Geology – boundaries – linear objects
Geology- tectonic – linear objects
Geology - lithology – polygons

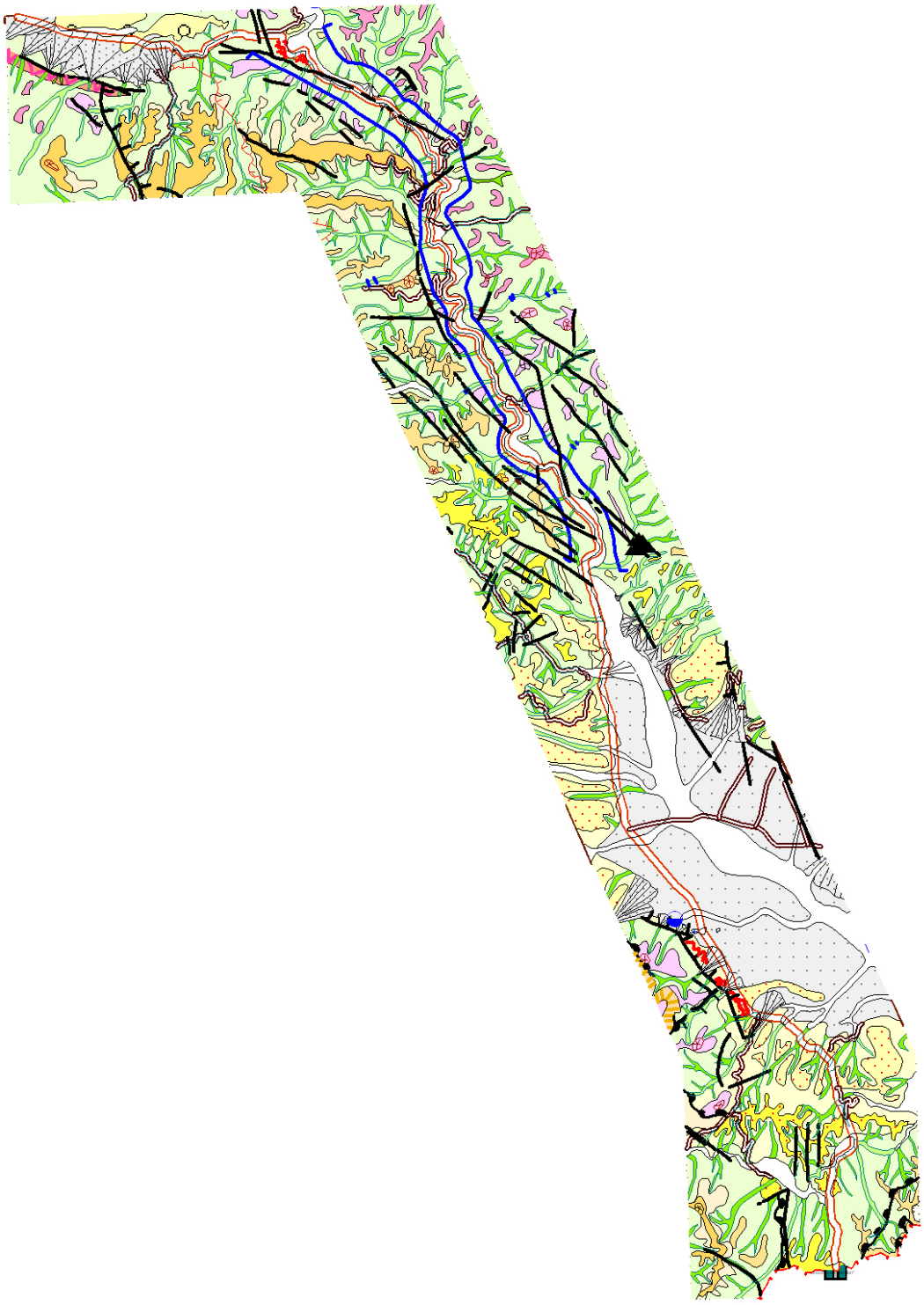


Илюстрация – Фиг. 3.

1.5. ГЕОМОРФОЛОЖКА КАРТА

Структура

- *GEOMORPHOLOGY – workspase*
- Geomorphology_elements – linear objects
- Geomorphology_form – point objects
- Geomorphology_bodies – polygons



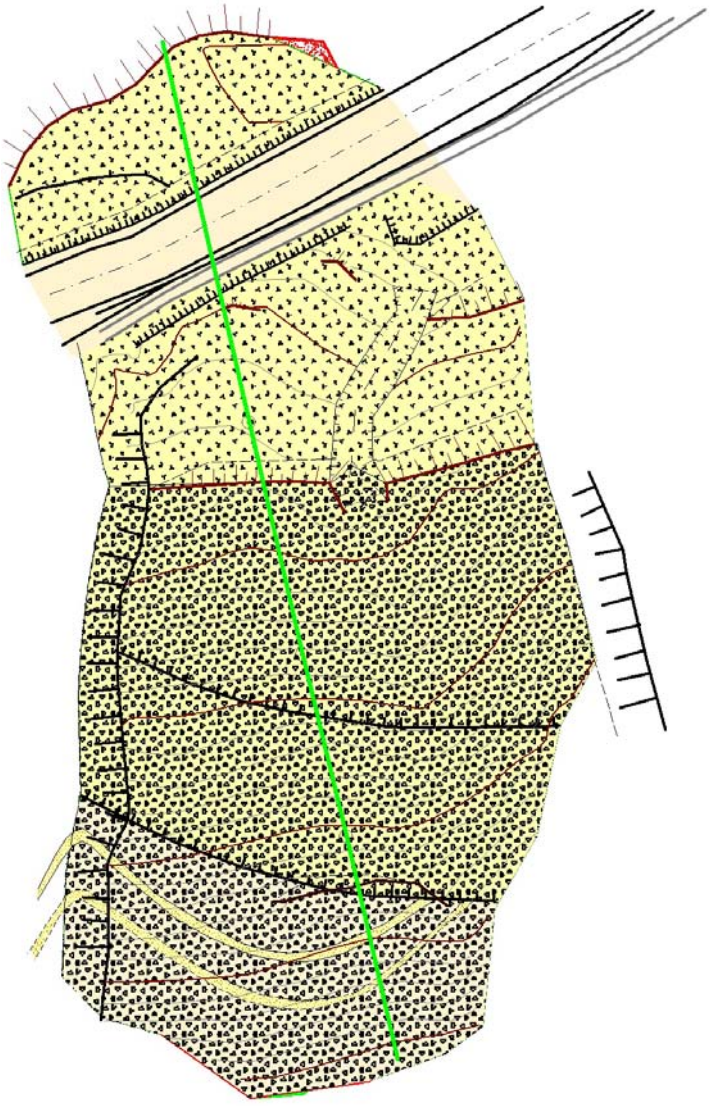
Илюстрация – Фиг. 4.

2.КАРТИ В М 1: 500

2.1. СВЛАЧИЩЕ ЕЛЕШНИЦА

Структура

- *Landslide-Eleshnitsa – workspase*
- Landsl _El_ geom_ cituation - linear objects
- Landsl _El_ geom_grav.forms - linear objects
- Landsl _El_ geom_grav.bodys - polygons
- Landsl _El._geol_boundary - linear objects
- Landsl _El._ geol_lito - polygons
- Landsl _El._ geol_tekt - linear objects
- Landsl _El._ borehole - point objects
- Landsl_ El_cross_section - linear objects
- Landsl_ El_eng_surveys - polygons
- Landsl _El_ climate - polygons
- Landsl _El_ hydrology - polygons

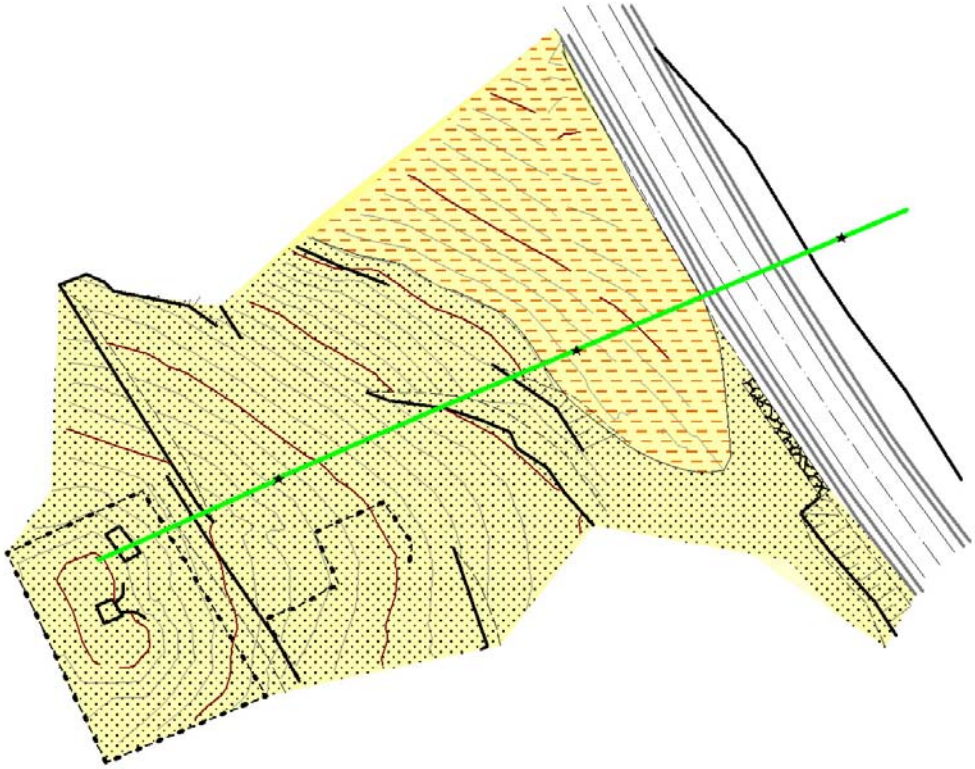


Илюстрация – Фиг. 5.

2.2. СВЛАЧИЩЕ КОПРИВЛЕН I

Структура

- *Landslide-Koprivlen I – workspase*
- Landsl _Kopr.I cituation -- linear objects
- Landsl _Kopr.I geol_boundary - linear objects
- Landsl _Kopr.I geol_lito - polygons
- Landsl _Kopr.I geom_grav.bodys - polygons
- Landsl _Kopr.I geom_grav_forms - - linear objects
- Landsl _Kopr.I borehole - point objects
- Landsl _Kopr.I cross_section - - linear objects
- Landsl _Kopr.I eng_surveys - polygons
- Landsl _Kopr.I climate - polygons
- Landsl _Kopr.I hydrology - polygons

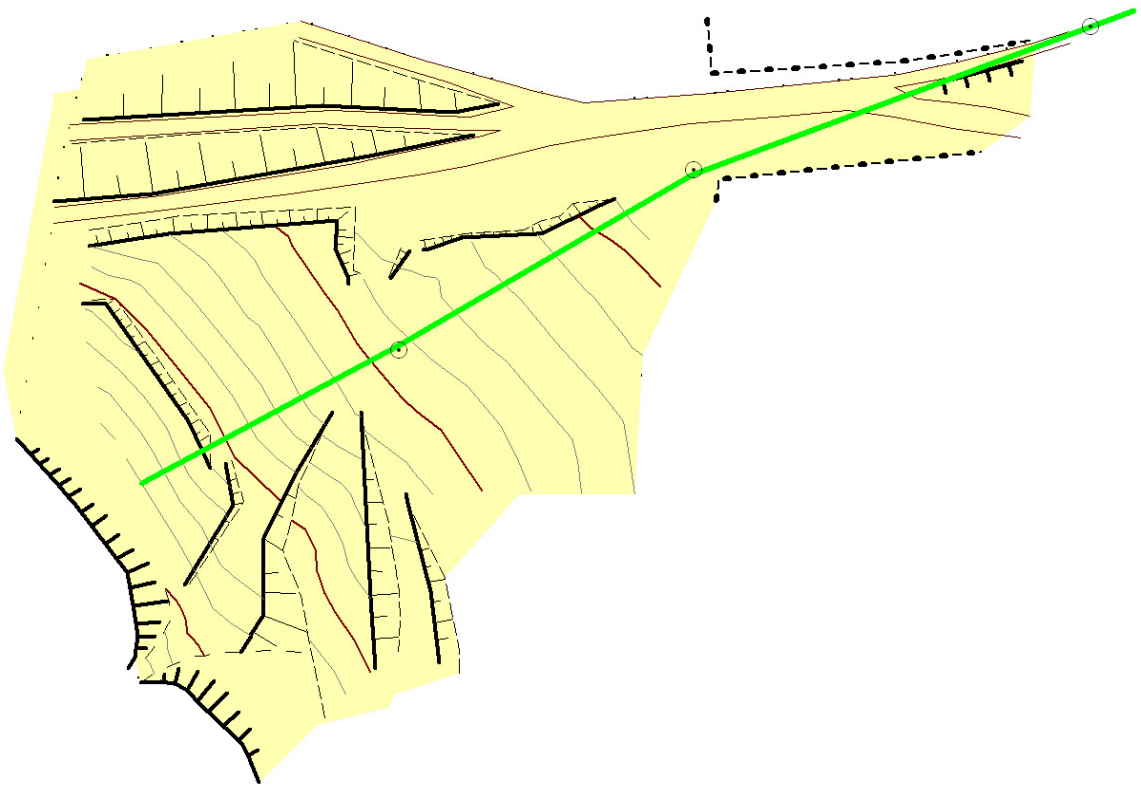


Илюстрация – Фиг. 6.

4.2.3. СВЛАЧИЩЕ КОПРИВЛЕН II

Структура

- Landslide-Koprivlen II – workspase
- Landsl _Kopr.II cituation - linear objects
- Landsl _Kopr.II geol_lito - polygons
- Landsl _Kopr.II geom_grav.bodys - polygons
- Landsl _Kopr.II geom_grav_forms - linear objects
- Landsl _Kopr.II borehole - point objects
- Landsl _Kopr.II cross_section - linear objects
- Landsl _Kopr.II eng_surveys - polygons
- Landsl _Kopr.II climate - polygons
- Landsl _Kopr.II hydrology – polygons



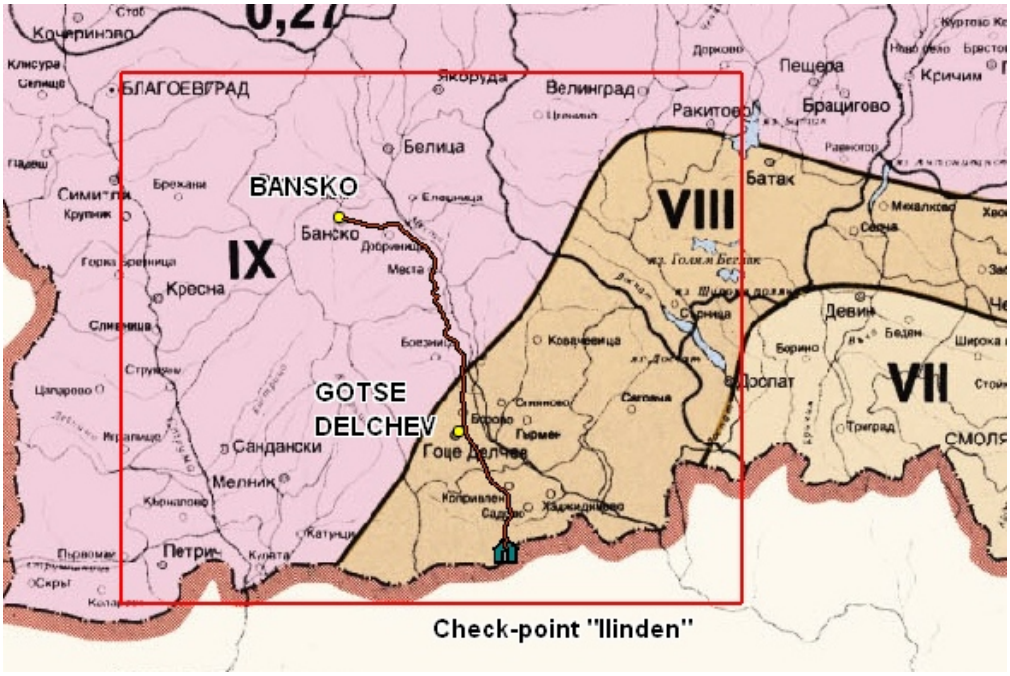
Илюстрация – Фиг. 7.

3. КАРТИ В М 1: 1 000 000

3.1. КАРТА НА СЕИЗМИЧНОСТА В РАЙОНА

Структура

- SEISMYCITY – workspase
- Explored region - linear objects
- Seismic data - linear objects
- Seismic zones

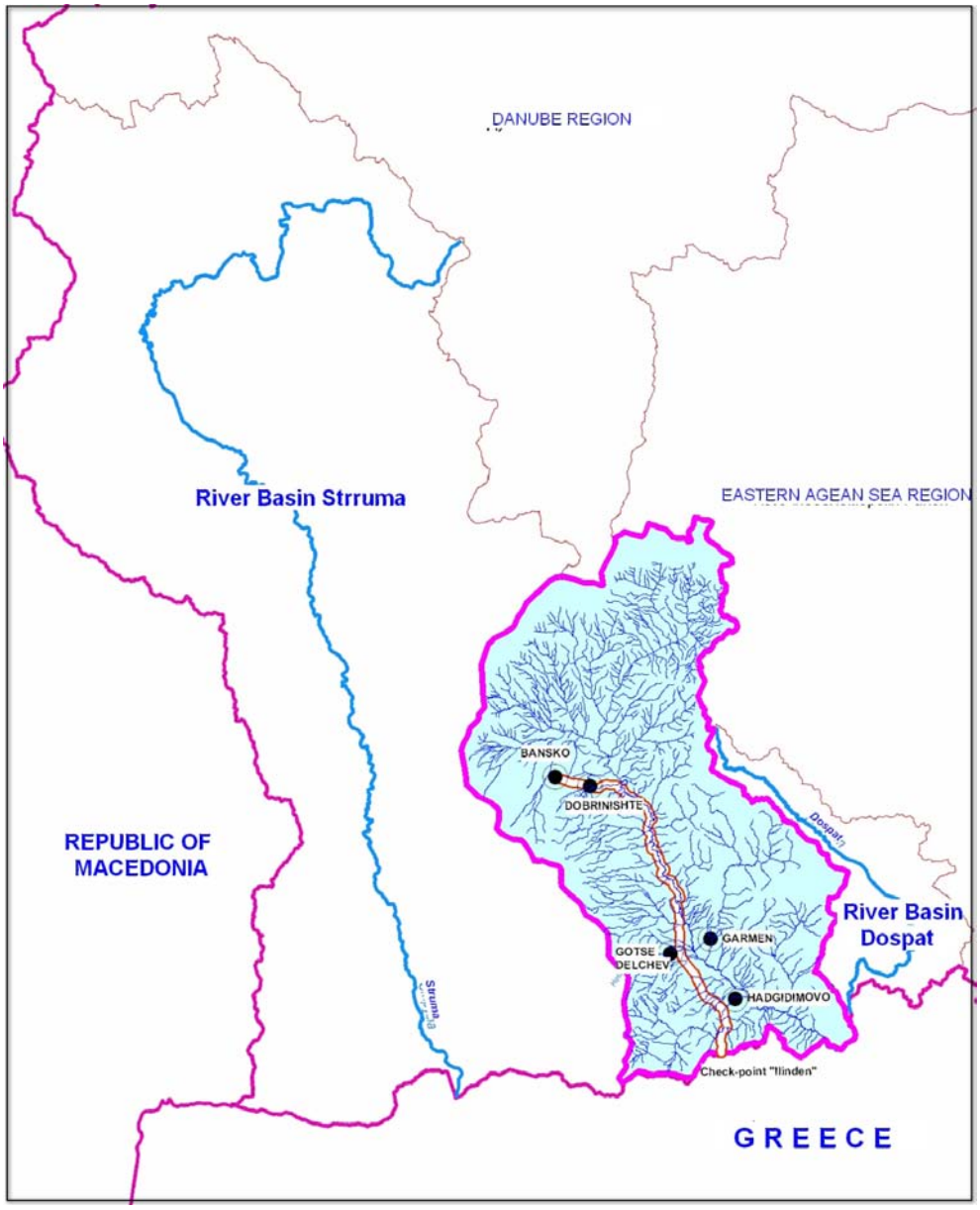


Илюстрация – Приложение Фиг. 8.

3.2. КАРТА НА БАСЕЙНА НА р. МЕСТА

Структура

- MESTA RIVER BASIN – workspas
- Explored region - linear objects
- Mesta basin – rivers - linear objects
- West Aegean Basin - raster
- Mesta river basin – polygons
- Names - text



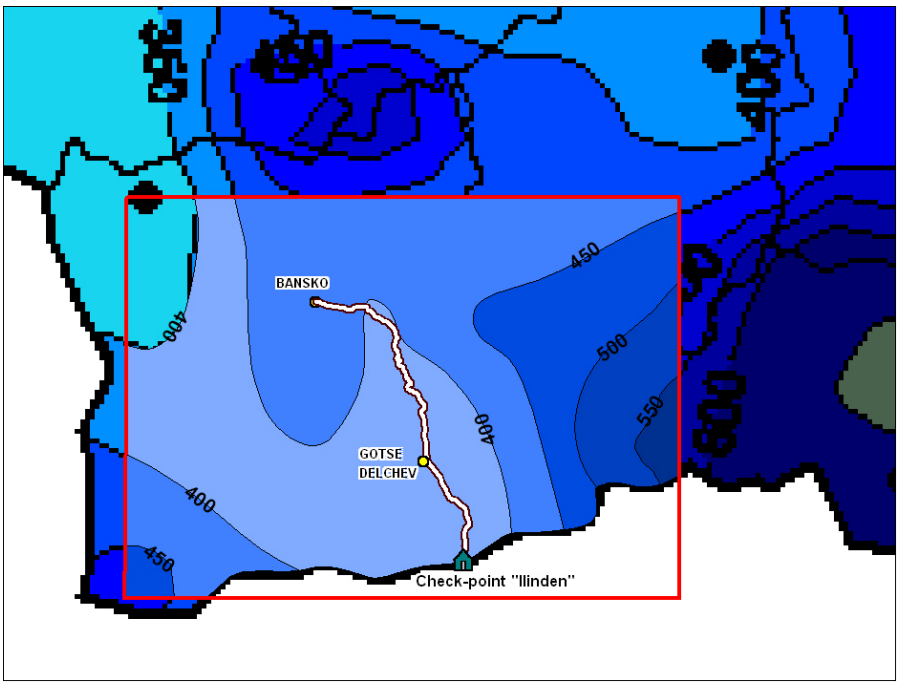
Илюстрация – Фиг. 9.

3.3. КЛИМАТИЧНА КАРТА

ВАЛЕЖИ

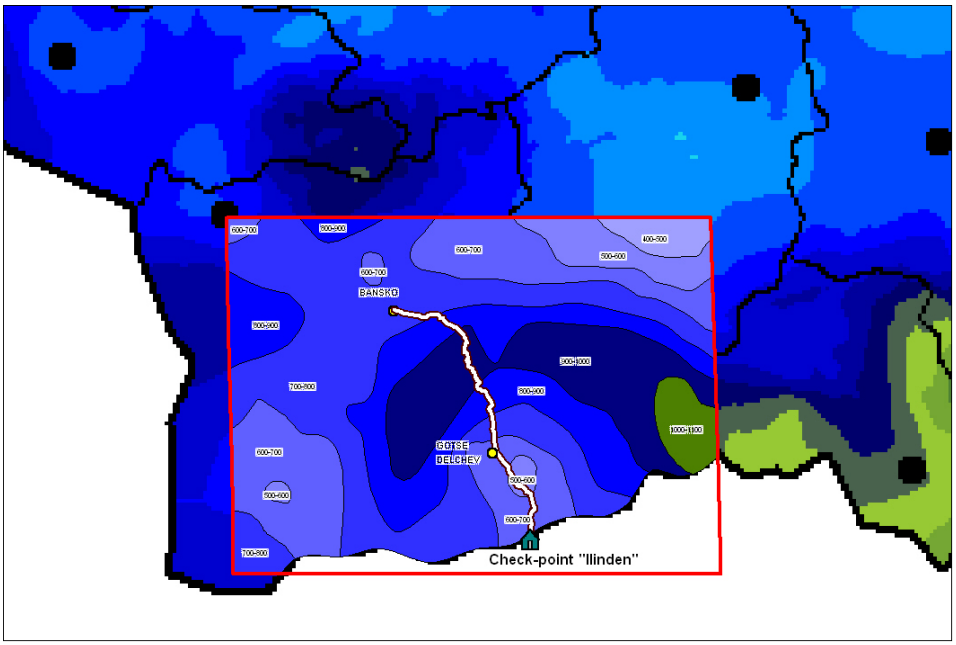
Структура

- Annual sum rainfall 2011 - workspase
- Explored region R - linear objects
- Sum_R_2011_total - polygons
- Sum_R_2011_total 2 - raster
- Sum_R_2011_txt – text



Илюстрация – Приложение Фиг. 10.

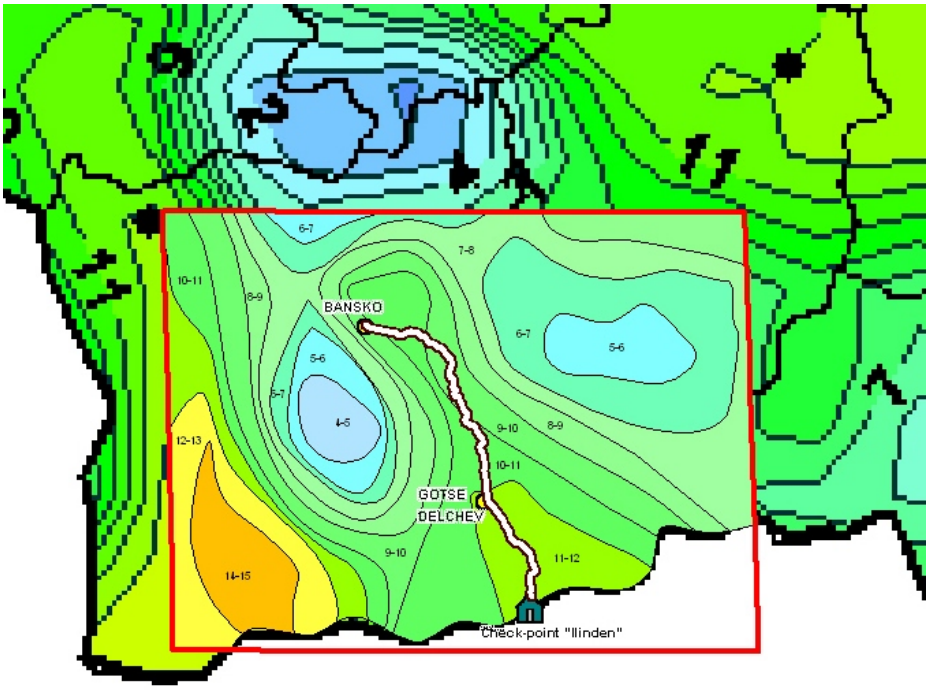
- Annual sum rainfall 2012 workspase
- Explored region R - linear objects
- Sum_R_2012_total - raster
- Sum_R_2012_total 12 - polygons
- Sum_R_2012_txt - text



Илюстрация – Фиг. 11.

ТЕМПЕРАТУРА
Структура

- Average annual temperature 2011 – workspas
- Explored region T - linear objects
- Sum_T_2011 - raster
- Sum_T_2011 2- polygons
- Sum_T_2011 txt – text



Илюстрация – Приложение Фиг. 12.

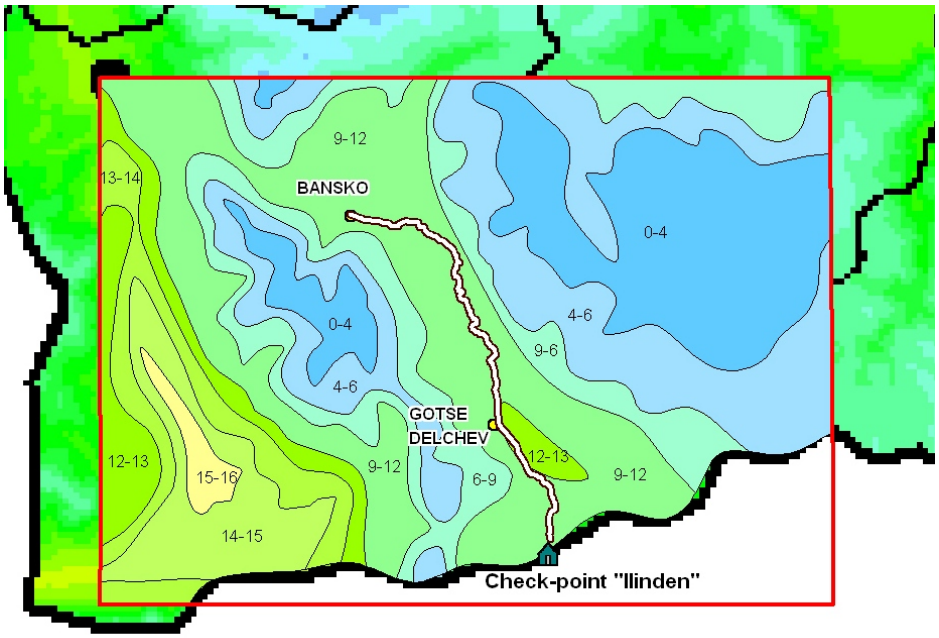
Average annual temperature 2011 – workspas

Explored region T - linear objects

Sum_T_2011 - raster

Sum_T_2011 2- polygons

Sum_T_2011 txt – text



Илюстрация – Приложение Фиг. 13.

МЕТАДАННИ

ТОПОГРАФСКА ОСНОВА	
Източник на изходната информация:	ОТЧЕТ-НИИ „Геология и геофизика”АД / 27.08.2012г. - по топографски карти в М 1:50 000
Възложител:	ИМК-БАН Проект: RISKLIDES, Договор № 06/24.04.2013 г.
Дата на последна актуализация:	4.2013
Дата на създаване на изходната информация:	2012
Вид на данните:	векторни
Координатна система:	координатна система WGS84 в проекция UTM34N
РЕГИСТРАЦИОННА КАРТА	
Източник на изходната информация:	ОТЧЕТ-НИИ „Геология и геофизика”АД / 27.08.2012г.
Възложител:	ИМК-БАН Проект: RISKLIDES, Договор № 06/24.04.2013 г.
Дата на последна актуализация:	4.2013
Дата на създаване на изходната информация:	2012
Вид на данните:	векторни
Координатна система:	координатна система WGS84 в проекция UTM34N
ГЕОЛОГИЯ	
Източник на изходната информация:	ОТЧЕТ-НИИ „Геология и геофизика”АД / 27.08.2012г.
Възложител:	ИМК-БАН Проект: RISKLIDES, Договор № 06/24.04.2013 г.
Дата на последна актуализация:	4.2013
Дата на създаване на изходната информация:	2012
Вид на данните:	векторни
Координатна система:	координатна система WGS84 в проекция UTM34N
ГЕОМОРФОЛОГИЯ	
Източник на изходната информация:	ОТЧЕТ-НИИ „Геология и геофизика”АД / 27.08.2012г.
Възложител:	ИМК-БАН Проект: RISKLIDES, Договор № 06/24.04.2013 г.
Дата на последна актуализация:	05.2013г.
Дата на създаване на изходната информация:	2012г.
Вид на данните:	векторни
Координатна система:	координатна система WGS84 в проекция UTM34N
ОПАСНИ МЕСТА	
Свлачища	
Срутища	
Източник на изходната информация:	ОТЧЕТ-НИИ „Геология и геофизика”АД / 27.08.2012г.
	ОТЧЕТ- СТИВ 88 ЕООД / 23.09.2012г.
Възложител:	ИМК-БАН Проект: RISKLIDES, Договор № 06/24.04.2013 г.
Дата на последна актуализация:	05.2013г.
Дата на създаване на изходната информация:	09.2012г.

Вид на данните:	векторни
Координатна система:	координатна система WGS84 в проекция UTM34N
Странична речна ерозия Склонова ерозия	
Източник на изходната информация:	ОТЧЕТ-НИИ „Геология и геофизика”АД / 27.08.2012г.
Възложител:	ИМК-БАН Проект: RISKLIDES, Договор № 06/24.04.2013 г.
Дата на последна актуализация:	4.2013
Дата на създаване на изходната информация:	2012
Вид на данните:	векторни
Координатна система:	координатна система WGS84 в проекция UTM34N
КЛИМАТ	
Средногодишни валежи 2011г	
Средногодишни валежи 2012г	
Средногодишни температури 2011г	
Средногодишни температури 2012г	
Източник на изходната информация:	ОТЧЕТ за сезонните валежи в района на „Банско (Разлог) – Г. Делчев – ГКПП Илинден”
Възложител:	ИМК-БАН Проект: RISKLIDES, Договор № 06/24.04.2013 г.
Дата на последна актуализация:	04.2013
Дата на създаване на изходната информация:	2012
Вид на данните:	векторни, растерни
Координатна система:	координатна система WGS84 в проекция UTM34N
СЕИЗМИКА	
Сеизмични зони	
Източник на изходната информация:	ОТЧЕТ за сеизмичното състояние по линията БАНСКО (РАЗЛОГ) – Г. ДЕЛЧЕВ”/
Възложител:	ИМК-БАН Проект: RISKLIDES, Договор № 06/24.04.2013 г.
Дата на последна актуализация:	05.2013
Дата на създаване на изходната информация:	04.2013
Вид на данните:	векторни, растерни
Координатна система:	координатна система WGS84 в проекция UTM34N

Заключение

На територията на България се срещат всички видове и типове свлачища, което е обусловено от пресечния релеф, високата сеизмичност, подпочвените води, снеготопенето и разнообразния геологически строеж на територията. За последните сто години те са нанесли големи материални щети и се нареждат по негативни социално-икономически последици непосредствено след земетресенията. Борбата със свлачищата е много трудна и скъпа, а и не винаги успешна, тъй като зависи до голяма степен от правилното определяне на основните фактори, предизвикали свлачището. Ефективността от противосвлачищните мероприятия е голяма когато тези мероприя тия са насочени към неутрализирането на тези фактори.

Изградените ГИС слоеве за районите Лиляс-Серес-Като – от гръцка страна и ГКПП Илинден - Гоце Делчев-Банско – от българска страна ще бъдат предоставени на служителите от „Националната система за ранно предупреждение и оповестяване при бедствия” за изграждане на симулационни модели и ранни прогнози. Това ще ускори взимането на бързи

решения и ефективното организиране на действията при криза, оценка и контролиране състоянието и ефективноста на съществуващите защитни обекти и съоръжения и , както и да се проектират и изградят нови.

Всичко това определя ползата от изградените ГИС слоеве в борбата със свлачищата.

Литература:

1. Hongey Chen, Guan-Wei Lin, Ming-Hsiang Lu, Tsun-Ying Shih, Ming-Jame Horng, Shuei-Ji Wu, Bin Chuang, Effects of topography, lithology, rainfall and earthquake on landslide and sediment discharge in mountain catchments of southeastern Taiwan, Geomorphology, 133, I 3–4, (2011), 132–142
2. Highland, L.M., Bobrowsky, Peter, The landslide handbook—A guide to understanding landslides: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, (2008)
3. MandyLineback Gritzner, W. Andrew Marcus, Richard Aspinall, Stephan G. Custer, Assessing landslide potential using GIS, soil wetness modeling and topographic attributes, Payette River, Idaho, Geomorphology, 37, 1–2, (2001), 149–165
4. Varnes, D. J., Slope movement types and processes. In: Schuster, R. L., Krizek, R. J. (Eds.), Landslides—analysis and control. Transportation Research Board Special Report 176. National Academy of Sciences, Washington, DC, 1978, 12– 33.
5. Varnes, D. J., Commission on landslides and other mass movements — IAEG: The principles and practice of landslide hazard zonation, UNESCO Press, Paris, 1984.
6. Костова, Д., Р. Берберова, Екология и геоинформационни системи (ГИС). Сп. “Екологично инженерство и опазване на околната среда” - специализиран брой Годишната международна научна конференция “Екологизация – 2009”, 2010, 102-106.
7. Берберова, Р., 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, 2012, 267-275
8. Sarkar, S., R. Anbalagan, Landslide hazard zonation mapping and comparative analysis of hazard zonation maps, Journal of Mountain Science, 5 (3), 2008, 232-240
9. Берберова, Р. Природни бедствия в България – състояние и тенденции, НБУ, 2012, 147

S E S 2 0 1 4
Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ГОРИТЕ КАТО ВЪЗМОЖНОСТ ЗА БИОЛОГИЧНО УЛАВЯНЕ НА ПАРНИКОВИ ГАЗОВЕ

Валентина Христова[1], Антон Петров[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Софийски университет „Св. Климент Охридски“, Физически факултет
e-mail: astronomer@abv.bg

Ключови думи: *Въглероден диоксид, горски масиви, ТЕЦ, парникови газове, залесяване, климат*

Резюме: *Акцентира се върху влиянието на парниковите газове с антропогенен произход върху климата и начините за намаляването му. По-специално се разглежда CO_2, като газ с най-голямо радиационно въздействие. На базата на изследвания направени в България (горовладелска производителна кооперация “КАРЛЪК-СС”), се прави приблизителна оценка на възможностите на горите да усвояват и преработват CO_2. Приблизителните оценки показват възможността на българските гори напълно да усвояват въглеродния диоксид емитиран от ТЕЦ. Лансирана е идеята, че системата с търговия на квоти на емисии парникови газове в еквивалентон CO_2 не е най-удачната за българските условия и се предлага да бъде заменена от друга, при която ТЕЦ-овете поемат грижата за залесяване и стопанисване на горски масиви.*

STUDY ON THE INFLUENCE OF THE FORESTS AS AN OPPORTUNITY FOR ORGANIC CAPTURE OF GREENHOUSE GASES

Valentina Hristova[1], Anton Petrov[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Sofia University “St. Kliment Ohridski”, Faculty of Physics
e-mail: astronomer@abv.bg

Keywords: *Carbon dioxide, forests, thermal power plant, greenhouse gases, afforestation, climate*

Abstract: *Emphasis is placed on the impact of greenhouse gases with anthropogenic origin on the climate and ways to reduce it. In particular, it is considered CO_2 as a gas with the highest radiation effects. Based on studies made in Bulgaria (forest-possessed productive cooperative "KARLAK-SS"), is estimated the capacity of forests to absorb and process CO_2. Estimates indicate the possibility of Bulgarian forests to fully absorb the carbon dioxide emitted from thermal power plants. It is launched the idea that the system of tradable quotas of greenhouse gas emissions in equivalent-ton CO_2 is not the most appropriate for the Bulgarian conditions and comes to be replaced by another in which the thermal power plants take care of afforestation and management of forests.*

Въведение

До колко е отговорен човекът за изменението на земния климат? Този въпрос придоби огромна популярност в края на XX-ти и началото на XXI-ви век. Дори някак си встрани остава основния въпрос: променя ли се климата на Земята? Тук контекстът е до колко наблюдаваните изменения носят необратим характер? Все пак, климатичната система е отворена система, като поведението ѝ основно зависи от вкараната от вън енергия. Тъй като, тази енергия се доставя от Слънцето, то всички периодични процеси свързани с нейното количествено изменение ще се проектират върху Земята.

Късопериодичните промени на слънчевата активност са известни, това са 11-годишните цикли в рамките на които слънчевата константа (интегралния поток от слънчево лъчение,

преминаващ през единица площ, перпендикулярна на направлението на лъчите извън земната атмосфера при разстояние Земя – Слънце 1 au), променя стойността си с по-малко от процент. Дългопериодичните изменения на слънчевата константа (наименованието „константа" е твърде условно), от друга страна са напълно непредвидими. Първо, твърде слабо е позната физиката на процесите протичащи в слънчевите недра. Второ, не е известно как се променя плътността на междузвездната среда при движението на Слънцето около галактичния център (приблизителен период 2x108 години). Така или иначе за да се „хванат" такива дългопериодични изменения е необходима статистика, която просто липсва. Най-дългото измерване на приземната слънчева радиация е осъществено в Стокхолм, Швеция и датира от 1923 година [1]. В тази връзка е важно да се отбележи, че все още не е изяснен въпроса дали наблюдаваното изменение на приземната температура е начало на нов процес или е част от поредната флуктуация. Абстрахирайки се от този важен въпрос в настоящата работа се обръща внимание на увеличаването на парниковия газ CO2 в атмосферата и един възможен начин за частичното му редуциране.

Влияние на CO_2 върху климата

Въглеродния диоксид е основния парников газ в атмосферата, чиято концентрация силно зависи от човешката дейност. Известно е че парниковите газове оказват положително радиационно въздействие върху климатичната система. Според терминологията приета от IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change – Междуправителствена експертна група по климатичните промени), „радиационно въздействие" означава изменението на енергетичната осветеност в резултат на външно (или вътрешно) изменение на климатичната система, например концентрацията на CO_2. Изследването на антарктическия и гренландски лед в дълбочина позволява да се направи оценка на изменението на концентрацията на CO_2 преди хиляди години [2]. Смята се за достоверно, че през последните 800 000 години концентрацията на въглеродния диоксид е варирала между 0,018 и 0,03% [1]. При концентрация 0,0278% през XVIII$^{-ти}$ век, радиационното въздействие на въглеродния диоксид се оценява на 0,1 [W.m^{-2}] [2]. През 2011 година концентрацията е вече 0,03905% а радиационното въздействие е 1,82 [W.m^{-2}] [1]. Благодарение на човешката дейност от 1750 до 2011 година атмосферния въглерод е нарастнал с 555±85 Gt [1].

От края на XIX$^{-ти}$ до началото на XXI$^{-ви}$ век глобалната средна приземна температура се е повишила с 0,6°C [2]. Доколко парниковите газове и по-специално въглеродния диоксид са отговорни за това покачване? В таблица 1 са представени данни за концентрацията на парникови газове върху които оказва влияние човешката дейност [1], [2]:

Таблица 1.

	CO_2	**CH_4**	**N_2O**	**$CFCl_3$**	**HFC**	**CF_4**
Концентрация в доиндустриал-ната епоха	~ 280 ppm	~ 700 ppb	~ 270 ppb	0	0	~ 40 ppt
Съвременна концентрация (година)	390.5 ppm (2011)	1803.2 ppb (2011)	324.2 ppb (2011)	268 ppt (1998)	14 ppt (1998)	80 ppt (1998)
Темпове на изменение на концентрацията за периода 1990-1999 година	1.5 ppm/год.	7 ppb/год.	0.8 ppb/год.	-1.4 ppt/год.	0.55 ppt/год.	1 ppt/год.
Период на съхранение в атмосферата (години)	5 – 200	12	114	45	260	>50000

Колкото по дълъг е периода на съхранение в атмосферата, толкова по-необратимо е въздействието на газа върху климатичната система. Тетрафлуорметана (CF_4) съществува в атмосферата най-дълго време, но затова пък концентрацията му е повече от двеста хиляди пъти по-малка от тази на CO_2, който може да съществува един-два века. Освен това темповете на изменение на концентрацията на CO_2 са най-високи спрямо останалите парникови газове. В крайна сметка въглеродния диоксид е с най-голямо радиационно въздействие и съответно оказва най-голямо влияние върху климатичната система.

Горите като резервоар на CO_2

Възможностите за ограничаване на радиационното въздействие на CO_2 са свързани с намаляване на концентрацията му в атмосферата. В [3] например е отбелязано, че възможния път за това е отглеждането на фотосинтезиращи растения особено чувствителни към концентрацията на CO_2. Растенията, които образуват C_3 в процеса на фотосинтеза реагират много по-силно на CO_2 от тези, които образуват C_4. Към първите спадат широколистните дървета, пшеницата и картофите а към вторите тропическите растения, царевицата и захарната тръстика. В тази връзка в протокола от Киото, член 2, параграф 1 между другото е записано [4] „Всяка страна прилага и/или разработва по-нататък политики и мерки в съответствие със своето национално положение за ... опазване и увеличаване на поглътителите и резервоарите на парникови газове ... насърчаване на практиките за устойчиво управление на горите, залесяване и презалесяване".

С навлизането на иновативните технологии, свързани с дистанционните изследвания, въглеродът в дървесната маса е оценен на около 45% [5]. Той се натрупва изцяло от атмосферата посредством фотосинтеза:

(1) $CO_2 + 2H_2O + \gamma \rightarrow CH_2O + H_2O + O_2$.

Възможностите на биологичното улавяне на CO_2 са наистина огромни. В [5] например е направена оценка, че към 2050 година, натрупания в растения въглерод може да е 100 Gt (от които 70% се падат на горите), съответно усвоения CO_2 ще е 0,37 Tt, което е почти 6 пъти повече от антропогения CO_2 за периода 1990 – 2000 [2]. Също в [5] са посочени и три стратегии, чрез които може да се постигнат тези резултати:

а) консервация на съществуващите резервоари на въглерод (предимно гори);

б) улавяне на CO_2 посредством увеличаване на размерите на резервоарите на въглерод;

в) широко използване на биологични продукти, например замяна на енергоемки строителни материали с дърво и изкопаеми горива с биомаса.

Горите следва да заемат особено място в стратегиите, тъй като след океанската флора, те са най-големият резервоар на въглерод. IPCC оценява възможностите на биологичната преработка на въглеродния диоксид към 2020 година на 10 – 20% от емисиите породени от изгарянето на изкопаеми горива [5].

Данни за биомасата на горите.

В последно време все повече се засилва интереса към определянето на биомасата на горите. Причината за това е ролята ѝ при кръговрата на въглерода и азотните съединения. Съществуват различни начини за определянето на биомасата в частите на дървото, които са над земята. По-трудно е определянето ѝ за кореновата система.

Определянето на плътността на биомасата дава възможност да се пресметне количеството въглероден диоксид (CO_2), което може да се усвои от атмосферата при фотосинтезата. Все пак трябва да изясним какво влиза в понятието "биомаса".

Дефиницията за биомаса е общото количество жива органична материя в дърветата, която се намира над земната повърхност изразена в тонове сухо вещество на единица площ (обикновено се използва t/ha). Общото количество биомаса за даден регион или държава се определя от плътността на горската биомаса и общата площ на горите. За повечето гори плътността на биомасата се определя въз основа на данните за дървета с диаметър поне 10 cm, което е минималния диаметър при описването на горите. В планинските и сухите зони, както и при млади или деградирали гори трябва да се определи друг минимален диаметър [10].

Количеството биомаса, което се образува в горите за една година и съответно уловения от атмосферата въглероден диоксид зависят от климатичните условия. В зависимост от това дали климатът е сух, влажен или топъл и дали в атмосферата има повече въглероден диоксид, количеството на усвоения CO_2 е различно. Тази зависимост позволява да се определи диапазона на промяна в усвояването на конкретния парников газ.

В [11] са разгледани иновативни математически зависимости, чрез които може да се оцени количествено, но с определена точност, стойността на усвоените от биомасата на различните видове разстения вещества. Точността варира от -8 до +23% от другите методи, представени в литературата. Разликите с над 20% от другите методи се дължи на изследването на различни видове дървета, както и съществени разлики в изследваната площ и продължителността на изследването, които при другите изследвания са по-малки, а това прави конкретното изследване по-достоверно. В него, общата надземна биомаса на дърветата на единадесетата година е 8,9 и 7,3 тона за хектар, при наличие или без на контрол над разстителността. Изчислените стойности на съдържащия се въглерод са 4,3 и 3,5 тона за хектар. Завишените стойности на добива се дължат на факта, че за изследването е използвано високопродуктивно място в югозападен Вашингтон, САЩ, за разтеж на Pseudotsuga menziesii (ела на Douglas) в продължение на 11 години. За конкретната разстителност на петата година от изследването стойността на съдържанието на въглерода в натрупаната маса варира около 45% от цялата биомаса. Направено е допълнително изследване, където се посочва, че въглерода се натрупва главно в ствола на дървото, клоните съдържат от 10 до 15% въглерод, а най-нисък процент се съдържа в листната маса на разстението.

В [12] се дава конкретна оценка на съдържанието на въглерод под формата на целулоза в 10 вида дървета. Стойността варира от 40 до 50% и се влияе от различни фактори. За въглерода предложената средноаритметична стойност е 52 %, но девет от десетте предложени разстителни вида показват стойност около 45%. Разгледани са и характеристиките на биомасата като източник на енергия, като е наблегнато на проблема с възстановяването на горските масиви като бъдещ източник на енергия и начин да се намалят парниковите газове, съдържащи се във въздуха, чрез абсорбирането им в твърда материя. Възстановяването на всеки тип разстителност е продължителен процес. В работата се дава икономическо-социална оценка на факта, че липсата на биомаса, нужна за добива на енергия и усвояването на парниковите газове от въздуха, в бъдеще ще бъде сериозен екологичен проблем за цялото човечество.

Горите в България

Според [6], средногодишния прираст за един хектар иглолистна гора е между 2,39 и 4,25 тона или средно 3,32 тона. Това е натрупаната дървесна маса за една година. Ако приемем, както е показано в 4., че въглеродът в дървесната маса е 45%, ще получим, че натрупания в един хектар гора въглерод е около 1,5 тона. От тук може да се пресметне преработения въглероден диоксид. Относителната атомна маса на въглерода е 12,011 а относителната молекулна маса на CO_2 е 44,0098. Следователно масата на въглерода е 0,273 части от масата на въглеродния диоксид. Ако въглерода в натрупаната дървесна маса е 1,5 тона, то усвоения CO_2 е съответно 1,5x(1/0,273) = 1,5x3,663 = 5,5 тона за хектар. На тази база може да се направи оценка за ефективността на горите при преработката на въглеродния диоксид, основния парников газ. Горите в България (иглолистни и широколистни) заемат $3,72x10^6$ хектара, като от тях 69,8% са широколистните [7]. Взимайки получената по-горе стойност на преработка на CO_2 за хектар се получава, че българските гори усвояват годишно $2x10^7$ тона въглероден диоксид. Според верифицираните доклади на Изпълнителната агенция по околна среда, през 2013 година, емитирания CO_2 от българската индустрия е бил $3,27x10^7$ тона (80% се падат на ТЕЦ) [8]. В това число не са включени емисиите от транспорт, които обикновено представляват около 30% от антропогения CO_2. Тези изчисления показват, че горите в България преработват 62,5% от емитирания от промишлеността CO_2 и 77,5% от емитирания от ТЕЦ. Развивайки по-нататък тези разсъждения лесно се пресмята, че увеличаването на горите с 1 милион хектара (обща площ $4,8x10^6$ ha) ще доведе до пълното усвояване на въглеродния диоксид от ТЕЦ-овете, а увеличаването с 2 милиона хектара (обща площ $5,9x10^6$ ha) ще неутрализира въглеродния диоксид „българско производство”.

Изводи

Напълно в духа на една пазарна икономика и проблема с парниковите газове е сведен до търговия с така наречените квоти на емисии парникови газове в еквивалент тон CO_2. Идеята за тази търговия води началото си от Протокола от Киото през 1998 година [4] (ратифициран от България през 2002 година). Доброто намерение е, чрез търговията с квоти да се стимулира на национално равнище редуцирането на парниковите емисии. Протокола от Киото не е в сила от 2012 година, но търговията продължава на местно, европейско ниво. Ако основната идея е да се глобяват големите източници на CO_2 (предимно ТЕЦ) и парите да се влагат в разработването на технологии намаляващи емисиите, то на практика се получава друго. ТЕЦ-

овете плащат пари, които се търгуват на валутните пазари, като в крайна сметка голямата част се инвестират в конкурентни производства под формата на държавно субсидиране.

Какво е положението в България? Като един добър пример ще разгледаме състоянието на слънчевите инсталации за производство на електроенергия, известни като соларни паркове. По данни на [9] през 2011 година, сумарната мощност на соларните паркове в България е била 28 MW, при заемана от тях площ около 70 ha, т.е. за производство на 1 MW електроенергия са необходими 2,5 хектара площ. В същото време ТЕЦ „Марица изток 2" е разположена на 512 ha при сумарна мощност 1600 MW, т.е. за производството на 1 MW електроенергия се използва 0,32 ha площ. Простата сметка показва, че за достигането на 1600 MW мощност от соларните паркове е необходима площ от 4000 хектара. Четири хиляди хектара гора за една година усвояват средно 22000 тона CO_2. Ползата от гората разбира се не е само преработката на CO_2. Според [7] горите в България осигуряват 85% от водния оток или $3,6x10^9$ m^3 чиста питейна вода. Без да засягаме въпроси като борба с ерозията и дърводобив е ясно, че 4000 хектара гора са за предпочитане пред 4000 хектара слънчеви панели. Слънчевите инсталации за производство на електроенергия разбира се имат своето място, като алтернатива на използването на изкопаеми горива в райони бедни на земеделски и горски земи.

България обаче не е такъв случай. Според [7] общата горска площ в страната е над 4 милиона хектара, т.е. следва да се залесят още един милион хектара гори. Както беше показано в 5., ако общата площ на българските гори се увеличи до 4,8 милиона хектара, то емитирания от ТЕЦ-овете CO_2 практически ще бъде неутрализиран. Според нас ще има дългосрочен благоприятен ефект, ако ТЕЦ-овете инвестират средствата за CO_2 в залесяване и стопанисване на горски масиви. Без да изброяваме всички възможни ползи на тази система пред търговията с квоти ще спомена само две:

1) екологичен ефект, редуциране на CO_2 емисиите и подобряване на водния баланс на питейна вода;

2) социален ефект, запазване на работните места в енергетиката и минно-добивната промишленост и разкриване на нови в горския сектор.

Литература:

1. Climate Change 2013, The Physical Science Basis, IPCC, Cambridge University Press, 2013.
2. Изменение климата, 2001 година: научные аспекты. Доклад рабочей группе I. WMO, UNEP, 2001.
3. Изменение климата, 2001 година: обобщенный доклад. Приложения. WMO, UNEP, 2001.
4. http://www.bamee.org/documents/protokol_ot_kioto.pdf
5. Изменение климата, 2001 година: смягчение последствий. Доклад рабочей группе III. WMO, UNEP, 2001.
6. Т о д о р о в, Т. П., Оценка на количествата усвоен CO2 от горските екосистеми на територията на горовладелска производителна кооперация "КАРЛЪК-СС". Химикотехнологичен и Металоргичен Университет София, 2011.
7. Национална стратегия за устойчиво развитие на горския сектор в България 2006-2015, ИАГ, 2009.
8. http://eea.government.bg/bg/r-r/r-te/dokladi-1r
9. Енерджи ревю, бр. 2, 2011.
10. B r o w n, S., Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A Primer, FAO 134, 1997.
11. W a r r e b, D. D e v i n e, P a u l W. F o o t e n, R o b e r t B. H a r r i s o n, T h o m a s, A. T e r r y, C o n s t a n c e, A. H a r r i n g t o n, S c o t t, M. H o l u b and P e t e r J. G o u l d, Estimating tree biomass, carbon, and nitrogen in two vegetation control treatments in an 11-year-old Douglas-fir plantation on highly productive site, USDA, March 2013, 38 p.
12. P e t e r, M c K e n d r y, Energy production from biomass (part 1): overview of biomass, Bioresource Technology 83, 2002, pp 37-46.

HEAVY-METAL MICROPARTICLES AS ATMOSPHERIC POLLUTANTS. ELECTRON-MICROSCOPE DATA ANALYSIS

Valeria Stoyanova[1], Annie Shoumkova[1], Adelina Miteva[2], Temenujka Kupenova[3], Kristyna Bartunkova[4], Jaroslav Fisak[4]

[1]Institute of Physical Chemistry "Acad. R. Kaischew" – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[3]Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy – Bulgarian Academy of Sciences
[4]Institute of Atmospheric Physics – Academy of Sciences of the Czech Republic
e-mail: valeria@ipc.bas.bg

Keywords: *Atmospheric pollutants, dust particles, heavy metals, SEM-EDX analysis, PM10*

Abstract: *This study is focused on metal contamination in atmosphere and presents analysis of results related to elemental composition, size distribution and morphology of fine dust particles with size below 10* μm *(PM10). Samples from Bulgaria and Czech Republic, collected from air, fog and rime, were studied by using of electron microscopy methods (SEM and EDX). A special attention was paid to the identification of micro- and nano-size particles enriched by heavy metals. It was established that some heavy metals are concentrated predominantly in single-particles, often smaller than 0,5-2* μm. *Such enriched of heavy metals PM10 are more dangerous for human health. Besides they could serve also as tracers for specific emission sources.*

СЪДЪРЖАЩИ ТЕЖКИ МЕТАЛИ МИКРОЧАСТИЦИ КАТО АТМОСФЕРНИ ЗАМЪРСИТЕЛИ. АНАЛИЗ НА ЕЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПСКИ ДАННИ

Валерия Стоянова[1], Ани Шумкова[1], Аделина Митева[2], Теменужка Купенова[3], Кристина Бартункова[4], Ярослав Фишак[4]

[1]Институт по физикохимия "Акад. Р.Каишев" – Българска Академия на Науките
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска Академия на Науките
[3]Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика – Българска Академия на Науките
[4]Институт по физика на атмосферата – Чешка Академия на Науките
e-mail: valeria@ipc.bas.bg

Ключови думи: *Атмосферни замърсители, прахови частици, тежки метали, СЕМ-ЕДХ анализ*

Резюме: *Това изследване е фокусирано върху замърсяването на атмосферата с метални частици и представя анализ на резултати, свързани с елементния състав, разпределението по размери и морфологията на фини прахови частици с размер под 10* μm *(ФПЧ10). Образци от България и Чешката република, събрани от въздух, мъгла и скреж, бяха изследвани с електронно-микроскопски методи (SEM и EDX). Специално внимание се отделя на идентификацията на микро- и нано-размерни частици, обогатени на тежки метали. Беше установено е, че някои тежки метали са концентрирани предимно в отделни частици, често по-малки от 0,5-2* μm. *Такива ФПЧ10, обогатени на тежки метали, са по-опасни за човешкото здраве. Освен това те биха могли да служат и като маркери за източниците на специфични емисии.*

Introduction

Solid aerosol particles in the air are involved in all natural circulation processes and in almost every air pollution problem. As the heavy metal pollution has a harmful effect on life; in recent years much such environmental problems. According to Bulgarian standards for air quality [1], which is synchronized to European legislation on protection of atmospheric air, the atmospheric particles have to be monitored periodically and much attention has to be paid to presence of heavy metals like Pb.

The contribution of dust particles to atmospheric pollution and human health is of great importance [2-4], especially concerning particles smaller than 10 μm, so called particulate matter (PM10).

Heavy metal (HM) enriched particles are important trace constituents of the ambient particles [4]. Main anthropogenic emissions of HM are result of a traffic intensification and rapid urbanization and industrialization world-wide last century. As all other air born PM10, they go through long distance transfer before to fall down the land or water surfaces by dry or wet deposition. All this makes important our interest for the origin, composition and morphology of such individual particles together with integral analysis of the collected dust material. Having such information for some non-typical metal-rich particles, we could use them as tracers for specific emission sources [12].

A great number of particles from Bulgarian and Czech sources have been analyzed by us last years, and some of the obtained results have been already published [5-11]. This paper aims not so much to discuss them as to demonstrate the possibilities of electron microscope techniques for identification of HM particles and to present some newly analyzed unpublished data.

Sampling and methods

A dozen sampling points (close or remote from industrial regions) were carefully selected in Bulgaria and Czech Republic and different sampling techniques were applied to gather typical solid atmospheric particles, see Fig. 1.

Dust particles from the low atmosphere of Bulgarian sites were collected by free sedimentation on smooth carbon surfaces (protected against rainfall) from several Sofia districts (urban samples) and from some green villages (rural sites) [5,6]. Additionally, fine ash particles were taken directly from electro-filters of some of the biggest Bulgarian Thermo-Power-Plants (TPP). Details are given in [7,8]. Both dust and ash sampling sites are indicated in Fig. 1a.

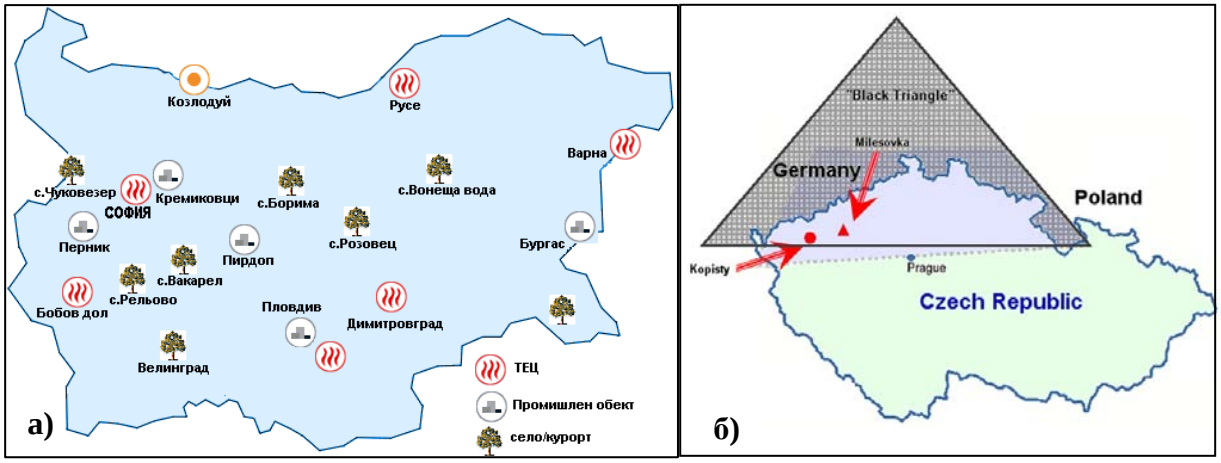


Fig. 1. Schematic illustration of the sampling sites in Bulgaria (a) and Czech Republic (b)

Meteorological stations of Mt. Milesovka, 837 m a.s.l., and the industrial town Kopisty, 240 m a.s.l., 20 km distance from each other, are located in the north Bohemian brown coalfield - one of the most polluted areas in the Czech Republic (Fig. 1b.).

Particles from fog (FP) and rime (RP) water were caught by wet-filter technique during fog or rime events at Milesovka. Particles from ambient air (AP) of Kopisty and Milesovka were collected by dry filter technique. Details of the sampling procedure and preparation of filters before the analysis of water-insoluble particles are given in [9-11].

All microscopic investigations in this study were performed by using of electron microscopes JSM-6390 (equipped with EDX of Oxford Instruments) and JSM-5300, JEOL. Their main regimes of operation are illustrated in Fig. 2. EDX-ray analysis determines the chemical contents of individual or group of particles.

The electron-microscope image formed by secondary electrons (SEI mode) reveals various morphological characteristics, like shape, faceting, surface structure, elongation, agglomeration, etc. They are shown in Fig. 3.

The image formed by back-scattered electrons (BEI mode) is influenced by the contrast with respect to the atomic number of the chemical elements, so that the HM particles could be seen as white spots on dark field, see Fig. 4.

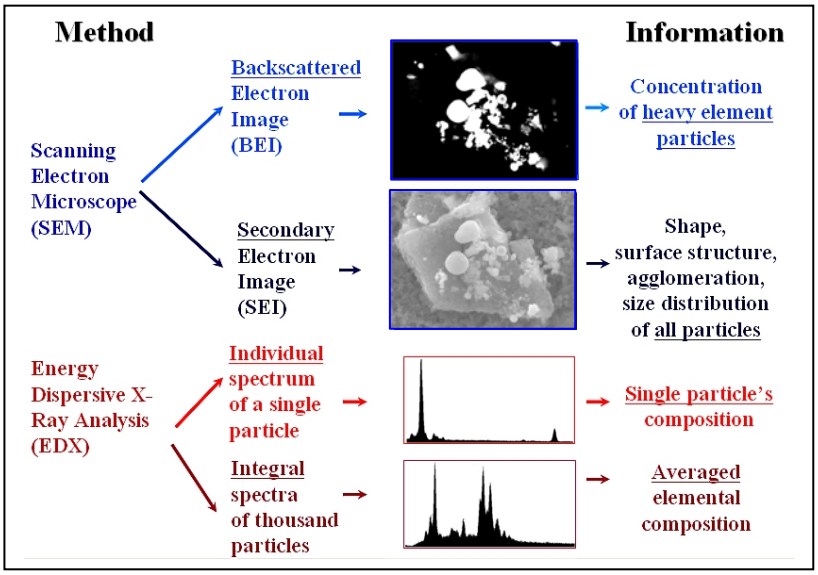


Fig. 2. Schematic relation of the used electron-microscope methods and the expected information

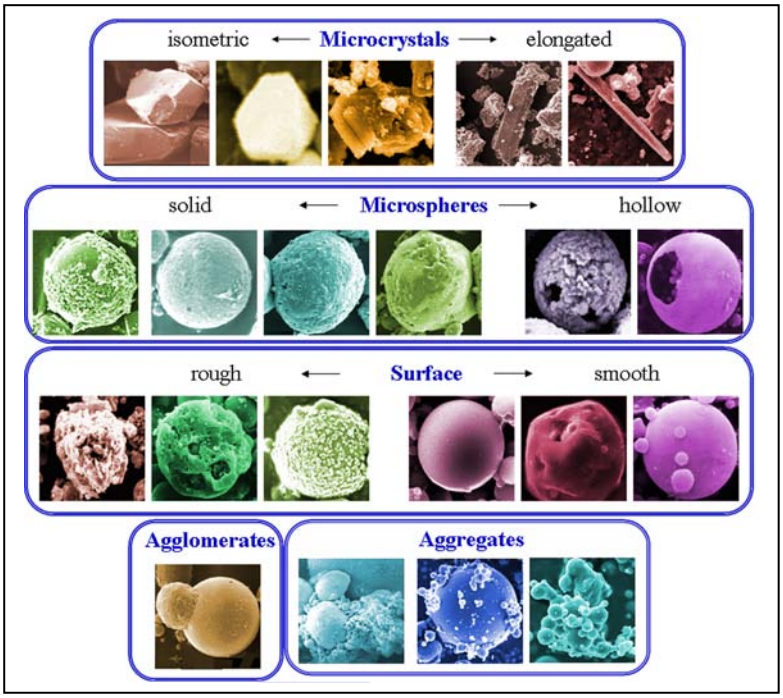


Fig. 3. Morphological characteristics of micro- and nano-size particles

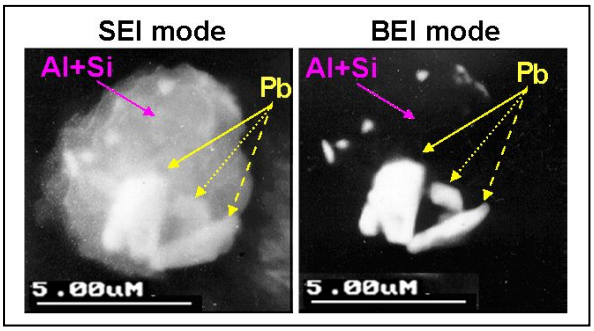


Fig. 4. SEI and BEI images of Al-Si-particle (size ~5 µm) with incorporated Pb pieces, collected from Sofia

Results and discussion

About 3000 particles from Bulgarian and Czech sources, collected by different sampling techniques, have been analyzed electron microscopically.

Integral spectra of their elemental contents reflect mostly the influence of the background soil-mineral particles from each sampling region. Elements like Al, Si, K, Ca, Fe, Ti are usually estimated as habitual ones for most of the typical continental atmospheric dusts. Mineral particles are generally identified by the peaks of presence of: Si for quartz; Mg and Ca for dolomite; S and Ca for gypsum, etc. Most often they have easily distinctive irregular shape, sometimes faceted. Clay particles are complex mixtures of alkaline earth silicates (Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe).

Various heavy metals (like Mn, Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Pb, etc.) are usually associated with big plants and power stations, traffic, etc. They are known as characteristic elements for technogenic pollution of a given region.

The integral spectra analysis is express one, but it can distinguish only to some extent the air quality of urban and rural sites.

Although the manual processing of samples is slower, it allows one to see specific characteristics of the particles and some mutual relations between morphology and elemental composition, i.e. all those obvious and hidden parameters by which particles are identified in different categories. After manual (or automatic) determination of the size and specific features (shape, morphology, surface structure, etc.) of selected particles, observed in SEI mode, followed by their recognition in BEI mode, and final EDX analysis, they were attributed to a particular category.

A. Bulgarian dust samples from near-ground urban and rural atmosphere

Firstly, a series of integral spectra were taken (at spectrum accumulation 300s) from each one sample. The obtained information is demonstrated on an example of two dust aerosols from Sofia districts (Fig. 5a), and by comparison of typical rural (Fig. 6a) and urban (Fig. 6b) sites in Bulgaria.

Characteristic presentation of size distribution of individual dust particles is shown in Fig. 5b with a maximum of the number of particles with sizes below 2 micrometers.

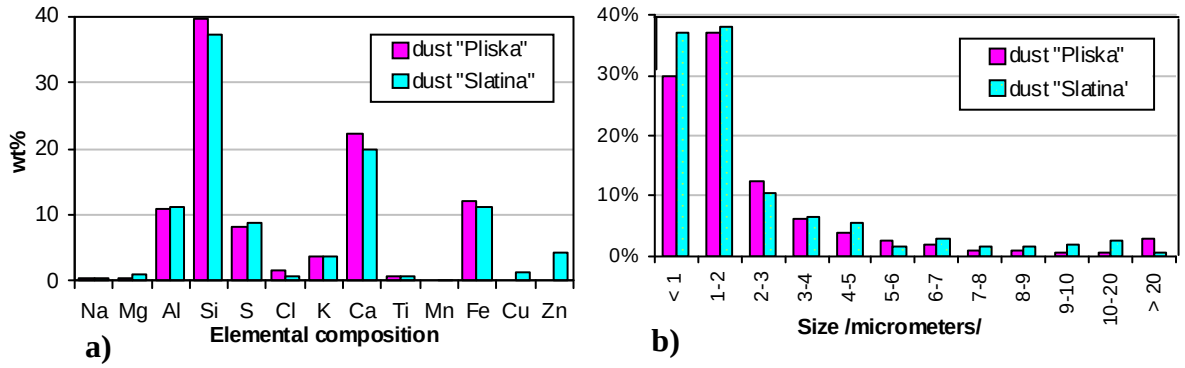


Fig. 5. Typical chemical composition in wt% (a) and size distribution in % (b) of dust-particles from background atmosphere of two Sofia-East districts, collected near two busy crossings

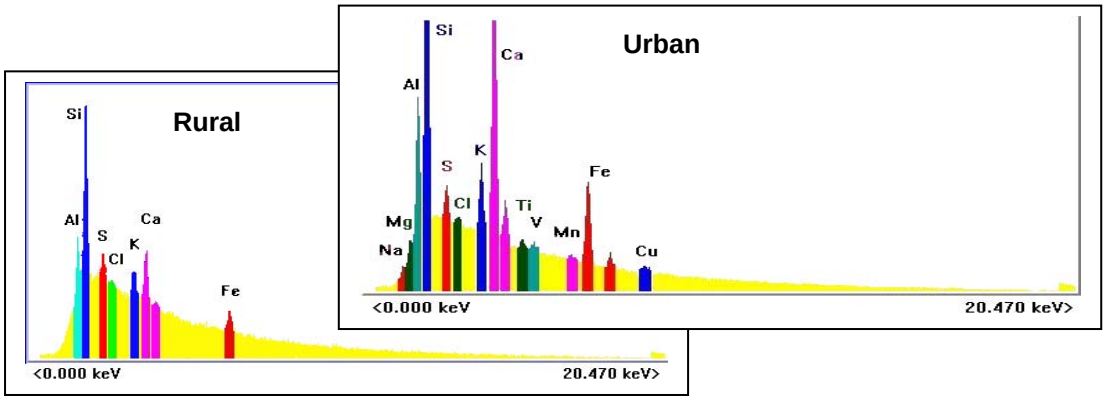


Fig. 6. Integral spectra illustrating qualitatively typical chemical compositions from rural and urban sites

Microphotos of some of inhaled noxious PM10 are seen in Fig. 7. Majority of them are almost always directly related to human activity. For example, the iron-rich particles (Fe more than 70wt%) come from metropolitan areas, where their number is two to four times more than in rural ones. Elemental spectrum of pure iron-rich PM10 with spherical form is seen in Fig. 7a. The spherical shape of micro- and nano- particles usually is a result from high-temperature processes, and therefore could be almost directly correlated to an anthropogenic origin. Impressing is the great variety of HM elements in particles from urban atmosphere, while for comparison, the rural atmosphere is extremely pure of them. Among the potentially most dangerous to human health are the inhalatory size particles rich of Pb and Cd (Fig. 7b,d). Particles of coal burned ashes found in air are easily identified by their porous spherical shape and the presence of the characteristic V and S (Fig. 7e).

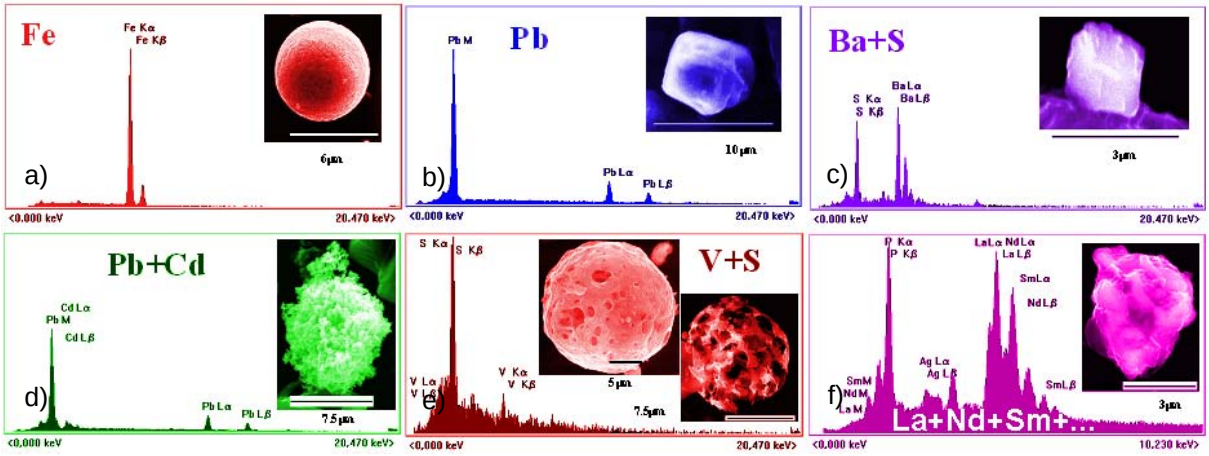


Fig. 7. Elemental spectra and images of individual dust particles, collected from Bulgaria

B. Bulgarian fly ashes samples from TPP

Although fly ashes generated from different power plants have to a certain extent similar composition, their chemical and physical properties vary widely, because strongly depend on the type of coal fired, on burning regime, etc. Both the qualitative and quantitative analyses confirmed that the initial fly ashes, collected from three Bulgarian power plants ("Varna", "Bobovdol" and "Maritza-Iztok I"), are rather inhomogeneous materials as particles' size and shape, surface structure and chemical composition. As seen in Table 1, more than half of the studied ash particles from several TPP were submicron in size and most of them, enriched of heavy elements, were of respiratory size (<10μm).

Table 1. The number of sorted by size HM-rich fly ash particles, collected from three different TPP in Bulgaria

Heavy metal particles	Varna			Bobovdol			Maritza-Iztok I	
	<1μm	1÷10μm	>10μm	<1μm	1÷10μm	>10μm	1÷10μm	>10μm
Fe>65wt%	2	62	2	5	28	19	32	58
Pb>55wt%	1	2		8	21	4		
Ba>20wt%; (Ba+Tl+Cu),(Ba+Sr),Sr>30wt%; (Ba+Cu)>60wt%;(Ba+Tl)>80wt%	1	14			1		1	1
Cu>60wt%;(Cu+Zn)>90wt%		2		1	3			1
Ti>55wt%; (Ti+V)>80wt%		2			1			
Cd>60wt%; Ag,Hg >70wt%; Sn,Co,Pt,W >80wt%		4			10			
Y,(Y+Zr),(Y+Lantanides)>50wt%	1	5			2			
Mn~0.5÷7wt%; Cr ~1wt%; As ~1÷8wt%; Zn~1wt%	2xCr,Mn	51xCr,Mn	2xCr,Mn	2xZn,Mn 1xAs	12xZn,Mn 2xAs	13xMn,Zn		8xMn
Number of studied ash particles	11	178	13	17	152	74	50	78
Number of all heavy metal particles	54%	77%	38%	82%	53%	31%	76%	83%

A brief qualitative comparison points at ash “Bobovdol” as the most abundant of heavy metal and trace elements, followed by “Varna”, and in the end - the fly ash “Maritza-Iztok I”. The obtained results demonstrate that many of the heavy metals are concentrated in discrete particles and are not homogeniously distributed in the ash volume.

Fig. 8 reveals some typical interconnections established on the base of elemental composition study of hundred fly ash particles enriched of HM, originating from a lignite coal burning in TPP “Varna”. Such interconnections are different and specific for each one fly ash sample.

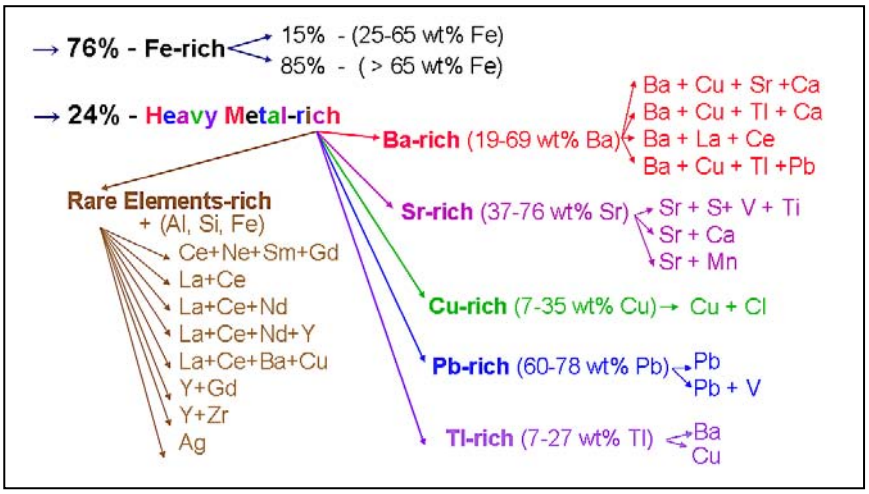


Fig. 8. Interconnections between HM-compositions of fly ash particles from TPP Varna

C. Czech dust samples from air, fog and rime in an industrial region

Hundreds particles were analysed, collected by using of an impactor directly from ambient air (AP) of Milešovka and Kopisty, and water-insoluble particles (FP and RP), obtained after filtering of fog and rime water in the vicinity of Milešovka, respectively. Many of the results were obtained in the frame of AS CR and BAS collaboration. Elemental composition of insoluble components identified in fog/rime water and of air-born dust particles reflect the presence of elements included in phonolite composition of the region. The morphology of FP and RP are similar to that of AP, as seen from their electron-microscope images, shown in Fig. 9. The marker line below each photograph is 1 μm.

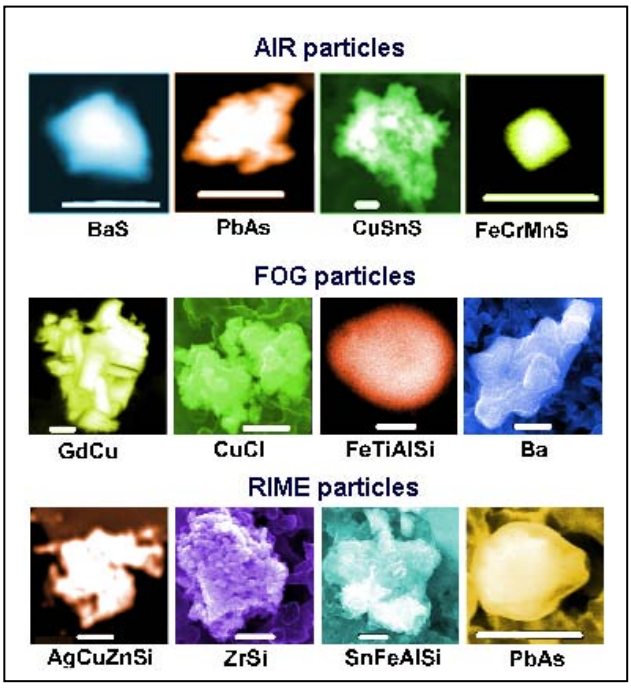


Fig. 9. Particles collected from Air, Fog and Rime samples of Czech Republic. The marker line is 1 μm

The distribution of HM among the particles of given sample is listed in Table 2 through the number of enriched AP, RP and FP. Most often HM were found in the air of industrial zone Kopisty - 54% of all studied air-collected particles (compared to 34% in Milesovka). In addition, the Fe-rich particles (Fe>60wt%) prevail in "K" (48%) also. They reflect the industrial and urban influence in near vicinity of Kopisty.

Table 2. Number of HM-rich AP, RP and FP, obtained from different experimental sets, sampling ways and sites, and classified in groups according to their elemental composition

Sampling	AIR										RIME						FOG				
Site	Kopisty					Milesovka					Milesovka						Milesovka				
Number / Elements	K1	K2	K3	K4	K5	M6	M7	M8	M9	M10	R1	R2	R3	R4	R5	R6	F1	F2	F3	F4	F5
Pb(+As,Cr)		2		2		5	1	1	1	1						1					
Ba(+Cu)	1	2	1			2															
Cu(+Zn,Ni)			1	3				1	1		1			1			1			1	
Au,Ag,W,Tl,Gd,Ta			1					1				1					2	1			
Zr,Ti,Al	2	1		2	2	1		4	1	1	4	6	2	3	3	3	4		5	6	5
Cr,Sn					1	1						3									
Fe(+Cr,Mn,Zn,Ni,Cr,Mo)	10			3		4					1	10	2	3	9	5	3		2	2	
Fe	37	41	45	58	26	33	7	21	12	6	6	11	8	5	19	13	2				2
Wind direction	W	W	W	W	SE	W	W	W	S	W	N	S	N	W	N	E	S	W	N	W	N
PM10-analysed	66	83	101	103	90	78	74	72	64	60	111	83	120	77	115	85	59	50	66	59	63
HM-rich analysed	50	46	48	68	29	46	8	28	15	8	12	32	12	12	31	22	12	1	7	9	7
PM10 total	443					348					591						293				
PM10 average size, µm	3,0±2,4					2,8±2,2					2,7±2,2						4,0±2,3				
HM/PM10, %	54%					30%					20%						12%				
HM average size, µm	2,5±1,9					2,2±1,6					1,4±1,26						2,5±1,9				

Independent of the way of collection, Fe-rich particles are most abundant with respect to other HM particles everywhere (Air, Fog, Rime). Their industrial origin is evident from their composition often including typical technogenic elements as Cr,Mn,Zn,Ni,Mo.

Particles rich of Pb, Au, Zr, Al, Ti, and Pb+Ba, Pb+Ba+Cr, Cu+Zn, Cu+Zn+Ni were detected in M, and similar - in K (W, Zr, Mn, Ba, Cu+Zn, Cu+Sn, Zn+Zr).

The concentration of As registered in AP from Kopisy is three times higher than in Milešovka. Additionally, the (Pb+As) enriched RP from Milešovka were observed at wind direction from Kopisty. That is why the presence of As could serve as a tracer for pollution distribution in the studied region, as proposed by other authors [12].

Some elements (Cu, Ag, Ca, Cl,) were present largely in fog and others (Fe, Al, Si, Ti) prevailed in rime samples. Particles containing Cu were found in bigger quantity in fog than in rime. Rime water contained Fe, Mg, and Ti.

The highest heavy metal concentrations were recorded at the air transfer from south direction and lower pollutant concentration from north direction. It is valid for both fog and rime events. Apparently, the majority of trace elements found in fog were transported to Milesovka from the industrial region (Kopisty and the other towns in south direction).

Conclusion

Thousands particles have been analyzed by using of electron microscope SEM and EDX analysis. A special attention was paid to the identification of micro- and nano-size particles enriched by HM. Such particles were included in almost every air pollution sample, but most often were found in ashes originating from coal combustion, near traffic jam crossings or in the vicinity of factories and industrial zones. The results of the carried out analysis of air born particles and solid particles caught by water during fog or rime events confirm this statement. The inhallatory HM particles (with technogenic origin) are met in the urban regions of Sofia three to four times more frequently in comparison with green rural regions. Almost the same is situation with HM transported to Milesovka from the region of Kopisty and the other industrial towns in its vicinity. A natural expectation is confirmed, that the environmental pollution is strongly influenced by the concentration of people, industry and motor vehicles in the large cities.

The obtained data were classified in several principal groups and compared. It was established that many HM are present predominantly in single-particles. Most often their size is smaller than 0,5-2 µm. The results of many other authors lead to the same observation, namely that in

the finest fraction of atmospheric aerosols (below 2,5 μm) the concentration of crustal elements is very low while many anthropogenic elements (such as S, Pb and heavy metals) with a strong environmental impact have higher concentrations (see for example [13]). Also the anthropogenic inputs for Pb, Cr, Zn and Cu have been confirmed by other authors [14,15].

Due to the increased solubility and enhanced reactivity, these particles pose additional health risks.

The HM-enriched particles from air, fog or rime also could serve as tracers for specific emission sources [12].

In conclusion we state that electron microscope analysis proposes unique possibilities to investigate simultaneously the size distribution, morphology and elemental composition of individual dust particles, giving in the same time (through the integral spectra) information for dust material as a whole. The applied here method allows demarcation of HM from phonolite soil-mineral particles present in the near-ground atmospheric layer. So, studies of morphology and element composition of particles shed light about the technogenic or natural origin of the particles and help one to clarify their transport and transformation, as well as to identify some technogenic source emissions.

References:

1. Air Pollution: Health and Environmental Impacts, Eds. B. R. Gurjar, L. T. Molina, C.S. P. Ojha, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2010. Закон за чистотата на атмосферния въздух, обн. ДВ бр.45/28.05.1996, посл. изм. ДВ. бр.98 от 28.11.2014; Наредба 7/03.05.1999 за оценка и управление качеството на атмосферния въздух, обн. ДВ бр.45/14.05.1999 и Наредба за норми за SO_2, NO_2, ФПЧ и Pb в атмосферния въздух, посл. обн. ДВ бр.58/30.07.2010.
2. Impacts of air pollution on human health, ecosystems and cultural heritage, http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2013/air/wge/CEH_IMPACT_ENGLISH_single_page_website.pdf
3. A g a r w a l, S. K. Heavy Metal Pollution, APH Publishing, 2009.
4. C h e n, B., S t e l n, A. F., M a l d o n a d o, P. G., S a n c h e z d e l a C a m p a, A. M., G o n z a l e z - C a s t a n e d o, Y., C a s t e l l, N., d e l a R o s a, J. D. Size distribution and concentrations of heavy metals in atmospheric aerosols originating from industrial emissions as predicted by the HYSPLIT model, Atmospheric Environment 71 (2013) 234-244.
5. S t o y a n o v a, V. B., K u p e n o v a, T. N., T s a c h e v a, Ts. I., M a r i n o v, M. V., R a n g u e l o v, B. S., G e o r g i e v a, I. S. Atmospheric dust aerosols in Sofia – electron microscope characterization and ice nucleation properties, Journal of International Research Publications, Science Invest Ltd - branch Bourgas, Bulgaria, 2001/02, Issue 2, no.6 (2002).
6. T s a c h e v a, Ts., S t o y a n o v a, V., K u p e n o v a, T., M a r i n o v, M., R a n g u e l o v, B., Comparative electron microscope study of technogenic dust pollutants from urban and rural regions in Bulgaria, Proc. 5-th Genelral Conference of the Balkan Physical Union BPU-5, Eds. S. Jokic, I. Milosevic, A. Balaz, Z. Nikolic, Serbian Physical Society, Belgrade (2003) 1475-1478.
7. S h o u m k o v a, A., S t o y a n o v a, V. Trace elements in fly ashes from “Varna”, “Bobov dol”, “Maritza Iztok I”, “Maritza III”, „Republika” and “Rousse Istok” power plants, Bulgaria, in Modern Management of Mine Producing Geology and Environmental Protection, Vol. 1, Sect. II (2006) 349-357.
8. S t o y a n o v a, V., M a r i n o v, M., T s a c h e v a, Ts., S h o u m k o v a, A. Heavy-metal elements distribution in individual fly-ash particles with respiratory size, in Nanoscale Phenomena and Structures, Ed. D. Kashchiev, Prof. M. Driniov Publishing House, Sofia (2008) 337-340.
9. S t o y a n o v a, V., P e t r o v a, P., F i s a k, J., D a s k a l o v a, N., T s a c h e v a, Ts., M a r i n o v, M. Analysis of heavy elements in air, rime and fog from Milešovka and Kopisty, in “Hydrologie Maleho Povodi”, Eds. M. Sir, M. Tesar, L. Lichner, Ustav po hydrodynamiku AV CR, Praha, 2008, 277-283.
10. F i s a k, J., S t o y a n o v a, V., T e s a r, M., P e t r o v a, P., D a s k a l o v a, N., T s a c h e v a, Ts., M a r i n o v, M. The pollutants in rime and fog water and in air at Milesovka Observatory (Czech Republic), Biologia 64(3) (2009) 492-495.
11. F i s a k, J., S t o y a n o v a, V., B a r t u n k o v a, K., T e s a r, M., S h o u m k o v a, A. Typical insoluble particles in fog water at Milesovka Observatory (Czech Republic)", Pure and Applied Geophysics 169(5-6) (2012) 1083-1091.
12. G o n z á l e z – C a s t a n e d o, Y., S a n c h e z – R o d a s, D., S á n c h e z de la C a m p a, A.M., P a n d o l f i, M., A l a s t u e y, A., C a c h o r r o, V.E., Q u e r o l, X., d e l a R o s a, J. D. Arsenic species in atmospheric particulate matter as tracer of the air quality of Doñana Natural Park (SW Spain), Chemosphere 119 (2015) 1296–1303.
13. M a r c a z z a n, G. M., V a c c a r o, S., V a l l i, G., V e c c h i, R. Characterisation of PM10 and PM2.5 particulate matter in the ambient air of Milan (Italy), Atmospheric Environment 35 (2001) 4639–4650.
14. E l e t t a, O. A. A. Determination of some trace metal levels in Asa river using AAS and XRF techniques, nternational Journal of Physical Sciences Vol. 2 (3) (2007) 56-60.
15. T a s l ć, M., D u r l ć - S t a n o j e v l ć, B., R a j š l ć, S., M l j l ć, Z., N o v a k o v l ć, V. Physico-Chemical Characterization of PM10 and PM2.5 in the Belgrade Urban Area, Acta Chimica Slovenica 53 (2006) 401–405.

EFFECT OF INTERIOR DESIGN ON HUMAN HEALTH

Viktorija Bojadziev

Institute GAPE, Skopje
e-mail: contact@igape.edu.mk, viktorija.bojadziev@gmail.com

Key word: *Interior, feng shui, health, home*

Abstract: *It is known that each body in nature is an oscillator and it can reflect (reject) sound, light and waves. Hence, depending on the: shape, material, color and position everything can be reflected on people's health and mood in that environment. The old nations have known about those influences and paid attention to the shapes of the interior and the places of living. It was not by accident that they chose colors for mourning, celebrations and similar, where through the color they gave the information of the condition of the soul.*

Introduction

It is known that the shapes and the colors have certain effects on our mood and health. Our home isthe only place in the world which is only ours, a place wherewe can get rid of all restraints and relax. It is a safe and intimate place where we can freely express and behave ourselves.Therefore, the thing that we will choose to surround us in our sacred and intimate place is one of the key elements and factors forour overall emotional well-being. The color and the shape are the two basic elements which incorporated in the interior's design create balance and harmony.The colored objects which are focused on the shape serve as an important (focal) point in the monochromatic and colorful design.
Knowing some of the fundamental principles of design, you can help yourself to create a nice space. When one space is well-designed you will feel comfortable when you enter it.It can be felt that everything is in cohesion and everything is at its own place.One of the ways to achieve such feeling isbyapplying balance. The word *balance* itself represents peace and stability. That is what true balance can bring to a well-designed space. Balance is created not only through shape but also through color and texture.When the room is not in balance then people will feel unbalanced when entering or staying in it.Despite the fact that the shape is oscillating and is redirecting energy in space, it is also quite important in terms of practical application in space. Hence, the main branches of the construction technique arearchitecture andbuilding. The architecture is an activity which is engaged in projection and artistic shaping, creating building capacities and spaces. The architects project buildings, bridges, neighborhoods and cities, interior design of flats (interior), business buildings,etc.
Building is an activity,which with the help of technical means, it deals with building the thing that the architects have envisioned and projected. The architecture and building make up a whole. In the past people were mostly thinking how to come across a good tool for work, weapon for hunting and fishing and of course to find a better shelter from the enemies and weather disasters. The first shelters were caves, but later people started making shelters as dugouts, stilt houses etc.The struggle to survive and the pursuit fora better life made people improve the living conditions. Therefore,building is one of the most important and the oldest human activities.

Material and methods

Besides the color and the shape,surveys also cover the architecture of the buildings by epochs, which individually speak about the old nations' deeper knowledge of the impact of the shapes and the colors.

Architecture

Styles of building,Thebuilding style is a way of shaping the buildings' characteristic for one epoch. The most famous building styles are Egyptian, Mesopotamian, ancient, roman, baroque, renaissance, gothic, byzantine, modern and etc.
The shape of all old styles such as the Egyptian, Mesopotamian and ancient is that all constructed buildings had been dedicated to their gods because they believed in the afterlife.

Old Egypt

Egyptian and Mesopotamian architecture are considered as the center of architecture (basis). The stone had been the basic building material. The things that were mostly built were temples and tombs in the shape of pyramids.

Mesopotamia is an area between Tigris and Euphrates (today Iraq) and is considered to be the cradle of human civilization. The main contribution in Mesopotamian architecture isthe findings of building arcs,vaults and domes. The only building material that has been used isthe earth from which they made bricks. This is the way the big cities of Ur and Babylon have been created.

Ancient architecture

The architecture of the ancient people in which the dominating were the Macedonian dynasties and the Macedonians is considered to have been created bythe old cultures (from Minor Asia and the Mycenaean culture) and was developing from VII until Vcentury BC.The temple had been the main carrier of the architectural style, which was built to honor a certain god. The most important part of the temple is the pillar. There are differences in the looks of the pillar in the ancient architecture out of which later on different under stylesemerged:Doric, Ionian and Corinthian style of building. The building material had been the stone, mortar, brick and wood.In the freemasonry, those styles are still fostered in their lodges, picture1.



Picture 1. Freemasonry lodge with the three pillars of different styles

The Roman style during the reign of the Roman Empire, the Roman style of building features large arches, pillars, vaults and decorations.Thermae (baths), temples, theaters, triumphal gates, Roman basilicas, bridges, aqueducts, viaducts, castles streets are Important works of Roman architecture. As far as the architecture of Roman art is concerned, there is a different understanding of space and structure. From ancient times during the reign of the Macedonian dynasties and later from the II century BC, Roman architects also used concrete. The concrete could also meddle with stone and it is easier to shape. This is the way many buildings have been built and the elements of arch and dome became characteristic for Roman architecture. The walls are constructive elements, while the pillars are in the walls in the form of a pilaster. Under the strong influence of ancient architecture elements from their pillars have been used, which had been inserted into the wall construction. The buildings were built of bricks and mortar and on the surface stone was used. Romans enjoyed the pomp and splendor that is reflected in the arrangement of the interior which was inherited by the Macedonian dynasties.

Gothic style

It has been developed in the first half on the XII and lasted until XVI century in Northern Europe. What is characteristic is the skeletal construction, the forms' slenderness, broken arch - which was used at the window openings (bioforma or triforma), the portals and arches. The Gothic style was used to build sacred architectural buildings, cathedrals, palaces, bridges and more.

Renaissance architecture

Renaissance architecture emerges between the XV and XVII century. It leaves different impact in different parts of Europe. It features the revival of architectural elements by the ancient Greek and Roman architecture and emerges for the first time in Florence. The elements of Renaissance

architecture are pillars, pilasters, beams, semicircular arcs, domes in the shape of a hemisphere, aedicule and etc.

Baroque

The baroque architecture is highly dynamic, rich with pillars andvaults. The most recognizable element is the oval (ellipsis), concaveness and convexity, playful wall elements. The characteristics of the baroque arethe decorated facades, ample indoor and outdoor decoration.

Byzantine architecture

Created in the areas of the Eastern Roman Empire (Byzantium) and associated with Constantinople (Istanbul),it is considered to have been created in the beginning of the the V century. The early Christian and Byzantine architecture of the Byzantine churches in general have the form of a cross that has spokes with the same length. The space in the middle of the the cross as well as all four side spaces are covered by a dome. The grouping of the half-domes around the central dome is a particular characteristic to this architecture.

Modern architecture

It features simple shapes without decorations and creating beautiful shapes on the constructional elements.The contemporary architecture begins in the XX century and is characterized by the use of new materials such as metal, concrete, reinforced concrete, insulating materials, coating materials and so forth.

Color

The color is a form of nonverbal communication.It is not a static energy and its importance can not be changed daily for each individual. The science of colors is sometimes called "chromatics" (chromatic), "colorimetry" (colorimetry) or simply science of the colors. It includes the theory of colors' perception by the human eye and brain, the theory of color origin in the materials, the theory for colors in the art and physics of the electromagnetic radiation in the visual range (that is what we usually call light). The color is a perceptive characteristic of the light (it can be described) and it has its own name. In fact, the color is light and light is composed of many colors - the ones that we can see are the colors of the visual spectrum: red, orange, yellow, green, blue and purple. The objects absorb the light waves and reflect them on us. We perceive these light waves as colors. The color can be described in three ways: by its name, according to how clean or unsaturated it is and by the value or volume. Although pink, crimson red (blood red) and brick red (brick red) are all varieties of the color red, each shade varies according to its "chroma", saturation, intensity and value.

We need light in order to see a color.When the light falls onto an object some of the colors reflect from the objectandothers are absorbed into it.Our eyes only see the colors which are rejected or reflected. The sunlight contains all the colors of the rainbow mixed together. This mixture is known aswhite light. When the white light falls on a white crayon we see the color as white because it has not absorbed any of the colors but reflected them equally.The black crayonabsorbs all the colors equally,butit does not reflect them. That is why we see it as black. While black is considered as color in art, in science black is not considered as colorbecause the black represents absence of all colors (none of the colors are consisted in the black).

All the light rays contain color. The light consists of electromagnetic waves. These waves can diffract from any source of light such as the Sun. The light waves travel at a speed of about (300.000 Km \ s). Different colors have different wavelengths due to the distance between the correspodents (relevant parts) of two of the waves. The longest light waves which humans can see is red, and the shortest is violet.

The color is powerful visual element which serves as Code that has a deeper meaning to those who can interpret the signs. The colors enable us to interpret the image of the visual Code correctly.(Zette 1999).

For centuries people all over the world have used the colors tosymbolize certain beliefs ordevelopments, from the period of the prehistoric science Feng Shui up to the liturgical masses (services) of the Christian church.The associations that people might have for some colors are not equal everywhere. Depending on the culture orthe part of the world where they live, the symbolism of the color varies in accordance with their habits, traditions and beliefs. In one culture the colors can also symbolize different things in different context which changes throughout the years. The old nations used the colors as a sign forsocial respect or ineligibility.Those in support of Pythagoras have shown aversion towards colors while the supporters of Enpedokle(490-430 BC) believed that the color is "the soul of life androot toall existence", indicating the key natural elements: earth, air, fire and water, to be represented with the colors: yellow, black, red and white.

In order to understand the symbolism related to the colors, we have to realize in what way the meaning which is related to a certain color, had evolved throughout the history. Ever since ancient times many famous scientists, philosophers and theoreticians have tried to explore the development of

the colorful symbolism. Others, such as Isaac Newton (1643-1727),later Johannes (1888-1967) had also taken over extensive studies and surveys, but they had been oriented towards the physics of the colors and not the emotional or psychological significance.
Galileo Galilei(1564-1642) was occupied with the science of colors. The colors, as well as taste and smell, depend on who perceives them, and he explains them as a secondary phenomenon of the scientific interest in view of the objective perception of the form, the movement and the numbers.Later in his work “Treatise of Painting” (1651) Leonardo De Vinci, classifies the basic colors according to the importance, considering them as representatives of the natural elements including the light and darkness:
White – the basic (the most simple) represents the light;
Yellow – earth; green – water; blue – air.
Later J.W.Gete (1810) with his work “Fabenlehre” outlined his theory of colors (Tofcolors) that consists of the earliest and the most precise observations of the colors, the way they are perceived and the effect that they have over emotions. Even today, this theory iswidely accepted as one of the basic works for the theory of colors.
Despite the fact that there are a number of studies that have dealt with all the aspects of the colors, including nature of colors andtheir symbolic values, scientists have never succeeded to agree and to accept a “color cod”. That is not even possible because the colors cannot be unified for all countries, cultures and religions. Colors cannot and should not be organized into a fixed symbol system.As a result of its subjective nature, what the color represents is a subject to variation and depends on the fact from which part of the world we come from.
Color is a fundamental visual element of the designed surrounding, whichphysically, psychologically and socially has an effect on the human being. Ever since prehistoric times, people have used color in the interior surrounding for different purposes and in different contexts. The interior color has esthetic and functional characteristics andoften has a symbolic meaning. This colorful symbolism is the same in one homogeneous culture although there are individual differences. Even though today’s multicultural society uses different global colorful meanings, the individuals from different cultures use different meanings of the color in their own surrounding.
Historically, the color is related to the health of different domains (areas): medicine, hospital designandcolor therapy – but the positive and the negative connection between color and health vary within one cultural context.

Shapes and their meaning

The meaning of the shape can vary depending on the type of the shape, its context and the culture which analyzes that shape.
There are many different shapes and combinations of shapes, out of which each has its own meaning and its own message. Often the meaning of the shape is hidden behind the culture, especially when there is a combination of shapes.
The rounded shapes often offer rhythm and movement, happiness, pleasure and gratitude. They are considered to be more feminine than the sharp shapes which offer energy, violence and anger. Sharp shapes are: alive, youthful and are considered as masculine.
*The circle,*has neither beginning nor ending.It represents (eternal) whole and in each culture is an archetypal shape which represents the Sun, the Earth, the Moon, the Universe and other celestial objects. The circles suggest to us some closer objects, such as: wheels, balls and many types of fruit. They suggest roundness and completeness.
The circles have free movement, they can roll. The circles are gracious and their curve line makes them for us to feel like female. They are warming, comforting and give a sense of sensuality and love.Their movement suggests energy and power. Their completeness suggests infiniteness, unity and harmony. The circles represent protection and restriction. They keep what is inside from that on the outside. They offer security and connectivity. Circles suggest unity, integrity and perfection.
The square and the rectangle arestable andby means of shape they are very close and suggest honesty. They have right angles and represent order, rationality and formality. They suggest peace, solidarity, security and equality. Their closeness and stability together with their unity may seem worrying and may indicate an abrupt reversal.
Among the Buddhists the symbol: square (earthbound) in circles (eternal whole) represents the ratio between man and deity.
Triangles can be stable when they are placed on their base orunstable when placed on their peak. They represent dynamic tension, action and aggression.The triangles have energy and powerandtheir stable/unstable dynamics could suggest either conflict or constant force. They are balanced andcan be a symbol of law, science and religion. The triangles can direct the movement andcan show the direction of the movement. They show similarity with the pyramids, arrows and cups.Spiritually they

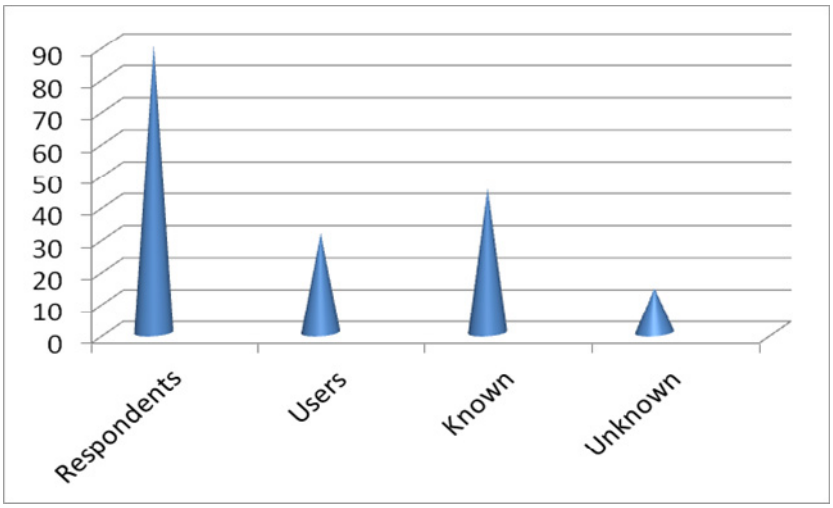
represent a religious trinity. They suggest self-recognition, revelation. The power of the triangle indicates masculinity.
The spirals are reflection creativity. Often, they can be seen in nature in many organisms andindicate a process of authority and evolution. The spirals are a symbol of fertility, birth, death, expansion and transformation. They are circles of time, life, seasons and represent shapes accepted inreligious and mythical symbolism. The spirals can move in two directions and represent return to the same point of the life journey, withnew level of understanding. They represent faith during the change, release of energy andmaintaining flexibility throughout the transformation.
The cross symbolizes spirituality and healing. It is considered as a place where divine energies encounter. The four points of the cross represent:being, nature, wisdom and sublime strength (sublimity). The crosses represent transition, balance, faith, unity, restraint and life. They represent the ratio and synthesis and the need to connect with something, no matter whether that something is a group, individual or being.

Purpose

The purpose of this research primarily is to show whether and how much it is known about the role of the interior in combination with the colors and the shapes,their practical an energetic role inpreserving the health of the people and the degree of awareness.

Results

In the process of the research we have surveyed citizens about their knowledge, education and acceptance ofthe significance of the internal andexternal design. 90 random respondents have been surveyed who gave the following results:



References:

1. Zak La Maja – Medicina stanovanja, Beograd 1989;
2. Feng Shui za zivot u stanu – R. Vebster, Narodna kniga Alfa, Beograd, 2003;
3. Feng Shui na random mestu – R. Vebster, Narodna kniga Alfa, Beograd, 2003;
4. Medicinska geologija – Miomir M. Komatina, Kolografi, Beograd, 2001;
5. Freemasonic or Religious symbols – Mile D. Mikjunovikj, Iris, Struga, 2012;
6. Фенг шуи и здравјето - Др. Јес Т. Ј. Лим, Хаикоу, 1997;
7. Projektovanje u zgradarstvu;
8. General and applied radiesthesia, Stojan Velkoski, Skopje, 2011;
9. History of Egypt from the Earliest Times to the Persian Conquest, New York, 1905.

PROTECTION OF THE CULTURAL HERITAGE AND NATURAL RARITIES IN REPUBLIC OF MACEDONIA – CURRENT SITUATIONS AND CHALLENGES

Kiro Ristov[1], Vesna Mirjanoska[2]

[1]Museum of the City of Skopje
[2]Attorney at Law lawer,
e-mail: kiroristov@yahoo.com, vesnamadv@yahoo.com

***Key words**: protection, cultural heritage, action etc.*

***Abstract:** The current situation regarding the protection of the cultural heritage in Republic of Macedonia is serious and considerably worrying. The emergence of illegal excavators conditions the illegal excavation and sale of valuable artifacts, important objects, icons etc. Therefore numerous operational activities are undertaken by the competent authorities, especially by the Ministry of Interior. As a result of those operations, many perpetrators have been apprehended for many criminal acts, among which the abuse of the official position of persons responsible for the protection of the cultural heritage and of natural rarities.*

The authors of this text analyse the methods of realization of these criminal acts, as well as of the police actions taken, but also give suggestions about how to overwhelm these situations.

Introduction

The protection of the cultural heritage, especially against the incriminated actions is envisaged in the Penal Code, as acts of crime treated in Chapter 24 (articles 264-267), but this problem is also regulated by other laws and bylaws. Thus, the Law on Protection of the Cultural Heritage[1], besides other issues, refers to the methods and instruments of protection of the cultural heritage the regime of protection and use of the cultural heritage as well as surveillance thereof as security aspects of this protection. Article 2 of the said Law defines the notion of "cultural heritage" as "tangible or intangible goods, which, as an expression or witness of people's creative activities in the past and at present or as joint creative works of Man and nature, due to their archeological, ethnological, historical, artistic, architectural, urban, environmental, technological, sociological and other scholarly or cultural values, properties, contents or function, are of cultural and historic importance and, in view of their protection and use, are placed under the legal system as pursuant to this or some other law." The basic division of the cultural heritage according to its properties is the one among movable, immovable or spiritual. According to its importance, the cultural heritage can be of special and of other cultural or historic value. As per the degree of endangerment, the heritage can be distinguished as imperiled or safe.

Cultural Heritage Crime Tendencies

The determination of the situation and the crime tendencies regarding the cultural heritage is a considerable problem, mainly due to the lack of a unique system and statistics of dealing with this problem, as well as the fact that the data are not collected and processed at one place and according to previously established methodology. It has to be mentioned that it is an illusion to think that it is possible to reduce protection and surveillance to a maximum, knowing that there are 5150 archeological localities of ancient settlements, around 2,200 immovable cultural monuments, such as monasteries, churches, mosques, tekkes etc., approximately 350 houses witnessing the old urban and rural architecture, as well as 200 other cultural monuments, mainly memorial houses, towers, bridges, inns, aqueducts and the like. It should also be mentioned that there are approximately 430,000 movable objects and documents, of which 22,000 are icons kept in the churches and monasteries. But, the icons of special importance and value, as well as the other valuable objects are located in museums, galleries, libraries, archives and other institutions entitled to keep such objects. Regarding

[1] Law on Protection of the Cultural Heritage („Official Gazette of the Republic of Macedonia " no. 20/2004, 71/2004, 115/2007).

our cultural heritage and treasure it should be mentioned that the most brutal and shameful theft of valuable and important icons was committed in the period from 1946 until the late 70-ties of the last century. According to some data, five to six thousand icons and a large number of archeological objects of immeasurable cultural and material value were stolen. A large-scale theft and destruction of the cultural heritage took place in 1995 at the location named Suvo Grlo, than in 2001 at the old gold, zinc and plumb mine locations in the Kratovo Region, and in 2005 in the Prilep Region, when governmental officials, using their position, illegally excavated destroyed and ravaged a considerable part of our national and cultural treasure and heritage. As for the evidencing of the movable and immovable objects and buildings which are part of the cultural heritage of Republic of Macedonia, it was carried out in the course of the year 1953 until 1962 by the Regional Institution for Protection of Monuments of Culture, and the evidence included 1,700 churches and monasteries with approximately 1,000 valuable icons, as well as mosques, tekkes, and other buildings of Islamic tradition. But besides the inspection and the filing of the valuable objects and icons by the Regional Institution for Protection of Monuments of Culture, it cannot be precisely said how many and which icons and valuable objects were reported as stolen. The reason for this is the order issued by the Ministry of Interior in 1972 to destroy as obsolete and "meaningless" all files kept on the stolen icons and objects of value. In the recent years the monitoring and the filing methodology referring to the stolen objects of cultural heritage has been improved, but is not on the internationally suggested level.

Protection of the Cultural Heritage and the Natural Rarities – Criminological Aspects

The criminal acts regarding the cultural heritage include illegal excavations, smuggling, thefts, appropriation and other illegal acts, as well as the inadequate conditions of storage, handling, transport, exhibition and other.

The problem with illegal excavators

One of the worst problems in the protection of the cultural heritage is the illegal excavators of artifacts which are further sold on the black market. This causes multiple damage: besides the illegal acquisition of property and physical alienation of the object, the damage caused to the national treasure of the Republic of Macedonia is yet bigger.

It is supposed that the illegal excavators have ravaged approximately one thousand tombs only from the Marvinci locality in the last 20 to 30 years. A large number of artifacts have been sold in Macedonia but also in Greece, ending up as objects of Greek origin.[2]

The material profit is the motivation of the illegal excavators because the price of the coins on the black market is from 1,000 to 6,000 MKD per piece, but they reach the price of 5,000 EUR after being processed and placed on the international auctions.

Nowadays, the "invasion" of illegal excavators is weakened to a certain extent, but illegal excavations are not prevented. Thereby, difference should be made between the term of "illegal" and "secret" excavations in quest of some hidden treasure and with the purpose of financial benefit, and "secret archeological excavations" which are illegally performed by experts, archeologists, Government officials. The illegal excavations can be considered as starting and being carried out in several ways, as follows:

- according to somebody's dream;
- according to signs;
- according to maps;
- according to scripts and legends;
- according to marked archeological localities[3].

Appropriation of the cultural heritage

The appropriation of the cultural heritage is also an act of crime in which the artifacts become part of individual private collections[4].

[2] According to the statement of the Ministry of Interior, see: http://www.uzkn.gov.mk/dokumenti/Marvinci.pdf

[3] Несторовски Д. Културното наследство и криминалот, Зборник на трудови ,,Заштита на културното наследство во Република Македонија,, Универзитет ,,Св.Климент Охридски,,-Битола, Скопје, 2010, стр 156

[4] Persons from Mrzenci and from Gevgelija were charged with appropriation of cultural heritage. The charge referred to valuable objects originated from the Roman times before the 3rd century B.C. file://zastita/kulturno_nasledstvo.html accessed on 03.10.2010

Smuggling

Smuggling is a serious problem regarding artifacts which are re-sold out of our country. It includes coins, icons, decorations, jewels and other objects. The perpetrators are Macedonian and foreign citizens who deprive Macedonia of a part of its national treasure[5].

The smuggled goods end up in domestic and foreign private collections. Foreign museums host statues, golden and other artifacts from Macedonia.[6]

Thefts

In the field of protection of the national heritage thefts refer to icons from our churches and monasteries. Extremely valuable icons end up on the black market and in the hands of private collectors on at the world famous international auctions. Thus the Macedonian treasure is alienated and becomes subject of criminal activities. [7]

Organized Groups

If, in the recent past, the illegal excavations were mainly organized by people living in the vicinity of the archeological localities, and their activities consisted of opening and ravaging tombs and offering the stolen objects to dealers connected with foreign purchasers, nowadays there are organized groups for this criminal acts, to the extent of existing of archeological mafia controlling the artifact market of the entire Balkans, including Croatia, Serbia, Macedonia, Bosnia and Herzegovina, Montenegro, Bulgaria, Albania and Romania.

They possess their own sophisticated technology machines, off-road vehicles, explosives, available necessary experts (archeologists, historians, museum staff etc.), connections with people who enable them to safely transport of the artifacts (policemen, Customs officers), persons to find auctions, museums or passionate collectors to purchase the artifacts. Such groups include persons able to contact with Government officials who grant them safe excavation on a certain location. Several operational actions have been organized in Macedonia to identify the perpetrators of such crimes. One of such actions were named Phalanx 1 and Phalanx 2.

Action „Phalanx"

In order to stop the activities of archeological crime perpetrators and protect the cultural heritage, the police keeps taking appropriate measures and activities. They include operational and tactic measures of the wide police instrument, as well as occasional comprehensive activities of larger scale. Such was the Phalanx action in 2010 aimed at larger territory covering activities towards a larger number of perpetrators. The action ended with the arrest of 48 people from Prilep. Stip, Valandovo, Negotino and other places. Among them there were managers, counselors, policemen and businessmen. Around three thousand of coins, 20 statuettes, among them the one representing Maenad, and 160 jewels from the period of 8th to 12th century AD (Fig.1). The criminal group used metal detectors, topographic maps, numismatic books, catalogues and magazines, as well as safes for keeping the excavated objects.

---

[5] Upon control of a car trunk of a Croatian citizen, the Customs officers at the Tabanovce border crossing found archeological objects of value from Macedonia. Experts from the Institute for Protection of Cultural Heritage concluded that the objects were of great national value. The archeological objects were found on Macedonian territory and are part of the cultural heritage of the country. The smugglers owned the imposing number of 560 coins, decorations, objects and jewels. file://zastita/sprecen_sverc.html
Accessed on 03.10.2010

[6] According to the Protection of Cultural Heritage around 20,000 valuable icons have been scattered from Macedonia throughout the world. The British Museum hosts a large number of Macedonian bronze objects from the 5th and 6th century. Among them is the statue of Aeschylus. The Paris Museum is the location of even larger number of ethnological objects from Macedonia. France hosts the two of the oldest Macedonian Paleolithic tools, over 800 000 years old. Some New York private collectors own bronzes from Demir Kapija. Besides the two golden masks, the Sofia National and Archeological Museum hosts 257 objects of value. The Belgrade Museum includes 187 objects besides the two golden masks. Sofia hosts a very valuable collection of the Ohrid Archbishop, and Belgrade marble statues, bronze objects etc. from almost all Macedonian localities. Such objects can be fould in Zagreb, Split, Dubrovnik etc. However, it seems that the most frequent, but least controlled destination of the Macedonian artifacts from antiquity to the 20th century is Turkey and its museums. file:///Macedonium.aspx.htm accessed pn 03.10.2010

[7] More at: http://www.novamakedonija.com.mk/NewsDetal.asp?vest=7810102282&id=12&prilog=0&setIzdanie=22028 accessed on 05.10.2010



Fig. 1. Confiscated artifacts in the *Phalanx* action

Phalanx 2 action

In the Phalanx 2 action, the Centre for Organized and Serious Crime arrested a 19-member criminal group in 2013. The group was illegally excavating on the archeological localities in Demir Kapija, Sveti Nikole, Kavadarci and Skopje, was selling the archeologically valuable objects in the country and abroad. They also sold icons from the churches of immeasurable value for the cultural heritage of the Republic of Macedonia (Fig.2).

The measures taken identified two persons, Serbian citizens cooperated with the members of the criminal group, buying valuable objects and selling them in West Europe.

The criminal group included two employees from the Institution for protection of the Cultural Heritage and two employees from the Museum of Macedonia and Museum of Demir Kapija, and one was a policeman from Veles. They issued information about the importance, value and security level, enabled for unhindered transport of the archeological objects, concealing the object and their sale outside Macedonia[8].



Fig. 2. Confiscated artifacts in the *Phalanx* action

[8] http://press24.mk/mvr-razbi-19-chlena-kriminalna-grupa-koja-trguvala-so-artefakti-eve-gi-detalite пристапено на 7.10.2014 год

Material value

Material value is one of the main components of illegal excavations of the archeological localities in Macedonia and of the numerous thefts of the churches and monasteries, aiming at icons and valuable objects which are then offered at the West European markets. An indicator of this is the 3 billion USD insurance covering the exhibition of the Macedonian icons in USA in 2006. The exhibition presented 14 original icons from the 13th and 14th centuries, as well as the price of 500-800 EUR per centimeter of a well-made and preserved bronze statue from the 7th to 3rd century B.C. This amounts to the price of 5,000 to 8,000 EUR for a 10-cm statue, depending on the degree of its preservation.

Destruction due to Hiding and Neglect or for Fear and Lack of Informaiton

It is a fact that there are strict legal measures for protection of the cultural heritage in Macedonia, but there is almost no cooperation with the population to raise its awareness thereof and the compensations for cooperation in this field barely exist. This is an important segment in the protection of the cultural heritage. If a person finds an archeologically interesting object while working on the land, the object is most often reported to illegal excavators, destroyed or concealed.

The most frequent reasons thereof are the following:

- lack of information;
- fear of property deprivation;
- fear from police oppressions and fees;
- lack of an appropriate compensation;
- idea of individual or organized quest for treasure or alienation of the found artifacts etc.

A considerable part of the cultural treasure objects can be found in the open on arable land, having been taken to the surface of the soil during the agriculture works[9]. (Fig. 3-5). But these objects are often destroyed or remain unfiled due to some of the reasons given above. Such cases are most frequently present in the villages in Macedonia.



Fig. 3. Confiscated artefacts from other illegal excavations

[9] Велкоски С. Недостатоци и можности за заштита на културното богатство во Република Македонија, Зборник на трудови ,,Заштита на културното наследство во Република Македонија,, Универзитет ,,Св.Климент Охридски,,-Битола, Скопје, 2010



Fig. 4. Confiscated artifacts from other illegal excavations



Fig. 5. Legal archaeological excavation in Stobi

Conclusion

It is necessary to organize a widespread activity in Macedonia to enable for building of a successful network of all responsible organisms ans institutions in view of the realization of a common strategy of prevention of criminal acts in protection of cultural heritage. For that purpose, it is necessary to professionally train the personnel, equip the services, provide for security protection of the locations as well as taking other measures and activities for the purpose of successful prevention of the organized criminal groups that illegally excavate steal and appropriate the artifacts belonging to the cultural heritage of Republic of Macedonia.

References:

1. Зборник на трудови ,,Заштита на културното наследство во Република Македонија,,. Универзитет ,,Св.Климент Охридски,,-Битола, Скопје, 2010.
2. Кривичен законик („Службен весник на Република Македонија“ бр. 37/1996, 80/1999, 4/2002, 43/2003, 19/2004, 81/2005, 60/2006, 73/2006, 87/2007, 7/2008, 139/2008, 114/2009).
3. Закон за заштита на културното наследство („Службен весник на Република Македонија“ бр. 20/2004, 71/2004, 115/2007).
4. Државен завод за статистика ,,Сторители на кривични дела за 2012 година,,.
5. Државен завод за статистика ,,Сторители на кривични дела за 2013 година,,.
6. В е л к о с к и, С. Недостатоци и можности за заштита на културното богатство во Република Македонија, Зборник на трудови ,,Заштита на културното наследство во Република Македонија,, Универзитет ,,Св.Климент Охридски,,-Битола, Скопје, 2010.
7. Н е с т о р о в с к и, Д. Културното наследство и криминалот, Зборник на трудови ,,Заштита на културното наследство во Република Македонија,, Универзитет ,,Св.Климент Охридски,,-Битола, Скопје, 2010.
8. http://www.uzkn.gov.mk/dokumenti/Marvinci.pdf
9. file://zastita/kulturno_nasledstvo.html
10. file://zastita/sprecen_sverc.html
11. file:///Macedonium.aspx.htm
12. http://www.novamakedonija.com.mk/NewsDetal.asp?vest=781010 2282&id=12&prilog=0&setIzdanie=22028

POSSIBILITIES TO USE THE STOJAN'S COSMIC NET IN PROTECTION AGAINST THUNDERS AND THUNDER ENERGY EXPLOITATION

Stojan Velkoski

IGAPE Institute in Skopje
e-mail: contact@igape.edu.mk

Kay words: *Cosmic grids, Stojan's Cosmic grid, Thunders, thunder exploitation, natural cosmic energy conductors, Stojan's cosmic knot, S cosmic knot*

Abstract: *The uncontrolled use on non-renewable energy can leave immeasurably serious consequences on mankind. Thunders are one of huge renewable energies but it has not been used so far. Thunders have always challenged mankind due to their power accompanied by the "roar" and destructive power, but the possibility to tame the thunders and be exploited as energy has also always been intriguing. But the endeavours to find some technology of exploitation of the thunders have not reached any result so far. After the discovery of the third cosmic grid, known as Stojan's grid, it was also discovered that the grid is the only natural conductor known so far. According to the results obtained, research was directed towards exploitation of thunders through that grid. The results of the researches demonstrated that most of the atmospheric discharges take place exactly through the active knots of the Stojan's cosmic grid. Hence the realistic possibility to use this grid to conduct thunders and further exploit their energy.*

Introduction

Scientists have always tried to find some technology and methodology to control and exploit thunders, but those attempts did not lead to any special results. Thunders have always been a challenge to people, inciting fear and respect in them, mainly due to the light and sound accompanying the thunder as well as its destructive power. (Fig. 1)



Fig. 1. Thunder discharge in urban areas

The idea to tame and exploit the thunder energy has existed for a long time. There are certain methods of re-direction of thunders as it is the method using helium balloons tied by a thin wire. In a moment of increased electricity in the atmosphere, the balloon is released and the metal wire "captures" the electricity and conducts the it towards the grounding thus directing the thunder to a desired point on the ground.

Beginnings of practical use of thunders

The concrete research in Skopje started after a storm in Aerodrom, one of its suburban areas in April 2002. In the distance of about 7 km from the Skopjanka mall there were three maple trees, about 5 metres high. The mall was opened in 1992 and has six floors. It is equipped with lightning rods and has a metal roof (Fig. 2).



Fig. 2. A building in Skopje with lighting rods and the location of the thunder discharge

The storm was accompanied by the sound of thunder discharge and the lightning woke up the people in that residential area. The following morning one of the maple trees was broken. On-site measures revealed that the tree had been placed on an active knot of the Stojan's cosmic grid. (Fig. 2) This incited the study and research of thunder-stricken seedlings in urban and natural areas (Fig. 3).



Fig. 3. A thunder-stricken tree in the yard of a BAN-building in Sofia placed under an active Stojan's knot

Materials and methods

There are three cosmic grids known so far. Some of their knots manage to penetrate through the Earth's ozone layer and reach Earth. The grids have the names of their discoverers: of Manfred Curry, Hern Hartmann and Stojan Velkoski.(Fig. 4).
The cosmic knots of the three known grids are not all conductors. Only the Stojan's grid knots have the conductive quality.

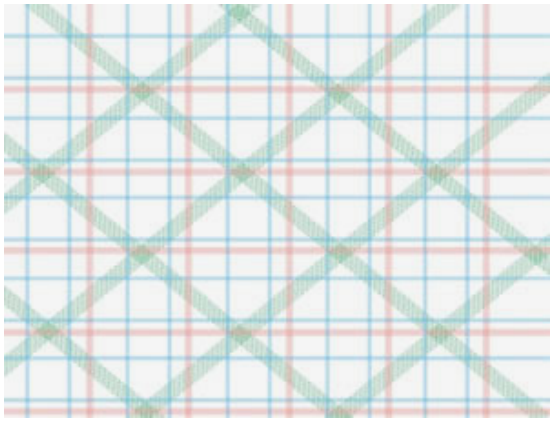


Fig. 4. Spread area of the three cosmic grids

It is known that there are one hundred thunder electricity discharge every second and it is supposed that several billions of kW/h of electricity are discharged from the lightning energy onto Earth on annual basis.

Knowing the previous facts, the most recent discoveries on the exploitation of thunder energy through the Stojan's cosmic grid led to the conclusion that only the active cosmic knots of the grid are electricity conductors through which thunder electricity is discharged. It is known that the high-voltage energies are discharged by grounding marked as (0) representing Earth; hence thunder electricity tends to identify the nearest point to the zero one, i.-e to the ground. If there is an active Stojan's knot on a certain plant, the plant grows well and receives enough humidity and its roots are able to make best use of the soil structures. The electricity charge is located on the troposphere at the height of 18 km. The active Stojan's cosmic knot penetrates through the atmosphere and to the electricity charge, which than reaches a tree located at a Stojan's cosmic knot. The plant on such a knot can even be shorter than the other ones or surrounded by buildings protected with a lightning rod (Fig. 5).

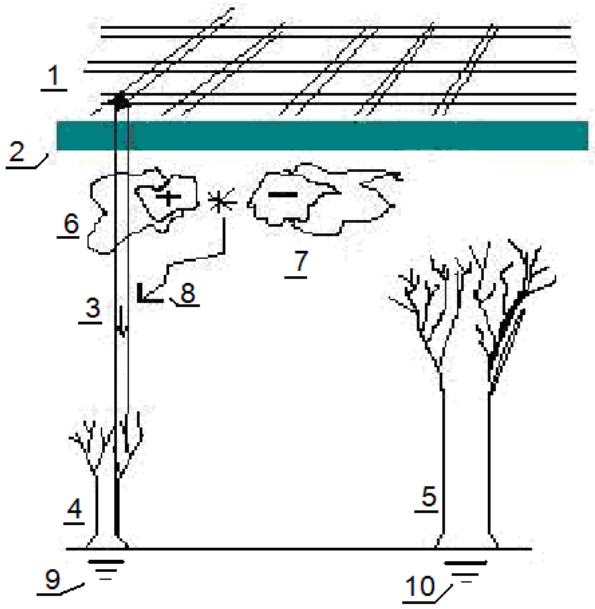


Fig. 5. Legend:

1.Stojan's cosmic grid created in the mesosphere and the ionosphere,
2. The ozone layer on the upper part of the stratosphere
3. Active cosmic knot of the Stojan Velkoski's cosmic grid,
4. Tree-plant;
5. A lightning-rod protected taller building or a plant in the vicinity,
6. A + polarity troposphere cloud,
7. A - polarity troposphere cloud next to the first one
8. Discharge of a high-voltage lightning in the direction towards the knot grounded through the tree,
9 and 10. Grounding of the plants through the roots.

Possibility to thunder energy accumulation

According to the results of the researches, the Stojan's cosmic grid knots are conductors through which thunders discharge. This is a basis to the development of a new scientific and technological approach in view of targeted exploitation of thunders. According thereto, the thunders can be used for targeted redirection of the thunders and protection of the environment against them, as well as tor exploitation of the energy for production of artificial diamonds by the so-far applied methods or for accumulation of the energy and its transformation for industry and medical purposes.

In the first type of application, if a copper pipe is vertically drilled 2 to three meters into the ground, and 6 to 8 meters of the same pipe is left overground, if a Ø 1000 x 5-15 mm copper disc is firmly attached to the pipe, the thunders can be directed to an appointed target.

The second application of the exploitation of thunders is the possibility of additional technological constructions and energy accumulation devices which would redirect the thunders and thus avoid thunder strokes in the environment. The principle of accumulation of that energy is shown on Figure 6.

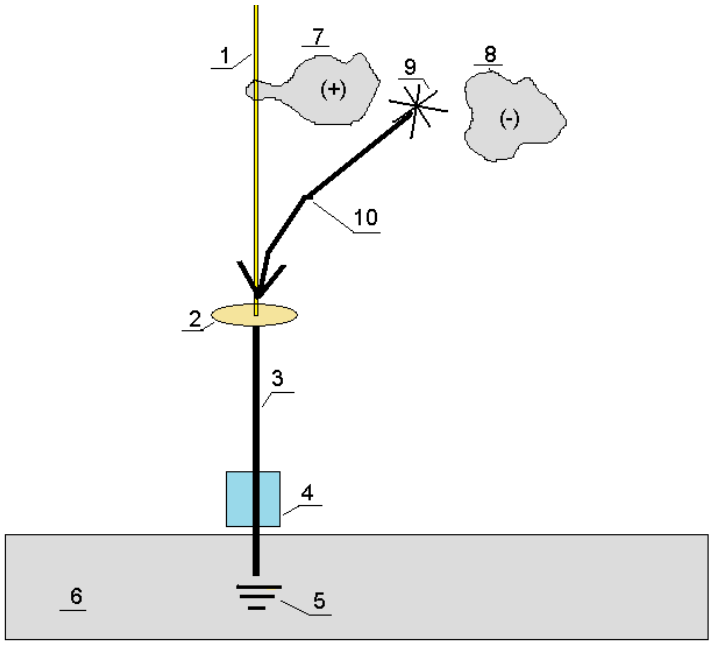


Fig. 6. Legend:

1. Active Stojan's cosmic knot;
2. Copper plate (disc) on a vertical copper pipe ;
3. Copper pipe at 2 – 3 meters in the soil and 5 to 6 m overground
4. Energy accumulation and transformation device
5. Grounding of the pipe;
6. Soil;
7. (+) polarity charged cloud;
8. (-)polarity charged cloud;
9. Lightning from the two clouds;
10. Lightning arch directed to the active Stojan's cosmic knot

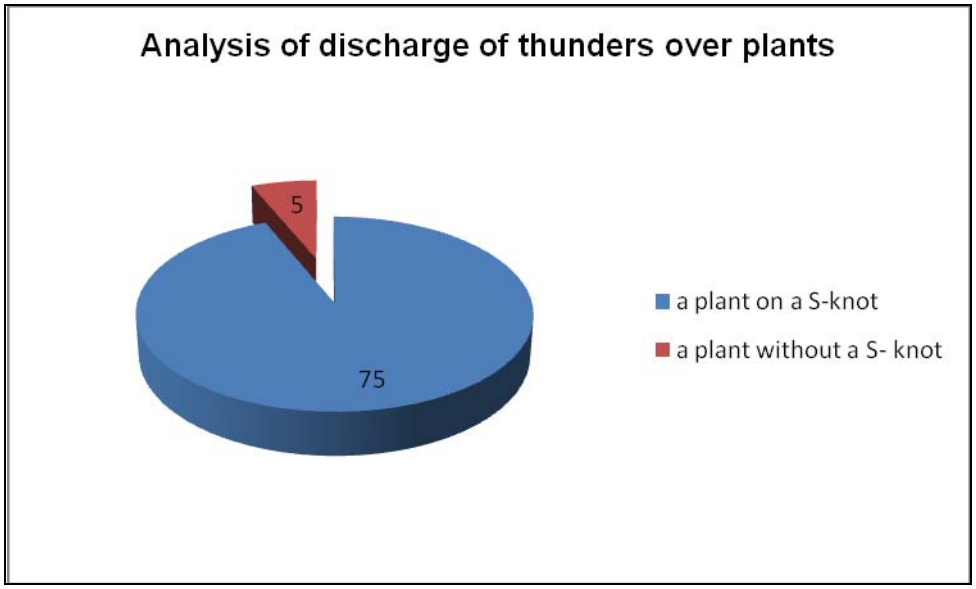
Purpose

The purpose of this lecture is to analyze the possibility to exploit the thunder energy through the Stojan's cosmic grid knots. The natural conductors of the Stojan's cosmic grid can be used to accumulate thunder energy and direct it precisely. The purpose of these researches open new horizons in the science and technology sphere.

Results

Research showed that the knots of the Stojan's Cosmic Grid are natural and unique conductors coming from space towards Earth. Most of the thunders were discharged at the spot of an active Stojan's knot of the same grid, although there were higher buildings equipped with lightning rods in their immediate vicinity, as it is shown on the pictures. The research included 80 seedlings of

which the number of those which upon which there were no Stojan's knots but were stricken by thunder discharges was only 5. In the other 75 cases the seedlings were placed immediately beneath a Stojan's (S) knot (graph no. 1).



Conclusion

It can be concluded from the above that the Stojan's grid and its knots are the only so-far known natural electricity conductor. With additional technological support, this grid can be exploited for energy and industrial, military and healthcare purposes.

References:

1. М а р д и р о с я н, Г. Природни екокатастрофи и тяхното дистанционно аерокосмическо изучаване, Академично издателство Проф. Марин Дринов, София 2000;
2. М а р д и р о с я н, Г. Пророднi бедствия и екологични катастрофи, Академично издателство Проф. Марин Дринов, София 2007;
3. М а р д и р о с я н, Г. Пророднi бедствия и екологични катастрофи, Академично издателство Проф. Марин Дринов, София 2009;
4. Б а й к о в, Б. Екология за всеки, Планета 3, София 2000;
5. Б а й к о в, Б. Екология, Аскони-Издат, София 2012;
6. E n g l e r, I. Wasser, Deutscher Spurbuchverlag, Munchen;
7. www.iki.rssi.ru/obstanovka/seminar/Velkoski.doc; COSMIC S-NET AND ITS UTILIZATION, Ph.D Stojan Velkoski. "Institute for Geobiology, Archaeology, Ground Water and Ecology" Skopje, 2007.

INFLUENCE OF GEOPATHOLOGY AND COSMOPATHOLOGY ON ATHLETES' PERFORMANCES

Stojan Velkoski, Jane Velkoski, Mihail Velkoski

Institut GAPE, Skopje
e-mail: contact@igape.edu.mk, contact@soncevzrak.com

Key words: *geo-cosmo pathology, Sport success, radiation, electric smog*

Abstract: *In order to achieve results in any field of activity it is necessary to work, as well as to dedicate time and knowledge. The results of a sportsperson can depend on many factors which can be endogenous and exogenous. An electromagnetic field destroys the cell function and can have decisive impact on the success or failure of the sports persons, and the BIO-SPH protection enables for adequate protection resulting in harmonious cell function and good sport results.*

The same holds with animal sports, as animals are over-sensitive to geo-pathology. The research results demonstrate that timely protection with BIO-SPH can considerably improve the aport results of animals.

Introduction

There are several rules and basic conditions which must be observed in order to form a good sportsperson. They can be divided into endogenous and exogenous.

Endogenous factors

Endogenous factors include those factors which are innate to the sportsperson and can influence their results:

1. Health, psychological and physical condition:
   - Genetic diseases;
   - Acquired diseases;
   - Sport, traffic and other injuries.
2. Racial origin:

The predispositions closely related to race play the main role in some sports , in which they can be decisive. This includes the following facts:

- Africans are good in running races, basketball and other
- Ethiopians are fast runners.
- The white race is good in the following disciplines: skiing, swimming, ice hockey, waterpollo, figure skating, archery, high jump, discus throw, volleyball, car races and other,
- The Asians are good at martial arts, athletics and other sports.

3. Genetics:

It is known that good sport results are achieved in several generations within a family. This is conditioned by the genetic constitution of the body and its organs. This is similar to the fact that tall parents usually give birth to children who grow tall as well. The constitution plays a part in the choice of the sport: more robust people with stronger constitution are more resistant to blows and are likely to chose martial arts as sport. Ballet is especially closely related to the body shape. Some people are predisposed to achieve running speed, quick reactions, audacity, physical strain, sensitivity to sound, psychological endurance, bone and muscle mass, sensitivity as well as many others.

Exogenous factors

The exogenous or outside factors also play the key role in the achievement of sports results. They include practice, nutrition, lifestyle, stress, electromagnetic radiations, change of latitude, conditions of life and sport practice, personal factor from the viewpoint of psychological and technological influences, the Moon phases, atmospheric changes and other.

- Practice is of key importance for sport results. It is a fact that technique and muscles are the most necessary elements for the achievement and maintenance of excellence in sport. Practice includes daily and intensive expert-guided trainings.

- Nutrition also plays a considerable role in the sport results of the individual and the team. But the nutritional aspect of sports achievement is not the only one in general; what should be taken into consideration is the fact that every individual organism has its own food needs and preferences as of type of food or even spices. Failure to balance these factors can disturb the quality of the sleep, digestion and thereby the psychological condition and energy level of the athlete.

- Regular physiological life, providing for psychological, physical and health endurance of an athlete. This includes even the regular stool, women's period and sex. These issues can bring uncertainty into the results of an athlete if they are disturbed, to it is necessary to prescribe proper food and even medicaments. Sex can stimulate the results of the athlete if it is made out of love and with one single partner, as promiscuity can leave serious temporary or permanent consequences on the athlete's health. Men should not have sex 24 hours before a match or championship. Research results revealed that men are more prone to such negative psychophysical changes than women.

- Stress can also leave consequences on the nervous and cardiovascular system, and thereby on the psychological and physical concentration of the athlete.

- Electromagnetic radiations, which have in the past been long neglected as a factor in the athletes' achievements. Although they are invisible, without any fragrance or taste, and can be present in any segment of the athlete's life: in their residence location and sport facilities. As it can be seen on Fig. 1, cells function by exchange of electric and chemical energy.



Fig. 1. Exchange of electric components among the cells

Hence the fact that each electric field intruded into this cell process can seriously affect the normal cellular function. This leads to the following definition: Each disturbance of the constant geomagnetic field, of the intensity, structure or polarity of the field's particles, caused by nature or human intervention, is a geological and cosmic pathogenic field or a pathogenic field.

Sources of electromagnetic radiations

The sources of electromagnetic radiations can be of two types: natural and artificial or technological.

1. Natural sources of radiations exactly refer to geological and cosmic pathology, and some of them were known by ancient civilizations.

Geological and cosmic pathology studies the field anomalies resulting from geological and cosmic phenomena. The scientific approach to geological and cosmic pathology date since 1989, when they were initiated at the Sunray Research Center in Skopje, and later, since 2006, further analysed at the GAPE Geobiological Institute in Skopje.

The name itself of geological and cosmic pathology indicates that it refers to illnesses coming from the Earth and/or Cosmos.

The most common source of such pathology i.-e illnesses are the underground flowing waters geological fissures, cleavages, ore and mineral concentrations etc. See Fig. 2.

Each geological change entails disturbance of the intensity of the constant geomagnetic field which usually amounts E=130 V/m and H=40A/m. If the geopathological fields result from deeper geological changes, they can also transport traces of Radon which can have negative impact on the athlete's health if exceeding 100 units. Geological anomalies results in depolarization on a cellular level. In case of an athlete, they influence muscle cells but also the heart capacity, the cerebral, respiratory and other segments of the athlete's body and their results. Fig. 4.

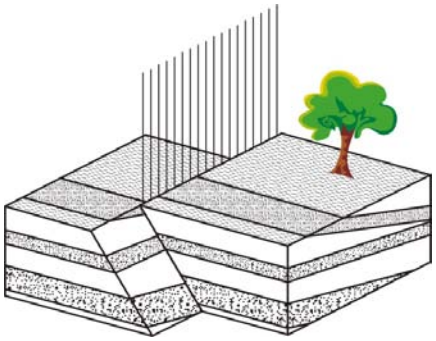


Fig. 2. Removal of the geologicaltructures

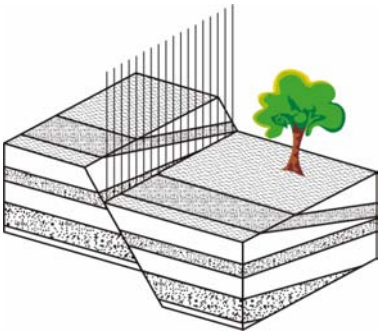


Fig. 3. Sinking of geological structures

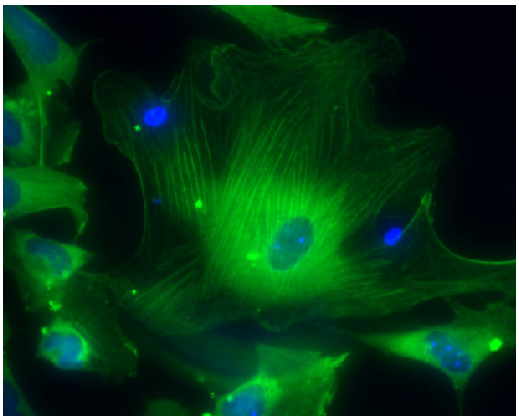


Fig. 4. Functioning of a muscle cell

Cosmic pathology is the disturbance of the constant geomagnetic field on certain locations, whereby the field comes from space. Thus cosmic sources of radiation are, besides the UV and IR ones, another type of radiations, transported through the knots of the three cosmic grids: the grid identified by Manfred Curry, the one of Ernst Hartmann, as well as the cosmic grid and swarm discovered by Stojan Velkoski. Those disturbances are identified through increased electromagnetic intensity, and radioactive particles entering the 10^{14} with the particles of 10^{20}-10^{22} (Fig.5).

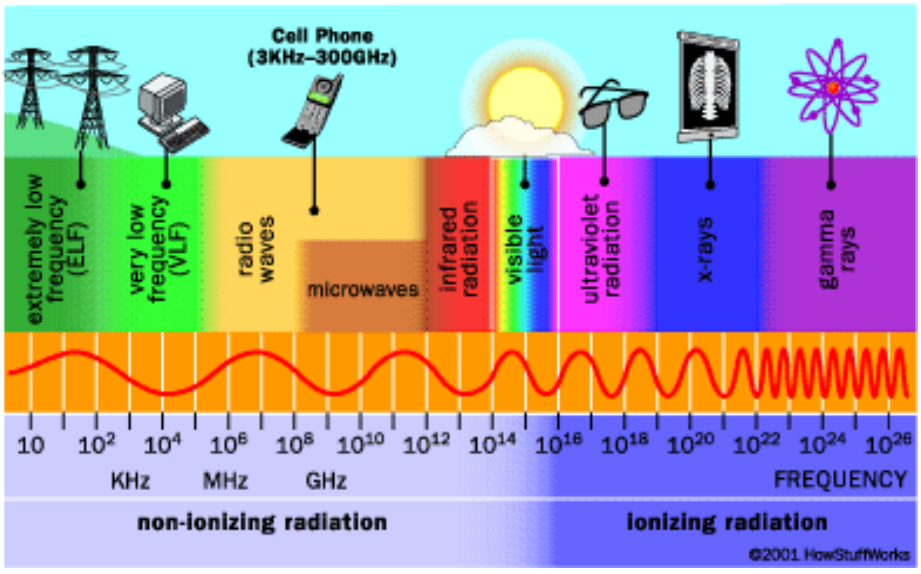


Fig. 5. Range of radiation

Both geo-pathologic and cosmo-pathologic radiations can be present simultaneously in one sigle building. (See Fig. 6).

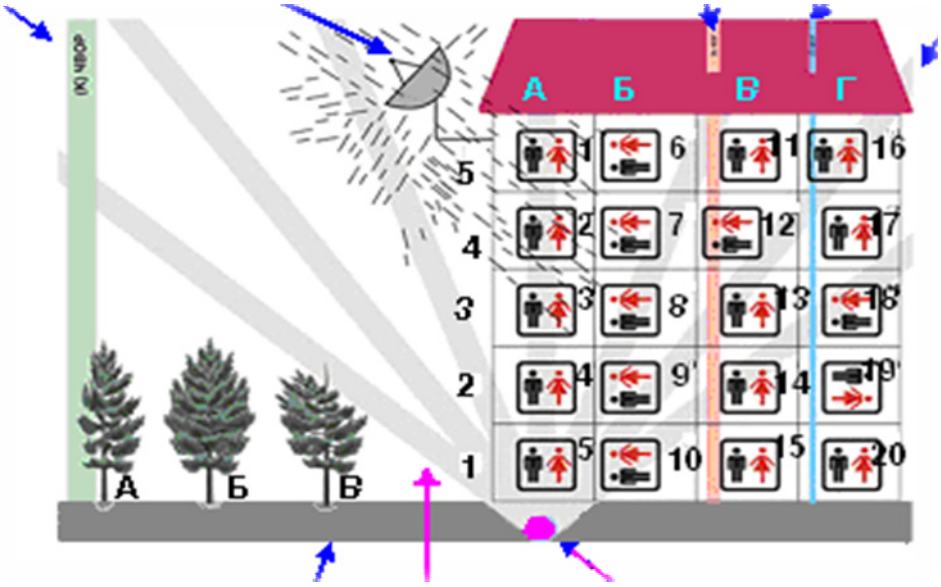


Fig. 6. Building exposed to geological and cosmic pathology

Technical sources of radiation, including electricity-driven devices and appliances within the scope of 10-10^{12}. They belong to the modern times and are very dangerous to the health of athletes and people in general.

Individuals exposed to radiations suffer serious consequences of the exposure their aura is disturbed which results in health disturbances as well. If the individual is on a clear location or is protected by a BIO-SPH,the aura regenerates depending on the level of its disturbance (See Fig. 7, 8, and 9).

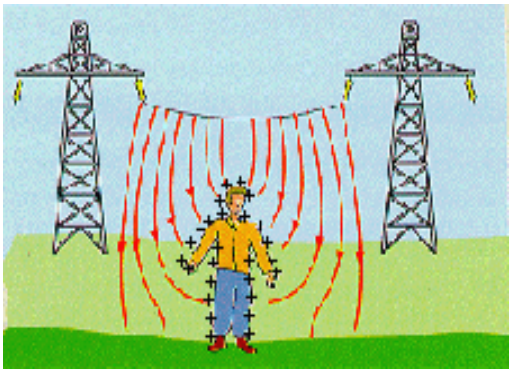


Fig. 7. Exposure of the human body to electromagnetic radiations

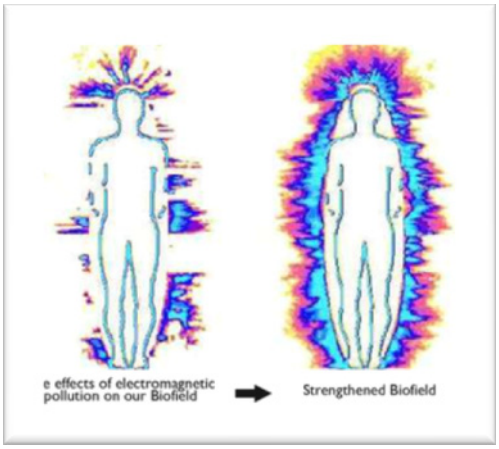


Fig. 8 and 9. Influence of the electromagnetic fields on human aura: aura with and without protection

Material and methods

The research included two groups: 15,00 informants aged 8 to 70 years and the researches were carried out in their places of residence exposed to geological and cosmic pathology. The second group included 90 people aged 10 to 60 years, and the research was conducted by comparison of their condition when exposed to geological and cosmic pathology and protected by BIO-SPH.

It should be noted that research included individuals who were not subject to any special psychological or physical strain as well as athletes before and during competitions and animals (horses) before and during races.

Results

In the first group of informants, it was concluded that 89 % of individuals exposed to geological and cosmic pathology feel chronic fatigue, sleepiness, pain and are prone to various diseases.

In the second group of informants, the individuals exposed to geological and cosmic pathology were subjected to measuring of their skin resistance in κΩ. Results revealed that the intensity thereof was changed in 55% of the informants. The condition normalized after the placement of a BIO-SPH device Fig. 10, 11 and 12.



Fig. 10. Exposure to geological and cosmic pathology without protection: the skin resistance was in the area of 310-485 KΩ

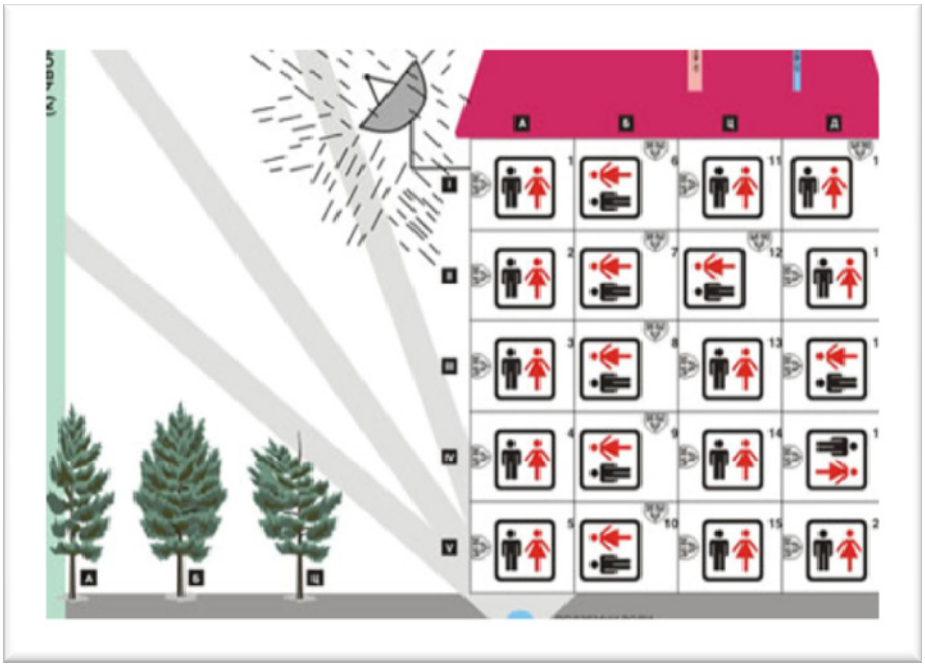


Fig. 11. Building under the influence of geological or cosmic pathology protected by BIO-SPH

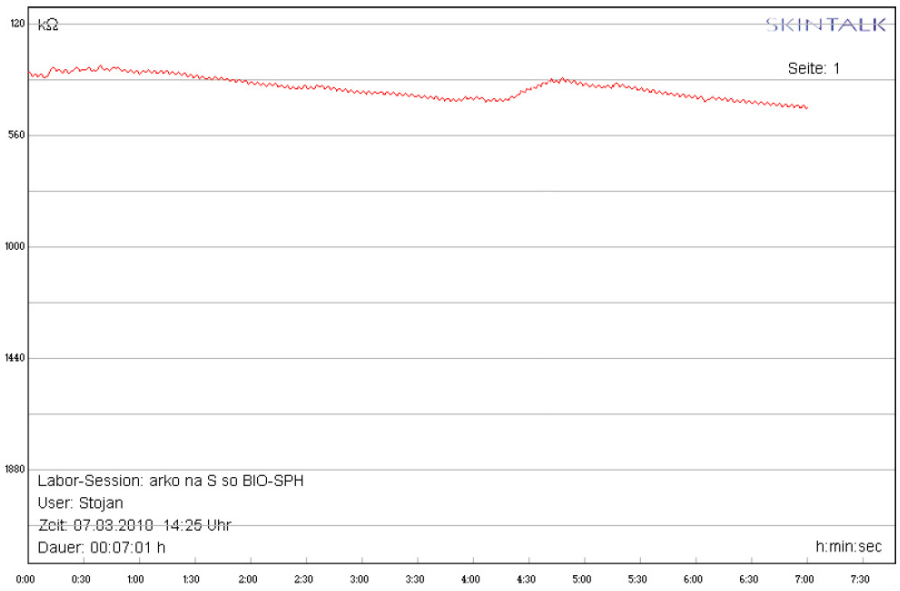


Fig. 12. Exposure to geological and cosmic pathology and protection by BIO-SPH.215-365 KΩ were obtained after 15-minute protection

Athletes (55 % of them) who had been living on geo cosmopathological locations, which were subsequently protected by a BIO-SPH device, as in Figure 11 were feeling and performing better, and their psychological, physical and health condition was improved. For example, the research with volleyball players demonstrated huge comparative differences accompanied by unexpectedly good sport results (Fig. 13). The BIO-SPH protected team, who had undergone weaker preparations, managed to win the match with a high difference score (Fig. 13).



Fig. 13. Volleyball court. The left side of the court is under protection of BIO SPH

The results obtained in animal sports are also interesting and the research was conducted with horse races. The stadiums and the hippodromes are most frequently built in mountain feet or near river beds which are, by nature, geo-pathological. The horses that were subject of the analysis were accommodated in a stable which was erected on a geo-pathological location (Fig 14), they suffered from health disturbances and had very poor sport results.



Fig. 14. Farm of horses on geopathology

After BIO-SPH devices were installed in the stables, and small-size Bio-SPH devices were hung around their necks so that the horses wore them as protection against geo-pathology during the race, those horses won, although they were objectively weaker. Fig. 15-17.



Fig. 15. Racing horse whose stale was protected by BIO SPH



Fig. 16. The horse who was under protection of BIO SPH was all the time leading and finally won the race



Fig. 17. A triumphal picture of the victorious racer, the horse who was under the protection of BIO SPH and the experts crew

Conclusion

The human organism exposed to geological and cosmic pathology suffers huge consequences thereof, such as pain, fatigue, sleepiness, cardiovascular and other problems leading to more serious diseases. In an environment affected by radiations, athletes are unable to concentrate

and cannot achieve physical endurance due to the above mentioned problems. Moreover, they can be subject to physical injuries during practice or competition, or contract permanent health disorders which can lead to poor sports results.

Solution: if their bedrooms are protected by a BIO-SPH device, www.soncevzrak.com their health and results will be on a higher level.

References:

1. V e l k o s k i, S. INFLUENCE OF ELECTRO-MAGNETIC RADIATIONS ON HUMAN BLOOD AND PROTECTION BY BIO-SPH TRANSFORMERS medical data march 2011, http://www.md-medicaldata.com
2 Mobile Telephony and Health - Exposures from Base Stations. http://www.healthleadsuk.com/air-and-water-treatment/
3. G a y t o n, A. Медицинска Физиологија, Бакар-Бор, Београд, 1988.
4. S t e f a n o v, B. Radiovolni i magnetni poleta. Medicina i fiskultura Sofiя, 1990.
5. M a p д и p o c я н, Г.От Космоса срещу екологичните катастрофи, БАН, София, 1993.
6. V e l k o s k i, S., G. M a r d i r o s s i a n, F r a n k O t t e n, G. Z l a t e v a-V e l k o s k a, J. D e n k o v a, ANALYSIS OF TECHNICAL DEVICES FOR PROTECTION AGAINST ELECTROMAGNETIC RADIATION SENS 27-29 June 2007 Varna BG.
7. G e t s o v, P., D. T e o d o s i e v, E. R o u m e n i n a, G. M a r d i r o s s i a n, G. S o t i r o v, B. S r e b r o v, M. I s r a e l, S. V e l k o s k i, P. G a j e s e k, D. S i m u n i c, 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.
8. M a p д и p o c я н, Г. Екокатастрофи, ИК Ванеса, София, 1995.
9. M u l l e r, C. F.,:Elektrosmog: Gesundheitsrisiken, Grenzwerte, Verbraucherschutz Katalyse, Heidelberg, Hamburg, 1997.
10. Wolfgang Maes u.a: Elektrosmog-Wohngifte-Pilze (Baubiologie-praktsche Hilfe für jedermann), Heidelberg: haung, 1999.
11. W a n g Z h e n Guoл. Never ever give up! Survival from Cancer!, Chow Hoi Tong Enterprise, Hong Kong, 1999.
12. M a s a r u E m o t o: Wasserkristalle, KOHA Verlag GmbH, Tokio, 2001.
13. Г е ц о в, П.: Космос, екологија, сигурност, НБУ, Софија, 2002, 209; 108-112 стр.

S E S 2 0 1 4
Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

СЪВРЕМЕННИ МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА НАБЛЮДЕНИЕ НА КРИТИЧНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

Димитър Гинчев[1], Бойчо Бойчев[2,3], Светла Василева[1]

[1]ИСИР – БАН, [2]ИКИТ - БАН, [3]ТУ- София
e-mail: boytchev@space.bas.bg, dimginchev@gmail.com, vasileva@iser.bas.bg

Ключови думи: *критична инфраструктура, дистанционните методи за наблюдение, ранно оповестяване, управление при кризи от природни и техногенни катастрофи, моделиране*

Резюме: *Природните, техногенни рискове и бедствията, които се случват на територията на Република България и в света водят до необходимост от наблюдения, изследвания, симулации и анализи. Тези дейности допринасят за формирането на цялостна представа за последствията от възникване на критична ситуация. Разгледани са най-съвременните методи и средства за наблюдение на критичната инфраструктура. Целта на разработката е да бъдат сравнени световните и наши постижения и да се очертаят задачите за развитие на научните дейности в тази насока.*

MODERN METHODS AND TOOLS FOR MONITORING OF CRITICAL INFRASTRUCTURE

Dimitar Ginchev[1], Boycho Boychev[2,3], Svetla Vassileva[1]

[1]ISER-BAS, [2]SRTI-BAS, [3]TU-Sofia
e-mail: boytchev@space.bas.bg, dimginchev@gmail.com, vasileva@iser.bas.bg

Keywords: *critical infrastructure, remote sensing monitoring, early warning, crisis management оф natural and technogenic catastrophes, modeling*

Abstract: *Natural and technogenic risks induced and disasters that occur on the territory of the Republic of Bulgaria and the world lead to the need for observation, research, simulation and analyses. These activities contribute to forming a comprehensive picture of the consequences of an emergency situation. Considered are the most modern methods and tools for monitoring of the critical infrastructure. The aim of the study is to compare the world's and our achievements and to outline tasks for the development of research activities in this direction.*

Дистанционни методи за наблюдение на критичната инфраструктура

Дистанционните методи за наблюдение дават възможност за изграждане на оперативна система за наблюдение, ранно оповестяване и ефективно управление при кризи от природни и техногенни катастрофи. Моделирането от своя страна подпомага за изграждане на цялостна представа върху изследваните обекти, възможните щети, потенциалните засегнати зони и пр.[11-16]. Притежаването на такава информация помага за ефективното управлението при кризи [9, 10,11].

Липсата на система за събирането на комплекти данни за събитията (авариите), на средства за бърз обмен, за своевременно разпределяне и доставка на информацията на национално или регионално ниво е сериозен проблем. Също така липсата на ефективни дистанционни методи за достъп до сензорната информация, на директен достъп на крайния потребител до базите данни понижават шанса за успех на спасителните операции. За решаването на тези проблеми през последните години допринесе съществено бурното развитие на компютърната и комуникационната индустрия, на Интернет и безжичните технологии.

Нуждата от бърз и скоростен Интернет, от висококачествени мобилни услуги, подкрепяна от развитието на индустрията в областта на преносимите компютри, PDA

устройствата и телефоните с камера, спомогнаха за появата на мрежи от трето поколение (3G). 3G се използва за създаването на публични мобилни комуникационни системи, базирани на UMTS стандарт. Най-популярната услуга, предлагана от този тип мрежи е възможността да се предават едновременно глас и видео чрез мрежата на мобилния оператор към един или множество от потребители. 3G технологиите дават възможност на операторите да предложат широк спектър от услуги поради големия им капацитет. Технологии като (2G) GPRS, (2G+) HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), както и множеството клетъчни телефони с камера са сред основните фактори за удовлетворяване на този нов тип услуги.

Нагледен пример за еволюцията от второ към трето поколение телекомуникации от гледна точка на капацитет, скорост на пренос на данни, надеждността им [1,3,4,5,6,7], оценката на риска [2] и нови услуги е технологията Universal Mobile Telecommunications System (UMTS). Тази съвременна технология осигурява до пет пъти по-висока скорост за пренос на данни в сравнение с технологията General packet radio service (GPRS, пакетна радиовръзка за общо ползване) или пренос до 384 kbit/s Downlink и до 64 kbit/s Uplink.

В момента в света функционират мрежи, използващи технологията WCDMA, която е 3G+. За правилното функциониране на системата е важно да се избере надеждна и постоянна комуникация. Съществуват 3 3G мрежи на мобилните оператори, които предлагат различни условия. Обикновено те предоставят 3G- покритие в големите градове и 2G-покритие в цялата страна и могат да предават видео-информация и да приемат в реално време с телефони, работещи с тези стандарти за пренос на данни. Цената на телефон или устройства, работещи по тези стандарти, не е висока, за разлика от цените на специализирани приемници и предаватели. Използва се клетъчната мрежа на мобилните оператори, за да се препредава сигнала или да се получават команди (напр. SMS съобщения). Приемниците могат да бъдат телефони, които са способни да приемат тези стандарти или компютри с Интернет връзка.

Една модерна, нова област е телеметрията, която позволява дистанционно следене на информация, постъпваща от даден обект. Тя представлява система за предаване на команди от наземния контрол към апарата и предаване на данни като снимки и различни измервания от апарата към приемна станция. Телеметрията основно е използвана при космическите наблюдения, но навлиза и в мониторинга за граждански цели.

Системи за моделиране и симулация на критични събития

Най-често използваните методи за моделиране и симулации на КИ са класическите (диференциални уравнения, пространство на състоянията, статистически и вероятностни методи като Марковски вериги, мрежи на Петри, динамична симулация, агентно-базирани, обикновени диференциални уравнения [2], входно - изходни на модели и др.), методи на изкуствения интелект (експертни системи, размита логика [8], невронни мрежи, хибридни интелигентни методи и пр.), агентно-базирани техники. Използваните програмни езици са C++, Python, Java, HTML, XML.

Наличието на критичните системи (КС) предполага създаване на модели за симулации и наблюдение на евентуални последствия. С тяхна помощ се виждат възможните щети и жертви. С моделиране и симулации се занимават водещи лаборатории и институти в най-развитите държави в света като: *Los Alamos National Laboratory, U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center, Construction Engineering Research Laboratory, Idaho National Laboratory, Argonne National Laboratory, Australian Government – Attorney General's Department, Sandia National Laboratories, Universita Roma Tre, Italy, University of Virginia, Purdue School of Civil Engineering, Rensselaer Polytechnic Institute, York University, Toronto, Ontario, Canada, James Madison University, Oak Ridge National Laboratory* и др**.**

Обобщение на областите на изследване

Агенто-базираната система *AIMS (Agent-Based Infrastructure Modeling and Simulation)* е предназначена за симулиране и моделиране на национални и транс-гранични взаимозависимости и възможностите за спасяване на обектите на критичната инфраструктура в Канада.

Athena е инструмент за анализ и моделиране на мрежа от възли (актьори, концепции, и физически обекти) от вида "система от системи" чрез сливане на различни политически, военни, икономически, социални, информационни и инфраструктурни модели (PMESII) и свързаните с тях кръстосани връзки. *Athena* включва няколко алгоритми и мотивите, които позволяват моделирането на сложни вътрешни зависимостта между възлите.

Друг пример е програмата *CARVER2*, която предлага бърз и лесен начин да се предостави приоритет на потенциалните терористични мишени. Програмата сравнява и

елементите на критичната инфраструктура, както и ключови активи в юрисдикцията чрез представяне на математическа оценка за всяка потенциална мишена. Програмата е първа стъпка за провеждането на по-задълбочени оценки на уязвимостта. *CARVER2* помага на потребителите да правят сравнения от вида "ябълки срещу портокали", като например водна система срещу енергийна мрежа или мост.

Critical Infrastructures Interdependencies Integrator (CI3) е софтуер за емулация (Monte Carlo симулация) на сумата от време или разходи (или и двете), необходими за дейностите, които трябва да бъдат завършени за възстановяване на компонент от дадена инфраструктура, специална система за инфраструктура или взаимнозависим набор от инфраструктури за работно състояние. Софтуерът е инструмент, осигуряващ рамка за признаване на взаимозависимост и включване на несигурност в анализа на критичните инфраструктури.

CIMS (Critical Infrastructure Modeling System) е M&S инструмент на високо ниво, който позволява 3D-визуализация в среда с каскадни инфраструктурни сътресения. Събитията могат да бъдат скриптове или активи, директно манипулирани в рамките на околната среда по време на симулация и да илюстрират следствия.

Critical Infrastructure Protection Decision Support System (CIP/DSS) симулира динамиката на отделните инфраструктури и двойки отделни инфраструктури помежду им, според тяхната взаимна зависимост. CIP/DSS моделира информация на агрегирано ниво. За пример, в приоритетната област може да оцени броя на болничните легла, засегнати от дадено събитие, но не може да извлича информация директно по отношение на конкретна болница. Системата използва търговски софтуер за симулация Vensim.

Critical Infrastructure Protection Modeling and Analysis (CIPMA) е компютърно-базиран инструмент за подкрепа на бизнеса и правителството за вземане на решения за критичната инфраструктура, за нейната защита в борбата с тероризма, както и за управление на извънредните ситуации, особено по отношение на превенцията, готовността и планиране на възстановяването.

Critical Infrastructure Simulation by Interdependent Agents (CISIA) е описан от авторите като хибрид от два подхода за моделиране и анализ на взаимозависимости и анализ на системата. Това е сложна адаптивна система (CAS) за моделиране отдолу-нагоре с използването на интерактивни средства. Симулаторът CISIA има за цел да анализира краткосрочните ефекти от неуспехи по отношение на вината и разпространението и деградация на производителността *(Panzieri, 2004).*

Distribution Engineering Workstation (DEW) осигурява над 30 заявки за анализ, проектиране и управление на електрически и други физически мрежови системи. DEW позволява всичките компоненти, набори от данни и алгоритми, да бъдат повторно използвани от ново приложение, което дава нови решения. Това осигурява сътрудничеството между различните групи от едно ниво и вземането на решения за сложни проблеми. DEW се използва, за да идентифицира и анализира взаимозависимостите в мащабни електроенергийни системи и флуидните системи на самолетоносачите. DEW притежава отворена архитектура.

Electricity Market Complex Adaptive System (EMCAS) съчетава инженерни техники с количествен анализ на пазара: DC модели на потока на натоварване, като позволява да се симулира действителната работа на физическата конфигурация на системата, както регулаторни правила и наложени на пазара операции.

Fast Analysis Infrastructure Tool (FAIT) е преди всичко икономически инструмент за анализ, който използва регионални икономически модели за оценка на икономическото въздействие върху множество сектори. Тя не насърчава откриването на взаимозависимости за връзки от първи ред. Програмата се намира на сървъра на SNL и подкрепя уеб-достъп.

FINSIM е агент-базиран модел, предоставящ взаимен обмен на симулационни решения, които осигуряват гъвкава тестова среда, която намалява времевите рамки и увеличава производителността на персонала. FINsim има много функции, които позволяват опростено и ефективно тестване на продължителни и трудни сценарии. Основава се на пари и бартерни сделки, които са зависими от договорните отношения и мрежата на ниво федерален резерв. Агент-базираните модели могат да създават сделки, които разчитат на телекомуникации и електрическа енергия.

Fort Future е уеб-базирана система за планиране, която използва симулации, за да тества планове за Министерството на отбраната. *Fort Future* използва открита, ориентирана към услуги архитектура за множество симулации, които да се проведат едновременно от един и същ набор от алтернативи в проучването. Уеб-базираната платформа предвижда географска информационна система (GIS), базирана на план-редактори, контролираща симулации и организираща резултатите в матрица на решенията. *Fort Future* оценява въздействието върху критична инфраструктура на мисията с помощта на "Виртуална инсталация" - симулация, която

съдържа модели за транспорт, електрическа енергия, водни системи, включително водни, химични, биологични и радиологични агенти, въздушни течения, съоръжения, бойни задачи и процеси, агенти и динамични планове.

Interdependent Energy Infrastructure Simulation System (IEISS) е инфраструктура, основана на инструменти за моделиране, симулация и анализ, предназначени да помогнат на заинтересованите лица да направят анализ и да изяснят взаимнозависими енергийни инфраструктури. Актьор-базираните инфраструктурни компоненти са разработени в IEISS да симулират реалистично динамичните взаимодействия в рамките на всяка от инфраструктурите, както и взаимовръзките между инфраструктурите.

Inoperability input-output model (IIM) на базата на входно-изходен модел на Леонтиев, който характеризира взаимната зависимост между секторите в икономиката и анализира първоначалните прекъсвания на набор от сектори и произтичащите последици.

Knowledge Management and Visualization е изследователски проект за анализ на уязвимости, свързани с доставката на гориво. Той е проектиран, за да гарантира наличността на доставките и да се визуализират въздействията за подпомагане вземането на решения. Проектът се фокусира върху въглищни доставки за електроцентралите, защото, докато уязвимостите на ниво централа (производство) са по-лесни за идентифициране, уязвимости и въздействия, свързани с доставката на гориво са по-несигурни.

Multilayer infrastructure network (MIN) е предварително създаден мрежови модел на равновесието на динамични многослойни инфраструктурни мрежи под формата на диференциална игра, включваща два основни времеви графика. По-специално три мрежови слоя — автомобили, градски транспорт и данни са моделирани по подобие на Курно-Неш динамични агенти. Агент-базираната симулация на сложната структура се въвежда за решаване на равновесен поток и оптималното разпределение на бюджет за тези три слоя - проблем, който възниква за органите, правещи инвестиции в инфраструктурата на всичките три технологии и по този начин се създава динамична игра от вида „лидер-последовател".

Multi-Network Interdependent Critical Infrastructure Program for Analysis of Lifelines *(MUNICIPAL)* е GIS - потребителски интерфейс, построен на принципа на формалното, математическото представяне на набор от граждански инфраструктурни системи, които задължително включват взаимозависимостите между тях. Математическата база или системата за подпомагане вземането на решения е една многослоеста мрежа (ILN). ILN от своя страна представлява смесен модел на мрежови потоци, имплементирани в софтуера, опирайки се на база данни от инфраструктура атрибути. MUNICIPAL предоставя възможност да се разбере как едно деструктивно събитие се отразява на взаимосвързани елементи от гражданската инфраструктура.

Next-generation agent-based economic laboratory (N-ABLE) симулира икономиката с помощта на агент-базирани модел на дискретни събития. Агентите вземат икономически решения, включително закупуване на продукти, наемане на работници, продажба на облигации, събиране на плащания, контролирайки провеждане на операциите на открития пазар и др. N-ABLE е била използвана за оценка на електрическа енергия и железопътен транспорт смущения на стокова продукция.

Net-Centric Effects-based operations MOdel (NEMO) има отношение към следните специфични симулации: CitiLabs' Voyager симулация осигурява анализ на пътна и железопътна мрежа. Advantica предоставя инструменти за вземане на решения за мрежи на електрическа енергия, вода и газови тръбопроводи. Потребителите определят връзките между компонентите.

Net-Centric GIS е рамка за използване на GIS- вътрешна оперативност за подпомагане на вземащите решения при извънредни ситуации чрез предоставяне на ефективен обмен на данни и навременен достъп до инфраструктурна информация.

NEXUS Fusion е инструмент за планиране и действие, който визуализира полезните и нежелани ефекти и последствия от дадено събитие в сложна инфраструктура, в модели на поведение на населението и социални модели. Това е единствена рамка, която включва гео-пространствени, графично-базирани (социални, икономически) и популационни модели на поведението за анализ на кръстосани инфраструктурни връзки. Рамката се характеризира с холистична гледна точка към „системата от системи" с цел да подкрепя кръстосани системни анализи на каскадни събития в рамките и между сложни мрежи.

Natural gas infrastructure toolset (Ngtools) е анализатор с бърз достъп към преглед на компоненти на дисплея на мрежата за природен газ; изпълнява различни нива на компонентен и системен анализ и показва резултатите от анализа.

Network Security Risk Assessment Modeling (NSRAM) е съсредоточена върху анализа на

големи взаимосвързани множества от инфраструктурни модели.

Petroleum Fuels Network Analysis Model (PFNAM) е разработен да извършва хидравлични изчисления на тръбопроводен транспорт на суров нефт и нефтопродукти. Мрежата се състои от връзки (тръбни сегменти), възли (тръбни възли), помпени станции, клапани и изпускателни станции. Моделът следи потока на петрол във всяка тръба и налягането при всеки възел. "Точка-и-клик" движения позволяват на анализатора да създава представителен модел на течности в тръбопроводната мрежа, за да създава и управлява симулация. Графични и таблични резултати, предвидени за всяка симулация, позволяват на анализаторите да измерват въздействието на инфраструктурните смущения в газопровода или негови сегменти или в системата. Този софтуерен инструмент предоставя рамка за въвеждане на зависимости на компонентите на газопровода в критични инфраструктурни анализи.

Transportation Routing Analysis Geographic Information System (*TRAGIS)* достъпна през клиент-сървър от уеб сървър архитектура, намираща се в ORNL. Изчислява транспортна информация въз основа на регулаторни насоки за транспортиране на опасни материали.

TRANSIM е агент базирана система, способна да симулира синтетични популации на движението на всеки човек и превозното средство чрез транспортна мрежа на голям столичен район. TRANSIMS осигурява проектанти със синтетична популация и съответни образци на ежедневно дейност (като пътуване до работа, пазаруване и отдих и т.н.), симулира движението на отделни превозни средства в регионалната транспортна мрежа и изчислява замърсяването на въздуха, генерирано от движението на превозните средства.

WISE (Water Infrastructure Simulation Environment) е аналитична рамка в подкрепа на оценката на водната инфраструктура по отношение на специфични и вътрешно-зависими въпроси. WISE включва интегрирането на географски информационни системи с широк спектър от инструменти за анализ на инфраструктурата, включително Симулационните системи на промишлеността за стандартни хидравлични симулации на двигатели (например, EPANET и SWMM), и Симулационните системи на Националната лаборатория в Лос Аламос и на енергийната инфраструктура (IEISS).

Мониторинг на критична инфраструктура в България

Природните, техногенни рискове и бедствията, които се случват на територията на РБ водят до необходимост от наблюдения, изследвания, симулации и анализи. Всички тези дейности допринасят за цялостна представа на последствията при възникване на критична ситуация. В различни области на стопанството и науката се провеждат следните разработки:

Изследване действието на пожарите. Те възникват бързо и се разпространяват с голяма скорост при „подходящи" условия. Последствията се свързват с големи материални загуби, а също така и пострадали лица. Познаването на процесите на разпространение и възникване на това явление може да доведе до намаляване на потенциалните разходи и жертви. За тази цел един от разработванитепроекти е Проект за изготвяне на бързи карти /fast-track/ на големите пожари в страната през периода месец юли 2007 г. на база спътникови изображения от SPOT-5 и DMC-II. По проекта се извършват следните дейности:

- събиране на бази данни от карти на ежедневни наблюдения TERRA и AQUA; карти поддържани от JRC – Европейска информационна система за горски пожари, Национална служба пожарна безопасност и защита на населението; Държавна агенция по горите; сателитни изображения /DMC, SPOT, MODIS/;
- обработка и обединяване на данните от различни източници;
- анализ на общата ситуация;
- проверка достоверността на данните – гори, земеделски земи, урбанизирани територии;
- даване на обща прогноза за вероятност от пожари за 1 ден напред по методика на JRC;
- оценка за настъпили щети по видове горска растителност и засети площи.

Част от резултатите при реализиране на проекта са:

- карта на засегнати територии от горски пожари през м. юли 2007 г.;
- обработени спътникови изображения от спътник SPOT - 5 с разделителна способност 10 m. за различни територии от страната с възникнали горски пожари и оценка

Наблюдение на земетресенията. Те са редки природни явления, но водят до психически и материални последствия за хората. За да бъдат намалени последствията се работи по следните направления, като се използва възможност за проектно финансиране.

- Проект "Геоинформационна система за прогнозиране и оценка на сеизмичен риск", включващ:

- проучване на Европейски и световен опит за изграждане на локални системи и бази данни за оценка на сеизмичен риск;

- изграждане на локална гео-информационна система и база данни за пилотни райони – Русе, Враца и София;

- анализ и оценка на сеизмична опасност на пилотните райони;

- създаване на модел на централизирана база гео-дани;

- разработване на икономическа методика на риска и управление на ресурси.

Част от резултатите на проекта са:

- създаване на карти на България за степента на сеизмичен риск на основата на изготвената от Геофизическия Институт при БАН карта на очаквана микросеизмична интензивност;

- карта на България със зони на сеизмичен интензитет за период от 1000 години;

- създаване на обща карта на очаквани щети при максимално сеизмично бедствие като процент от общия жилищен фонд за всяка община;

- модел на симулация на земетресение с епицентър – с използване на германски метод на моделиране

Цялостен мониторинг на природните бедствия. Извършва се чрез Проект Risk Manager – интернет базирана система за регистрация, мониторинг и превантивно ресурсно управление на риска от природни бедствия, включващ:

- събиране и обобщаване на данни от общини и кметства за риск от природни бедствия и настъпили събития – наводнения, горски пожари, земетресения, свлачища;

- архивиране и обобщаване на информацията в исторически план;

- обработка на информацията по определена методика, определяне на число за оценка на риска и определяне на оценка за ефективността на ресурсите за изпълнение на превантивните мерки.

Резултати:

- оценяване на ефект от различните типове природни бедствия по кметства и общини;

- планиране и контролиране на предпазни мерки, действия и финансовото им оразмеряване и оценка на ефективността им;

- възможност за справки и преглед на опасни зони и поражения в историческата база данни.

Събиране и обработване на данни за опасни събития. Разработен е Проект „Интегрирано управление на водите в Република България", реализиран от Правителството на Япония чрез Японската Агенция за международно сътрудничество („ДЖАЙКА") – официалната агенция, отговорна за прилагането на програмите за техническо сътрудничество на Правителството на Япония в отговор на молба от страна на Правителството на България. Проектът е изпълнен в съответствие с утвърденото Работно задание, подписано между Министерството на околната среда и водите (МОСВ) и „ДЖАЙКА".

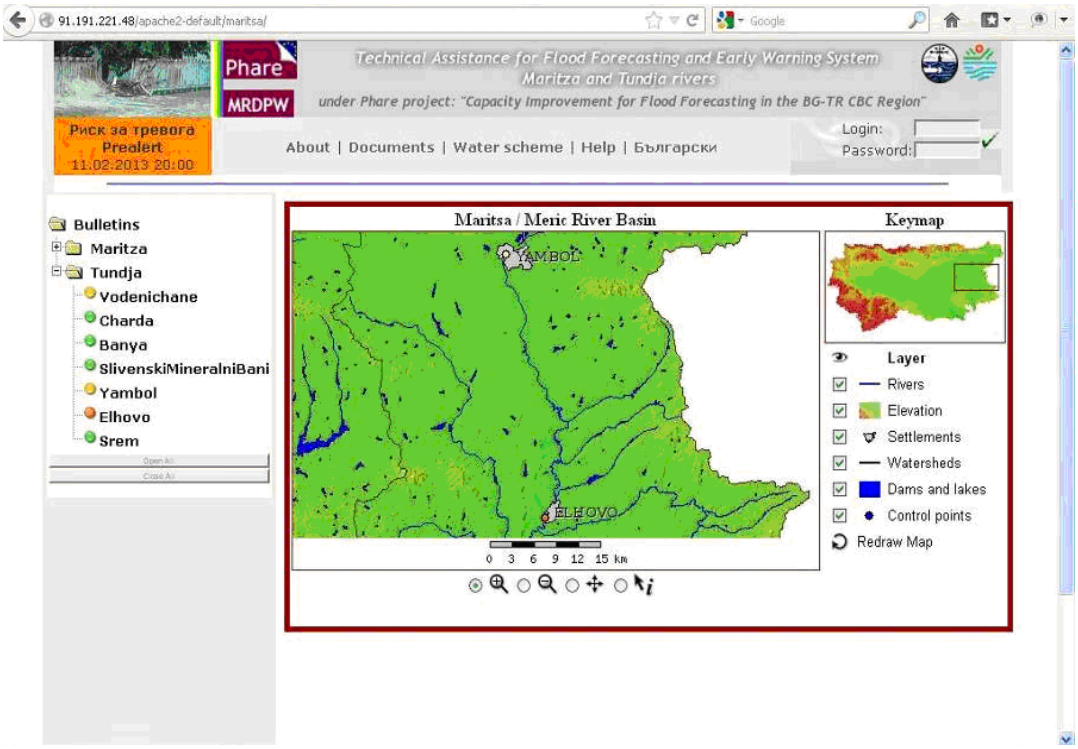
Мониторинг за нивото на реките се извършва от НИМХ. На Фиг.1. е показана уеб базирана система за предупреждения от наводнения. Тук се вижда предупреждението в района на гр. Елхово.

Система за мониторинг и управление при критични ситуации. Използва Министерство на отбраната (МО) - Странджа – 2, телекомуникационната бекбоун мрежа на БА. Проектът се реализира на територията на цялата страна. Системата дава възможност за пренос на данни, глас и видео в реално време. Електрон Прогрес предоставя цялостно решение на МО и БА при разработването на системата. Услугите са базирани на нуждите и потребностите на клиента.

Изграден е прототип на център за управление при кризи (ЦУК). Комуникационно-информационната система (КИС) на ЦУК включва подсистеми Администриране и защита на информацията, Комуникации, Наблюдение на обстановката, Ранно предупреждение, Оповестяване, Документи и прогнози, Групова работа на екипи при кризи. Центърът дава възможност за наблюдение на обстановката в реално време (от сензори, датчици, камери, GPS), поддържа база данни за вътрешните и външните ресурси (състав и характеристики, включително комуникационни, на екипите на органите за управление и на силите и средствата за реагиране; списък и състояние на потенциално опасните обекти и обектите от критичната инфраструктура),

Военен команден център (ВКЦ), Организационно КИС на ВКЦ, осигурява в комуникационно и информационно отношение дейностите на длъжностните лица от йерархията на БА, изпълнявани на различните етапи от управлението при кризи. КИС на ВКЦ осигурява работни места на територията на центъра за президента, министър-председателя, както и за представители на министерства и ведомства, при изпълнението им на функции при кризи от

военен или невоенен характер. Електрон Прогрес ЕАД успешно изгради ВКЦ за управление при кризи от военен и невоенен характер. Той дава възможност за наблюдение на обстановката в реално време, поддържа база данни за вътрешните и външните ресурси, свързани с работата и управлението на системата, осигурява функционирането на „виртуален команден център преди и по време на криза (включително ранно предупреждение и оповестяване), осъществява разчети по прогнозиране на развитието на определени процеси преди и в хода на кризата.



Фиг. 1. Графика за опасните явления и предупреждение от наводнение за р. Тунджа при гр. Елхово 11.02.2013 г.

Дружество "Електрон Прогрес" ЕАД успешно изпълнява мащабни инфо-рмационно-комуникационни проекти в областта на националната сигурност и отбра-ната на Република България.

Национална система за защита и помощ на гражданите. Телефон за спешни повиквания 112

Основни цели на системата:

• Ефективна защита на живота и здравето на гражданите, тяхното имущество и повишаване на сигурността на обществото;

• Предоставяне на възможности на гражданите за получаване на своевременна помощ като сигнализират на единния номер за спешни повиквания - 112.

Функции системата:

• Създаване на единни унифицирани стандартни оперативни процедури и точното им насочване към съответните спешни служби;

• Подобряване на координацията между службите за спешна помощ и оптимизиране на времето за реакция чрез използване на специфичните възможности на наличните информационни и комуникационни ресурси.

Заключение

В заключение можем да отбележим че природните, техногенни рискове и бедствията, които се случват на територията на Република България в последните няколко години и в света водят до необходимост от наблюдения, изследвания, симулации и анализи. Тези дейности допринасят за формирането на цялостна представа за последствията от възникване на критична ситуация. В тази връзка в статията са разгледани най-съвременните методи и средства за наблюдение на критичната инфраструктура. Целта на разработката да бъдат

сравнени световните и наши постижения е направена, за да се очертаят задачите за развитие на научните изследвания в тази насока.



Фиг. 2. Участие на 24 АБ в помощ на населението и наблюдение при наводнението при с. Бисер

Литература:

1. P e t r o v, N. About Philosophical Sence of the Category Reliability. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT), ISO 9001-2008, vol. 2, issue 5, sept. 2013, pp. 59-63.
2. S t a m o v, G., N. P e t r o v. Lyapunov-Razumikhin Method for Existence of Almost Periodic Solutions of Impulsive Differential-Difference Equations. J. ,,Nonlinear Studies", 2008.
3. Petrov, N. An Indicator of Reliability in the Space Dimensions. Bulletin of Society for Mathematical Services and Standards (BMSA). 2014, pp. 120-125.
4. P e t r o v, N., N. A t a n a s o v. Probability and Orderlines is the Nature. IJMSEA, v. 7, № III, 2013, pp. 287-293.
5. П е т р о в, Н. Принцип на целесъобразността за структурата на кибернетичната си-стема и нейната надеждност. Сп. ,,Наука, Образование, Култура",бр. 4, 8.03.2014, с. 19-29
6. P e t r o v, N. Method of the Excession for Resource Researches of Technical Economical Systems. Bulletin of Society for Mathematical Services & Standards, Vol. 3, № 2, 2014, pp. 101-112.
7. P e t r o v, N. I., S n. Y o r d a n o v a. Extrapolation Prediction of the Technical Pesource via Forced Testing. IEEE, WSES, CSCC-MSP-MCME 2000, Athens, Greece, 10.07.2000, p.p. 353-356.
8. С т о я н о в, В., З л а т е в а, П., К и р о в, Г., С т о я н о в, К. „Приложение на размитата логика при прогнозиране на потенциалните загуби от природни бедствия", Втора национална научно – практическа конференция по управление на извънредни ситуации и защита на населението, БАН, София, 2007.
9. М а р д и р о с я н, Г. Природни бедствия, еко катастрофи и тяхното дистанционно изучаване, 2002.
10. К и р о в, Г., И. И в а н о в, Приложение на симулационни подходи за моделиране и анализ на елементите на критичната инфраструктура SENS 2007.
11. Г е ц о в, П., Национална аерокосмическа система за дистанционни изследвания на земята и приложението и за мониторинг и защита от природните екокатастрофи. Автореферат на дисеттация, София – 2012 Онлайн ресурс] 20.070.13 http://www.space.bas.bg/BG/Procedura-Getsov/AVTOREFERAT.pdf
12. J o u d u, K. A., A. I. K a s a t k I n, V. V. B a h t I z I n. Prognostication reliability of software to development wounded stages. Journal "Reliability and Control Quality", 1992, № 5.
13. K a m p a, E., River monitoring in the context of the EU Water Resources Framework Directive, Ecologic, Institute for International & European Environmental Policy.
14. K a r m a k a r, S u b h a n k a r and S l o b o d a n, P. S i m o n o v i c (2007). Flood frequency analysis using copula with mixed marginal distributions. Water Resources Research Report no. 055, Facility for Intelligent Decision Support, Department of Civil and Environmental Engineering, London, Ontario, Canada, 144 pages. ISBN: (online) 978-0-7714-2659-9.
15. K i n g, L e a n n a, T a r a n a S o l a i m a n and S l o b o d a n P. S i m o n o v i c (2010). Assessment of Climatic Vulnerability in the Upper Thames River Basin: Part 2. Water Resources Research Report no. 066, Facility for Intelligent Decision Support, Department of Civil and Environmental Engineering, London, Ontario, Canada, 72 pages. ISBN: (online) 978-0-7714-2835-7.
16. K i n g, L e a n n a, T a r a n a S o l a i m a n and S l o b o d a n P. S i m o n o v i c (2009). Assessment of Climatic Vulnerability in the Upper Thames River Basin. Water Resources Research Report no. 064, Facility for Intelligent Decision Support, Department of Civil and Environmental Engineering, London, Ontario, Canada, 62 pages. ISBN: (online) 978-0-7714-2817-3.

ОРГАНИЗАЦИЯ НА СПЕЦИАЛИЗИРАНА WEB-БАЗА ДАННИ СЪС СПЪТНИКОВИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЗА ЕКОМОНИТОРИНГ НА БЪЛГАРИЯ

Мария Димитрова[1], Биляна Велчева[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Технически университет – София
e-mail: maria@space.bas.bg; biliv91@gmail.com

Ключови думи: *екомониторинг, web-приложение, база данни, сателитни изображения*

Резюме: *В работата е представена организация на специализирана web-база данни от сателитни изображения с ниска и средна пространствена разделителна способност от сателитите Terra и Aqua от програмата MODIS, предназначена за мониторинг на екологични явление на територията на Република България.*

ORGANIZATION OF A SPECIALIZED WEB-DATABASE WITH SATELLITE IMAGES FOR ECOMONITORING IN BULGARIA

Maria Dimitrova[1], Bilyana Velcheva[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Technical University – Sofia
e-mail: maria@space.bas.bg; biliv91@gmail.com

Keywords: *ecomonitoring, web-application, database, satellite images*

Abstract: *In this work is presented the organization of a specialized web-database with satellite images with low and medium resolution from the satellites Terra and Aqua from the MODIS program used for monitoring of ecological phenomena on the territory of the Bulgarian Republic.*

Базата данни се състои от сателитни изображения от спътниците Terra и Aqua – спектрометър MODIS от програмата EOS във видимия и инфрачервен диапазон на спектъра, с пространствена разделителна способност 250 м за периода от юни 2004 до момента. Данните са от всеки от двата спътника за всеки ден от годината и са класифицирани по няколко параметъра – облачна покривка в проценти, качество на изображението, наличие на събитие.

Описанието на събраните данните е представено в таблицата 1:

Таблица 1

Период	канали	източник
7.06.2004 – 10.04.2005	143	Thessaloniki
11.04.2005 – 23.08.2007	143, 721	Europr_3_03
24.08.2007 – 27.10.2007		липсват данни
28.10.2007 - 6.01.2008	143, 721	архива на секция Аерокосм.информ.
7.01.2008 – 2.03.2011	143, 721	Europr_3_03
03.02.2011 - 10.12.2013	143, 721	архива на секция Аерокосм.информ.
11.12.2013 – до сега	143, 721, 367	Europr_3_03

Източници:

1. Aeronet - http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?project=aeronet&subset=Thessaloni
2. Fas - http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=Europe_3_03

Данните са класифицирани по следните категории:

1. В шест класа по процент на покритие:
- от 0 до 10 %
- от 10 до 20%
- от 20 до 40%
- от 40 до 60 %
- от 60 до 80%
- от 80 до 100%

2. Качество на изображението
- 1 – цяло изображение без дефекти
- 2 – съставно изображение и/или изображение с липсващи части

3. Наличие на събитие
- 1 - атмосферно замърсяване
- 2 - пожар
- 3 – наводнение

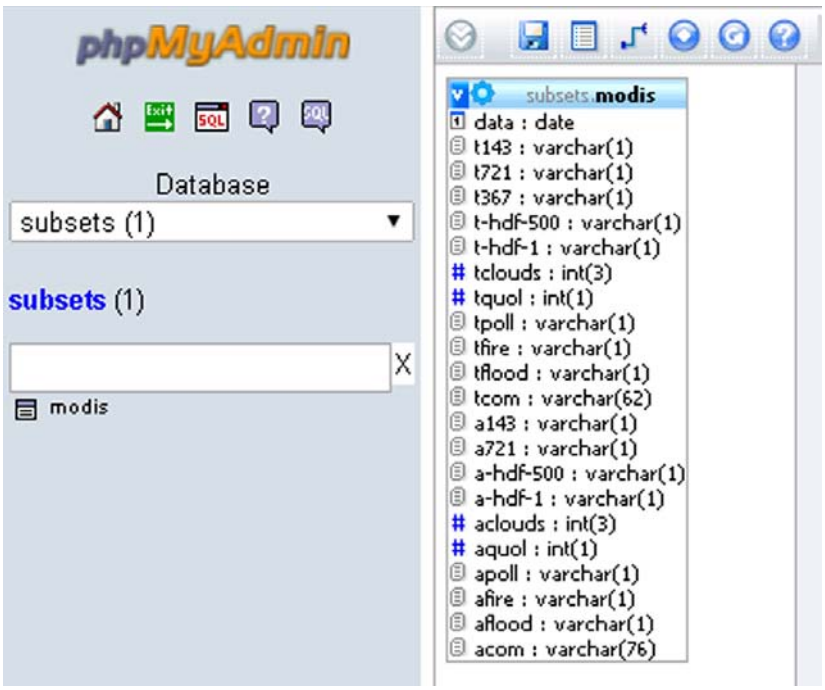
Събраните и класифицирани сателитни данни – изображения в комбинация от канали 143, 721 и 367 с разделителна способност 250 м [1, 2], са организирани в web – базирана база данни. Използвана е MYSQL база данни за организацията и PHP 5 скриптове за извличане на данни от нея.

За всеки ден, за който има данни, в таблицата се поставя запис със следните полета:

- дата

За всеки от двата спътника Terra и Aqua
- има или не изображение в комбинация 143
- има или не изображение в комбинация 721
- има или не изображение в комбинация 367
- има или не HDF 500 m
- има или не HDF 1 km
- облачна покривка в %
- качество на изображението
- има или не атмосферно замърсяване
- има или не пожар
- има или не наводнение
- място на събитието

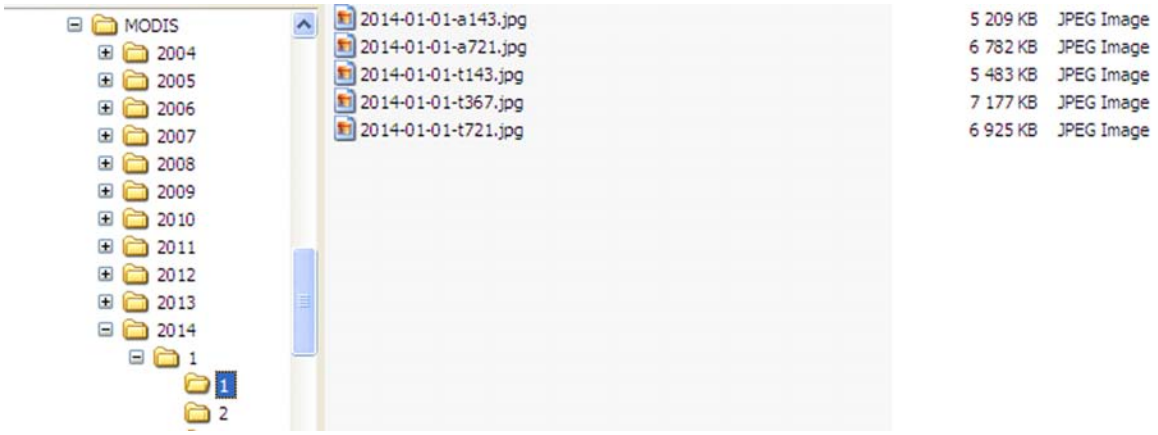
Характеристиките на полетата на таблицата са показани на фигура 1:



Фиг. 1. Структура на базата данни

Типовете на полетата са подбрани така, че от една страна да се пести памет, а от друга - с данните да се работи максимално удобно.

Събраните сателитни изображения са организирани в папки за всеки ден както е показано на фигура 2:



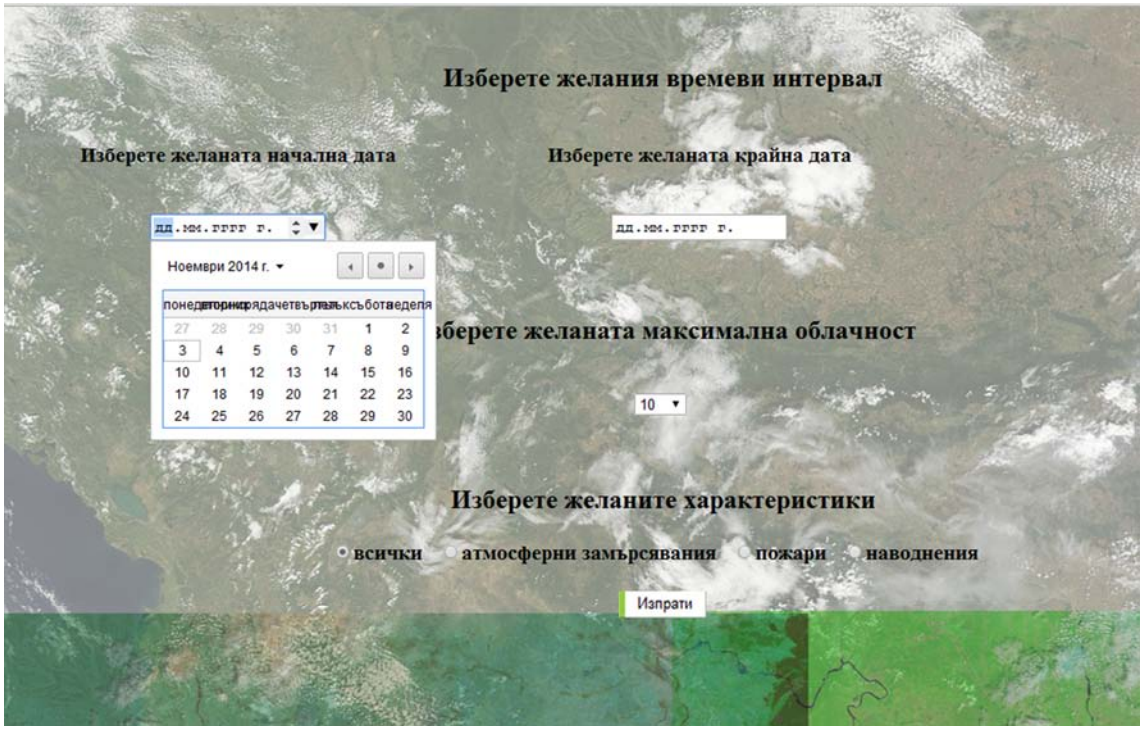
Фиг. 2. Организация на сателитните данни

Разработено е web-приложение за извличане на данни от съставената таблица

Предвидени е да има възможности за избор от менюта за:

- избор на период (от дата до дата)
- избор на проценти облачна покривка – всички данни или до определен процент
- избор на събитие – всички данни или само тези с наличие на избрано събитие – пожар, наводнение, замърсяване.

Диалоговият прозорец за избор на параметри изглежда по начина, илюстриран на фигура 3:



Фиг. 3. Диалогов прозорец на web-приложение за извличане на данни

Резултатите за периода 7.06.2004 – 7.07.2004 при избор на максимална облачна покривка 100% и наличие на атмосферно замърсяване са показани на фигура 4



Намерени са 11 дни с атмосферни замърсявания

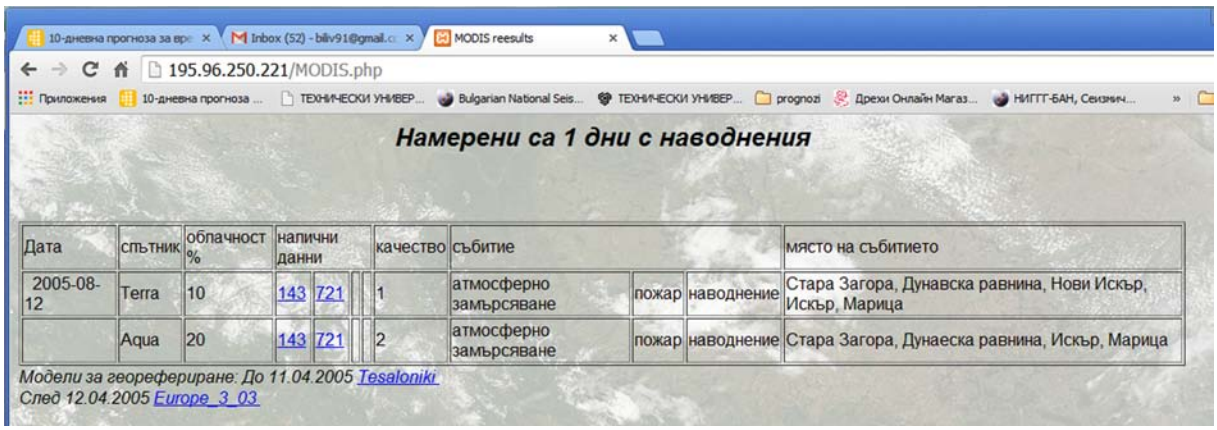
Дата	спътник	облачност %	налични данни	качества	събитие	място на събитието
2004-06-11	Terra	60	143	1		
	Aqua	40	143	2	атмосферно замърсяване	Стара Загора
2004-06-12	Terra	20	143	1	атмосферно замърсяване	Стара Загора
	Aqua	40	143	1	атмосферно замърсяване	Стара Загора
2004-06-13	Terra	40	143	1	атмосферно замърсяване	Стара Загора
	Aqua	60	143	2	атмосферно замърсяване	Стара Загора
2004-06-15	Terra	40	143	2		
	Aqua	40	143	1	атмосферно замърсяване	Стара Загора
2004-06-20	Terra	40	143	1	атмосферно замърсяване	Стара Загора
	Aqua	40	143	2	атмосферно замърсяване	Стара Загора
2004-06-21	Terra	40	143	1	атмосферно замърсяване	Стара Загора
	Aqua	40	143	1	атмосферно замърсяване	Стара Загора
2004-06-24	Terra	40	143	2	атмосферно замърсяване	Стара Загора
	Aqua	40	143	1	атмосферно замърсяване	Стара Загора
2004-06-25	Terra	20	143	1		
	Aqua	40	143	1	атмосферно замърсяване	Стара Загора
2004-06-26	Terra	60	143	1		
	Aqua	40	143	1	атмосферно замърсяване	Стара Загора
2004-07-01	Terra	20	143	2	атмосферно замърсяване	Стара Загора
	Aqua	40	143	1	атмосферно замърсяване	Стара Загора
2004-07-02	Terra	10	143	1		
	Aqua	10	143	1	атмосферно замърсяване	Стара Загора

Фиг. 4. Резултати от изпълнение на заявка към базата данни

Изброените в горната таблица данни са достъпни за потребителя. Изборът на имената на файловете е направено с цел да бъде максимално информативно за потребителя. Организирането на файловете в директории с посочените имена се прави с цел полето “data” да бъде използвано за адресиране на връзката към съответните файлове. По този начин не се съхранява името на файла и пътя към него в явен вид. Това спестява място в таблицата данни и при преместване на базата на нов сървър, скриптът за извличане на данни се променя минимално.

Композитните изображения 143, 721 и 367 се съхраняват във формат “.jpg” като в базата е предвидено да се предоставят и файлове с разширение “jgw.”, които, след като се преименуват с името на съответното избрано изображение и се комбинират с него, го превръщат в “Geojpg”, който е гео-реферирaн в географска координатна система (фиг. 5).

Изборът на този формат е направен с цел пестене на памет от една страна и по-лесно визуализиране в браузъра на потребителя.



Фиг. 5. Модели за георефериране на изображенията

При наличие на повече от едно събитие в един и същи ден са отбелязани всички събития. Резултантният списък при изпълнение на съответната заявка към базата данни съдържа всички дни в избрания времеви интервал с изпълнено условие (например – наличие на пожар), като са отбелязани и другите събития за дена. Пример е показан на долната фигура, където се търсят всички дни с пожари за периода юни - август 2004 година.

Наличието на събитие се отнася за един от двата или и двата спътника за съответния ден (фиг. 6).



Намерени са 5 дни с пожари

Дата	спътник	облачност %	налични данни	качества	събитие		място на събитието
2004-07-21	Terra	40	143	1	атмосферно замърсяване	пожар	Стара Загора, Дунавска равнина
	Aqua	20	143	1	атмосферно замърсяване	пожар	Стара Загора, Дунаеска равнина
2004-07-22	Terra	20	143	1		пожар	Дунавска равнина
	Aqua	40	143	2	атмосферно замърсяване	пожар	Стара Загора, Дунаеска равнина
2004-07-23	Terra	20	143	1	атмосферно замърсяване	пожар	Стара Загора, Дунавска равнина
	Aqua	40	143	1	атмосферно замърсяване	пожар	Стара Загора, Дунаеска равнина
2004-08-19	Terra	10	143	1			
	Aqua	10	143	1		пожар	Стара Загора
2004-08-21	Terra	10	143	1	атмосферно замърсяване		Бургас
	Aqua	20	143	1	атмосферно замърсяване	пожар	Стара Загора, Бургас

Фиг. 6. Пример за дни с наличие на повече от едно събитие

Базата данни се намира на MySQL сървър [3, 4, 5]. Web-приложението за извличане на данни от нея е разработено на PHP 5 [5, 6, 7, 8].

За момента, при избора на период, се използва вграденото свойство на HTML5 – “input type data”. Недостатък в случая е това, че работи само с браузъри, поддържащи тази версия на езика. При другите браузъри се налага ръчно въвеждане на датите. Предвижда се тази част от приложението да бъде заменена с JavaScript [10, 11], допълнен с jQuery [12, 13] за да работи еднакво във всеки браузър.

Литература:

1. Aeronet Subsets - http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?project=aeronet&subset=Thessaloni
2. Fas Subsets - http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=Europe_3_03
3. Paul DuBois, Stefan Hinz, Carsten Pedersen, ”MySQL 5.0 Certification Study Guide”, MySQL Press, 2005
4. Официалие сайт на MySQL- http://www.mysql.com/
5. Luke Welling, Laura Thomson, PHP and MySQL Web Development (4th Edition)”, Addison-Wesley Professional, 2008
6. РазмусЛеерлорф, PHP джобен справочник, O’REILLY, Софтпрес, 2000
7. Джак Д. Херингтън, PHP хакове, O’REILLY, Софтпрес, 2007
8. PHP Tutorial - http://www.w3schools.com/php/default.asp
9. Jon Duckett, HTML and CSS: Design and Build Websites, Wiley, 2011
10. JavaScript Tutorial - http://www.w3schools.com/js/DEFAULT.asp
11. Дейвид Фланаган, JavaScript джобен справочник, O’REILLY, Софтпрес, 2000
12. Официалие сайт на jQuery - http://jquery.com/
13. jQuery Tutorial - http://www.w3schools.com/Jquery/default.asp

GLOBAL CHANGE AND NATURAL HAZARDS IN PIRIN TOURIST AREA

Mariyana Nikolova[1], Valentin Nikolov[2], Julia Krumova[1]

[1]National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Geological Institute "St. Dimitrov" – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: mknikolova@gmail.com ; valnvaln97@gmail.com; jkrumova@gmail.com

Keywords: *global change, natural disasters, tourism*

Abstract: *Global change in the high mountains tourist areas in Bulgaria is accompanied by the expression of a number of extreme hydro-climatic events which jeopardize the tourism infrastructure in the resorts, as well as the life and health of tourists in the mountains. The report provides an analysis of observed changes in temperature and precipitation in the region of „Pirin" National Park and related natural disasters. An investigation on the dynamics of tourist flows in different parts of the mountain in recent years is carried out and conclusions and recommendations regarding the increased risk of natural disasters in terms of climate change and the rapid development of tourism in the region are provided.*

ГЛОБАЛНИ ПРОМЕНИ И ОПАСНОСТ ОТ ПРИРОДНИ БЕДСТВИЯ В ПИРИНСКИЯ ТУРИСТИЧЕСКИ РАЙОН

Марияна Николова[1], Валентин Николов[2], Юлия Крумова[1]

[1]Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките
[2]Геологически институт „Ст. Димитров" – Българска академия на науките
e-mail: mknikolova@gmail.com ; valnvaln97@gmail.com; jkrumova@gmail.com

Ключови думи: *глобални промени, природни бедствия, туризъм*

Резюме: *Глобалните промени във високопланинските туристически райони на България са съпроводени от проявата на редица екстремни хидро-климатични събития, които поставят в риск туристическата инфраструктура в курортните селища, както и живота и здравето на туристите в планината. В доклада е направен анализ на наблюдаваните промени в температурите и валежите в района на Пирин и свързаните с тях природни бедствия. Изследвана е динамиката на туристопотоците в различните участъци на планината през последните години и са направени изводи и препоръки във връзка с повишения риск от природни бедствия, в условия на климатични промени и бързо развитие на туризма в региона.*

Introduction

The main challenges for mountain regions related to global change are defined by Global Change and Mountain Regions Research Strategy as follow: Climate Change, Land Use, Cryosphere, Waters, Ecosystems Services, Biodiversity, Human Mobility and Health, Environmental Hazards(GLOCHAMORE, 2005).

The results from our previous investigations shows that Pirin mountain is an area with high level of concentration of natural hazards and with great diversity of valuable tourist resources for ski, spa, cultural and eco-tourism (Nikolova, 2003, Nikolova et al., 2010, Nedkov et al, 2010). During last decades we observe an general trend of increase of both, the risk from natural hazards and disasters and fast development and concentration of mountain resorts and infrastructure in some parts of the mountain as Bansko, Dobrinishte, Sandanski etc. This makes the study of the risk from natural hazards (avalanches, mass movements, landslides, torrents and flash floods, rock falls and forest fires etc.) in mountain resorts and theirs vicinity of basic importance for development of sustainabile tourism

and environmental management practices, including the safer conditions for the people who live there and are exposed to significant threats in case of disaster.

The aim of this paper is to investigate the effect of global change (climate change and hydro-climatic hazards) on the current trends in the environmental changes and related to them risk from natural disasters for mountain resorts in “Pirin” National Park. The research goals are focused on an assessment of the natural and anthropogenic factors which increase the risk from natural hazards.

Data

An analysis on the climate change projections for the territory of Southwest Bulgaria is made on the base of the Fifth Assessment Report (AR 5), (IPCC, 2013) as well as the tools provided by KNMI Climate Change Portal.

The main data set in this investigation was provided by the National Park “Pirin” Directorate. It includes data about the observed natural hazards since 1980. It was find out that the main climate related hazards in the area are avalanches and floods. Data includes the number of flood events and avalanches (including number of people who lost their lives or who are injured), registered in frames of the park during the period 1980 – 2013 and data about number of tourist visitors by park regions during the period 2007 – 2012.

An extrapolation of the temperature and precipitation data for the area of Popovi Lakes in Pirin for the period 1900 – 2009 was provided by the World Bank Climate Portal. The dataset was produced by the Climatic Research Unit (CRU) of University of East Anglia (UEA).

In addition were used different publications, topographic and other maps and sources of information, which are cited in this paper.

Research approach

The investigation was carried out in the following steps: 1) Development of a GIS data base for investigated hydro-climatic hazards and data processing; 2) Analysis of the observed hydro-climatic hazards and tourist pressure; 3) Assessment of the exposure and vulnerability of tourist sites and resorts towards climate change and related to it disasters.

Risk assessment approach follows the basic methodology for natural hazards and risk analysis: hazard identification, exposure, vulnerability and risk assessment. Identification of natural hazards aims to define the type of hazards which cause main treat for the exposed assets. Identification of exposure aims to define the exposed to natural hazards resorts, tourist flows and tourist infrastructure. Geo-information methods for mapping of the natural hazards in the study areas are implemented for a vulnerability assessment.

Main terms used in the study are as follow:

Resorts. According the Act of Ministerial Council of R Bulgaria from 24 February 2012 there are the following types of resorts in the country (State Gazette 18, 2012): 1) Spa resorts of national (N) and of local (L) significance; 2) Climate mountain resorts of national (N) and of local (L) significance; 3) Climate sea resorts of national (N) and of local (L) significance. In spite that there is no a government standard developed to define ‘’climate resort”, there is a list of climate resorts in this document.

Hazard is "likelihood of an event to lead to disaster or loss of life, injury, property damage, social impacts, economic losses and environmental degradation" (United Nations, 2002). Measures of hazard are it’s intensity and probability in a specific geographical location.

Vulnerability is “The characteristics and circumstances of a community, system or asset that make it susceptible to the damaging effects of a hazard” (UNISDR (2007). Measure of vulnerability is potential impact. It depends on the *type of hazard*, system’s exposure *and sensitivity*, its *resilience* and *adaptive capacity*.

Study Area

Pirin Mountain is protected area since 08.11.1962. It was established for protection of the landscapes, biodiversity and ecosystems. There are six functional zones in the park: biosphere reserves, natural landmarks and historical sites, drinking water, protected areas, recreation and tourist areas, high mountain grazing areas and transition area. Pirin (38 350 ha) is an UNESCO site according the Convention for Protection of the World Natural Heritage (1983) and it includes Biosphere reserves “Bauvi Dupki- Dzhindzhiritsa” (2873ha) and “Julen” (3156 ha). Park’s buffer zone is 1087 ha. The share of territory with an elevation above 2500m is 7,8%, between 2000 and 2500 m -

49,1%, 1600-2000m – 30%, 1000-1600m -12,7% and 600-1000m – 0,4% (NP " Pirin" Management …, 2004).

Pirin Mountain is structurally part of the vast Macedonia-Thrace mountain massif. It's highest peak is Vihren (2914m) and there are 81 peaks with an elevation above 2500 m in frames of the mountain (Natural and.., 1989). During the Quaternary the high mountain regions above 2150–2300 m elevation were subject to mountain glaciations and glacial tongues on the north slopes reached down to 1100–1300 m. At present time there are two glacierets situated in the glacial circuses in Pirin: Snejnika glacieret in the Golemia Kazan cirque (1,25 km long, 1,2 km wide and 2 480 m a.s.l.) and Banski Suhodol glacieret (2,908 – 2 226 m a.s.l. with an area of 2,3 km2, long 2,4 km and 1,5 km wide) (Gachev, 2011) and 176 glacial lakes. In Pirin is situated the highest glacial lake on Balkan Peninsula, Polejansko lake (2710 м).

The tourist resources of the National Park Pirin can be described as follow: 69 landmarks, 4 protected sites, 48 historical sites and high concentration of archaeological sites, 1250 of the architectural monuments are protected from the Low for protection of the cultural heritage (Natural and.., 1989). The expansion of the ski resorts grow fast during last years and generate an significant threat for the ecosystems in the National Park Pirin. The best demonstrated is this process in the area of Bansko.

In the area of NP "Pirin" are situated 1 resort of national significance and 8 of local significance. Of them 3 in Bansko, 2 in Gotse Delchev, 2 in Sandanski and 2 in Razlog municipality.

Results

Natural hazards identification

The main physical prerequisites for the observed natural hazards and disasters in the study area relates to the tectonic, morphometric, climatic and anthropogenic conditions. Pirin Mountain is a horst structure situated between Maritsa and East Vardar fault zones which. It is characterizes as an active seismic zone. Morphometric features of the territory are represented in 49% by an altitude of 2000-2500 m a. s. l. The slopes declination is distributed as follow: 20-30°- steep slopes (43,6%) and > 31° - very steep slopes (46,9%). As a result of active erosion processes are affected 102,3 ha and there are 33 sites with very high risk from avalanches. Flood hazard is generated in the catchments of Struma and Mesta Rivers (NP " Pirin" Management …, 2004).

From 17 avalanches registered in the period 1980-2013, 22 people lost their lives and 17 people were injured. The most disastrous in respect of number of events, caused human lives lost or injuries is 2010 with 4 events. The year with the most lost human lives (7) due to the avalanches is 2009 and the highest number of injured people (12) caused by the same reason is 2013 (fig. 1). The spatial distribution of the observed events shows that they are concentrate mainly in the Vihren park region (Fig.2), in the most active ski zones which serve the tourists from resorts Bansko and Dobrinishte.

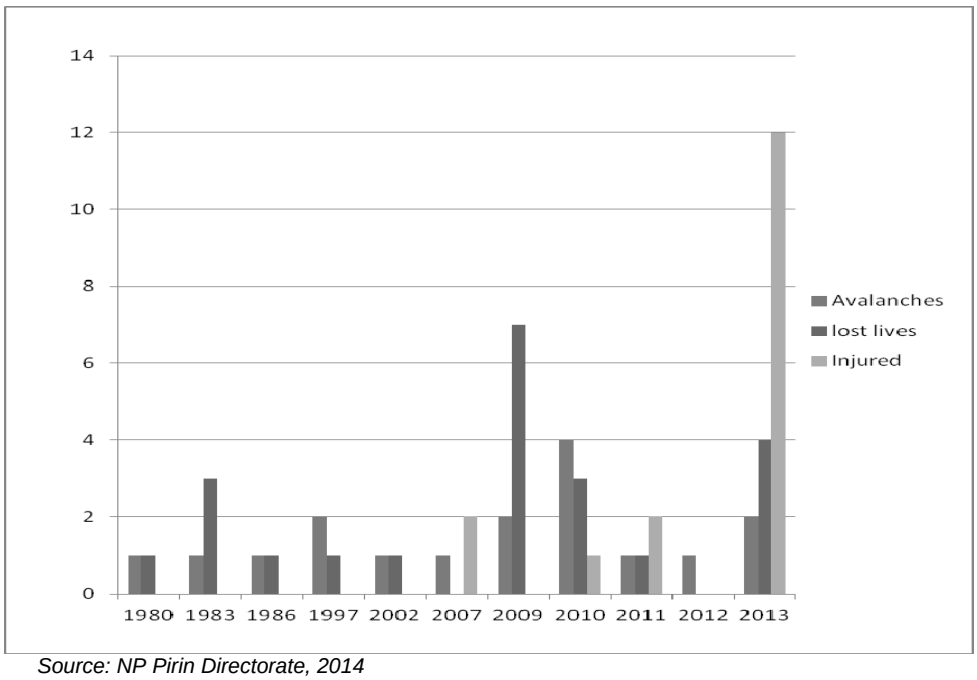
Reducing of flood risk is enshrined in European Union policy via the acting Water Framework Directive (60/2000/EC) and the Directive on Assessment and Management of Flood Risk (60/2007/EC). It includes the following steps:

1) To conduct a preliminary risk assessment of flood risk by 2011 (it should be updated by December 2018);

2) To create maps of flood hazard and regions at risk of flooding by 2013 (it should be updated to December 2019), and

3) To develop plans for risk management by 2015 (it should be updated to December 2021).

In Bulgaria the implementation of first and second steps are almost finished and now the process is going on the final stage. As a result there are already preliminary maps of the flood hazard in the study area, available for all users on the web site of the West Aegean River Basin Directorate. Flood hazard is well expressed in the study area (Fig.3).



Source: NP Pirin Directorate, 2014

Fig. 1. Distribution of avalanches caused human lives lost or injuries during the period 1980-2013

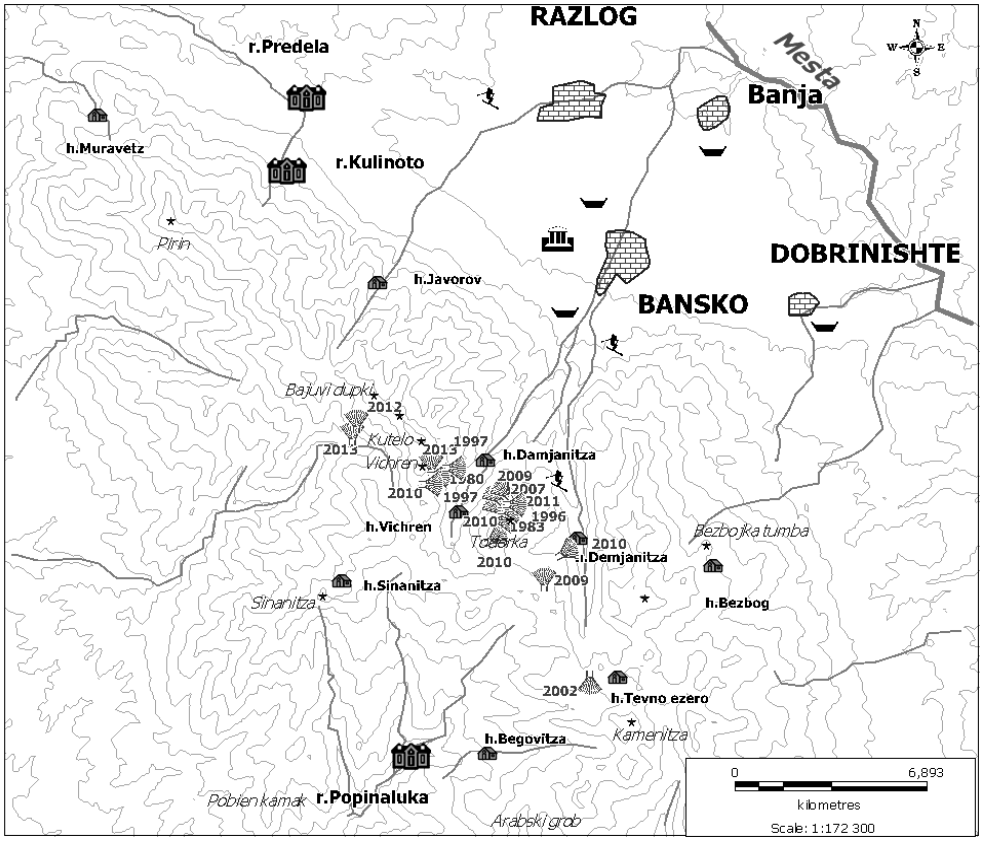


Fig. 2. Spatial distribution of avalanches caused human lives lost or injuries during the period 1980-2013

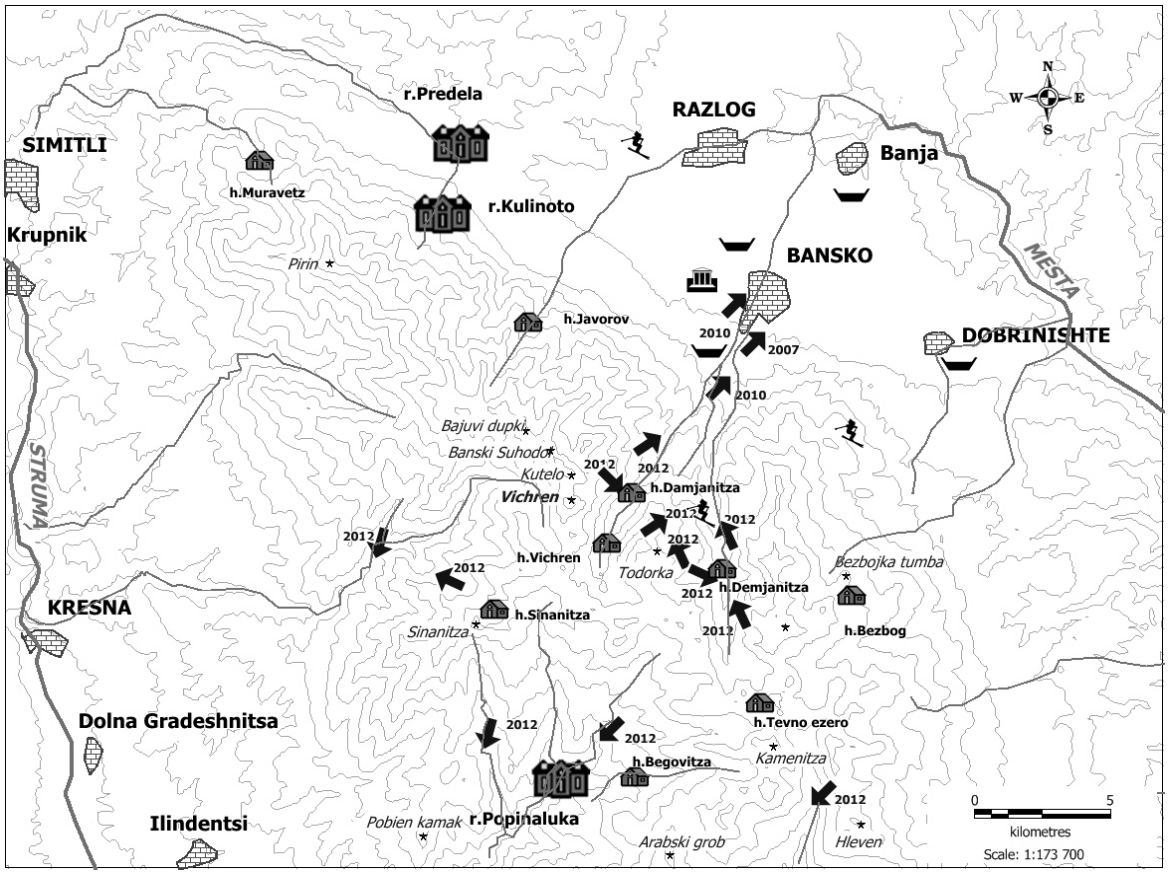


Fig. 3. Spatial distribution of flood events caused damages during the period 1980-2013

It is visible from Fig. 3, that the most devastating floods in the area are registered after year 2007 and the most affected are the catchments of Glazne River, which cross the ski resort Bansko, Sandanska Bistyrica River, which cross the spa resort Sandanski, Vlahinska River and Bistrica River.

Recent devastating floods in Bansko were on 15-17 May, 2010 and on 28-29 October, 2012. A foreign tourist describes his impression of the flood from 15-17 May 2010 as follow: “The deluge was caused by waters from the Glazne river, which flows through the resort’s eastern area, near dozens of newly-built three and four-star hotels. After several hours of rain on May 16, water levels soared and at about 2am on May 17, the Glazne river burst its banks, flooding hotels, cars and refuse bins, and indeed anything else in its path.” Due to this event in Bansko „...about 20 houses and 10 hotels had been seriously hit“ (The Sofia Echo, 2010).



Pic. 1. Glazne River, Bansko, November 2009



Source:http://sofiaecho.com/2010/05/21/904092_

Pic. 2. Glazne River, Bansko, May 2010

Main prerequisites for flood risk are intensive rains and snow melting related to the observed climate changes, inappropriate maintenance of river beds (Pic. 1), massive deforestation due to the need of development of new ski infrastructure and overbuild territory in flood prone areas.

Resorts, tourists and tourist infrastructure exposure to natural hazards

In the study area there are nine resorts, one of national significance (Sandanski) and eight of local significance: Dobrinishte (Bansko), Eleshnitsa (Razlog), Bansko (Bansko), the area of "Gotse Delchev" hut (Bansko), the area of "Pazar Chair" (Gotse Delchev), the area "Predela" (Razlog), "Popina luka" (Sandanski), and the area of " Sinanitsa" hut (Gotse Delchev) (State Gazette, 2012). They all pertain to the Blagoevgrad administrative district where are situated 8,95% of countries' sites for accommodation with 6,80% of the realized tourist nights (5,48% from them are foreign tourists).

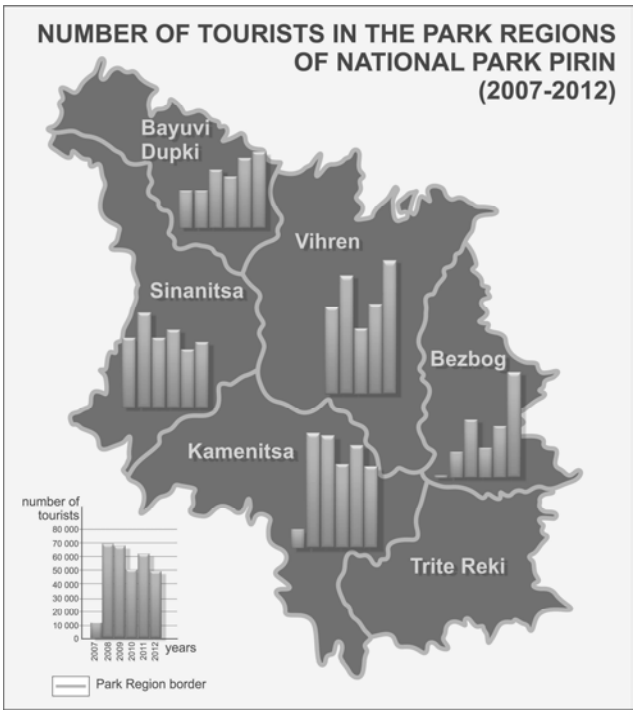


Fig. 4. Number of tourists by park regions (Source NP Pirin Directorate)

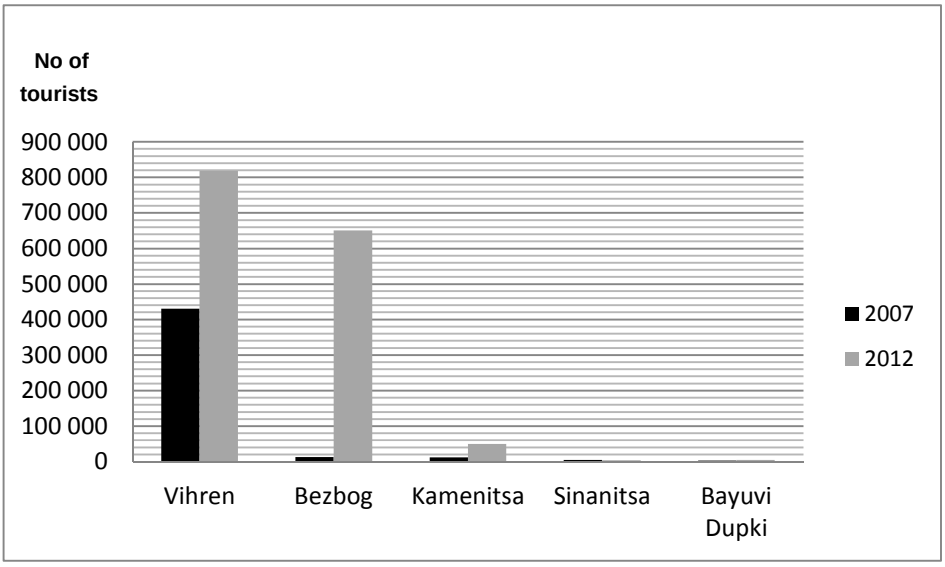


Fig. 5. Number of tourists in 2007 and 2012 by park regions (Source NP "Pirin" Directorate)

On Fig. 4 is represented the distribution of number of tourists in frames of NP “Pirin” by park regions and the dynamics of the tourist flows during the period 2007-2012. It is clear that the highest tourist pressure is observed in the park regions Vihren and Bezbog which correspond to the ski resorts Bansko and Dobrinishte (Fig. 5).

In the observed period of six years, the number of tourists in Vihren region increase from 430 000 (2007) to 818 000 (2012) and in Bezbog area – from 12 400 (2007) to 650 800 (2012). In Kamenitsa region, which corresponds to Sandanski spa resort also is observed an increase of tourists but in lower rate – from 11 558 (2007) to 49 850 (2012). The most of the territory of Bayuvi Dupki region is biosphere reserve and Sinanica region corresponds to the town of Blagoevgrad.

Observed increase of tourist pressure in the park is linked to the changes in tourist infrastructure in it. The transport infrastructure includes 1 road IV class, Bansko-hut “Vihren” (16,8 km), forest roads with density of 3,96 m/ha, park sites with capacity 270 cars, mainly in municipality of Bansko, 3 lifts and 3 cable lines with total length of 21 968 m and capacity of 4 400 prs/hour (to 2000) and 5 lifts and 6 cable lines with capacity of 5 924 prs/hour (2001-2003). There were totally 9 cable lines and 8 lifts with capacity of 10324 prs/hour to 2003. In 2011 only in Bansko there are 16 ski slopes (2 of them operate night time) with total length of 75 km and 9 lifts and 6 cable lines which operate on an elevation between 1000 and 2560m (Stoyanova, 2012).

Accommodation sites in NP “Pirin” in 2002 include 4 hotels with 214 beds, 12 huts with 1800 beds, 60 cottages with 123 beds, 2 camping sites with capacity for 160prs and other accommodation sites with 450 beds. In 2009 in Bansko municipality there are 332 hotels with 13 877 beds, 26 guest houses and 6 huts (Stoyanova, 2013).

Exposure and vulnerability of tourist sites and resorts towards climate change and related to it disasters

The analysis of the temperature and precipitation data for four thirty years periods, provided by the World Bank Climate Change Portal, shows a stable trend of increase of the temperature and decrease of the precipitations in the study area (Popovi Lake’s). The observed changes in the average temperature for the period 1991-2009 is with 0,47°C higher than the average temperature for the period 1901-1930 (Fig. 1). The decrease of average precipitations sum between the same periods is 98,76 mm (Fig. 2) We have to keep in mind that these data are extrapolated for a mountain territory and they most probably do not provide precise values of the observed changes. However they show clear trends of the observed changes and these changes are most significant between the last two thirty years periods 1961-1990 and 1991-2009. The average temperature between the last two periods increase with 0,63°C and decrease in average precipitations sums is 29,78 mm (Nikolova, 2014).

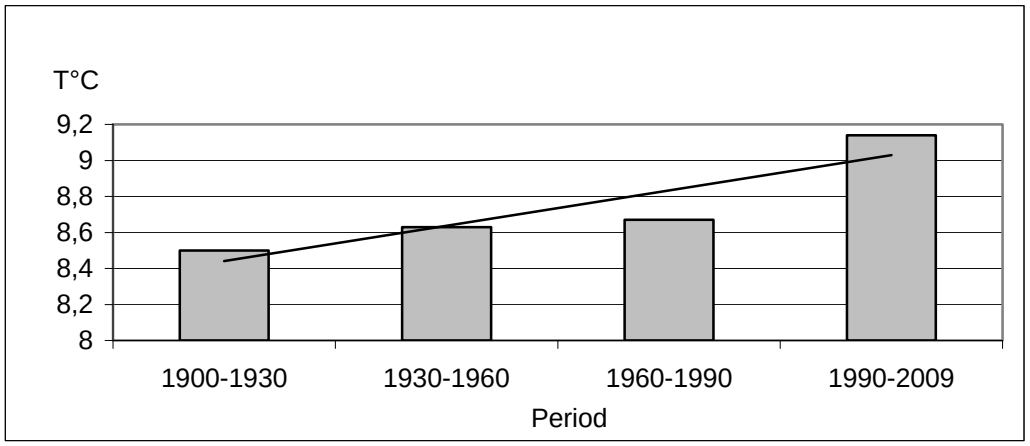


Fig. 1. Changes in average temperature in Popovi Lakes area, Pirin Mountain (1900-2009), (World Bank, Climate portal, 2014)

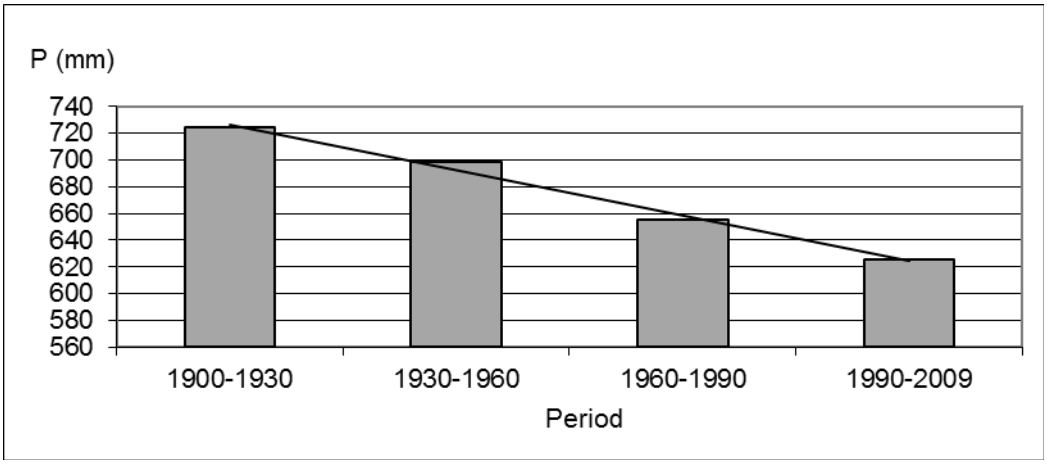


Fig. 2. Changes in precipitation sum in Popovi Lakes area, Pirin Mountain (1900-2009), (World Bank, Climate portal, 2014)

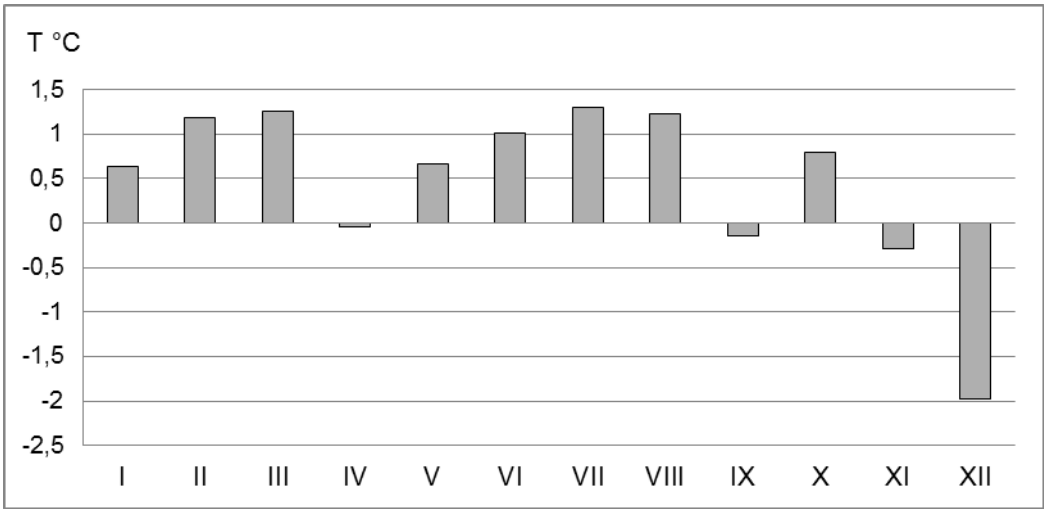


Fig. 3 Change of average monthly temperature between the periods (1961 - 1990) and (1991 – 2009) in Popovi lakes area, Pirin Mountain (World Bank, Climate portal, 2014)

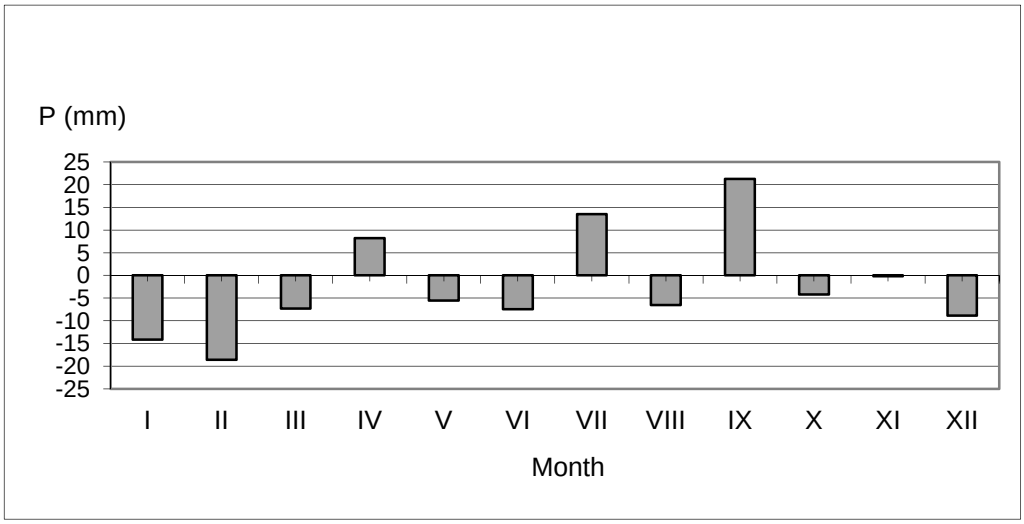


Fig. 4 Change of average monthly precipitation sum between the periods (1961 - 1990) and (1991 – 2009) in Popovi lakes area, Pirin Mountain (World Bank, Climate portal, 2014)

Monthly values of the observe changes shows an increase of the average temperature in eight months (Fig. 3) and increase of precipitation sums in only three months (April, July and September) (Fig. 4). The decrease of precipitations and increase of temperature is well expressed in January and

February, which could be a problem for the ski resorts. However up to now the artificial snow machines helps to solve this problem but in the future the situation could be chaged.

Regional climate projections (RCP) for all RCP's scenarios also show an increase of average temperature and number of dry spill days for territory of Southwest Bulgaria of 1,5-2,0°C (RCP2.6), 2,0-3,0°C (RCP4.5), 3,0-4,0°C (RCP6), 4,0-5,0°C (RCP 8.5) and decrease of precipitations sum from 10% (RCP2.6, RCP4.5, RCP6) to 20% (RCP8.5) for the time horizon 2081-2100 (IPCC, 2013). Such significant changes will pose very serious risk for environment in the protected area and also for climate resources for tourism development. Changes of these rates will be associated with climate extremes, intensive rains and long drought periods. The risk from floods, avalanches and dry spills is very likely to increase in the time horizon to 2050 and it will pose respective treats to tourism in Pirin Mountain.

Conclusion

We may conclude that the process of higher mobility of people and increase of the visitors in the National Park Pirin is going on in a changing environment. The more frequent disasters in areas with increasing number of tourists exposed them to specific risk from climate related natural disasters like floods and avalanches. The most exposed are tourists from fast developed ski resorts like Bansko and Dobrinishte. At the same time increasing tourist infrastructure relates to environmental changes which do not support sustainable tourism practices. Deforestation and overbuilding lead to increasing risk from floods, erosion and debris flows in the mountain and its vicinities. Climate change is already detected and its future projections will very likely put new serious challenges, especially for winter tourism. It is very important the management of the Natural Park "Pirin" to put urgently in its agenda plan for adaptation to climate change and all natural disasters which may arise from them. The same need are faced and all mountain municipalities and resorts in the area.

Acknowledgements

This paper represents results from joint research project "Global Change and Risk from Natural Hazards in Mountain Resorts: A case Study from Carpathians, Poland and Pirin Mountain, Bulgaria" funded by Bulgarian Academy of Sciences and Polish Academy of Sciences.

Литература:

1. G a c h e v, E. Interannuall Size Variation of Snejnika Glacieret (The Pirin Mountains, Bulgari) in the Last Ten Years, Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, Vol. XLV, 7-9, 2011
2. G L O C H A M O R E, http://www.epbrs.org/PDF/GLOCHAMORE_Research_Strategy_color.pdf, 2005
3. I P C C. Fifth Assessment Report. http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/. 2013
4. K N M I. Climate Change Atlas. 2013
5. NP "Pirin" Management Plan, http://www.moew.government.bg/files/file/Nature/Protected_areas/PU_NP-Pirin_2004-2013.pdf, 2004
6. Y o r d a n o v a, M. In: Naturalal and Economic Potential of the mountains in Bulgaria. Vol. 1. Nature and Resources. Publish House of the Bulgarian Acad. Of Sci., Sofia, 1989
7. N i k o l o v a, M. Opportunities for sustainable development of tourism in the Pirin tourist area, NaturalScience, Vol. Geography ", University Publishing Hause " Bishop Konstantin of Preslavski" Shumen, (In Bulgarian), 2003
8. N i k o l o v a, M., S.. N e d k o v. Methodical approach to differentiation in the country in terms of the risk of natural disasters in areas with a concentration of significant archaeological sites. International Conference "Geography and Regional Development", BAN, C., 248-255., 2010
9. N e d k o v, St., A. K o t z e v, M. N i k o l o v a, A. P o p o v, S. D i m i t r o v, V. K u l o v. Development of GIS database for evaluation and risk management of dangerous natural phenomena to archeological sites in Bulgaria. International Conference "Geography and Regional Development", BAN, C., 385-395., 2010
10. S t o y a n o v a, Y., Anthropogenic Change of the Landscape in Municipality of Bansko. Doctoral Thesis, 2012
11. S t a t e G a z e t t e, Act of Ministerial Council of R Bulgaria from 24 February, 2012
12. T h e S o f I a E c h o, http://sofiaecho.com/2010/05/21/904092_rolling-stones, 2010
13. World Bank Climate Portal. http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/ , 2014
14. http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Health+Resorts
15. http://whc.unesco.org/en/list/225

ГЛОБАЛНОТО ЗАТОПЛЯНЕ – ФАКТИ И АРГУМЕНТИ

Рангел Гюров

Нов български университет
e-mail: rgjurov@nbu.bg

Ключови думи: *.глобално затопляне,ледена покривка,аморфен лед*

Резюме: *Последното десетилетие светът е обхват от сериозен страх и смут за бъдещето си по причина на широщото се мнение и становища от учени, че сме на прага на глобално затопляне, което ще доведе до драматични промени на планета Земя и ще застраши съществуването на хората. И най-важното за всичко това се оказа виновен не кой и да е, а самият човек със своята безразсъдност да замърсява атмосферата, най-вече с въглероден диоксид и други парникови газове. Ако действително има проблем, то той трябва да се изучи и да се прецени доколко е резултат от човешка дейност.*

GLOBAL WARMING – FACTS AND ARGUMENTS

Rangel Gjurov

New Bulgarian University
e-mail: rgjurov@nbu.bg

Keywords: *global warming, amorphous ice, Ice cover*

Abstract: *During the last decade, the world is in serious fear and confusion about the future because of the widespread opinions of scientists that we are on the threshold of global warming, which will lead to dramatic changes of the Earth and threaten the existence of the people. And most importantly, our fault anyone, but the man himself, polluting the atmosphere, mainly with carbon dioxide and other greenhouse gases. If there is really a problem, it must be learned and to evaluate the human activity.*

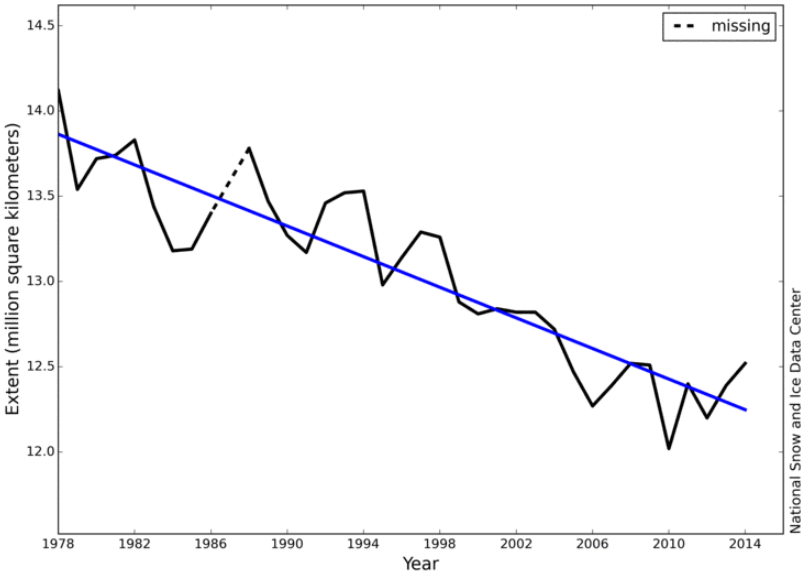
Последното десетилетие светът е обхват от сериозен страх и смут за бъдещето си по причина на ширещото се мнение и становища от учени, че сме на прага на глобално затопляне, което ще доведе до драматични промени на планета Земя и ще застраши съществуването на хората. Ще се разпопят ледовете в полярните шапки и нивото на световните океани ще се покачи и ще залее огромни територии и погълне крайбрежните градове с милионно население. Ще настане суша и ще изчезнат земеделски култури, птиците, дивите животни и т.н. Най-страшният сценарий е този, че най-късно до 2300 година Земята ще бъде червена пустиня. И най-важното за всичко това се оказа виновен не кой и да е, а самият човек със своята безразсъдност да замърсява атмосферата, най-вече с въглероден диоксид и други парникови газове. Преди учените да стигнат до единно мнение за наличието на проблем, политиците задействаха чрез медиите машината на страха, а бизнесмени откриха нова ниша за печелене на пари. ООН се видя веднага спасител на човечеството и възможност да ръководи световен проблем и да влияе на политиките на различни държави. Както се изразява Рой Спенсър - бивш шеф климатолог в NASA - «днес да се говори против глобалното затопляне е все едно да отричате холокоста и да сте за тютюнопушенето» [2-7]. Част от поддръжниците на идеята за глобалното затопляне, която все още е една хипотеза, преследват преди всичко лични интереси в политиката, кариерата и бизнеса. Група учени създадоха нова наука «палеоклиматология», чиято основна цел е да докаже глобално затопляне, а не толкова историческо изследване на климата на Земята. Демонстрират се факти, които доказват глобалното затопляне. Изследват се годишните кръгове на дървета и се посочват сушавите години. Засушавания и застудявания е имало и преди 2000-3000 години и могат да се проследят в стари ръкописи и дори в библията. Заселването на евреите в Египет и изгонването

им оттам е по причина на продължителна суша. Триста години, от 1500 г. до 1900 г., има захлаждане, наречено мини ледниковата епоха, а след това леко затопляне. Сериозен белег според поддръжниците на глобалното затопляне е топенето на ледовете в полюсите. Действително се забелязва след 1979 г. тенденция на намаляване на площта на ледената покривка (табл. 1 и фиг. 1).

Табл. 1. Годишни стойности на ледените арктически площи в милиони km^2. Сателитни данни, US National Snow and Ice Data Center on 7 January 2015 [8]

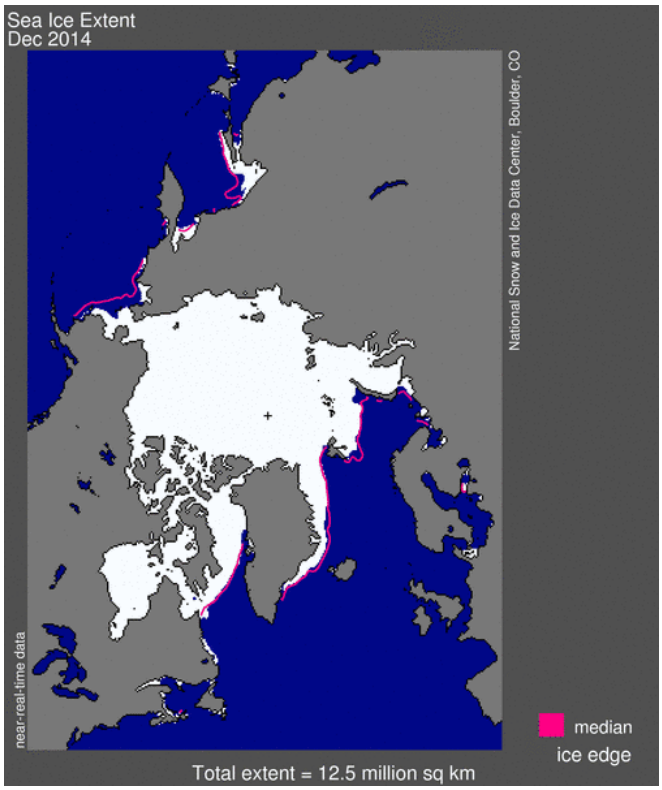
year	mo	data_type	region	extent	area
1978	12	Goddard	N	14.12	10.85
1979	12	Goddard	N	13.54	10.55
1980	12	Goddard	N	13.72	10.71
1981	12	Goddard	N	13.74	10.47
1982	12	Goddard	N	13.83	10.81
1983	12	Goddard	N	13.44	10.56
1984	12	Goddard	N	13.18	10.19
1985	12	Goddard	N	13.19	10.15
1986	12	Goddard	N	13.40	10.46
1987	12	-9999	N	-9999	-9999
1988	12	Goddard	N	13.78	11.94
1989	12	Goddard	N	13.47	11.53
1990	12	Goddard	N	13.27	11.40
1991	12	Goddard	N	13.17	11.19
1992	12	Goddard	N	13.46	11.66
1993	12	Goddard	N	13.52	11.41
1994	12	Goddard	N	13.53	11.43
1995	12	Goddard	N	12.98	11.02
1996	12	Goddard	N	13.14	10.96
1997	12	Goddard	N	13.29	11.19
1998	12	Goddard	N	13.26	10.85
1999	12	Goddard	N	12.88	10.93
2000	12	Goddard	N	12.81	10.90
2001	12	Goddard	N	12.84	10.49
2002	12	Goddard	N	12.82	10.58
2003	12	Goddard	N	12.82	10.74
2004	12	Goddard	N	12.72	10.91
2005	12	Goddard	N	12.47	10.51
2006	12	Goddard	N	12.27	10.10
2007	12	Goddard	N	12.39	10.11
2008	12	Goddard	N	12.52	10.64
2009	12	Goddard	N	12.51	10.25
2010	12	Goddard	N	12.02	10.08
2011	12	Goddard	N	12.40	10.28
2012	12	Goddard	N	12.20	10.11
2013	12	Goddard	N	12.39	10.55
2014	12	NRTSI-G	N	12.52	10.48

- 2014 12.52
- 2013 12.39
- 2012 12.20
- 2011 12.40
- 2010 12.02
- 2009 12.51
- 2008 12.52
- 2007 12.39
- 2006 12.27
- 2005 12.47



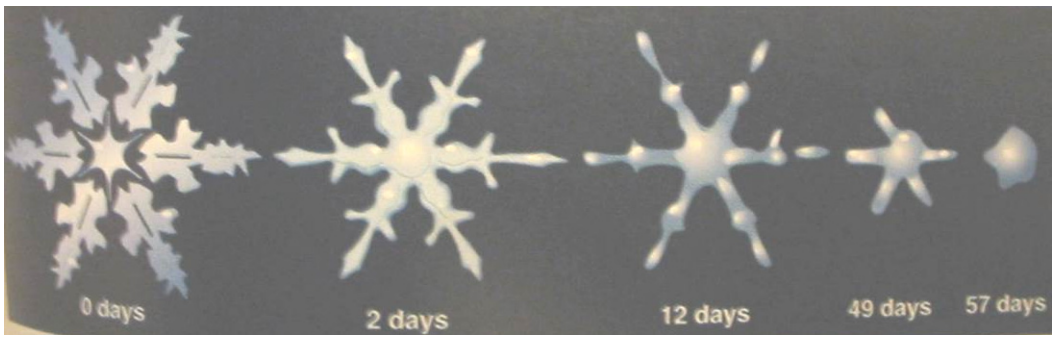
Фиг. 1. Декемврийски средномесечни стойности на арктическите ледени площи, NSIDC [8]

Внимателен поглед върху данните показва през последните години увеличаване на ледената покривка (фиг. 2).



Фиг. 2. Обща площ на ледената покривка на северния полюс декември 2014 г. - 12.5 km^2, NSIDC North Pole.Sea Ice Index data Courtesy [8]

Може да се твърди, че в момента това е както тенденция на застудяване, така и на затопляне, но това е некоректно от статистическа гледна точка предвид малкия брой наблюдения. Намаляването на дебелината на ледената покривка се посочва също като факт за глобалното затопляне. Но намаляването на дебелината на ледената покривка може да се дължи на преструктурирането на леда от кристална в аморфна форма, увеличаване на плътността му и като следствие намаляване на неговия обем (фиг. 3).



Фиг. 3. Прекристализация на леда. Крайната фаза е аморфен пластичен лед [1]

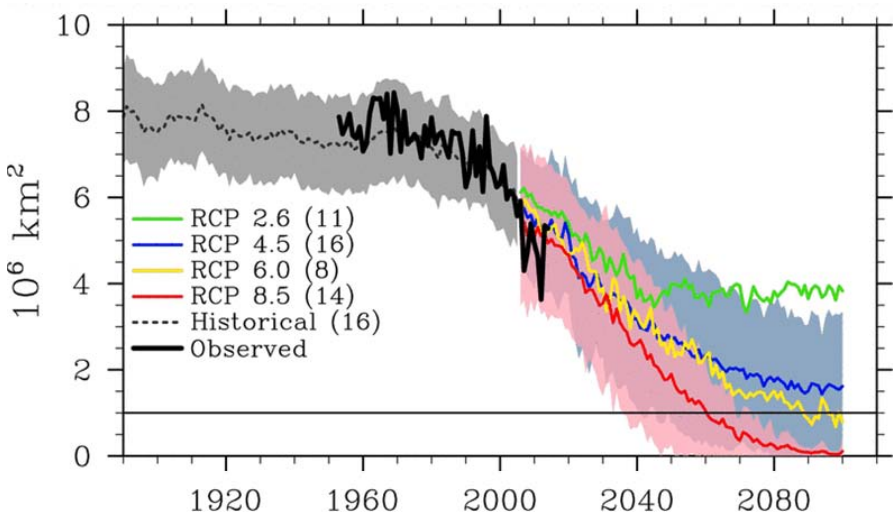
Освен това аморфният лед притежава пластични свойства и “протича”. Ледниците се придвижват много напред в по-топла среда, но опънните напрежения се преодоляват в студените горни зони и ледникът се къса. Създава се впечатление за напредване във височина на топенето.

Привържениците на глобалното затопляне деликатно премълчават, че ако за това твърдение има данни за северния полюс, то на южния е обратното и има увеличение на леда. В Алпите се топят ледници, но се появи един нов. Друг аргумент в полза на глобалното затопляне било промяната на температурите и посоките на морските течения. Това твърдение е наивно, защото както температурата, така и посоката на морски течения зависят от много фактори - динамиката на крайбрежните зони, ветровете, плътността на водата от солеността, гравитационните сили на Луната с цикличност 18 години и още много други фактори. Страхът от повдигане на океанските води вследствие на топене на ледовете и заливане на крайбрежни зони не е обоснован с никакви факти. В различни сценарии повдигането на океанското водно ниво се шири от 18 m до скромното сега 20-30 cm. Динамиката на земната кора, трансгресията и регресията са причина за промени в крайбрежните нива. Венеция потъва, а не се вдига водното ниво. В Република Турция гр. Ефес е бил пристанище, а сега е много навътре в сушата. Побитите камъни край гр. Девня са били в морска вода, а сега са туристическа атракция на сушата (фиг. 4).



Фиг. 4. Природна забележителност „Побити камъни“

За да се твърди, че има глобално затопляне, трябва да има сериозни наблюдения поне 100 години назад. Ако наблюденията са по-кратки, то тогава става въпрос за време, а не за климат. Хората са изложени на промени във времето - дъжд, суша, вятър, градушки, сняг, урагани, торнада и са силно зависими и често безпомощни пред стихиите. По-честите или по-редки метеорологични прояви не означават непременно промени в климата. Климат е осредненото време. Да се прогнозира промяна в климата в далечното бъдеще засега е неосъществима мечта. (Фиг. 5)



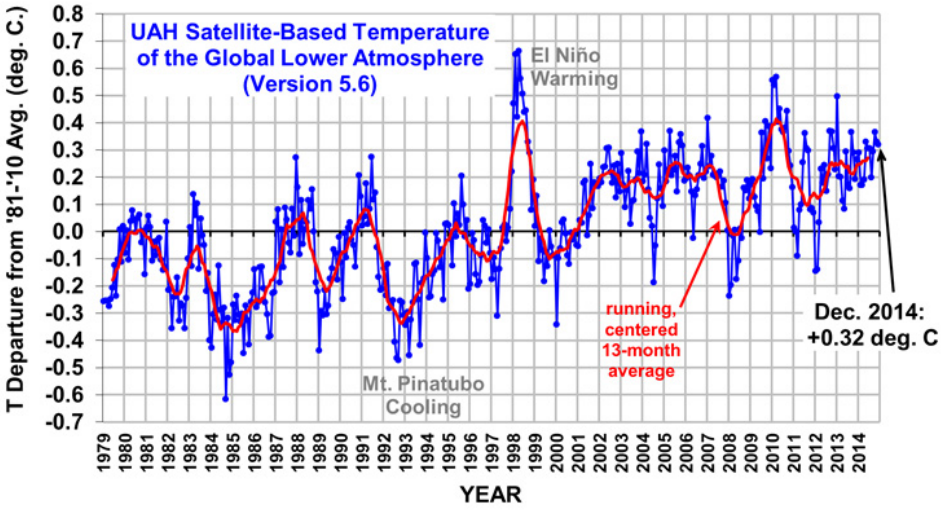
Фиг. 5. Прогнози за площта на ледената арктическа покривка по причина на парникови газове, Courtesy:Julienne Stroeve Courtesy, NSIDC [8]

Метеоролозите не са в състояние да прогнозират времето за повече от 10 дни, въпреки наличието на нови технологии и космически апарати. Английски метеоролог в края на зимата 2014 г. прогнозира много суха пролет, но стана точно обратното – наводнения в цяла Европа. Японски учени създадоха най-мощния компютър в света за метеорологични прогнози и твърдяха, че са в състояние да прогнозират времето 30 години напред във времето на територия от 4 km^2 с точност до 1 градус целзий. Същата година прогнозите им за времето на цъфтежа на вишните се размина с две седмица. Учените поискаха от ТВ екраните прошка от хората за грешката си.

Планетата Земя получава енергия от Слънцето през деня. Земята излъчва инфрачервена енергия непрекъснато, която приблизително е равна на получената от Слънцето. Ако се промени количеството на една от енергиите, ще се наруши равновесието към затопляне или застудяване. Но Земята излъчва инфрачервената енергия чрез почвите, растенията, сградите, пътните настилки – на практика от всичко що е на повърхността на Земята. Това означава, че в кратки периоди от време и на различни географски места ще има разлики в получаваната и излъчвана енергия и с развитието на урбанизацията и човешката дейност би се променял микро- и мезо- климата, но не и глобалният климат. Съгласно термодинамиката ще има движение на енергия от места с по-голямо количество от нея към места с по-малко количество - т.е. стремеж към равновесие. Ако има наличието на парников ефект, това означава по-голямо изпарение на водни молекули и ново увеличение на изпарението. Но за изпарението е необходима енергия, която се черпи от водата и това води до намаляване на температурата на водната повърхност, охлаждане, дъждове и ново равновесие. Парниковият ефект и дъждовете са типични за тропиците и не са причиняват от глобалното затопляне. Водните молекули са 90 % причина за парниковия ефект.

Според поддръжниците на глобалното затопляне основният виновник за него е въглеродният диоксид, емитиран от човешката дейност. Действително от 1979 г. до сега се забелязва увеличение на въглеродния диоксид. Сегашната концентрация на антропогенен въглероден диоксид е 1 ppm (общо 350 ppm), т.е. на един милион въздушни молекули само една е по причина на човешката дейност. Едва ли промяната с няколко процента на антропогенния въглероден диоксид ще доведе до изменеия в глобален аспект.

За съжаление много се спекулира с данни, умело подбрани за потвърждаване на идеята за глобалното затопляне. За сериозни заключения може да се говори едва в по-ново време с използването на нови технологии и особено с направата на сателитни снимки и наблюдения на полярните шапки след 1979 г. (фиг. 6). Сравняване на данни от измервания на температури преди 100 години с точност по-малка от 1 градус и сега с точност хилядни от него и да се твърди, че има повишаване на температури с 0,24 градуса е научно необосновано и невярно.



Фиг. 6. Температури на ниската атмосфера, базирани на сателитни наблюдения [8]

В днешно време основно се финансират проекти, доказващи глобалното затопляне, деликатно вече променено за всеки случай на “глобални промени в климата”. Ако действително има проблем, то той трябва да се изучи и да се прецени доколко е човешка дейност.

Литература:

1. Г ю р о в, Р., М а р а з о в И., Природа и култура, НБУ, 2008
2. Cloud and Radiation Budget Changes Associated with Tropical Intraseasonal Oscillations (PDF) August 9, 2007, Geophysical Research Letters – by Roy W. Spencer, William D. Braswell, John R. Christy, and Justin Hnilo.
3. Global Warming as a Natural Response to Cloud Changes Associated with the Pacific Decadal Oscillation (PDO) October 20, 2008 (updated December 29, 2008) – by Roy W. Spencer, Ph. D.
4. On the Misdiagnosis of Surface Temperature Feedbacks from Variations in Earth’s Radiant Energy BalanceJuly 25, 2011, Remote Sensing – by Roy W. Spencer and William D. Braswell
5. Potential Biases in Feedback Diagnosis from Observational Data: A Simple Model Demonstration (PDF) November 1, 2008, Journal of Climate – by Roy W. Spencer & William D. Braswell
6. Satellite and Model Evidence Against Substantial Manmade Climate Change (this article supercedes “Has the Climate Sensitivity Holy Grail Been Found?”) December 27, 2008 – by Roy W. Spencer, Ph. D.
7. Simple Climate Model in Excel, Version 1.0 April 26, 2010 – by Roy W. Spencer
8. http://nsidc.org/ (посетен на 12.01.2015 г.)

S E S 2 0 1 4
Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ГЕОРАДАР И ПЕНЕТРОМЕТЪР ЗА ОЦЕНКА НА СЪСТОЯНИЕТО НА МИКРОЯЗОВИРНИ СТЕНИ ОТ ЗЕМНО-НАСИПЕН ТИП

Ралица Берберова, Биляна Костова

Нов български университет
e-mail: rberberova@nbu.bg, bkostova@nbu.bg

Ключови думи: *георадарен и пенетрационен методи, микроязовирни стени*

Резюме: *Направена е съпоставка на възможностите на съвременни геофизични методи и класическите такива за изследване на земно-насипни съоръжения, в т.ч. микроязовирни стени. На база на тези изследвания се установява, че използването на георадарни изследвания дава добри резултати за установяване на състоянието на микроязовирни стени.*

POSSIBLE APPLICATION OF GPR AND PENETRATION METHODS FOR EVALUATION OF THE STATE OF EMBANKMENT DAMS

Ralitza Berberova, Bilyana Kostova

New Bulgarian University
e-mail: rberberova@nbu.bg, bkostova@nbu.bg

Keywords: *GPR and penetration methods, embankment dams*

Abstract: *A comparison of the capabilities of advanced geophysical and classical methods for the study of embankment dams has been made. Based on this studies it is found that the using georadar research provides sufficiently reliable initial information to establish the actual condition of embankments.*

1. Въведение

В страната ни съществуват над 2000 микроязовира от земно-насипен тип. Публично достояние е, че много голяма част от тях са технически неизправни поради проблеми в преливниците, отводнителните канали, основните изпускатели и/или целостта на язовирната стена. Комплекс от посочените проблеми доведе до станалото бедствие в с. Бисер през февруари 2012 г. След този инцидент отговорните в страната ни институции обърнаха внимание на проблема и започнаха редица проверки както по отношение на тяхната собственост, така и по отношение на тяхната изправност [Берберова и др., 2013]. Въпреки усилията на държавните и общински администрации, и през това лято, 2014 г., за пореден път станахме свидетели на редица наводнения в страната ни, голяма част от които бяха следствие на неизправност или недобро стопанисване на технически съоръжения от водната инфраструктура.

Стандартните изследвания за състоянието на микроязовирните стени обхващат класически инженерно-геоложки и хидрогеоложки методи [Тошев, 2012], които са трудоемки, изискват голям брой висококвалифицирани специалисти, време и финансови средства. Чрез тях се получава информация за видовете скали, използвани за изграждане на земно-насипните съоръжения (микроязовирните стени), дебелината на отделните слоеве скали, водопропускливостта и водоносността на съответните скали, наличие на пукнатини и структурни нарушения. Изследванията се извършват чрез взимане на проби от повърхността и дълбочина (чрез сондажи) и последващото им лабораторно изследване и изпитване.

2. Цел

Целта на настоящата работа е да се направи съпоставка на възможността за използване на класическите методи с бързите съвременнни методи – георадарни и петрационни методи за изследване на микроязовирни стени.

Георадарният метод позволява да се правят недеструктивни (без да се нарушава целостта на земно-насипното съоръжение) изследвания в дълбочина до 15 m, което е напълно достатъчно за изучаване на земно-насипни съоръжения [Петров и др., 2013]. Чрез метода се получава информация за скални материали с различни физико-механични свойства, наличие/отсъствие на структурни нарушения в тези пластове (пукнатини и разломи) и наличие на флуиди (вода) в пластовете [Harry M. Jol, 2009; Petrov et al., 2013; Петров, 2014].

Пенетрационният метод също позволява недеструктивни изследвания в дълбочина, като дава информация освен за наличие на различни видове граници между материалите, изграждащи стената, но позволява да се определи видът на тези скални материали.

2.1. Обекти

- Стена на микроязовир Смилец-2

Микроязовир Смилец-2 е разположен на около 6 km южно от село Смилец, община Стрелча, област Пазарджик, в местността „Корубата" (фиг. 1а). Язовирът е изграден в сухо дере. Микроязовирната стена е от земно-насипен тип с височина 10 m. Язовирът се въвежда в експлоатация през 1961 г. Целта на неговото изграждане е използването му за напоителни цели. Общият завирен обем на микроязовира е около 150 000 m^3.

При теренните наблюдения не се установяват нарушения в стената по повърхността.

- Стена на Маломирски микроязовир

Микроязовирът е разположен в землището на с. Маломир, община Върбица, област Шумен (фиг. 1б). Изграден е в сухо дере. Микроязовирната стена е от земно-насипен тип, изградена от глини.

При теренните наблюдения не се установяват нарушения по стената на повърхността.

- Стена на микроязовир Блатница

Обектът на изследване е стената на микроязовир Блатница. Микроязовирът е разположен на 1500 m източно от с. Блатница, в землището на с. Блатница, община Стрелча, област Пазарджик (фиг. 1в).



а) б) в)

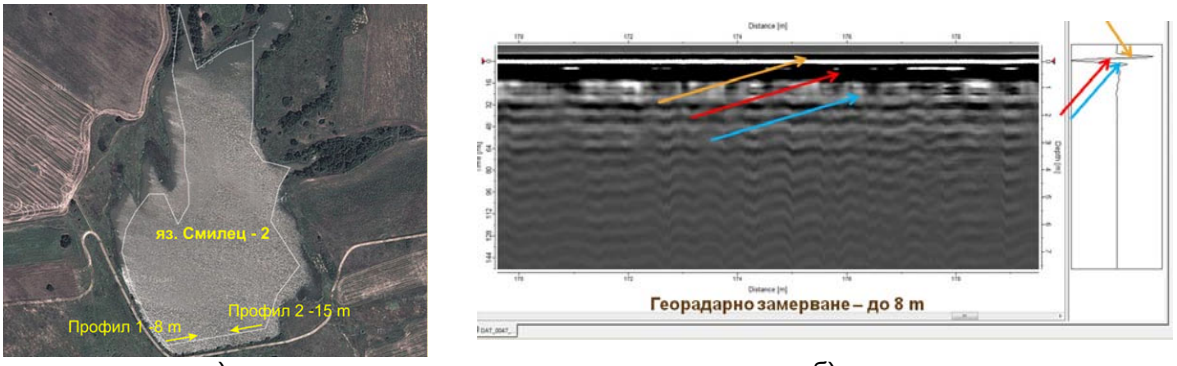
Фиг. 1. Микроязовири: а) Смилец-2; б) Маломирски; в) Блатница

3. Експериментални резултати

✓ ***Стена на микроязовир Смилец-2***

На стената на микроязовир Смилец-2 са направени два георадарни профила на замерване на стената (26.09.2013 г.) (фиг. 2а). При профил 1 замерването е направено на дълбочинно проникване на сигнала на 15 m, а на профил 2 – 8 m. Профил 1 е с дълбочинно проникване на сигнала до 15 m с цел изследване целостта на язовирната стена, която е с височина 10 m. Профил 2 е направен с цел получаване на по-качествен сигнал от измерването – визуализиране на евентуални детайли.

При анализирането и на двете радарграми от замерването на микроязовир Смилец-2 се установиха две граници, показващи наличие на три разнородни по физични показатели материали, изграждащи микроязовирната стена (фиг. 2б). В настоящето изследване не са установени деформации на пластовете материали, изграждащи земно-насипното съоръжение, както и не е установено наличие на вода в тях. Тези резултати съвпадат и с теренните ни наблюдения за отсъствие на проблеми при този микроязовир [Берберова Р. и др., 2014].



а) б)

Фиг. 2. Микроязовир Смилец-2: а) Профили на георадарно замерване; б) Радарграма

✓ ***Стена на Маломирски микроязовир***

На стената на Маломирския микроязовир са направени два георадарни профила на замерване на стената (17.06.2013 г.) (фиг. 3а). При профил 1 замерването е направено на дълбочинно проникване на сигнала на 15 m, а на профил 2 – 8 m. Профил 1 е с дълбочинно проникване на сигнала до 15 m с цел изследване целостта на язовирната стена, която е с височина 10 m. Профил 2 е направен с цел получаване на по-качествен сигнал от измерването – визуализиране на евентуални детайли.

Радарграмата от замерването на стената на Маломирския микроязовир показва наличие на нарушения тип „разсед - възсед“ (фиг. 3б).



а) б)

Фиг. 3. Маломирски микроязовир: а) Профили на георадарно замерване; б) Радарграма

✓ ***Стена на микроязовир Блатница***

При теренните наблюдения на повърхността се установява, че в язовира се поддържа ниско водното ниво в чашата на язовира (10 – 10,5 m от кота корона) и наличие на свлачищен процес от въздушната страна на язовирната стена, т.е. нарушение в целостта на съоръжението, което е и вероятна причина за поддържаното ниско ниво на водата в язовира.

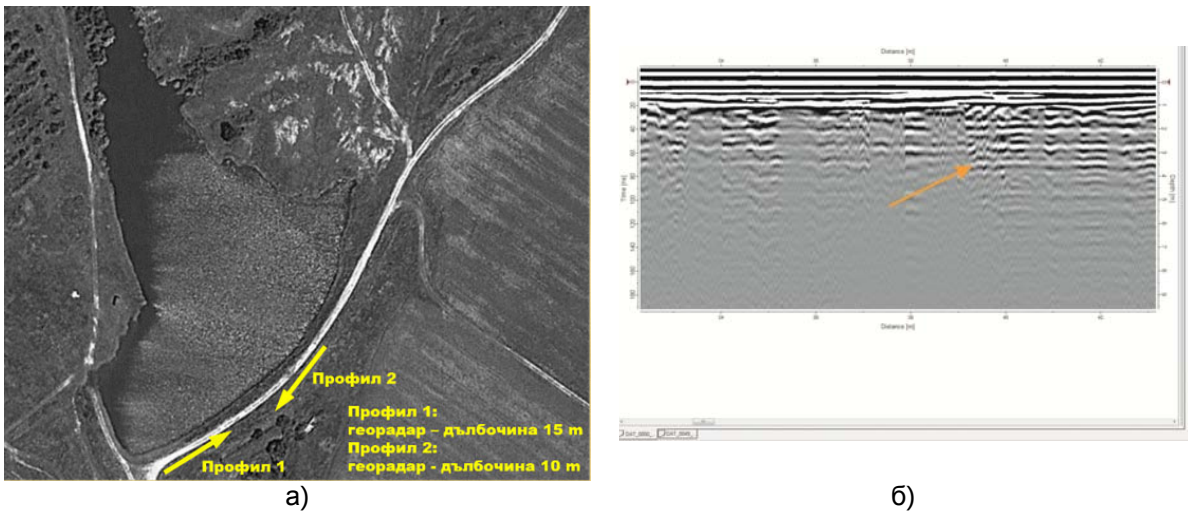
- *GPRS изследвания*

Направени са два георадарни профила на замерване (фиг. 4а). При профил 1 замерването е направено на дълбочинно проникване на сигнала на 15 m, а на профил 2 – 10 m.

Профил 1 е с дълбочинно проникване на сигнала на 15 m с цел достигане на коренните скали, върху които е изградена язовирната стена. При анализирането на радарграмата се установи една граница, показваща наличие на два разнородни по физични показатели материали. Границата се наблюдава на дълбочина между 2,5 и 4 m. Границата между коренна скала и насип 2 не е отчетена. Вероятни причини за това са: (i) сходни физични параметри на коренните скали и насип 1 и (ii) границата между коренните скали и насип 1 е разположена на по-голяма дълбочина от 15 m. На радарграмата не се наблюдават структурни нарушения.

Профил 2 е с дълбочинно проникване на сигнала на 10 m с цел получаване на по-качествен сигнал от измерването в двата насипа и границата между тях. При анализирано на радарграмата е ясно отчетлива границата между двата насипа в дълбочина между 3 и 4 m. (фиг. 4б).

Георадарните изследвания не показват дълбочинни нарушения, което показва, че проблемите, установени от теренните наблюдения са проявени само на повърхността [Костова и др., 2014].



а) б)

Фиг. 4. Микроязовир Блатница: а) Профили на георадарно замерване; б) Радарграма

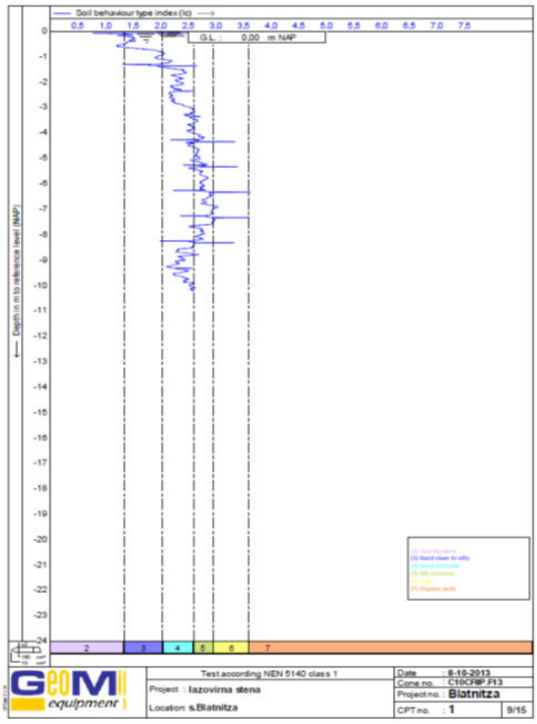
- *Пенетрационни изследвания*

Въз основа на резултатите от георадарните изследвания и интерпретацията на получените данни е определена дълбочината на пенетрационното изследване – 10 m, с цел получаване на информация за литоложкия състав на двата насипа.

На дълбочина до около 1,5 m са установени песъчливи глини. От 1,5 m до около 3,00 m и от 8,5 m до 10 m дълбочина има наличие на материал с песъчлив състав. Между 3 m и 8 m дълбочина насипът е изграден от глинест материал (фиг. 5).

Резултатите от проведените пенетрационни изследвания потвърждават резултатите от проведените класически изследвания, като ги детайлизират [“Водоканалпроект – Чисти води“ ООД, 2013; Геоложка карта на България].

При пенетрационните изследвания в насип 2 се установява вътрешна литоложка граница на дълбочина около 1,5 m. Отчетената граница между насип 1 и насип 2 е разположена на дълбочина около 3,2 m, което съвпада с резултатите от класическите методи и георадарните измервания, като ги доуточнява. В насип 1 също е установена вътрешна литоложка граница, разположена на около 8,5 m дълбочина, което може да позволи инфилтрация на язовирна вода под тази граница.



Фиг. 5. Пенетрационно изследване

Изводи

1. Радарграмите предоставят достатъчно качествена първоначална информация относно наличието в дълбочина на материали с различни физични свойства;
2. Резултатите от направените точкови пенетрационни изследвания потвърждават резултатите от георадарните изследвания;
3. Георадарните и пенетрационните изследвания корелират отлично с литературните данни за литоложкия състав на материалите, изграждащи стената;
4. Паралелното използване на пенетрационни и георадарни изследвания съвпадат достатъчно добре с класическите методи на изследване и могат да бъдат използвани за първоначален мониторинг на земно-насипни съоръжения;
5. Използването на георадарното изследване дава достатъчно надеждна първоначална информация за установяване на фактическото състояние на земно-насипните съоръжения:

- чрез георадарните изследвания може да се направи много бърза оценка за наличие или отсъствие на проблеми в стената на съответния микроязовир, като резултатите могат да бъдат разчетени още на терен (данните от радарното изследване се визуализират на момента);
- при отсъствие на проблем може да се препоръча само ежегоден мониторинг на стената, какъвто е случая с микроязовирната стена на Смилец-2.
- при наличие на проблем е необходимо първо да се оцени степента му и да се препоръчат съответни мерки за решаването му. При слаби изменения в стената, какъвто е случая със стената на Маломирския язовир е необходимо да се препоръча мониторинг на стената през по-малки периоди. При силни изменения в стената е необходимо да се препоръчат конкретни мерки, за укрепване на стената, какъвто е случаят със стената на микроязовир Блатница.

Благодарности

Настоящата работа е осъществена с финансовата помощ на ФНИ към МОМН (договор ДФНИ-М01/9/22.11.2012 г.) по първи етап на проекта.

Литература:

1. Ground Penetrating Radar: Theory and Applications. 2009. Editor: Harry M. Jol.
2. P e t r o v, G., V. K a r l o v a – S e r g i e v a, R. B e r b e r o v a. Software tools for georadar data processing and visualization. Proceedings Of Technical University Of Sofia, Vol. 63, Issue 4, 2013, 51-60.
3. Б е р б е р о в а, Р., Б. К о с т о в а. Състояние на микроязовирна стена на язовир Смилец, община Стрелча, Сборник с доклади от 14-та Международна конференция ВСУ'2014, Том IV, 2014, 349-354.
4. Б е р б е р о в а, Р., Г. П е т р о в, Л. Л а с к о в. 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, 2013, 413-419.
5. Геоложка карта на България, М1:100 000, Картен лист № 61.
6. "Водоканалпроект – Чисти води" ООД, Инженерно-геоложко и хидрогеоложко проучване за укрепване на язовирна стена на язовир Смилец, община Стрелча, 2013.
7. К о с т о в а, Б., Р. Б е р б е р о в а. Състояние на микроязовирна стена на язовир Блатница, община Стрелча, Сборник с доклади от IX научна конференция с международно участие SES'2013, 2014, 429-433.
8. П е т р о в, Г. Концептуален фреймуърк за визуализация и цифрова обработка на радарграми, Сборник с доклади от IX научна конференция с международно участие SES'2013, 2014, 377-380.
9. П е т р о в, Г., Р. Б е р б е р о в а. Методи за цифрова сигнална обработка в компютърно подпомагания анализ на радарграми от земно-насипни съоръжения, Сборник с доклади от IX научна конференция с международно участие SES'2013, 2014, 369-376.
10. П е т р о в, Г., Р. Б е р б е р о в а, В. К а р л о в а – С е р г и е в а. Приложение на георадарен метод при обследване на земно-насипни язовирни стени, Сборник доклади XXIII Национален научен симпозиум с международно участие „Метрология и метрологично осигуряване 2013", ТУ-София, 2013, 75-80.
11. Т о ш е в, Д., Т. Ч о л а к о в, О. Т о д о р о в, Н. Л и с е в. Състояние на малките язовири в Р. България, Сп. Водно дело, 5-6/2012, 2-8.

СЛУЧАИ НА ЕКСТРЕМНИ СТОЙНОСТИ И ЗЛОУПОТРЕБИ С ЕМВ В СЪВРЕМЕННОТО ОБЩЕСТВО

Георги Василев, Дончо Дончевски

e-mail: georgivasilev2@gmail.com, didon55@abv.bg

Околната среда на съвременното общество, особено градската среда, е пренаситена с разнородни електромагнитни излъчвания, които най-общо могат да бъда определени като постоянен електронен смог. Срещу него се вземат различни мерки, създават се различна апаратура, като например апаратите на д-р Стоян Велкоски от института ИГАПЕ (Институт за геобиологија, археологија, хидрогеологија, екологија) в Скопие, осигуряващи защитена зона в домашни условия. Такива апарати за нормален сън, за лична защитена зона, се произвеждат в развитите индустриални страни като Германия, САЩ и други.

В настоящия доклад ще представим една типология от няколко основни случая на системно надвишаване на нормата на електромагнитните излъчвания в България:

а) наднормени излъчвания идващи от ретранслаторите на мобилните оператори;
б) преднамерена злоупотреба с наднормени излъчвания:
- като незаконни експерименти с наднормени излъчвания над мирни и незнаещи за експеримента мирни граждани. Експерименти, които се осъществяват от корпоративни интереси;
- случаи на използване на вредно електромагнитно излъчване от групи хора или отделни индивиди като средство за разправа с техни опоненти.

И двата последни случая ще наречем тероризъм чрез ЕМИ, като представим пред вас доказателствен материал, събран чрез съвременни технически измервания, както и по други пътища.

Наднормени стойности при ретранслатрите на мобилните оператори

Поради силното икономическо лоби на мобилните оператори, прекомерните стойности на излъчване от ретранслаторите на мобилните телефонни оператори са всекидневие. В България вече близо 10 години обществеици и политици полагат усилия чрез Народното събрание да се създаде законова материя, която регулира тази ситуация и така да отстрани произтичащите опасност. Важна инициатива в това отношение е подготвеното допълнение за Закона на народното здраве, с което се запознах чрез експерта към Народното събрание инж. Димитър Бучков. В отделни градове като Пловдив кметството е предприело мерки за отстраняване на ретранслатори до детски градини и болници, в гр. Бургас професор д-р Димитър Теодосиев с помощта на кметството създаде система за мониторинг на вредните електромагнитни излъчвания.

Ето каква информация дава журналистката от БНР Виолета Ашикова в емисия на радиото от месец февруари 2012 г.: „Масово не се изпълняват заповеди на Дирекция за национален строителен контрол за премахване на незаконни станции на мобилните оператори. С година се бави и проектът на здравното министерство за максимално допустимите нива на електрически и магнитни полета в околната среда. За това алармираха депутати на Синята коалиция.

Заповеди за премахване на базови станции се издават, когато липсват разрешения за строеж или санитарни протоколи и когато електромагнитното излъчване е над допустимата норма. Данните за страната ни са притеснителни. Само за миналата година са издадени близо 600 констативни акта за забрана ползването на базови станции на мобилни оператори. За периода 2006-2010 г. по данни на Министерство на регионалното развитие и благоустройството са издадени общо 412 заповеди за премахване, но едва половината са изпълнени.”

1. Нов тип престъпност

Освен това се стига до нов тип престъпност, когато подобна апаратура се използва за манипулиране и поразяване на хора. Както съобщава в-к „Лос Анджилиз Таймз“, предавайки информация на служител на ФБР, убиецът Арън Алекс от Вашингтон е оставил постинг, че е бил системно облъчван от ниска честота. Тази информация бе подадена и в други авторитетни издания като Вашингтон пост и CNN от 25.9.2013, но ние ще цитираме по-специално Military times, професионално издание на американските военни (Note: 'Ultra-low frequency attacks' drove Alexis to rampage от 25.9.2013,
http://www.militarytimes.com/article/20130925/NEWS06/309250024/)

В българската преса бяха изнесени случаи на опити за подобно въздействие върху гражданите, а и са направени измервания, доказващи реалността на тази нова престъпност.

Ще посоча изводите на следните измервания, направени в моето жилище (София, кв. „Гоце Делчев“, бл. 252, вх. 7 , ап. 150):

- измерване в нощта на 5-6 май 2011, осъществено от Петър Чобанов, физик към ВМА: „Превишават се в отделни честотни диапазони хигиенните норми , като за параметър „интензитет на електричното поле” превишенията са приблизително от 1,08 пъти до 15,2 пъти, по параметъра „интензитет на магнитното поле” съответното превишение достига до 111,11 пъти...”

- измерване осъществено от проф. д-р Димитър Теодосиев през нощта на 29-30.6.2011 г.: „Оказа се, че интензитетът на магнитното поле има очертан максимум около 17 Hz и той е около 9 μT. Такива данни са необичайни, както по отношение на честотата, така и по интензитет. Това превишение на плътността на магнитния поток B, наблюдавано в помещението, е около 100 пъти над пределно допустимите норми. Тези норми са за работна среда, но като се има предвид, че помещението в което са направени измерванията и то за интервал от 12 часа, който е по-голям от продължителността на един нормален работен ден, се използва както за работен кабинет, така и за спалня, то тези стойности са определено над пределно допустимите по закон.”

Понякога тук попадаме в зоната на съвсем новото и неизвестното. Преследваната от такъв тип терор г-жа Павлина Василева от Враца е успяла да регистрира с обикновена видеокамера необичайни изображения в обсега на излъчването. Тях ще ви демонстрирам след малко – видеообект M2U00333.

В крайна сметка засега бихме очертали такава типология на новата престъпност, използваща електромагнитно излъчване:

- групи, които са навлезли в държавни институции, като в ДАНС, както е в случая с моите съседи и с мен. Доколкото успях да се информирам по различни пътища, те изпълняват няколкогодишна програма на голяма немска фирма, като целта е да се тества и развива апаратура за дистанционно поразяване на живи цели чрез електромагнитно лъчение. Тук имаме сращване на този престъпност с държавна институция и това може да се определи като случай на държавен тероризъм. Тук доказателствената част е безспорна с предоставените от мен по-горе професионални измервания, доказващи високи наднормени излъчвания в моя апартамент;

- групи, които които изпълняват подобни корпоративни поръчки от западна Европа, но работят без връзка с държавни институции, тоест това са случаи на корпоративна организирана престъпност. Такъв е случаят с блока в Лозенец, в който живее научният сътрудник Спартак Арнаудов. Господин Арнаудов с подръчен апарат, изработен от самия него, е установил големи наднормени стойности на високочестотни излъчвания;

- и случаи на използване на такава апаратура от даден индивид срещу негов опонент, което вече е случай на битов тероризъм. Такъв е случаят с г-жа Павлина Василева от Враца, която в продължения на няколко години е подлагана в дома си на интензивно облъчване. Доказателство за това е фактът, че алуминиевото фолио, с което тя се опитва да си направи защита, е пробито на много места от лъчението, а и пред вас бе показана нейната необичайна регистрация с видеокамера на такова предполагаема излъчване.

2. Заключение: възможните стъпки

В заключение бих искал да отбележа, няколко души, професионално и социално заинтересовани от този проблем, създадохме дружество за „Регионален мониторинг на рисковите електромагнитни излъчвания”, което ще извърша системен мониторинг за наднормени електромагнитни излъчвания в социалната среда на балканските страни.

Дружеството, в чиито състав фигурират и авторите на този доклад, е набелязало първите си цели и в момента се занимава с търсене на финансиране и разработване на проект,

за чието развитие ще дадем допълнителна информация. Цялата и успешна борба с този тип организирана престъпност ние виждаме в съчетаването на няколко фактора:

- обогатяване на правната материя в тази област, което вече се извършва чрез подготвения за внасяне в Народното събрание законопроект за допълване на Закона за здравето. Тук най-богат опит и информация има експертът към Народното събрание инженер Димитър Бучков;

- създаване на специален контролен орган към МВР, който разполага с необходимата апаратура и следи за такива прояви. Ще посоча, че когато г-н Спартак Арнаудов е подал жалба в РУ на МВР, е получил отговор, че разбират проблема, но нямат технически средства да регистрират нарушенията;

- работа на НПО организации като нашето дружества, които да извършват самостоятелен технически мониторинг. Тук вече са направени съществени първи стъпки: г-жа Павлина Василева от Враца, която е жертва на такива преднамерени вредни излъчвания, през 2013 г. е събрала 2031 подписа за създаване на закон, забраняващ технотронното оръжие и тази инициатива е подкрепа от сдружението „Освобождение" на политика Николай Колев-Босия;

- сътрудничество с международни организации, занимаващи с тези проблеми. Тук можем да посочим едно постижение – установихме контакти и информационен обмен с една от най-добрите европейски фирми за защитни материали срещу наднормени електромагнитни излъчвания Holland Shielding Systems BVи с нейния директор инж. Ян Ван Тиенховен;

- осведомяване на международната общност и искане към съответните институции на ЕС за намеса в преодоляването на тази престъпност и за оптимизиране на жизнената среда чрез отстраняван на всякакъв тип наднормени електромагнитни излъчвания. За съжаление в момента законовата материя в ЕС в тази област е само препоръчителна. Нашето общество следва да настоява пред българското правителство и пред съответните европейски институции – а именно пред комисарите по здравеопазването и по човешките права в най-близко време да осигурят задължителна сила на тази материя;

- разяснителна дейност чрез медиите и чрез нови форми в националната образователна дейност за големия риск от прекомерните електромагнитни излъчвания, какъвто и да е техният произход.

У нас такава дейност извършва друга самостоятелна Организация срещу злоупотреба с психотронно оръжие (регистрирана през 2013 г. като клон на немска организация със същата цел), ръководена от Иванка Миланова.

Двама сътрудници професор Георги Василев и н.с. Спартак Арнаудов от нашето дружество създадоха проект за изработване на преносим и евтин уред за засичане на наднормено електромагнитно лъчение. Устройството е просто и стабилно – прилагаме характеристиките му в края на доклада.

Тоест гражданското общество се оказва способно постепенно да изработи необходимата гама от защитни средства срещу наднормените електромагнитни излъчвания.

В заключение с удоволствие ще кажа, че на 17.02.2014 г. по предложение на нашето дружество със заповед на директора на Института за космически технологии и изследвания – БАН проф. дтн Петър Гецов към Института бе създадена Специализирана работна група (СРГ) за измерване на електромагнитни замърсявания (рискови електромагнитни излъчвания - РЕМИ) в състав: проф. Димитър Теодосиев, проф. Гаро Мардиросян, проф. Георги Василев, доц. Бойчо Бойчев, доц. Божидар Сребров, гл. ас. Лъчезар Филчев, д-р инж. Дончо Дончевски, д-р Светослав Забунов. Тя поема функциите и на нашето дружество и така проблемът се поставя в рамките на дейността на Българската академия на науките.

КРАТКО ОПИСАНИЕ НА ПОДРЪЧЕН ИНДИКАТОР ЗА НАДНОРМЕНО ЕЛЕКТРОМАГНИТНО ИЗЛЪЧВАНЕ

Уредът има просто устройство.

1. Основната му част е набор от антенки, настроени в различни честотни диапазони на стойността на наднорменото излъчване.
2. Антенките са свързани със светодиоди, които светват всеки за своята честота, когато интензивността на лъчението в дадения сектор надвишава хигиенната норма. Това означава използването на светлинен сигнал – примерно при нормални стойности

светва зелен диод, а при наднормени – червен. Може да се дублира със звуков сигнал.

3. Захранващо устройство – батерия.

4. Корпус – пластмасова кутия с размерите на мобилен телефон.

Споменатите компоненти имат приблизителна стойност 25 лв. Ако се сметне вложен труд за 10-15 лв., устройството ще струва 35-40 лв., което е приемливо за условията на Източна Европа. Уредът не отчита точни стойности, той отчита само надвишавания на нормата. По логика на устройството е сроден с дозиметрите срещу радиация.

Възможни диапазони, обхванати от уреда.

Честота 2-18 Hz	Светодиод, който светва в червено, когато излъчването преминава хигиенната норма.
Честота 18-100 Hz	Светодиод, който светва в червено, когато излъчването преминава хигиенната норма.
Честота 100-1000 Hz	Светодиод, който светва в червено, когато излъчването преминава хигиенната норма.
Честота 1000 Hz – 1 GHz	Светодиод, който светва в червено, когато излъчването преминава хигиенната норма.
Честота 1-6 GHza	Светодиод, който светва в червено, когато излъчването преминава хигиенната норма.
Честота 7-30 GHz	Светодиод, който светва в червено, когато излъчването преминава хигиенната норма.

ПОДХОДИ В ПЛАНИРАНЕТО И ОРГАНИЗАЦИЯТА НА МАРКЕТИНГОВАТА ДЕЙНОСТ

Надя Маринова

Нов български университет – София
e-mail: nmarinova@nbu.bg

***Ключови думи**:маркетинг, планиране, организация, стратегия*

***Резюме**: В дейността на фирмите най-общо може да се говори за разработване на стратегически планове и оперативни маркетингови планове. Стратегическото планиране е насочено към решаването на по-глобални задачи, а годишният, оперативният маркетингов план описва текущата маркетингова ситуация, целите на маркетинговата дейност и непосредствената стратегия.*

APPROACHES IN THE PLANNING AND ORGANIZATION OF MARKETING ACTIVITIES

Nadya Marinova

New Bulgarian University – Sofia
e-mail: nmarinva@nbu.bg

***Key words:** marketing, planning, organization, strategy*

***Abstract:** In the activities of firms generally can speak for the development of strategic plans and operational marketing plans. Strategic planning is aimed at solving more global tasks and the annual, operational marketing plan describes the current marketing situation, the purpose of direct marketing activities and strategy.*

Във всяка фирма и организация планирането на маркетинга се осъществява различно. Малките фирми могат и да нямат маркетингов план като комплексен документ, като единствен планов документ за тях може да бъде бизнес-плана. В него се съдържа информация за пазарните сегменти и техния потенциал, дава се характеристика на потребителите и конкурентите, описват се бариерите пред проникването на чуждите пазари, формират се маркетинговите стратегии, дават се прогнозни оценки за обемите на реализация за няколко години напред и др.

Като правило, в дейността на фирмите най-общо може да се говори за разработването на стратегически (дългосрочни) планове и оперативни маркетингови планове. Стратегическото планиране е насочено към решаването на по-глобални задачи. Акцентите се поставят върху финансовите резултати по реализирането на маркетинговата стратегия. Дългосрочният маркетингов план се разработва за 3-5 и повече години, описват се основните фактори и сили, които в продължение на няколко години, както се очаква, ще въздействат на фирмата, а също така включват дългосрочните цели и главните маркетингови стратегии с определяне на ресурсите, необходими за тяхната реализация. Този план, обикновено, се преразглежда и уточнява всяка година. На негова основа се разработват годишни планове, които се детайлизират в много по-голяма степен.

Годишният, оперативният маркетингов план описва текущата маркетингова ситуация, целите на маркетинговата дейност, непосредствената стратегия. Той обхваща плановете за отделните продуктови линии, отделните видове продукти и пазари. По този начин годишният план действа на нивото на отделни подразделения на фирмата и функции на маркетинга и включва в себе си решаването на следните въпроси:

- *първо*, маркетинговите изследвания;
- *второ*, продуктовата политика;
- *трето*, ценовата политика;
- *четвърто*, дистрибуторската политика;
- *пето*, комуникационната политика.

Този подход в планирането на маркетинга, съчетаващ решаването на стратегически и оперативни задачи, дава възможност да се преодолеят противоречията, възникващи при опит да се раздели маркетинга на стратегически и оперативен.

Решаването на задачите от стратегическото планиране е невъзможно без маркетинга. В същото време целият комплекс от маркетингови дейности има и стратегически, и оперативни компоненти. Така, стратегическите и оперативните задачи могат да се отделят в маркетинговите изследвания. Например, когато се провеждат еднократни изследвания за определяне стратегическите насоки на международната маркетингова дейност и едновременно с това се осъществява постоянен мониторинг на пазарната ситуация, т.е. осъществяват се текущи задачи. Същото може да се каже за всеки елемент на маркетинговия комплекс. Във всеки от тях може да се отделят и стратегически, и текущи задачи, защото да се създават отделни звена за тази цел е нецелесъобразно. При това положение, възниква проблемът, как разделянето на маркетинга на стратегически и оперативни задачи може организационно да се реализира на практика?

Подобни противоречия леко се преодоляват чрез последователно разработване на стратегическите и оперативните планове на маркетинга, когато в диалектическа последователност се осигурява трансформация на стратегическите цели и задачи в оперативни.

В последното десетилетие се проявява забележим интерес към разработването на бизнес-планове. Те, по своята същност, са планове за организация на производството и реализацията на продукта на фирмата и заемат междинно положение между стратегическия план на фирмата и нейния годишен маркетингов план. Целта на бизнес-плана е да определи рамката на по-широки цели и стратегии за делова активност на фирмата за период до пет години. В този аспект, той е подобен на стратегическия план, който също е ориентиран на достатъчно дълъг период от време. Друга обща черта между тези два плана е стратегическото разглеждане на въпросите за разработването или придобиването на нови продукти, усвояването на нови пазари с цел постигане на желаните финансови резултати.

Бизнес-планът, както и маркетинговият план, е основан на задълбочени маркетингови изследвания. Обаче, той не съдържа програма за действие, което е характерна особеност на маркетинговите планове, а излага само в най-общ вид основните насоки за дейност. Например, ако в избраните стратегии влиза стратегия за разработването на нов продукт, то в бизнес-плана се включват обобщени данни за подкрепа реализацията на това решение, но констатациите в дадената стратегия не се съпровождат с план за разработването на този продукт.

Бизнес-планът може да включва следните раздели:

- данни за фирмата;
- описание на бизнеса;
- текущо състояние и перспективи пред фирмата;
- управление на организацията, в това число и данни за ръководния състав;
- характеристика на продукцията;
- цели и стратегия за развитие;
- изследвания за пазара;
- маркетингова стратегия;
- прогнозни оценки за обемите на реализация в перспектива с годишни разбивки;
- фондовете и тяхното използване с обосновка на необходимата валута;
- сроковете за погасяване на кредита.

В преобладаващата част от фирмите планът за маркетингова дейност се разработва след разработването на плана за цялостната дейност на фирмата. Маркетингът е само част, макар и много важна от структурата на плана на фирмата. Други структурни компоненти на общия план са плановете за производството, изследванията и разработките, финансите, кадровата дейност и т.н. Ефективността при планирането на маркетинга съществено се повишава, когато маркетолозите са наясно с планирането във фирмата, като цяло. Когато постановката е за решаването на перспективни маркетингови задачи, то планът за маркетинговата дейност се разработва в състава на стратегическия план на фирмата.

Процесът на планиране на маркетинговата дейност в значителна степен зависи от нивото на централизация на планирането и управлението на фирмата.

Маркетинговият план се разработва за всяка структурна единица на фирмата и включва плановете на отделните продуктови линии, отделните видове продукти и отделните пазари, а също така може да бъде ориентиран към отделни групи потребители.

Както стратегическият, така и оперативният план за маркетингова дейност може да включва следните раздели:

- продуктов план (какво и кога ще се произвежда);
- изследвания и разработка на нови продукти;
- план за реализация;
- план за рекламата и стимулиране на продажбите;
- план за управление на дистрибуторските канали;
- ценови план;
- план за маркетингови изследвания;
- план за складовата дейност;
- план за организиране на маркетинга.

От гледна точка на формалната структура маркетинговият план, обикновено, включва следните раздели: *анотация за ръководството; текуща международна маркетингова ситуация; опасности и възможности; маркетингови цели; маркетингова стратегия; програма за действие; бюджет за маркетинга; контрол*.

Маркетинговата дейност се анализира, в зависимост от целите и стратегията за развитието на фирмата. Този анализ се състои от три части:

- *първо,* анализ на външната маркетингова среда (обща икономическа, пазарна, конкуренти);
- *второ,* анализ на маркетинговата дейност (обем на продажбите, пазарен дял, печалба, маркетингови процедури, организация на маркетинга, контрол, анализ на маркетинговия комплекс по компоненти);
- *трето,* анализ на маркетинговата система (цели на маркетинга, стратегия, права и задължения на маркетолозите, информационна система, планиране, контрол, взаимодействие, анализ на рентабилността и др.).

Следваща крачка в разработването на маркетинговия план е формулирането на предположения (прогнози), относно някои външни по отношение на фирмата фактори, които могат да въздействат върху нейната дейност. Прогнозите могат да се класифицират за страната, като цяло, за конкретен отрасъл, за дадена фирма. Примерни прогнози могат да бъдат:

- *първо*, пресищане на пазара с даден продукт, поради включване на нови производствени мощности от конкурентите;
- *второ*, конкуренцията в областта на ценообразуването може да понижи цените с определен процент;
- *трето*, основният конкурент предвижда да пусне нов продукт на пазара.

Следващият етап в планирането се отнася до маркетинговите цели. На практика, всеки планов документ, посветен на маркетинга, съдържа, като минимум, просто изброяване на цели, без да се използват някакви специални методи и подходи. Обаче, засилването на планово-управленската дейност активира прилагането на специални методи за целево управление. За всяка цел в дейността на фирмата се разработват варианти на нейната формулировка. Като пример за маркетингови цели, могат да се посочат следните:

- *първо*, удовлетворяване потребностите на потребителите;
- *второ*, завоюване на конкурентни предимства;
- *трето*, получаване на определена печалба;
- *четвърто*, ръст на обема на продажбите;
- *пето*, увеличаване на пазарния дял.

Може да се говори и за алтернативност при формулирането на отделни цели. Например, в областта на ценообразуването могат да бъдат отделени следните алтернативни цели:

- проникване на пазара чрез определяне на относително ниски цени;
- бързо компенсиране на загубите;
- получаване на обичайната норма на печалба;
- съдействие за най-бързото продаване на определена група стоки, отколкото получаването на печалба от една от тях;

- първоначално висока цена на стока, обусловена от нейното търсене, с последващо понижение на цената за поддържане обема на продажбите.

Главна цел на маркетинговата дейност следва да бъде спецификата на продукцията или потребността от нея. Те, по възможност, трябва да се ориентират не към групи купувачи, а към потребности, тъй като, за разлика от потребностите, купувачите са непостоянна категория.

Следваща стъпка е разработването на алтернативни стратегии, насочени реализирането на целите на маркетинговата дейност. Тези стратегии се детайлизират за всеки от елементите на маркетинговия комплекс.

Например, по отношение на продукта може да се използва стратегията за постоянно обновяване на асортимента на продукцията.

Стратегиите в областта на ценообразуването могат да бъдат формулирани по следния начин:

- установяване цени на продукта в съответствие с неговата позиция на пазара;
- провеждане на различна ценова политика на различните пазари;
- изработване на ценова политика с отчитане на ценовата политика на конкурентите.

В областта на придвижването на продукта могат да бъдат използвани стратегии, характеризиращи комуникациите с потребителите, методите и средствата за организиране дейността на сътрудниците от отдела за реализацията на нови пазари и т.н.

Стратегиите в областта на довеждането на продукта до потребителя се характеризират от:

- каналите, с помощта на които продуктът се довежда до потребителите;
- нивото на след продажбеното обслужване на потребителите;
- дейността по намаляването на разходите за доставката на продукта;
- продажбата на едро или на малки партиди.

След завършването на тези етапи на маркетинговото планиране е необходимо още веднъж да се оценят възможностите за постигане на поставените цели и приетите стратегии, използвайки такива оценъчни критерии, като пазарният дял, обемът на продажбите, разходът на ресурси, размерът на печалбата, и други преценки за очаквани резултати и вероятността за тяхното постигане.

Критерии за проверка на стратегическия план

№	Критерии	Въпрос за проверка
1	Целесъобразност	Предоставя ли планът реално и устойчиво предимство?
2	Обоснованост	Реалистични ли са предположенията, заложени в основата на плана? Какво е качеството на първичната информация?
3	Осъществимост	Налице ли са необходимите ресурси и ориентация за успех?
4	Съгласуваност	Съгласувани ли са елементите на плана помежду си и съответстват ли на характеристиките на външната и вътрешната среда?
5	Уязвимост	Каква е степента на риска и какви фактори предопределят успеха или поражението?
6	Гъвкавост	Доколко фирмата е обвързана със своите решения и може ли да ги отсрочи, да промени целите и стратегията?
7	Ефективност	Каква е реалната финансова привлекателност на плана и съвместима ли е тя с приоритетните цели на фирмата?

В процеса на планирането не се изключва необходимостта от тестването на пазара, т.е. да се организират пробни продажби, да се реализират други мероприятия, позволяващи да се погледне под друг ъгъл при вземането на решение.

Заедно с разработването на маркетингови планове се разработват и специални програми. Те, обикновено, са насочени за решаването на отделни комплексни проблеми. Например, за организиране пускането на нов продукт, имащ за фирмата важно значение, или за изпълнението на някаква особена задача, свързана с със завоюването на нов пазар или поглъщане на конкурираща фирма. Те обикновено са насочени за решаване на отделни комплексни проблеми, например, организиране производството на нов продукт, имащ за фирмата важно значение, завоюване на нов пазар или поглъщането на конкурентна фирма.

Могат да бъдат разграничени три типа програми за маркетингова дейност:

- *първо*, програма за привеждане на фирмата за работа в условията на маркетинг;

- *второ*, програма по отделни компоненти на маркетинговия комплекс и преди всичко, програми за усвояване на определени чужди пазари с помощта на определени стоки;
- *трето*, програми за усвояване на отделни елементи на маркетингова дейност, например, провеждане на рекламна кампания.

Преобладаващата част от фирмите се придържат към децентрализация на управлението, в това число и при планирането на маркетинговата дейност. Смята се, че от щаб-квартирата на фирмата е невъзможно да се предвидят нуждите на потребителите в една или друга страна и регион даже и след една година. Единственият начин да се планира ефективно в пазарни условия е да се ускорява реакцията на неговите изменения, което предполага децентрализация на планирането и съсредоточаване на плановата дейност в подразделенията на фирмата, където се произвежда и продава.

Организацията на планирането на маркетинга е тясно свързана с организацията на планирането на фирмата като цяло, но поради важността на плана за маркетинговата дейност, той се утвърждава даже на по-високо управленско ниво, в сравнение с неговата разработка. Ръководителят на фирмата, вземайки активно участие в утвърждаването на маркетинговия план, следва също така да се ориентира и в общите проблеми на организацията на планирането: целите и методите на планирането; разпределяне на задълженията в областта на планирането във фирмата; структурата и щата на отдела за планиране; изискванията към сътрудниците в отдела за планиране.

Организирането на маркетинга включва:

- *първо*, изграждане (усъвършенстване) на организационната структура за управление на маркетинга;
- *второ*, подбор на маркетингови специалисти с необходимата квалификация;
- *трето*, разпределение на задачите, правата и отговорностите в системата на управлението на маркетинга;
- *четвърто*, създаване на условия на сътрудниците в маркетинговия отдел за ефективна работа (работни места, информация, офис-техника и др.);
- *пето*, организиране на ефективно взаимодействие на маркетинговите служби с другите структури на фирмата.

Няма единна типова структура за управлението на маркетинга. Но всяка структура за управлението на маркетинга може да се изгражда на основата на един от следните показатели: *функции; географски зони; продукти и потребителски пазари*. Изхождайки от това се извеждат съответните принципи.

Функционалната организация на маркетинга е най-проста, обаче нейната ефективност пада с увеличаването на номенклатурата на произвежданите стоки и разширяването на броя на пазарите. Това е обусловено от факта, че във функционалната организация отсъства личността, отговаряща за маркетинга на отделните продукти, като цяло, или за дейността на определени пазари.

Географската организация е структура за управление на маркетинга, която се изгражда по отделни региони. Тя позволява на търговците да живеят в пределите на обслужваната територия, добре да познават своите потребители и ефективно да работят с минимални разходи на време и средства за предвижване.

Продуктовата (стоковата) организация е структура за управление на маркетинга, в която за реализирането на стратегията и текущите планове на маркетинга, за определен продукт или група продукти, отговаря ръководителят на продукта, при който на подчинение са всички сътрудници, изпълняващи необходимите за дадения продукт маркетингови функции.

Пазарната организация е структура за управление на маркетинга, при която управляващите отделните пазари носят отговорността за разработването и реализирането на стратегията и плановете за маркетинговата дейност на съответните пазари.

В зависимост от смисъла, който се влага в понятието “пазар”, в организационната структура могат да бъдат разграничени подразделения, ориентирани към конкретни потребители (например, на пазар за женски, мъжки и детски дрехи, ако фирмата произвежда тъкани за изработване на дрехи).

Продуктовите и пазарните организационни структури за управление на маркетинга не се използват в чист вид. Най-често се използва комбинацията от посочените принципи на организация, а именно: функционално-продуктова (стокова), функционално-пазарна (регионална), продуктово-пазарна (регионална) и функционално-продуктово-пазарна (регионална) структура за управление на маркетинга.

Правилният избор на организационна структура за управлението на маркетинга създава само предпоставки за ефективна работа на маркетинговите служби. По-важно е да се комплектуват тези служби с квалифицирани специалисти, правилно да се разпределят задълженията между тях,, да им се предоставят необходимите права, да им се създадат приемливи условия за работа. Всичко това е задължение на ръководителя на маркетинговия отдел съвместно с ръководството на фирмата.

Особеностите на работата в областта на маркетинга предполагат *специфични изисквания към маркетинговите специалисти*:

Първо - системни знания, голяма ерудиция и кръгозор. Маркетологът трябва да притежава знания и в областта на последните постижения на научно-техническия прогрес, и в областта на търговската дейност, и в областта на производството, и т.н.

Второ - комуникативност. Маркетологът трябва да умее да намира "общ език" с хора с различен светоглед, навици и привички, характери, живеещи в различни региони и страни и занимаващи се с различни видове дейности.

Трето - стремеж към новостите и висока степен на динамизъм. За маркетинга времето е решаващ фактор. В този смисъл се наложи и понятието "турбомаркетинг", характеризиращо стремителността на процесите, които са в неговата основа. Бизнесмените, в това число и маркетолозите трябва да умеят бързо да реализират предоставения им шанс.

Четвърто - дипломатичност и умения да гаси възникнали конфликти. Като проводник на новото, маркетологът, принуждавайки останалите ръководители да се ориентират към нововъведения, често предизвиква у тях раздразнение и противодействие, тъй като всяко ново е свързано с допълнителни усилия и рискове. Затова, без тези качества на маркетолога във фирмата може да се създаде непоносим психологически климат с редица негативни последствия.

Пето - знание на чужди езици. Чуждо езиковата подготовка подпомага маркетолога за създаване на доверителни отношения и взаимно разбиране с бизнесмени от други страни, за изучаване на чужд опит.

Задачите на маркетинговите служби са ориентирани към потребителите, постоянно да следят за техните потребности и също така да наблюдават поведението на конкурентите, да определят слабите и силните им страни и възможностите им за пазарно поведение. В този смисъл маркетинговата функция е водеща. Тя е определяща за техническата, за производствената политика на предприятието, за стила и характера на управлението на цялата предприемаческа дейност.

Маркетинговите служби оказват влияние върху всички най-важни функции на фирмата. Така, в областта на определянето на целите и задачите на фирмата акцентът се поставя върху пазарните, а не върху производствените й възможности, като общите ресурси се обвързват с изискванията на пазара. Фирмите трябва да произвеждат изделия, които могат да продадат с печалба, а не такива, които им е по-лесно да произведат.

В заключение могат да бъдат посочени следните *основни функции на ръководителя на международния маркетинг:*

- подбор на целите и стратегиите на маркетинговата дейност и определяне на необходимите за това ресурси;
- разработване на детайлизирани планове за маркетингова дейност, в това число и за реализация на продукцията;
- оценка на резултатите от маркетинговата дейност;
- подбор, обучение и консултиране на сътрудниците в маркетинговите служби;
- разработване и провеждане на единна маркетингова политика във фирмата.

Цикълът на управлението на маркетинга завършва с контрол, който едновременно с това поставя началото на нов цикъл за планиране на маркетинговата дейност.

Session 5

Space Material Science and Nanotechnology

Chairman: Prof. Dimitar Teodossiev
Secretary: Chief Assistant Zdravka Karaguiozova

S E S 2 0 1 4
Tenth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

OPTICAL AND MATERIAL CHARACTERIZATION OF POLYMER MATERIALS AND SAMPLES

Ivan Nikolov[1], Stefka Kasarova[2], Nina Sultanova[2]

[1]Sofia University, Faculty of Physics, Dept. of Optics and Spectroscopy
[2]University "Assen Zlatarov"- Bourgas, Dept. of Mathematics and Physics
e-mail: ivandn2@phys.uni-sofia.bg

Keywords: *Optical polymers, refractive indices, material characteristics, micro- and nanometrology*

Abstract: *Application of polymers is determined by their optical and material characteristics. Different types of optical polymers have been investigated to reveal their refractometric, transmissive and dispersive properties in the visible and near-infrared spectral regions. Ultrasonic measurements have been accomplished for material characterization of plastics. Influence of operating temperature is also considered.*

Metrologic measurements are required to control the quality of polymer elements including micro- and nanometrology. Illustrations of our results are presented. Some new applications in aerospace technology as hybrid and nanocomposite polymer structures are pointed out.

ОПТИКОФИЗИЧНО ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА ПОЛИМЕРНИ МАТЕРИАЛИ И ОБРАЗЦИ

Иван Николов[1], Стефка Касърова[2], Нина Султанова[2],

[1]СУ "Св. Кл. Охридски", Физически факултет, Катедра"Оптика и спектроскопия"
[2]Университет „Проф. д-р Асен Златаров", Катедра „Математика и физика"
e-mail: ivandn2@phys.uni-sofia.bg

Ключови думи: *Оптични полимери, материални характеристики, оптични характеристики, микро- и нанометрология*

Резюме: *Приложението на полимерите се определя от техните оптични и материални характеристики. Изследвани са различни видове оптични полимери, като са определени техните рефрактометрични, трансмисионни и дисперсионни характеристики във видимата и близка ИЧ спектрална област. Проведени са ултразвукови измервания за установяване на материалните параметри на полимерите. Разгледано е също така влиянието на работната температура.*

За контрол на качеството на полимерните елементи са проведени микро- и нанометрологични измервания. Илюстрирани са някои от получените резултати. Посочени са нови приложения в аерокосмическите технологии като хибридни и нанокомпозитни полимерни структури.

Introduction

Polymer materials are nowadays used not only in the design of consumer but also of precise optical systems and devices. Because of the moulding technological process great economies are possible in the production of optical elements with complex geometric surfaces. Polymer materials exhibit also valuable optical as well as physical and mechanical properties.

Unique properties of optical polymers (OPs) as low cost and weight, high impact and shatter resistance, excellent light transmission and configuration flexibility determine their usage in optical aerospace tools and instruments. Typical applications include frontal module displays of helmets and suits, ophthalmic lenses and goggles, phototropic helmets to protect the eyes of pilots from bright laser beams, near-infrared (NIR) optical systems for remote observation of objects and hyper-spectral imaging devices for photometry of earth surface and cosmic bodies.

A large number of optical polymers including principal as polymethyl methacrylate (PMMA), polystyrene (PS), polycarbonate (PC), methyl methacrylate styrene copolymer (NAS), styrene

acrylonitrile (SAN), some trade-marks of OPs as NAS-21 Novacor, CTE-Richardson, Zeonex E48R, Bayer, and development materials of Eastman Chemical Company (ECC) have been investigated. Extensive refractometric data of bulk polymers as well as thin films has been obtained by different measuring techniques [1, 2]. Transmission spectra of OPs reveal normal dispersion of polymer materials in the entire visible (VIS) and NIR spectral regions up to 2200 nm. Dispersive characteristics are calculated on base of Cauchy-Schott and Sellmeier's approximations [3]. Polymers are more sensitive to temperature variations in comparison to glasses. Therefore, refractive index dependence with temperature has been studied and thermo-optic coefficients (TOCs) of OPs have been estimated in the range between 10 and 50 °C. Thermal expansion coefficients and thermal "glass" constants (TGCs) are derived on base of obtained values of TOCs. Mechanical characterization of OPs is carried out by means of ultrasonic measurements. Obtained values of Young's and shear moduli are reported. Some additional physicomechanical characteristics as Poisson's ratio, ultimate strength, hardness, impact resistance, thermal conductivity, etc. are presented.

Characterization of optical properties of polymer materials

Polymer materials transmit well in the VIS and NIR spectral regions. Typically, they are totally opaque in the ultraviolet (UV) and infrared regions beyond 2100 nm, though there are weak absorption bands at about 900 nm, 1150 nm, 1350 nm, and 1675 nm [4]. We have measured transmittance of thin polymer films prepared from solutions of ECC materials by means of a UV-VIS-NIR spectrophotometer Varian Carry 5E. In Fig. 1 results for the polycarbonate, polyarylate and copolyester layers with close thickness *d* are presented in the spectral range from 400 nm to 2500 nm. All studied OPs have transmission of about 90 % up to 1600 nm. Given spectra have weak absorption bands between 1660 and 1700 nm, due to the first overtone of the –CH group and a considerable transmission decrease is observed at wavelengths greater than 2200 nm where absorption of other C–H groups occurs. Results for transmittance (*TR*) of samples with thickness of 3.2 mm as well as spectral range (*SR*) of some of the studied OPs are included in Table 1 on base of literature data [3-5].

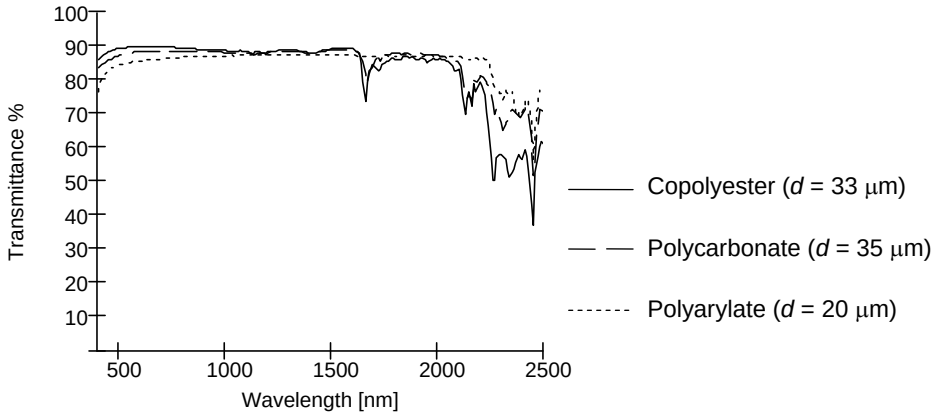


Fig. 1. Transmission spectra of different types of polymer films

Refractive index (RI) of optical materials is the most important parameter for their applications in optical and photonic systems and devices. Proper choice of RI measuring technique depends on the sample shape, size and thickness. Measurements of bulk polymer specimens are based on the deviation angle method. In the visible spectrum we have used the Carl Zeiss Jena Pulfrich-Refractometer PR2 with its V-type SF3 (VoF3 prism) glass prism. Samples were prepared as injection moulded plates or cubes with two fairly well polished, mutually perpendicular surfaces to obtain good refractometric data [1, 3]. Proper immersion emulsions with a suitable refractive index were used to ensure the optical contact between the specimens and the prism. Refractive indices of OPs have been determined at five emission wavelengths of the spectral lamps of the device: green e-line 546.07 nm and blue g-line 435.83 nm (mercury lamp), yellow d-line 587.56 nm (helium source), and blue F-line 486.13 nm and red C-line 656.27 nm (hydrogen lamp). Results for some of the examined polymers at 20 °C are presented in Table 1. Combined standard uncertainties of measured refractive indices were estimated and maximal value of $\pm$ 5.6×10^{-5} was obtained.

Refraction of bulk polymer samples in the VIS and NIR regions up to 1052 nm has been measured by a goniometric set-up [1]. A lighting module consists of a 250 W halogen lamp and Carl Zeiss metal narrow band interference filters (IFs). A G5-LOMO goniometer with an accuracy of one arc second was used with the VoF3 prism-block of the PR2 instrument. A photo detector device

including a plane silicon photodiode, operating amplifier and indicator was applied for RI investigation of OPs in the NIR area. Measurements are accomplished at wavelengths of maximal transmission of the IFs. In Table 1 results at 879 and 1052 nm are also presented. Combined standard uncertainty is $\pm$ 3.9×10^{-4} [3]. RIs at s- and t- spectral lines are calculated by the Cauchy-Schott approximation in the region of normal dispersion for input data consisting of six measured RIs [1, 3]. Additional RI laser measurements of thin polymer films at wavelengths up to 1320 nm have been accomplished [2].

Dispersion properties of optical materials are evaluated by their principal dispersion $n_F - n_C$ and Abbe numbers ν_d or ν_e (Table 1). Characterization in NIR spectrum is carried out by partial dispersion $\Delta n_{NIR} = n_{804} - n_{1052}$ which corresponds to the measuring interval and Abbe number, defined as: $\nu_{879} = (n_{879} - 1)/ (n_{804} - n_{1052})$. Materials in Table 1 are set in order of decreasing value of ν_d. The PC polymer is the most dispersive plastic in VIS as well in NIR region. However, this order is not preserved for materials as Zeonex which is less dispersive in NIR than in VIS spectrum in comparison to PMMA. NAS-21 and SAN polymers show the same tendency, too. Partial dispersion Δn_{NIR} is about one third of the principal $n_F - n_C$. First order dispersions $\left|dn/d\lambda\right|$ at d-line and 879 nm give more detailed information on dispersive properties of optical materials. In VIS region, values of $\left|dn/d\lambda\right|$ increase with the decrease of ν_d. This order is not the same as in NIR area – NAS-21 is the most dispersive material. PMMA and Zeonex E48R show least dispersion in the entire considered spectrum.

Table 1. General optical characteristics of OPs

	λ, nm	PMMA	Zeonex E48R	NAS-21	SAN	PS	Bayer	PC
n_g	435.8	1.5025	1.5431	1.5933	1.5882	1.6171	1.6121	1.6117
n_F	486.1	1.4973	1.5376	1.5835	1.5783	1.6056	1.5998	1.5994
n_e	546.1	1.4934	1.5333	1.5753	1.5705	1.5963	1.5905	1.5896
n_d	587.6	1.4914	1.5309	1.5714	1.5667	1.5917	1.5857	1.5849
n_C	656.3	1.4890	1.5282	1.5674	1.5623	1.5862	1.5803	1.5793
n_s	852.1	1.4837	1.5228	1.5575	1.5532	1.5762	1.5705	1.5690
n_{879}	879	1.4835	1.5224	1.5573	1.5526	1.5756	1.5698	1.5683
n_t	1013.9	1.4819	1.5209	1.5543	1.5504	1.5726	1.5669	1.5654
n_{1052}	1052	1.4813	1.5204	1.5544	1.5496	1.5718	1.5660	1.5645
$n_F - n_C$		0.0083	0.0094	0.0161	0.0160	0.0194	0.0195	0.0201
Δn_{NIR}		0.0030	0.0030	0.0050	0.0047	0.0057	0.0058	0.0058
ν_d	587.6	59.2	56.5	35.5	35.4	30.5	30.0	29.1
ν_{879}	879	161.2	174.1	111.5	117.6	101.0	98.2	98.0
$\left\|dn/d\lambda\right\|_d$ $\times10^{-5}$, nm^{-1}	587.6	5.75	6.06	7.58	10.13	11.19	10.64	11.59
$\left\|dn/d\lambda\right\|_{879}$ $\times10^{-5}$, nm^{-1}	879	0.97	1.07	3.03	1.70	2.34	2.54	2.37
TR, %		92÷95	92	90	88	87÷92	88	85÷91
SR, nm		360÷1600	360÷1200	300÷1600	360÷1600	380÷1600	380÷1600	380÷1600

Mechanical and thermal properties of optical polymers

In addition to the optical requirements, plastics should be selected on basis of their mechanical properties and environmental compatibility. The rigidity of a material ensures its impact or shatter resistance and is therefore a factor that determines safety. Evaluation of rigidity is based on examination of the polymer elastic modulus (Young's modulus). To obtain the values of elastic moduli of studied OPs we have accomplished ultrasonic investigations. As it is known, velocity c_l of

longitudinal acoustic waves depends on Young's modulus *E* and Poisson's ratio μ in accordance to the relation:

$$c_l = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}}, \quad (1)$$

where ρ is the material density. This equation is valid for propagation of elastic waves in solid objects which transverse dimension are much greater than the sound wavelength. On base of measured velocity c_l and ρ, and literature data [3, 6] on μ, *E* is estimated by Eq. (1), while shear modulus *G* is then derived from the expression: $G = E/[2(1+\mu)]$. Results are presented in Table 2. Some other mechanical characteristics, useful in applications of OPs, are also included as:ultimate tensile strength σ_m, impact resistance *I* in terms of the widely used Izod test, and hardness according Rockwell scale *HR M*. Strength as well as impact resistance of plastics are dependent not only on the type of the polymer, but also on the processing history of the product. It's worth noting that optical plastic elements should not be subjected to loads because of possible birefringence arising. Among all plastics, PC and Bayer, which is also a polycarbonate polymer, have the highest impact resistance. Though polycarbonates are relatively soft plastics [3], they are higher-temperature materials (Table 3) with higher elongation at break. For that reason, safety glasses, helmets, and systems requiring durability often are made from PC.

Table 2. Some mechanical and material characteristics of OPs

PMs	$\rho\times10^3$ kg/m^3	*E* GPa	*G* GPa	μ	*I* J/m	*HR M*	σ_m MPa
PMMA	1.187	4.17÷5.57	1.49÷2.06	0.35÷0.4	16÷32	92÷100	80
PS	1.040	3.69	1.37	0.35	19÷24	60÷90	30÷100
PC	1.195	2.78÷3.37	0.99÷1.23	0.37÷0.4	600÷850	70	55÷75
SAN	1.202	4.30	1.57	0.37	11÷21	75÷86	58÷79
Zeonex E48R	1.007	3.66	1.34	0.37	21	75	71
Bayer	1.204	2.98÷3.53	1.07÷1.30	0.36÷0.39	850	70	66

High temperature sensitivity is probably the weakest area of plastics. Polymer elements and systems should function well optically in a broad temperature interval between –40 °C and +130 °C. In Table 3 some important thermal characteristics are listed as maximal operating temperature T_{max}, linear thermal expansion coefficients α_T, TOCs, TGCs, and coefficients of thermal conductivity κ. On base of measured RIs at different temperatures from 10 to 50 °C, TOCs which represent temperature gradient of RIs $\Delta n_d/\Delta T$ of polymers are estimated [7]. Most stable optically polymer is again the PC material while NAS-21 is the most temperature sensitive material. Obtained TOCs have been used to derive the linear thermal expansion coefficients using the well-known Lorentz–Lorenz equation [3] and then TGCs are estimated by the relation:

$$\gamma_{\lambda,T} = \frac{\mathrm{d}n_\lambda / dT}{n_\lambda - 1} - \alpha\,. \quad (2)$$

In comparison to glasses, TOCs of polymer materials are with about two orders of magnitude larger than those for optical glass types and are definitely negative. Thus, maintaining focus over a range of temperature is a significant problem in plastic optics. High temperatures also alter the geometric parameters of optical systems as focal lengths, radii of curvature of surfaces, lens thicknesses, air spaces, diameters, etc. Consequently, thermally-induced optical figure errors of polymer elements arise. Detailed analysis of thermo-optic aberrations of plastic devices could be accomplished in accordance with [6].

Thermal conductivity of OPs is relatively small and may be as much as one order of magnitude lower than for optical glass types and as a result plastics are good thermal insulators. Among presented OPs, the polycarbonate materials possess broadest service interval from –137 to +130 °C. Polymers as polystyrene and SAN have inferior thermal resistance as well as poor UV

stability. The ability of plastics to withstand rapid changes of temperature is better than that of glasses. Thermoplastics allow variation of temperature below melting point without loss of optical quality [3].

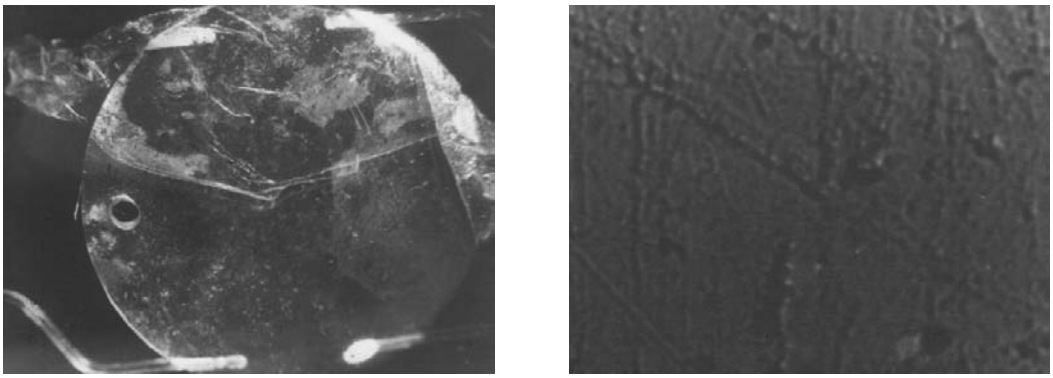
Table 3. Thermal characteristics of OPs

Polymer	*T*max °C	α_T $\times 10^{-4}$, K^{-1}	$\Delta n_d/\Delta T$ $\times 10^{-4}$, K^{-1}	$\gamma_{d,\,20°}$ $\times 10^{-4}$, K^{-1}	κ W/m.K
PMMA	86	0.7	–1.30	–3.4	0.21
PS	80	0.6	–1.31	–2.8	0.17
PC	130	0.5	–1.00	–2.2	0.2
SAN	79÷88	0.5	–1.10	–2.5	0.14
NAS 21	93	0.7	–1.40	–3.0	–
Zeonex E48R	123	0.6	–1.26	–3.0	0.17
Bayer	130	0.6	–1.20	–2.6	0.2

Micro- and nanometrology of polymer samples

Polymer products show imperfections as a result of the technological processing or exploitation history. Microdefects on polymer surfaces are controlled by means of optical microscopes which resolution ability (RA) is restricted by light diffraction according to the expression: $\delta = 0.61\ \lambda/A$ where *A* is the numerical aperture of the objective. This means that diffraction limit of the RA is about $\lambda/2$. For a given microobjective, with known *A,* the minimal distance δ between two resolved points estimates the minimal measured distance at the examined surface. The maximal magnification of optical microscopes is 1500x. In nanometrology of surface imperfections of OPs, transmission electronic microscopes (TEMs) are used. Wavelengths of electronic waves depend on the applied voltage of the accelerating field in the TEM device and are determined by the de Broglie wavelength: $\lambda = h/p$, where h is the Planck's constant and *p* is the momentum of the electron. In TEM devices, image sizes are in the interval 5 ÷ 100 μm and magnification is in the limits 50 000 ÷ 100 000x. Usage of CCD cameras increases linear magnification of microscopes with 2500x. In case of TEM systems, resolving power is limited by the diameter of the focusing electronic beam of about 0.1 nm. Limits of RA are restricted by the small apertures of the electronic lenses (down to 0.01) because of the residual spherical aberrations [7, 8].

In Fig. 2a) a photo of an American intraocular lens (Alcon type) with 40x magnification obtained by an optical microscope is presented. Protein fractals are observed at the surface of the enucleated patent's lens after usage. In Fig. 2b) a TEM image with 10800x magnification of an ophthalmic contact lens, made from a hydrophilic polymer, is illustrated. In the second picture cosmetic defects as scratches and ditches under 300 nm as a result of the physicochemical polishing, are perceived.



a) b)

Fig. 2. Photographs of: a) a microimage of a used intraocular lens; b) a TEM nanoimage of the lens surface

Birefringence is another imperfection developed by residual stresses in manufacturing of transparent plastics. It is due to the effect of variations in the index of refraction in different directions

of the material and arises when polymer chains align during production procedures as extrusion, stretching, drawing, moulding, casting, joining, etc. [9]. Strains can be introduced by differential shrinkage, uneven cooling, or nonuniform flow of polymer melt. Birefringence Δn of OPs could be as high as 8×10^{-3} for PS components and less for the acrylic of about 6×10^{-5} [10]. By carefully controlling of temperature conditions and flow speed during the technological processes high quality of optical components can be achieved and birefringence can be smaller than 2×10^{-6} [9]. Polymer products and samples are checked for birefringence by refractometric and polarimetric measurements to eliminate low quality specimens.

Conclusions

OPs exhibit valuable optical, physical and mechanical properties. They are organic glasses which transmit well in the VIS and NIR regions. *SR* of transmittance depends on the structure of the material and sample thickness (Table 1). Some optical grade PMMA types have transmission down to 300 nm, but most OPs begin to absorb in the blue portion of the VIS light [4,5]. OPs have a limited range of RI values in comparison to glasses. Their optical properties may change with temperature and moisture. Generally OPs are more dispersive materials then glasses, but there are plastics as PMMA and Zeonex types which are less dispersive in NIR region. OP elements should not be subjected to loads because of possible birefringence arising.

The use of plastic optical elements is good for reduction of weight, due to the relatively smaller densities of polymers (Table 2). Impact resistance is one of the outstanding advantages of OPs in comparison to glass. PC and Bayer have the highest values of *I*. Low values of elastic moduli results in easy deflection of plastic elements by external loading or intrinsic mass. Insufficient abrasion and scratch resistance of OPs is a drawback in comparison to glasses. Both inorganic (vacuum deposited) and organic materials are used to reduce susceptibility to scratching. Among thermal characteristics, attention should be drawn to the maximal service temperature, linear thermal expansion coefficients, TOCs and TGCs (Table 3). Minimization of the temperature induced aberrations is achieved by usage of hybrid glass-plastic elements.

OPs are widely used in science and technology: night vision and laser systems, auto-building and military industry, optoelectronics, optical communications, etc. Some new applications of the plastic materials are hybrid and nanocomposite structures, used in the aerospace stations, military systems, optical information networks, etc. [6,8]. In aerospace apparatus engineering specialized materials as metal parts with integrated polymeric materials at the surface as well as polymeric components with metal atoms incorporated in the structure chains are used. OPs with nanotubes and nanometalic fibers which have excellent physicochemical and mechanical characteristics are used for the production of aero-illuminators, adaptive filters in remote controlled photo cameras, state-of-the-art colour displays and helmet displays, device-on-a-chip, etc. Up-to-date applications of OPs are metallic-organic and polymeric-semiconductors with multilayer structures used in the remote controlled optical electronic systems and aircraft complexes. In a DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) project a polymer membrane will be used which diffracts light like a Fresnel lens and because of light weight it can be fold up realizing a large telescope's size.

References:

1. S u l t a n o v a, N., C. I v a n o v, I. N i k o l o v. Measuring the refractometric characteristics of optical plastics. *Opt. Quant. Electron.*, Vol. 35, 2003, pp. 21-34.
2. S u l t a n o v a, N., S. K a s a r o v a, I. N i k o l o v. Investigation of optical properties of thin polymer films. *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 356, 012049, 2012.
3. S u l t a n o v a, N., S. K a s a r o v a, I. N i k o l o v. *Refractive Index Metrology of Optical Polymers*, Lap Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, ISBN: 978-3-659-55714-9, 2014.
4. L y t l e, J. Polymeric optics, in *Handbook of Optics*, Vol. II, Ed. Bass M. et al., McGraw - Hill Inc., New York, 1995, pp. 34.1-34.21.
5. *Handbook of plastic optics*, Ed. Bäumer S., Wiley-VCH, Germany, 2010.
6. S u l t a n o v a, N., S. K a s a r o v a, I. N i k o l o v. Refractometry of optical polymers. Assen Zlatarov University of Bourgas, ISBN 978-954-8040-74-7, 2013 (in Bulgarian).
7. N i k o l o v, I.D. Nanofocusing devices development and nano-medicine. *Current Nanoscience*, Vol. 1, 2005, pp. 211-224.
8. N i k o l o v, I. D. Nanophotonics and Nanomedicine, in *Leading Edge Nanotechnology Research Developments*. Ed. Sabatini D.M., Nova Science Publishers Inc., New York, 2007, pp. 39-67.
9. H o f f m a n, B. R., A. S. R e d n e r. Measuring residual stress in transparent plastics. *Medical Plastics and Biomaterials*, Vol. 4, No 1, 1997, pp. 16-27.
10. *The handbook of plastic optics*, 1st Ed., U. S. Precision Lens, Cincinnati, Ohio 45245, 1973, pp. 11-23.

S E S 2 0 1 4
Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria

МЕХАНИЧНИ СВОЙСТВА НА МОДИФИЦИРАНА АЛУМИНИЕВА СПЛАВ – В95

Анна Бузекова – Пенкова

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

***Ключови думи**: алуминиеви сплави, ултрадисперсен диамантен прах*

***Резюме:** В представената работа са разгледани механичните свойства на алуминиевата сплав – В 95 и създадената в нашето направление сплав – В95 с количествена прибавка на ултрадисперсен диамантен прах /УДДП/ и волфрам /W/.*

MECHANICAL PROPERTIES OF MODIFIED ALUMINIUM ALLOY B95

Anna Bouzekova – Penkova

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

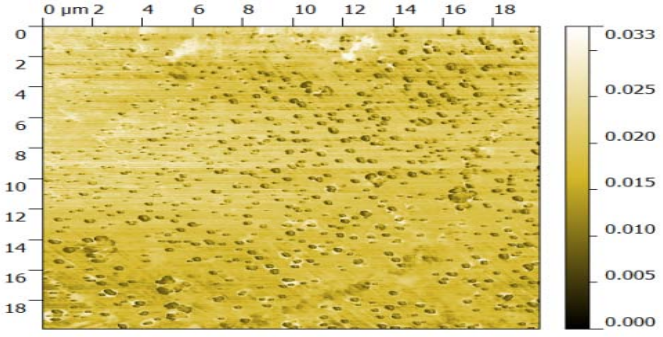
***Keywords:** Aluminium (Al) alloys, nanodiamonds (ND)*

Abstract: In the present work are considered mechanical properties of Al-alloy B95 and created in our department alloy – Al-alloy B95 with some added quantities of ultradispersed diamond powder (UDDP) and tungsten (W).

Въведение

Развитието на модерната технология довежда до все по-големи изисквания към материалите. Стандартните леярски и деформируеми сплави на базата на алуминий често не отговарят на тези изисквания, принуждавайки ни да използваме по-скъпи материали. По-специално произведени по специална технология (ултра бърза кристализация, механично сплавяване, стопилка смесена с ултрафинни частици и т.н.

Както много групи, така и нашата група прави разработка (изследвания) в създаването на нова, подобрена сплав. Избрали сме сплав В95, поради това че тя е доста често използвана в самолетостроенето, корабостроенето и в много други отрасли. Това е деформируема сплав с най- висока якост, явява се сплав на основата на Al-Zn-Mg-Cu, към която ние сме добавили количествена прибавка на ултрадисперсен диамантен прах /УДДП/ и волфрам /W/, Фиг.1. Ултра дисперсния диамантен прах също е разработен и получен по взревен път в нашето направление [1-4].



Фиг. 1

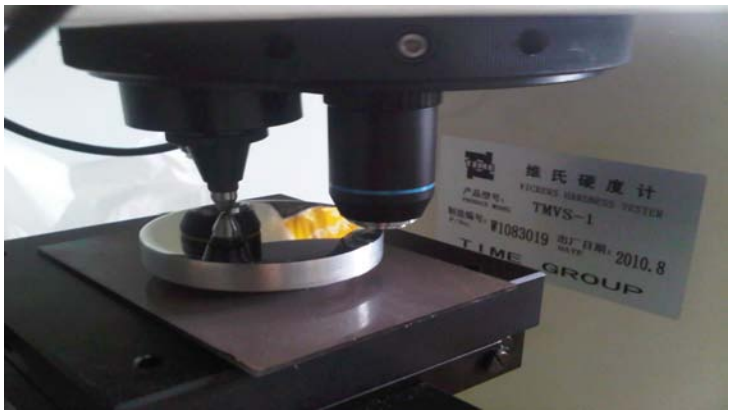
Фиг. 1 е AFM изображение с увеличение 20x20 микрона, което показва степента на разпределение на наночастиците.

Степента на разпределение (диспергиране) се определя с използването на специализиран софтуер (Gwyddion 2.30). На изображението остават само интересуващите ни нанообекти, след което се прави статистика за степента на разпределение върху площта от изображението.

Оценката на ефекта на уякчаване с помощта на съотношенията на Аксел и Ленел показват, че легирането с частици на УДДП дава резултат още при малки концентрации, като с увеличаване на съдържанието на диамант твърдостта се увеличава. Твърдостта за изходната сплав В95 без УДДП е около 50-60=HV.

След високочестотна закалка се достигат следните резултати за нашата сплав HV=136.6 За сплав В95 след високо честотна закалка HV=125.

1. Стандартно микротвърдост изследване, основаващо се на директно измерване с помощта на оптичен микроскоп TMVS – 1 (Vickers, hardness,tester), Time GROUP Задържането е автоматично.Време на задържане при зададено натоварване 10 sec. Отпечатъка се получава на повърхността на изследвания образец, след премахване на натоварването.. Измерената твърдост е по Викерс в MPa. Използва се индентор с формата на правилна четириъгълна пирамида с ъгъл при върха 136º.



Фиг. 2

Образеца беше предварително изрязан на струг с размер d=50.6 mm. След това беше шлифован на шлифовачни машини Metasinex – ROW RATHENOW с шкурки от 600 до 2000 и последващо полиране на MULTIPOL 2-precision polishing machine с полираща паста, до получаване на напълно гладка, огледална повърхност.

Образеца е показан на фиг. 3



Фиг. 3

Изследвания направени хаотично в различни точки от повърхността на образеца при натоварване 25 g.

Таблица 1

при натоварване 25 g	123.8 HV	1214 MPa
	127.9 HV	1254 MPa
	129.2 HV	1267 MPa
	126.2 HV	1238 MPa
	126.7 HV	1243 MPa
	121.2 HV	1189 MPa
	127.2 HV	1247 MPa
	126.8 HV	1244 MPa
	138.4 HV	1357 MPa
	128.8 HV	1263 MPa

За да се превърне HV в MPa, 1HV се умножава по 9,807.
1 мегапаскал [MPa] = 0.001 гигапаскал [GPa]

Средна стойност на микротвърдостта при натоварване 25 g HV=127.62 или 1252 MPa или GPa=1.252

Микротвърдостните параметри дават идея за цялостната картина на механичните свойства на материала, както и за неговите структурни особености.

Едрината на зърната в изследваните участъци е приблизително еднаква – наблюдават се по-едри зърна.

Изследвания направени хаотично в различни точки от повърхността на образеца при натоварване 100 g.

Таблица 2

при натоварване 100 g	143.0 HV	1402 MPa
	137.0 HV	1344 MPa
	133.0 HV	1304 MPa
	139.3 HV	1366 MPa
	130.3 HV	1278 MPa
	125.5 HV	1231 MPa
	134.5 HV	1319 MPa
	127.1 HV	1246 MPa
	126.3 HV	1239MPa

Средна стойност на твърдостта при натоварване 100 g е HV=132.88 или 1303 MPa или GPa = = 1.303
Колкото е по-голям отпечатъка, толкова по – точни измервания.

2. Нанотвърдост. На същият образец бяха направени изследвания на нанотвърдост на материала по Викерс, но на друг апарат, които е показан на фиг. 4.



Фиг. 4

На Фиг. 4 е показан Nanoindentor UMT-2 на Bruker които е универсален апарат за механични и трибологични изпитания [5].

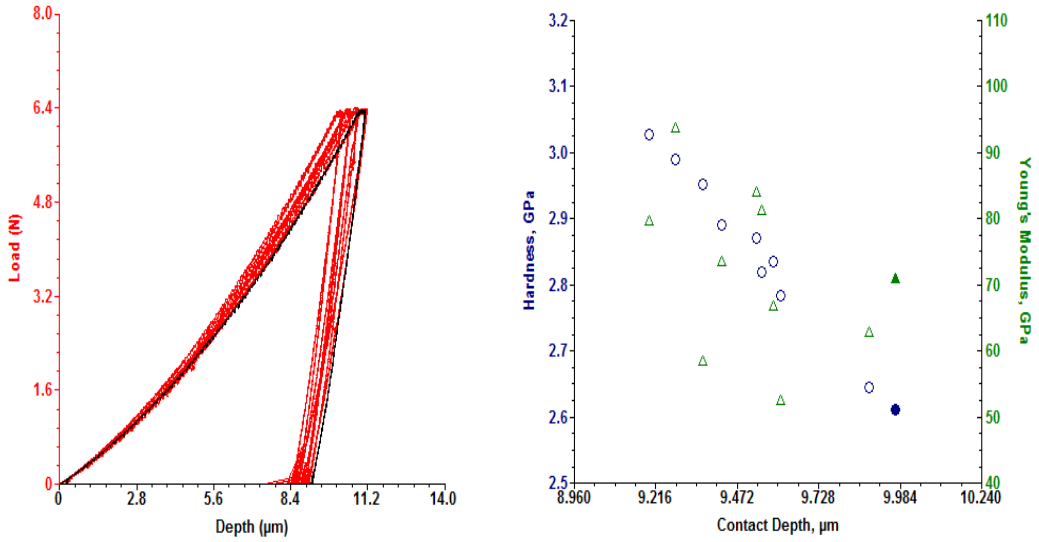
Измерванията изискват нов технологичен подход, даващ възможност за прецизно определяне и контролиране на приложеното натоварване (в mN и nN) и на дълбочината на проникване. Този метод се основава на определяне на индентационната крива (натоварване-дълбочина на проникване) при постоянна скорост на натоварване .

На образеца са направени 10 броя индентации, като отстоянието между отделните точки на натоварване е 1мм. Крайните резултати за твърдост и модул на Юнг са определени чрез статистическа обработка на данните. Изчисленията са направени при коефициент на Поасон – 0.33. Резултатите са представени в Таблица 3.

Таблица 3. Резултати за твърдост и модул на Юнг

Max loading – 7N	Hardness (GPa)	Standard Deviation(GPa)	Young's modulus (GPa)	Standard Deviation(GPa)
AlB95+W+Diamond Nanoparticles	2.842	0.137	72.328	12.612

От получените резултатти се вижда, че микротвърдосттта е приблизително 6 пъти по-голяма.



Графика 1

Графика 1. Експериментални графики. Отляво – кривите „натоварване-дълбочина на индентацията" (Load-Depth Curves). Отдясно – резултатната графика с изчислените за всяка индентация твърдост и модул на Юнг.

Изводи:

Съвременните уреди съчетават възможностите за измерване на микротвърдост по класическия метод, чрез големината на отпечатъка, с подхода при наноиндентацията, като позволява да се работи както в областта на микропроникването, така и в малките обхвати-нанопроникването.

Твърдост HV=136.6
Микротвърдост при натоварване 25 g HV=127.62 или 1252 MPa или GPa=1.252
Микротвърдост при натоварване 100 g е HV=132.88 или 1303 MPa или GPa= 1.303
Нанотвърдост GPa= 2.842

Благодарност:

Изказваме благодарност към док. гл. ас. Георги Стефанов от института по Металознание, съоръжения и технологии “Акад. А. Балевски” с център по хидроаеродинамика към БАН

Литература:

1. Експеримент «ВОАЛ» от програмата на втория космонавт, София
2. BG патент 9318561990 г.
3. USPAtent № 5,353,708/11.1994
4. М и т е в а, Ад. Приложение на метода на молекулярната динамика за получаване на кристали, Proceedings of 19-th Summer School " Applications of Mathematics in Engineering", Ed. D.Ivanchev, pp.293-296, Sofia, 1994.
5. K a v a r d z h i k o v, V., L. P a r a s h k e v o v a, A. B a l t o v, E. I v a n o v, I. B o r o v a n s k a, B. M i l o s h e v a, R. K o t s i l k o v a, Mechanics of nanomaterials and nanotechnology; institute of Mechanics,Vo. 3, Part IV, Chapter 3
6. Ф р и д в я н д е р, И. Н. Алюминиевые деформируемые конструкционные сплави, Проблемы цветной металлургии 1979
7. Ф р и д л я н д е р, И. Н., К. В. Ч у и с т о в, А. Л. Б е р е з и н а, Н. Н. К о л о б н е в, Алюминий-литиевые сплавы. Структура и свойства, – Киев, «Наукова думка», 1992.

УЯКЧАВАЩИ ДОБАВКИ В КОМПОЗИЦИОННИ МАТЕРИАЛИ НА АЛУМИНИЕВА ОСНОВА

Анна Бузекова – Пенкова, Аделина Митева

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: a_bouzekova@abv.bg; ad.miteva@gmail.com

Ключови думи: *Алуминиеви (Al) сплави, уякчаващи добавки, силициев карбид (SiC), нанодиаманти (ND), метални композити*

Резюме: *В днешно време наноструктурираните метали, сплави и композитни материали са обект на засилен интерес. Това се дължи най-вече на техните настоящи и потенциални приложения в различни сфери на промишлеността и бита. В тази статия ние правим преглед на основните съществуващи добавки, отговорни за уякчаването на алуминия и алуминиевите сплави. Възможни бъдещи изследвания се разглеждат.*

REINFORCING ADDITIVES IN ALUMINIUM BASED COMPOSITE MATERIALS

Anna Bouzekova – Penkova, Adelina Miteva

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: a_bouzekova@abv.bg; ad.miteva@gmail.com

Keywords: *Aluminium (Al) alloys, reinforcing additives, silicon carbide (SiC), nanodiamonds (ND), metal matrix composites*

Abstract: *Nowadays nanostructured metals, alloys and composites are the subject of great interest. This is mainly due to their actual and potential applications in various fields of industry and everyday life. In this paper we review the main existing reinforcements responsible for strengthening of aluminium and aluminium alloys. Possible future extensions of this study are considered.*

Въведение

В днешно време наноструктурираните метали, сплави и композитни материали са обект на засилен интерес. Това се дължи най-вече на техните настоящи и потенциални приложения в различни сфери на промишлеността и бита. В тази статия ние правим преглед на основните съществуващи, т.е. използвани на практика добавки, отговорни за модифициране на свойствата, в частност уякчаването на алуминия, алуминиевите сплави и композити на алуминиева основа.

Идеята или мотивацията ни е: на първо място актуалността на темата. Трудно е да си представим кой друг конструкционен материал може успешно да се конкурира с алуминия. Не случайно алуминият заема лидерско място в такива направления на техниката като авиация, ракетостроене, атомна промишленост. Алуминиевите сплави са безалтернативни в авиацията. На второ място - опита в нашето направление [1,2], натрупан през годините, започнал още с полета на втория космонавт. И на трето. не по малко важно място. с какво се занимават другите научно-изследователски групи, работещи в нашата област; до какви резултати са стигнали. Да систематизираме постигнатите резултати в използването на различни видове добавки (уякчители).

Металните композити на алуминиева основа се състоят от алуминиева матрица/основа и добавки (наричани още: уякчители, уякчаващи добавки, армиращи добавки). В литературата има достатъчно данни за използването на различни добавки [1-9]. Като добавки могат да се

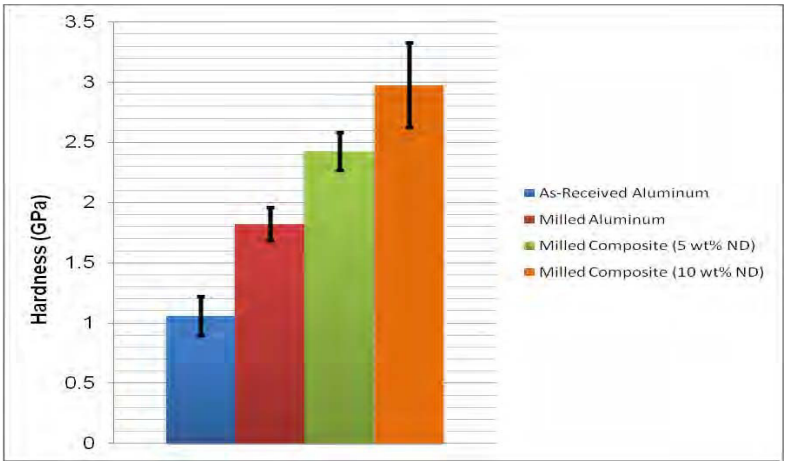
използват и се използват различни вещества, като: графитни частици, нанодиаманти, SiC, диаманти и SiC, TiC, Al2O3, ZrO2, покрити с молибден нанотръбички и др.

Ние ще разгледаме тук само основните: нанодиамант, диамант и силициев карбид.

1. Примери за добавки от нанодиамант и диамант

1.1. Първата група която ще разгледаме е от Монтерей, Калифорния [3]. Тя се занимава със синтез и характеризиране на алуминий и нанодиамантни композитни прахове**.**

Алуминиева метална матрица и композитни прахове с 5 тегловни процента (%) и 10 тегловни % нанодиаманти са синтезирани чрез смилане на смесени прахове от компонентите в топкова мелница. Стеаринова киселина се използва като средство за контрол на процеса, за да се сведе до минимум агломерирането на праха при смилане. Равномерно разпределение на армировката от нанодиамант е успешно получено след смилането на праховете за период от десет часа в топкова мелница. Съставът и свойствата на композита алуминий - нанодиамант са изследвани с помощта на дисперсна спектрометрия, картографиране, сканираща електронна микроскопия (SEM), рентгенова дифракция (XRD), оптичен микроскоп, и техники за измерване на микротвърдост. Например (фиг.1) с нарастването на концентрацията на нанодиаманта в алуминиевия композит, твърдостта на металния композит също расте.



Фиг. 1. Резултати за микротвърдост след 10 часа смилане в топкова мелница. С нарастване на концентрацията на нанодиаманта, микротвърдоста расте [3]

1.2. Втората група е от Русия [4]. В [4], композитни образци от алуминиева сплав B95 подсилени с наночастици от синтетичен диамант са получени чрез директно топене на началната сплав B95 при ~ 700 ^{0}C, добавяйки нанодиаманти на прах в стопилката. Рентгеновият анализ, TEM, Raman спектроскопия, оптична микроскопия, сканиращо - сондова микроскопия, микротвърдост и наноинденторни измервания се използват за изучаване на структурните и механични свойства на масивните образци. Ултразвуков метод е приложен за изучаване на линейните и нелинейни еластични свойства на получените образци. Те правят сравнение на експерименталните данни за сплавта B95, подсилена с нанодиаманти, с данните за чиста, без примеси, B95-сплав. Изводите им са, че механичните характеристики на сплавта с добавен нанодиамант, са по-добри от тези на чистата B95-сплав.

Съставът на изследвания в [4] композит, се различава от състава на изследвания при нас алуминиев композит по това, че нашият съдържа допълнително W.

1.3. Третата разгледана група също е руска [5]. В работата се изследват линейните и нелинейни еластични свойства на алуминиева сплав-нанодиамантен композит. Нелинейните свойства на конструкционните материали са съзависими, корелират с якостните им характеристики. Разглеждат четири компонентната (Al-Zn-Mg-Cu) алуминиева сплав B95 и композит B95 с диамантени наночастици, синтезирани чрез детонация, като армираща добавка. Правят сравнение на независимите еластични константи от втори и трети порядък на алуминиевата сплав B95 и композита B95 с нанодиаманти което показва, че в рамките на експерименталната грешка, те съвпадат.

1.4. Четвъртата група е Швейцарска и се занимава с алуминиево-диамантени композитни материали [6]. Разглеждат микроструктура, морфология и повърхностни

характеристики на композити на база алуминий, подсилен с микро- и наноразмерни диамантени частици. Проучени са с методите на трансмисионен електронен микроскоп (TEM) и Раман спектроскопия.

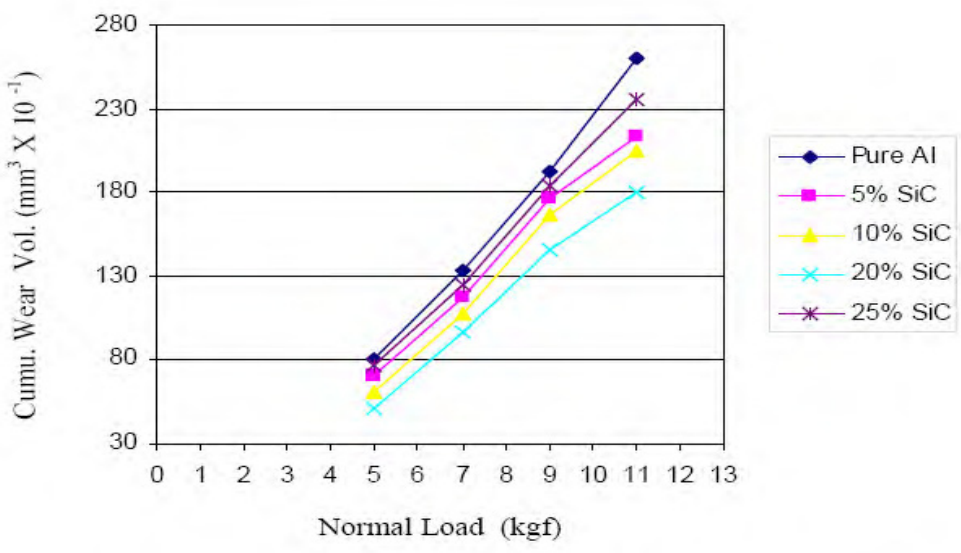
Изводите които правят са, че в алуминиевия композит диамантените частици с микро-размери са хомогенно разпръснати и добре свързани в алуминиевата матрица. Диамантът, който е частици с нано размери, се появява главно като големи агломерати в алуминиевата матрица, макар индивидуално наноразмерни диаманти да са открити също и диспергирани в матрицата алуминий. Интерфейсът алуминий-диамант обикновено е чист, т.е. лишен от реакционните продукти. Въпреки това, повърхностен аморфен неподреден въглероден слой от време на време се наблюдава, а и в състава на композитите с наноразмерни диаманти се формира случайно алуминиев карбид (Al_4C_3).

2. Примери за добавки от силициев карбид (SiC)

2.1. Група от Индия, която разглежда износоустойчивост на Al-SiC композити [7]. Al-SiC композитни материали, съдържащи четири различни тегловни проценти, 5%, 10%, 20% и 25% от SiC са произведени по метода на течната металургия. Характеристиките на триене и износване на Al-SiC композитни материали са били изследвани при условията на сухо плъзгане и се сравняват с тези,наблюдава в чист алуминий.

Установили са, че степента на износване намалява линейно с увеличаване на тегловната фракция на силициевия карбид SiC и средният коефициент на триене намалява линейно с увеличаване на нормалното натоварване и с увеличаване на процентната част на SiC. Най-добри резултати са получени при 20 тегловни процента фракция от SiC частици за минимално износване.

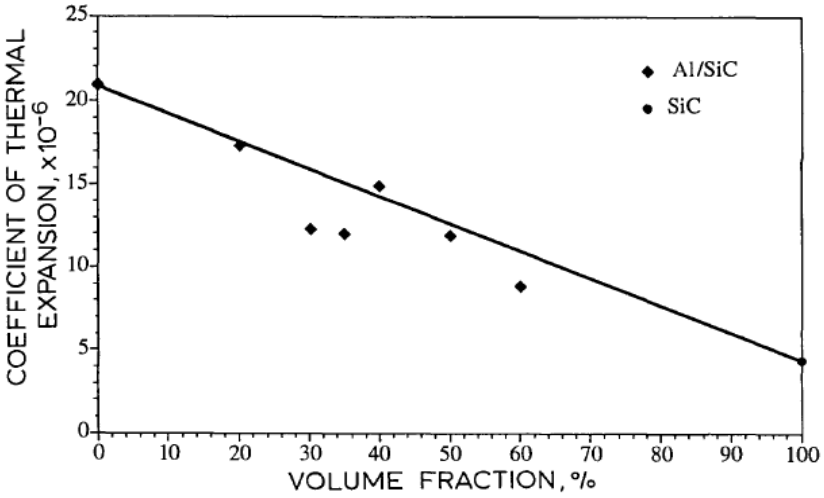
Например на фиг. 2 са показани вариациите на общия обем на износването при нормално приложени натоварвания. Загубата на обема се увеличава с увеличаване на нормалните натоварвания. Загубата на обема е максимална за чист алуминий и след това намалява с увеличаването на процента (%) на SiC до 20%. Отново тази тенденция се променя за 25% съдържание на SiC, поради нееднаквото смесване.



Фиг. 2. Изменение на общия обем загуби от натоварването на Al композит в зависимост от концентрацията на SiC [7]

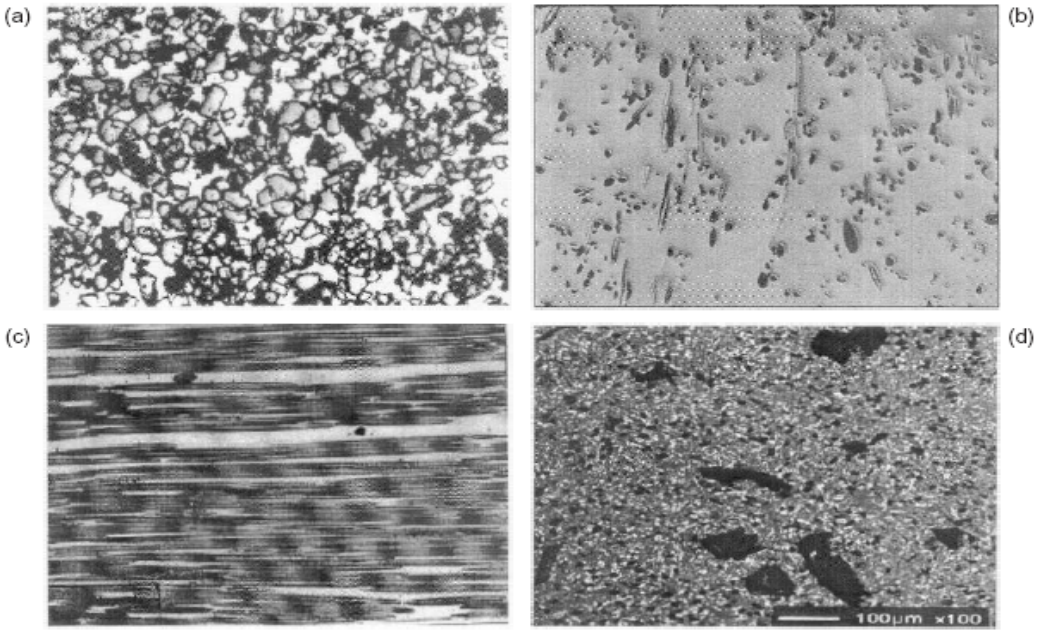
2.2. Втората група се занимава с композити на алуминиева основа, армирани с частици SiC [8]. Изводът, който те правят е, че добавянето на SiC частици към алуминиевите сплави може да намали коефициента на термично разширение на сплавите, докато все още се поддържа топлопроводимостта еквивалентна/равна на сплавта на матрицата.

Нисък коефициент на термично разширение и висока термична проводимост са атрактивна комбинация за приложения, изискващи стабилност на размерите.



Фиг. 3. Вариация на коефициента на термично разширение с обемната фракция на SiC в различни алуминиеви матрици [8]

2.3. Третата група, която разглеждаме е от Индия [9]**.** Те се занимават с композити на алуминиева основа, армирани с частици SiC, Al_2O_3 и нишки/влакна от чист алуминий. Механичните свойства на алуминиевия композит с високо съдържание на SiC частици (фиг. 4a), са ниски в сравнение с алуминиевите композити, армирани с нишки / къси влакна или с непрекъснато фибриране (съответно фиг. 4 – b, c, d); но са далеч по-добри в сравнение с неармираните алуминиеви сплави.



Фиг. 4. Микроструктури [9] на:
(a) алуминиев композит с висока фракция на обемно съдържание от SiC частици (40 обемни%),
(b) къси влакна от алуминий за подсилване на алуминиевия композит ,
(c) непрекъснато фибриран с Al нишки алуминиев композиционен материал,
(d) хибриден композит, съдържащ 10% SiC и 4% меки графитни частици за подсилване.

Изводи

Направен е кратък преглед на добавките за уякчаването на Al и неговите композити, а именно: нанодиамант, диамант и SiC. Всяка от тези разгледани добавки подобрява якостните свойства на алуминиевата матрица. В бъдеще биха могли да се разгледат нови и още

неосъществени комбинации от тези и други армиращи добавки, взети поотделно или участващи съвместно в различни съотношения.

Виждаме актуалността и важната роля на различните уякчители за подобряване на физичните и механични свойства на композитите.

Нанодиамантените частици могат да бъдат успешно въведени в алуминиеви композити и сплави, които подобряват твърдостта и здравината на сплавите.

В последните години композитите на алуминиева основа заемат първо място по високотехнологични структурни и функционални приложения. Ето защо и продължението на тази наша работа е в ход, т.е. разглеждането на всички възможни вещества за уякчители в Al матрица на композита, на алуминиева основа; сравняването им по параметри и избор на най-подходящи за космически и други приложения.

Литература:

1. Б у з е к ов а – П е н к о в а, А., Изследвания на механичните свойства на дисперсноуякчена алуминиева сплав, предназначена за открития космос, Девета научна конференция с международно участие “Космос, екология, сигурност”, SES 2013, 20-22 Ноември 2013г., София, *492-496*
2. M i t e v a, A., On the microstructure and mechanical properties of nanocomposites, S E S 2012, Proceedings, 2013, 220-225.
3. S n e e d, B. D., Synthesis and characterization of aluminum-nanodiamond composite powders by high – energy ball milling, Monterey, California, December, 2011.
4. P r o k h o r o v, V., V. K u l i b a b a, A. K o r o b o v, S. S t a v r e v, S.K o l e v, Prepaation and microstructure, elasticity and hardness investigation of Al-Alloy/nanodiamond composite, MTM Journal, 2011, 40-42.
5. К о р о б о в, А. И., В. М. П р о х о р ов, Д. М. М е х м е д о в, Упругие постоянные второго и третьего порядков алюминиего сплава В95 и композита В95/наноелмаз, Физика твердого тела, том 55, вып.1, 2013, 10-13.
6. K h a l i d, F. A., O. B e f f o r t, U. E. K l o t z, B. A. K e l l e r, P. G a s s e r, Microstructure and interfacial characteristics of aluminium-diamond composite materials,Diamond and related materials Vol. 13, 2004, 393-400.
7. S i n g l a, M., L. S i n gh , V. C h a w l a, Study of Wear properties of Al-SiC composites; Journal of Minerals & Characterization & Engineering, Vol. 8, № 10, 2009, 813-819.
8. L i o y d, D. J., Particle reinforced aluminium and magnesium matrix composites; International Materials Reviews, Vol.39, № 1, 1994, 1-23.
9. S u r a p p a, M K, Aluminium matrix composites: Challenges and opportunities, Sadhana, Vol. 28, Parts 1 & 2, February/April 2003, 319-334.

THE SEMICONDUCTOR HETEROSTRUCTURES IN LEDs (LIGHT-EMITTING DIODES) – SPACE APPLICATIONS

Adelina Miteva[1], Valeria Stoyanova[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Institute of Physical Chemistry "Acad. R. Kaischew" – Bulgarian Academy of Sciences
e-mails: ad.miteva@gmail.com; valeria@ipc.bas.bg

Keywords: *Light-emitting diodes (LEDs), inorganic semiconductor nanostructures, semiconductor heterostructures, device applications, space applications*

Abstract: *Nowadays, light-emitting diodes (LEDs) attract a lot of attention as devices for a variety of optoelectronic applications. In this paper we will briefly present their history, principles of operation, materials for their manufacture and applications. The emphasis is on the use of LED semiconductor heterostructure materials and space applications of LEDs.*

ПОЛУПРОВОДНИКОВИТЕ ХЕТЕРОСТРУКТУРИ В СВЕТОДИОДИТЕ – КОСМИЧЕСКИ ПРИЛОЖЕНИЯ

Аделина Митева[1], Валерия Стоянова[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Институт по физикохимия „Акад. Р. Каишев" – Българска академия на науките
e-mails: ad.miteva@gmail.com; valeria@ipc.bas.bg

Ключови думи: *Светодиоди, неорганични полупроводникови наноструктури, полупроводникови хетероструктури, приборни приложения, космически приложения*

Резюме: *В днешно време светодиодите (LED) са обект на голямо внимание като устройства за разнообразни оптоелектронни приложения. В тази статия ще представим накратко историята им, основните принципи на действие, материалите, от които се произвеждат и приложенията им. Акцентът е върху използваните за светодиоди полупроводникови хетероструктурни материали и космическите приложения на светодиодите.*

Introduction

The present work is motivated by the tremendous interest in semiconductor heterostructures/nanostructures and their applications in various electro-optical devices. Semiconductor based light emission devices are an increasingly important part of modern technology. Two important light emitting devices are the light-emitting diodes (light-emission diodes, LEDs) and its companions, the laser diodes. LED and laser diode belong to the luminescent photonic semiconductor device group. Today they attract a lot of attention as devices for various optoelectronic applications [1]. An evidence are the Nobel prizes in physics of year 2000 ("for developing semiconductor heterostructures used in high-speed and opto-electronics" to Zhores Alferov and Herbert Kroemer) [2] and of year 2014 ("for the invention of efficient blue light-emitting diodes which has enabled bright and energy-saving white light sources" to Isamu Akasaki, Hiroshi Amano and Shuji Nakamura) [3]. In this paper we present briefly the LEDs' history and principles of operation; materials for their manufacture and device applications. The focus of this presentation is on the LEDs' semiconductor heterostructures and some of the space applications of LEDs.

The definition of a LED is: a semiconductor diode/device (an electronic component) that emits light when a forward voltage is applied to it or in other words, when an electric current passes through it. A LED produces artificial light (emits photons) of a single colour by recombining holes and electrons in a semiconductor. The output from a modern LED can range from visible and ultraviolet (UV) to

infrared wavelengths with a very high brightness. In Fig. 1 are illustrated both the symbol (a) and the real (b) images of a LED device.

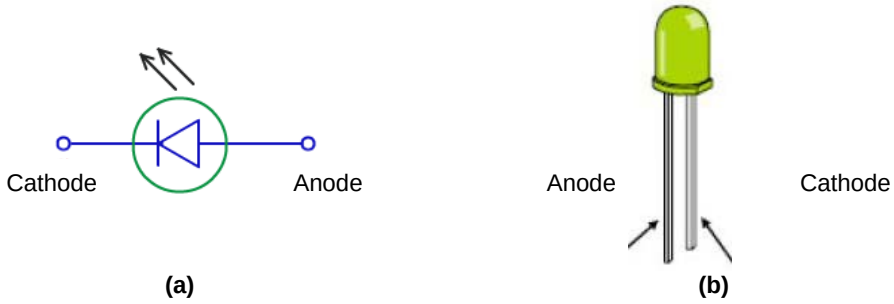


Fig. 1. Schematic electronic circuit symbol of a LED (a) and a real image of LED as physical appearance (b)

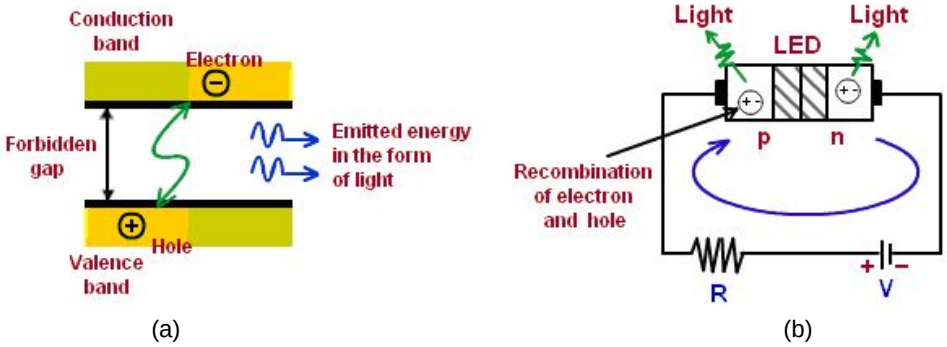


Fig. 2. The basic operation principles of the process in a LED –electroluminescence (a) and LED forward biased (b), according to [4]

Brief LED history

Since the invention of the incandescent electric light bulb by Thomas Edison in 1879, there has been a great striving for less expensive, more reliable and brighter lighting sources. Massive industries have been created to produce filament and fluorescent lamps for interior applications, sodium-discharge lamps for streets, and neon signs for ever-popular exterior advertising. The most up to date revolutionary lighting is the LED.

The emission of light from a solid material, caused by an electrical power source, was reported in the beginning of the 20th century. It was a phenomenon known as electroluminescence (see Fig. 2(a)). At that time, the materials science was not developed enough, the material properties were poorly controlled, and the emission process was not well understood. The first known report of a light-emitting solid-state diode was done in 1907 by the british experimenter Henry Joseph Round at Marconi's Laboratories. Round reported [5] that a yellow light was produced when a current was passed through a silicon carbide (SiC) detector (the first observation of the electroluminescence). The second reported observation of electroluminescence did not occur until 1923, when the Russian Oleg Vladimirovich Lossev from the Nijni-Novgorod Radio Laboratory in Russia independently observed light emission from carborundum point-contact junctions, namely the first LED [6]. In 1955, Rubin Braunstein of the Radio Corporation of America reported on infrared emission from gallium arsenide (GaAs) and other semiconductor alloys. Other experimenters at Texas Instruments, Bob Biard and Gary Pittman, found in 1961, that GaAs gave off infrared radiation when electric current was applied. They received the patent for the infrared LED. In 1962, Nick Holonyak Jr., of the General Electric Company and later with the University of Illinois at Urbana-Champaign, developed the first practical visible spectrum LED. It was red LED with bright enough emission to use as indicator, etc. In 1972, M. George Craford, Holonyak's former graduate student, invented the first yellow LED and ten times brighter red and red-orange LEDs. In 1993 were obtained the first high brightness blue LEDs which opened the way for developing white LEDs. Shuji Nakamura of Nichia Corporation of Japan invented and demonstrated it, which was based on InGaN [7].

The electroluminescence was mostly a scientific curiosity until the invention and perfection of thin film deposition epitaxial growth techniques. Excellent quality crystal interfaces and crystal compound semiconductor layers, and heterostructures, the ability to perfect control of the doping of

semiconductors, which could be tailored for specific applications, are grown by some of the following methods: MBE (Molecular Beam Epitaxy), MOCVD or MOVPE: (Metal-Organic Chemical Vapor Deposition), or (Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy), LPE (Liquid Phase Epitaxy), etc. The historical development of blue, green, red and white LEDs is summarized in the picture below (Fig. 3).

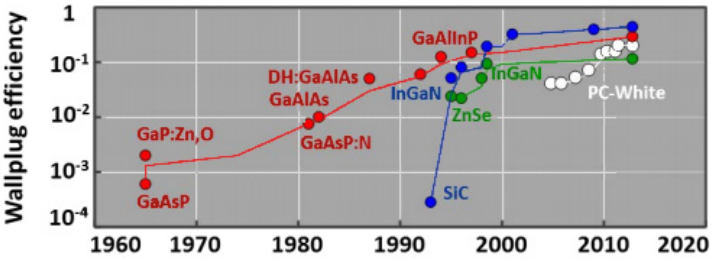


Fig. 3. Historical evolution of the performance (lm/W) for commercial red, green, blue and phosphor-converted white LEDs (according to [8])

Functioning of a LED

In order to explain the theory and the underlying principles behind the functioning of a LED, we must review and remind the physics of semiconductors. Heterojunction is called the contact of two chemically different semiconductors (of course, they are with different band gaps, lattice constants and other parameters). Heterostructure is a semiconductor structure with several heterojunctions (The heterostructures based on compounds A and B - A / B, compounds A and B are called heteropair.)

There are two basic types of LEDs: simple p-n-junction LED (homojunction or regular) and more efficient heterojunction LED (see Fig. 4 [9]). A regular LED is essentially a p-n junction diode (see Fig. 2.). When carriers are injected across a forward-biased junction, it emits monochromatic incoherent light. A LED consists of two elements of processed material called p-type semiconductors and n-type semiconductors. These two elements are placed in direct contact, forming a region called the p-n junction. The LED has a transparent package, allowing visible energy to pass through. Also, the LED has a large p-n junction area whose shape is tailored to the application. The holes are presented in the valence band and the free electrons are in the conduction band. When a p-n junction is forward biased, the electron from n-type semiconductor material crosses the p-n junction and combines with the holes in the p-type semiconductor material. Thus with respect to the holes, the free electrons are at higher energy level. When a free electron recombines with hole, the energy level related with it changes from higher value to the lower value and it falls from the conduction band to the valance band. There is an energy release due to the electron travel. In normal diodes, this energy released is in the form of the heat. But in LED the energy release is in the form of photons which emit the light energy. The entire process is called electroluminescence (Fig. 2(a)) and the diodes are called the LED.

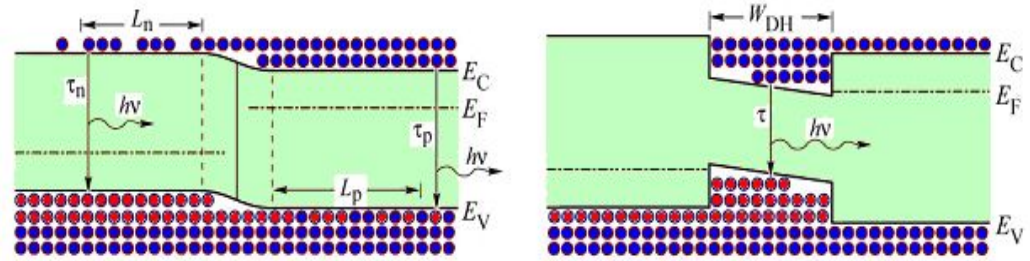
It would be very difficult today to imagine solid state physics without semiconductor heterostructures. Semiconductor heterostructures and especially double heterostructures (DHs), including quantum wells [2,3] are today the fundamental of the most advanced and perfect LEDs. There are two main problems in homojunction LEDs:

1) The quality of the semiconductor surface, where the photons emission takes place is usually poor;
2) The effective volume from which photons are emerging is quite large, because of the large diffusion distance before electron recombines with hole.

Some of the advantages of heterojunction LEDs are:

1) The active region has much more better surface conditions;
2) The emitted photons have not been absorbed in the top or bottom region.

Today, the highest efficiency LEDs [8] use the double heterostructure (DH) design (usually with a quantum well (WQ)), where the carriers are confined to the active region, W_{DH}. τ is the spontaneous recombination lifetime. Typically, for a DH, $W_{DH} > 50$ nm, while for a QW $W_{DH} = 5 \div 20$ nm. One can determine the wavelength of the light emitted from the LED, since it depends (not only) on the forbidden energy gap of the materials. Hence, the wavelength determines the colour and visibility of the light. The colour, respectively the wavelength of the emitted light, can be controlled by varying the composition and structure of semiconductor materials or/and by doping the semiconductor materials with various impurities in different concentrations. The frequency response of an LED depends on such factors as doping level in the active region; injected carrier lifetime in the recombination region; parasitic capacitance of the LED, etc.

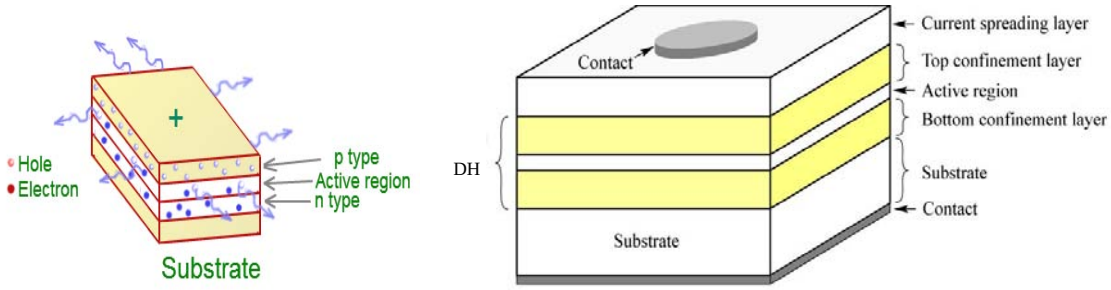


(a) (b)

Fig. 4. Schematic representation of homojunction (a) and heterojunction (b) under forward bias [9]

Structure of LED, materials and colours

One of the methods used for LED construction is to deposit three semiconductor layers on the substrate, as given in Fig. 5.



(a) (b)

Fig. 5. Illustration of LED structures, according to [10]

In Fig. 6 is illustrated schematically the famous Nobel blue AlGaN diode [3].

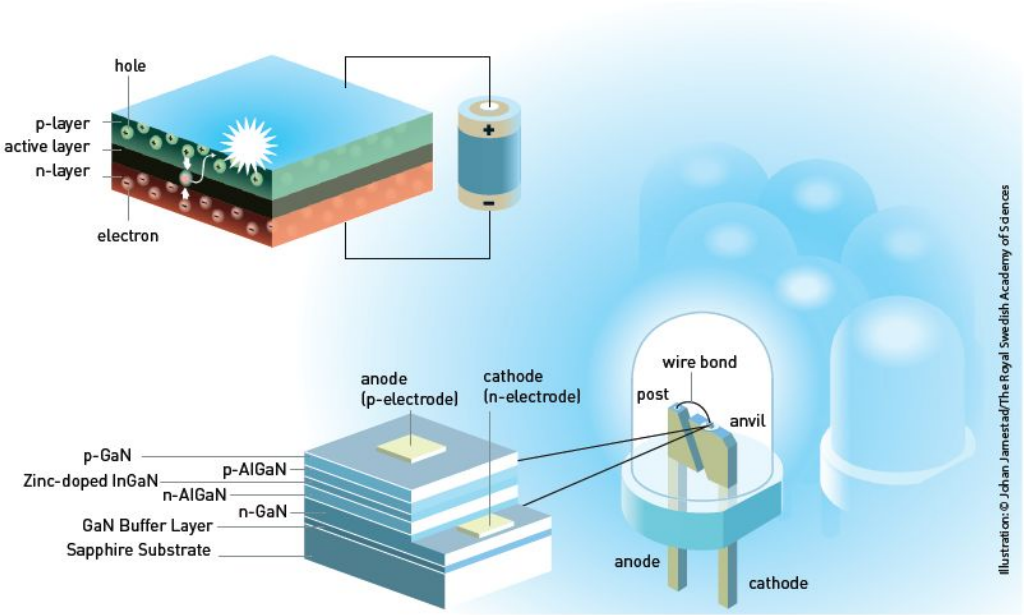


Fig. 6. Blue diode, according to [3]

Between p-type and n-type layers, there exists an active region. This active region emits light, when an electron and a hole recombine. When the diode is forward biased, holes from p type and electrons from n type, both get driven into the active region. Typical AlGaAs/GaAs DH LED structure consist of p-AlGaAs (barrier), GaAs (LED active region) and n-AlGaAs (barrier).

Most of the LED materials for light sources contain III-V ternary and quaternary compounds. In $Ga_{1-x}Al_xAs$ by varying the quantity of x it is possible to control the band-gap energy and thereby the emission wavelength over the range of 800 nm to 900 nm. The spectral width is around 20 to 40 nm.

In $In_{1-x}Ga_xAs_yP_{1-y}$ by changing $0<x<0.47$; y is approximately 2.2x, the emission wavelength can be controlled over the range of 920 nm to 1600 nm. The spectral width varies from 70 nm to 180 nm when the wavelength changes from 1300 nm to 1600 nm. These materials are lattice matched.

If the LED uses mixtures of gallium (Ga), arsenic (As) and phosphorous (P), the colour of the LED, respectively the wavelength, depends on forbidden energy gap. Hence different mixtures give the different colours. For example: the mixture of gallium phosphide (GaP) will produce the red or green colour light; the mixture of gallium, arsenide and phosphide (GaAsP) will produce the yellow and red colour light; the mixture of gallium arsenide (GaAs) will produce infrared light.

GaN materials: we can mix GaN, which emits in the UV, with InN, which emits in the red, to form InGaAs, which emits any colour from UV to red, depending on the ratio of In to Ga.

Although highly efficient coloured light sources are well applicable, but the actual need is for finding of efficient white light, necessary to illuminate homes, businesses, industry etc. There are two main ways of generating white light with LEDs. The Colour Mixing (CM) system uses three LEDs (one red, one green and one blue) in a common packing –. Phosphor-Coated (PC) system uses a blue LED to excite a phosphor much as a Hg discharge does in a traditional fluorescent lamp. Colour of white LEDs: in both CM and PC systems, the colour can be changed by altering RGB ratios or the nature of the phosphor to obtain warm white, daylight etc. In both CM and PC systems not all wavelengths are presented, so strange colour matching may result and appearances are not constant.

Table 1. LED materials and colours, according to [11]

Color	Wavelength [nm]	Voltage drop [ΔV]	Semiconductor material
Infrared	$\lambda > 760$	$\Delta V < 1.63$	GaAs AlGaAs
Red	$610 < \lambda < 760$	$1.63 < \Delta V < 2.03$	AlGaAs GaAsP AlGaInP GaP
Orange	$590 < \lambda < 610$	$2.03 < \Delta V < 2.10$	GaAsP AlGaInP GaP
Yellow	$570 < \lambda < 590$	$2.10 < \Delta V < 2.18$	GaAsP AlGaInP GaP
Green	$500 < \lambda < 570$	1.9[67] < ΔV < 4.0	GaP AlGaInP AlGaP Pure green: InGaN GaN
Blue	$450 < \lambda < 500$	$2.48 < \Delta V < 3.7$	ZnSe InGaN SiC as substrate Si as substrate—under development
Violet	$400 < \lambda < 450$	$2.76 < \Delta V < 4.0$	InGaN
Purple	Multiple types	$2.48 < \Delta V < 3.7$	Dual blue/red LEDs, blue with red phosphor, or white with purple plastic
Ultraviolet	$\lambda < 400$	$3.1 < \Delta V < 4.4$	Diamond (235 nm) BN(215 nm) AlN (210 nm) AlGaN AlGaInN—down to 210 nm
Pink	Multiple types	$\Delta V \sim 3.3$[73]	Blue with one or two phosphor layers: yellow with red, orange or pink phosphor added afterwards, or white phosphors with pink pigment or dye over top.
White	Broad spectrum	$\Delta V = 3.5$	Blue/UV diode with yellow phosphor

Conventional LEDs are made from a variety of inorganic semiconductor materials. In the Table 1 is shown the connection of available LED colours with wavelength range, voltage drop and materials.

LED applications

LED posses very attractive features: low processing voltage, long-life with high reliability, environment-friendly light source, etc. LEDs used for lighting are high-quality LEDs with very long lifetime (100 000 hours), they are getting cheaper, and the market is currently exploding. Replacing light bulbs and fluorescent tubes with LEDs will lead to a drastic reduction of electricity requirements for lighting. Luminous efficacy is the amount of light you get for every Watt of power used. Lamp development is largely driven by seeking the highest luminous efficacy. Theoretical maximum for the 'perfect' lamp is 680 lm/W. Department of energy (USA) predicts increasing efficacy and has set a target of 266 lm/W for the LED package in the 2025 year. If all the lights in the world were LEDs with 200 lm/W luminous efficacy, there would be a saving of 40% of the world's generating capacity. So the benefits of the LED lightning are energy, financial, environmental and economic. This is illustrated in Figs. 7 and 8.



3 lumens/Watt 15 lumens/Watt 70 lumens/Watt

Fig. 7. Luminous efficacy of the corresponding lamps is given below each of the pictures

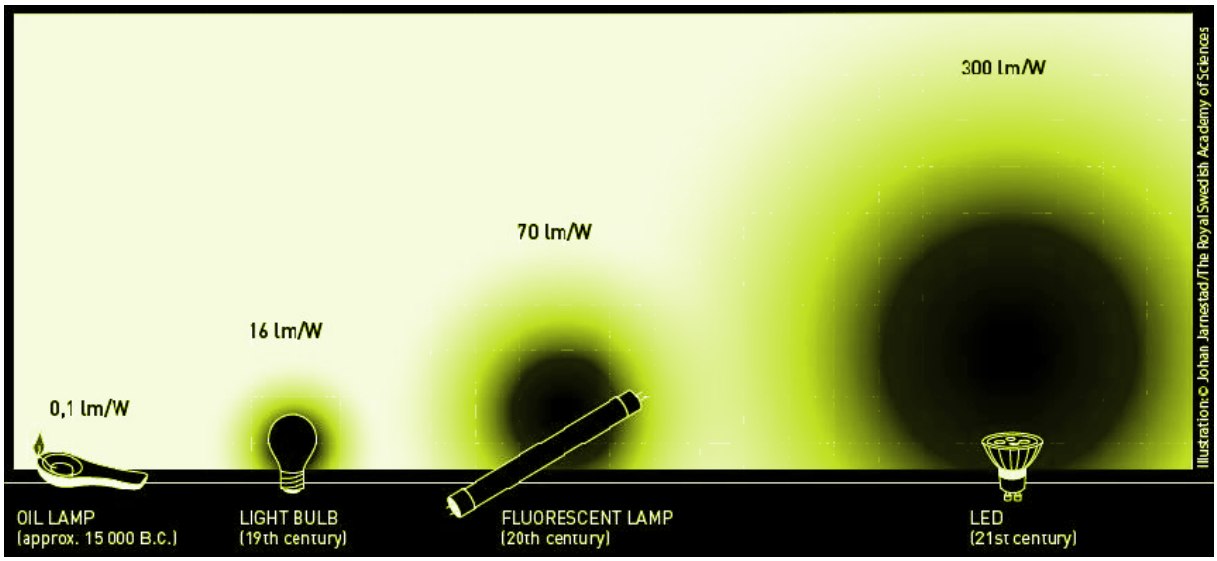


Fig. 8. LED lamps require less power to emit light than the older light sources. Efficiency is denoted in luminous flux (measured in lumen) per unit added power (measured in watt). As about one fourth of world electricity consumption is used for lighting purposes, the highly energy-efficient LED lamps contribute to saving the Earth's resources, according to [3]

LEDs are the most common light source in all of the electronic equipment. For example, they are widely used in devices for displaying the time or other types of data on screens. In 1968, the first commercial use of mass-produced LEDs was in Hewlett Packard calculators. In 1989, appeared the first LED traffic lights. And now they are everywhere. In 2001, the first LED pocket torches: these were the first uses for white LEDs. The brightness of LEDs doubles every 3 years.

The first decade of the 21st century saw high power LEDs developed and to date the trend has continued, though heat sinking is a major problem. High power LED's are now found in many applications like LED TV's, theatre lighting, projector lamps and general and point lighting in the home.

For photonic communications, requiring data rate 100-200 Mb/s with multimode fiber with tens of microwatts, LEDs are usually the best choice. Device LED configurations used in photonic communications are: surface emitters (front emitters) and edge emitters.

Today, GaN-based LEDs provide the dominant technology for back-illuminated liquid crystal displays in many mobile phones, tablets, laptops, computer monitors, TV screens, etc. Blue and UV-emitting GaN diode lasers are also used in high-density DVDs, which has advanced the technology for storing music, pictures and movies. Future application may include the use of UV-emitting AlGaN/GaN LEDs for water purification, as UV light destroys the DNA of bacteria, viruses and microorganisms. In countries with insufficient or non-existent electricity grids, the electricity from solar panels stored in batteries during daylight, powers white LEDs at night. There, we witness a direct transition from kerosene lamps to white LEDs [8].

The use of LED devices for illumination inside space cabin and outside have been well exploited in the past few years; these include, for, the in-cabin application on the bio-science satellite in 2007 and the out-of cabin application on spacecraft in 2008 to shine on the first step in space of Chinese astronaut [12]. The low voltage operation of LEDs is a very desirable feature for the illumination tools of astronauts. Also, due to the direct matching between solar cell voltage and the operation voltage of LED illumination, the latter will be the best method in space stations for illumination and photo synthesis processes. Production of all items used for space application characteristically involve high cost, have high technical risk, require long lifetime and self maintenance and require high probability of success. Hence it is very interesting to study the LED property in the context of space application, since there is still lack of data on the application of LEDs in space. A new field of study will be opened on the study of failure probability, the strategy to avoid the failure, and the reliability of LED device in the illumination-lamp for space application. It is very important to precisely estimate the lifetime of the LED lamp to make sure that the LED device is only used in its stable lifetime period. The most efficient way is to eliminate device failures beforehand (according to [12])]. Up to now there is still a lack of the high quality and high power LED for illumination application in space. It is necessary to systematically study the criterion for the LED device selection for eliminating device failure beforehand. Among the various factors leading to device failure, the temperature of the active layer is one of the key parameters to determine the lifetime of LEDs. The reason is that the activation energy of the defects in GaN based LEDs, depends on the temperature.

In Figs. 9 and 10 (following [12]) we can see the successful space application of LED lamps. The yellow arrow in Fig. 9 indicates the LED lamp in the space near by the spacecraft. The light shining on the spacecraft is from the LED lamp.



Fig. 9. The status of LED white light illumination lamp applied to external cabin. The arrow indicates the LED white light illumination equipment. The flyer on the left side is shenzhou-7 spaceship

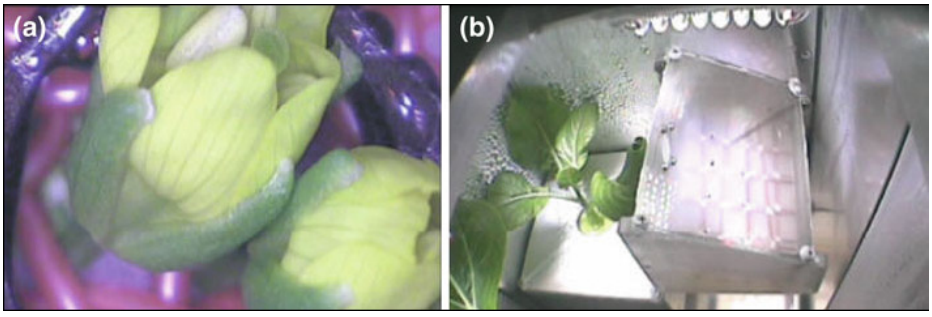


Fig. 10. The photos captured on the Shi Jian-8 satellite (a) the plant grown under the illumination of LED lamp, (b) LED illumination lamp equipped in the plant growth box

In the case of Shi Jian-8 recoverable satellite of China, the LED illumination technology has provided high efficiency with high reliable white/red LED combination illumination for the photosynthesis under microgravity in satellite cabin. The green botanic photosynthesis needs enough light intensity. However, the electrical power provided in the satellite is very limited so that they choose high irradiance efficiency as the illumination source. With low-power consumption, the white light LED lamp provides reasonable illumination intensity in the illumination cycle research about the botanic growth. Also the LED lamp provides proper light intensity for microscope camera photography. The photos (Fig. 10) transmitted from satellite shows the good growth of plants in the space lighted by LED lamp illumination. From the successful application of the LED lamp in space, the authors in [12] conclude that the commercial LED chip can be used for the space application by the careful selection on their reliability. The LED lamp with lower junction temperature is preferred for the space application. It was the first time for the white light illumination by using LED lamp in space [12].

Conclusions

This brief survey of the LEDs could enhance the common understanding of some modern and contemporary knowledge and devices. Both experimental and theoretical studies of the LEDs structures are quite important for development of the new LED device applications. They could facilitate the search for new material heterostructures possessing unique electron, optical and photonic properties. This review will also help and tremendously facilitate the understanding of the importance of semiconductor quantum wells (QWs) in LED structures.

Production of all items used for space application characteristically involve high cost, have high technical risk, require long lifetime and self maintenance and require high probability of success.

As the illumination-technology by using of LED posses attractive features, such as low processing voltage and long-life with high reliability, it would be very well suited for illumination related to space-flight and satellites. The low voltage operation of LEDs is a very desirable feature for the space applications for astronauts. Also, due to the low operation voltage of LED illumination, the latter will be the best method in space stations for illumination and photo synthesis processes.

Hence it is very interesting and useful to study the heterostructure properties in the context of LED space application!

Last but not at least, our experience in the Stark effects on the electronic states in QWs [13-15] will be of great help in the future study of unknown and possible QW properties, and QW structures for new potential LED device structures, and applications.

References:

1. S i n g h, J., Physics of Semiconductors and Heterostructures. Singapore, McGraw-Hill Booc Co., 1993.
2. A l f e r o v, Z. I., Nobel Lecture: The double heterostructure concept and its applications in physics, electronics, and technology, Rev. Mod. Phys., Vol. 73, No. 3, 2001, 767-782.
3. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/press.pdf
4. http://physics.tutorvista.com/electricity-and-magnetism/light-emitting-diode.html
5. R o u n d, H. J., A Note on Carborundum, Electrical World, vol. 19, 1907, 309.
6. Z h e l u d e v, N., The life and times of the LED — a 100-year history, nature photonics, Vol. 1, 2007, 189-192, www.nature.com/naturephotonics
7. Intro to blue light for web.ppt, www.colour.org.uk/Intro%20to%20blue%20light%20for%20web.ppt
8. http://www.sandia.gov/~jytsao/2013_02_wiley_photonics_ssl_final.pdf.
9. S c h u b e r t, E. F., Light-Emitting Diodes (Cambridge Univ. Press) www.LightEmittingDiodes.
10. http://www.ecse.rpi.edu/~schubert/Light-Emitting-Diodes-dot-org/chap07/F07-01%20DH.jpg.
11. http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode#Colors_and_materials.
12. L u, W.,T. Z h a n g, S. M. H e, B. Z h a n g, N. L i, S. S. L i u, Light-emitting diodes for space applications, Opt Quant Electron, Vol. 41, 2009, 883–893.
13. V l a e v, S. J., A. M. M i t e v a, D. A. C o n t r e r a s-S o l o r i o, V. R. V e l a s c o, Stark shift effects in rectangular and graded gap quantum wells, Surface Science, Vol. 424, 1999, 331-339, ISSN: 0039-6028.
14. M i t e v a, A. M., Semiconductor quantum wells in a constant electric field, Trakia Journal of Sciences, Vol. 8, 2010, 1-5, ISSN: 1313-7069 (print), ISSN: 1313-3551 (online).
15. B o u z e k o v a-P e n k o v a, A., About the properties of some nanostructures with uniform electric field presence, Proceedings of 26-th international scientific conference, 13 – 16 September, 2010, Sozopol, Bulgaria, TU, Sofia, (2010) 300-305, ISBN: 978-954-438-854-6.

ПЕРСПЕКТИВНИ МАТЕРИАЛИ ЗА РАБОТА В ЕКСТРЕМНИ УСЛОВИЯ

Тинка Грозданова, Анна Петрова

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

Ключови думи: *Трибология, нанотехнологии.*

Резюме: *В статията са представени самосмазващ се композиционен антифрикционен материал, съдържащ молибденов дисулфид, предназначен за работа във вакуум и космически условия, и материали с повишена твърдост и износоустойчивост от стомана и лят чугун, с нанесени композитни, наноструктурирани, никелови покрития.*

PERSPECTIVE MATERIALS FOR USE IN EXTREME CONDITIONS

Tinka Grozdanova, Anna Petrova

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

Keywords: *Tribology, nanotechnologies.*

Abstract: *The article presents self-lubricating composite anti-friction material, containing MoS_2, designed for use both in vacuum and in the space as well as steel and cast iron materials with increased hardness and wear resistance and with nanostuctured nickel coatings.*

Въведение

Едно от важните направления в развитието на науката, промишлеността, медицината и услугите се явява разработването на технологии за синтезиране на нови материали. Бързото развитие на вълновата оптика, нанотехнологиите и микромашините предопределя търсенето на принципно нови материали. В космически условия материалите са подложени на екстремни въздействия - висока температура и налягане, вибрации, липса на окисляваща атмосфера, ниска температура, лъчения, отсъствие на смазка.

За приложение в съвременните двигатели и космически апарати са нужни слабо окислителни композитни материали, работещи при температури до 2000°C, високи налягания и с плътност до 2 g/cm^3. От този тип са материалите, разработени на основата на керамика, композитни материали с полимерна и метална матрица, интерметалиди, сплави с монокристална структура и др.

1. Теория и методи

1.1. Самосмазващ се композиционен антифрикционен материал ИПМ-306

Материалът съдържа: мед, фосфор, калай и молибденов дисулфид - {(Cu + P + Sn) + MoS_2}. Създаден е по научен проект в сътрудничество на учени от Института по проблеми на материалознанието към Националната Академия на Науките на Украйна и ИКИТ-БАН, [1].

Твърдотелните смазващи материали, към които принадлежи MoS_2, са високоефективни антифрикционни материали за безотказна работа на трибовъзлите в различна среда, като осигуряват малък коефициент на триене. Представляват универсално средство за консервиране и защита на детайлите и машините в открития Космос. Тяхната ефективност се дължи на извънредно слабото триене в условия на облъчване или нагряване във вакуум. На

въздух молибденовият дисулфид запазва свойствата си до 400°C. Във вакуум стабилността му е до 1100°C [2].

Молибденовият дисулфид се вгражда в структурата на материала ИПМ-306 и подобрява триботехническите му качества. Медта и нейните сплави изграждат носещата матрица, а молибденовият дисулфид реализира антифрикционните свойства. В тази разработка са съчетани оптимално повишени механични качества и самосмазващ ефект, с което се постигат изключително малък коефициент на триене и нисък интензитет на износване.

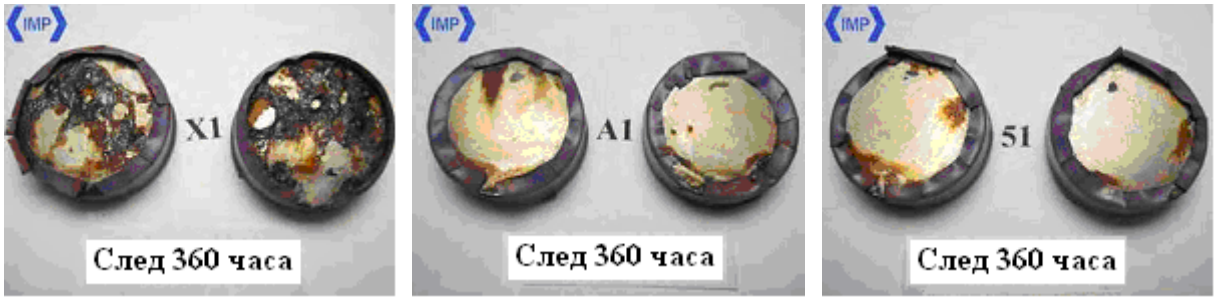
Изследванията върху материала ИПМ-306 включват три състава с различно процентно съдържание на MoS_2. Основните трибологични параметри са представени в Таблица 1.

Таблица1. Трибопараметри на композитен антифрикционен материал ИМП-306 с различно процентно съдържание на MoS_2

ИПМ-306	Съдържание на MoS_2, тегловни %	Коефициент на триене	Интензитет на износване, [mm^3/Nm]
Състав 1	5	0,064 - 0,072	14.10^{-6}
Състав 2	10	0,049 - 0,053	$8,2.10^{-6}$
Състав 3	15	0,040 - 0,043	$1,2.10^{-6}$

1.2. Материали от стомана с уякчаващо покритие

Използвани са образци от специално подбрани стомани, които, след предварителна обработка, са покрити по безтоков метод с композитни никелови покрития. Образците за покриване и тестване са изработени от стомани 42CrMo4 (HRC 30), 65Г (HRC 60), 17CrNiMo6 [3]. Изборът на този вид стомани е направен както с научна, така и с практическа насоченост. Научната цел обхваща зависимостта на структурата и свойствата на получените покрития от типа, и състоянието на основата на използваните образци, докато практическата е избор на стомани, подходящи за приложение на получените покрития, с перспектива за производство на зъбни колела, работещи в условия на високи натоварвания [4].



Ni/Ni+DND с ТО | Ni/Ni+μcBN с ТО | Ni/Ni+DND+NB с ТО

Фиг. 1. Химически - покрити образци след 360 часа тест в камера за солена мъгла

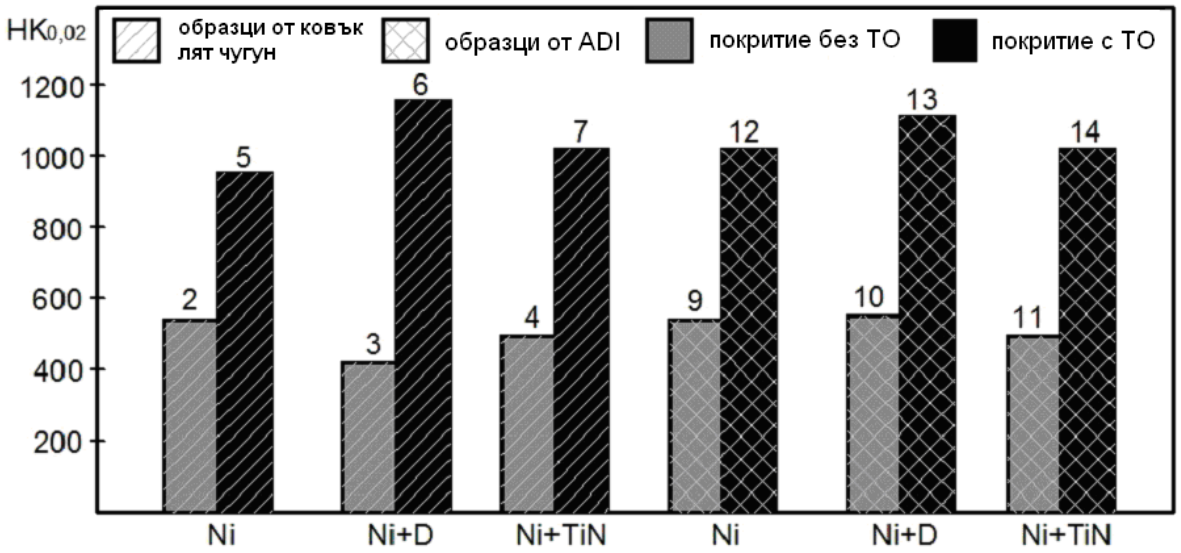
1.3. Материали от ковък лят чугун, покрит с наноструктурирани композитни покрития

Върху образци от ковък лят чугун и изотермично-загрят ковък лят чугун (ADI) са нанесени три вида, наноструктурирани, композитни, никелови покрития: никел (Ni); никел с нанодиаманти с размер 4-6 nm (Ni+D); никел с наноразмерен, титанов нитирид 50 nm (Ni+TiN). Дебелината на покритието е 6-10 μm [5]. Износоустойчивостта, микротвърдостта и дебелината на покритията са измерени преди и след топлинно въздействие при 290ºC в продължение на 6 часа.

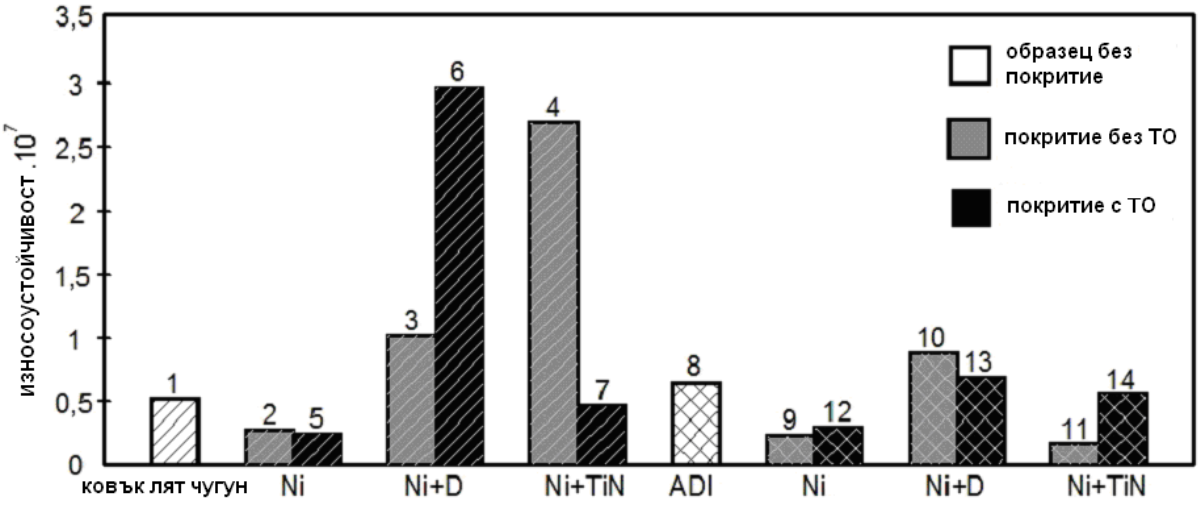
Измерената микроквърдост на покритията след топлинно въздействие е два пъти по-голяма в сравнение с покритията без топлинно въздействие. Най-висока микротвърдост има покритието (Ni+D) върху ковък лят чугун (1154 $HK_{0,02}$) и върху изотермично-загрят ковък лят чугун (1112 $HK_{0,02}$). Износоустойчивостта на композитното покритие (Ni+D) е по-голяма от тази на образците без покритие. Образецът с покритие (Ni+D) след топлинно въздействие има най-висока износоустойчивост, в сравнение с образците без покритие [6].

Изпитанията на износоустойчивостта на покритията са извършени по класическия метод TABER-ABRASER „disc to disc". Измерванията на микротвърдостта са извършени по метода Кнууп.

2. Експериментални данни



Фиг. 2. Микротвърдост $HK_{0,02}$ по метода Кнууп на различни композитни покрития (Ni, Ni + D, Ni + TiN), образци от ковък лят чугун (№ 2-7) и образци (№ 9-14) от изотермично-загрят ковък лят чугун (ADI)



Фиг. 3. Износоустойчивост на образци от ковък лят чугун (№ 1-7) и образци (№ 8-14) от изотермично-загрят ковък лят чугун (ADI), без покритие (№ 1 и 8) и с покритие (Ni, Ni + D, Ni + TiN) образци (№ 2-7; 9-14)

3. Заключение

Изследванията на учените и разработването на подобрения при материалите на атомно, молекулно и микромолекулно ниво води до бързо развитие на нанотехнологиите. През последните години са разработени качествено нови материали. Прилагането им дават възможност за реализирането на иновативни технологии. Материалознанието на нанометрично ниво, с помощта на високочувствителна сканираща апаратура позволяват охарактеризирането и изследването на новите материали. Използването на въглеродни наноматериали води до намаляване масата на конструкцията на апаратите и съоръженията. Перспективни се явяват покритията с включени твърди наночастици.

Литература:

1. С и м е о н о в а, Ю., Г. Сотиров, М. Аструкова, Т. Грозданова, Нови самосмазващи се антифрикционни материали за работа в екстремни условия, Международна научна конференция SENS 2009, София, България, 293-296.

2. Г р о з д а н о в а, Т., Трибологични характеристики на антифрикционен материал, съдържащ молибденов дисулфид, XII Международна научна конференция ВСУ, 7-8 Юни 2012 г., София, България, Сб. доклади, т.2, V-56 - V-59.
3. K a r a g u i o z o v a, Z., Stavri Stavrev, Tomasz Babul, Aleksander Ciski, Influence of cubic nanostructure additions on the properties of electroless coatings, IJNM, Volume 5, Issue 1/2 (2010), pp.129-138.
4. K a r a g u i o z o v a, Z., T. Babul, A. Ciski, S. Stavrev, Increase the operating lifetime of gears for the automotive and wind industry trough deposition of nickel-nanodiamond coatings, X International Symposium on Explosive Production of New Materials: Science, Technology, Business, and Innovations (X EPNM) Bechichi, Montenegro, 5-12.06.2010, ISBN 978-5-94588-073-3, (2010), p.32.
5. K a l e I c h e v a, J., V. Mishev, M. Kandeva, Z. Karaguiozova, E. Lyubchenko, Tribological behavior of spheroidal graphite cast irons with nanoadditives, World Tribology Congress 2013, on CD, article №1269, ISBN 9788890818509, Torino, Italy.
6. K a l e i c h e v a, M. Kandeva, Z. Karaguiozova, V. Mishev, P. Shumnaliev, Investigation on Wear Resistance of Ductile Cast Iron Covered With Nickel-Nanostructured Composite Nickel Coatings, The „A" Coatings 9-th International Conference in Manufacturing Engineering, October 2-3-4, 2011, Tessaloniki, Greece, Proceedings, ISBN 978-960-98780-5-0, pp.405-414.

ВЗРИВНО СИНТЕЗИРАН НАНОРАЗМЕРЕН ДИАМАНТ, ПРИЛОЖЕН ВЪВ ВИСОКОЯКА АЛУМИНИЕВА СПЛАВ ЗА ЦЕЛИТЕ НА КОСМИЧЕСКИЯ ЕКСПЕРИМЕНТ „ОБСТАНОВКА“, ПРОВЕДЕН НА МЕЖДУНАРОДНАТА КОСМИЧЕСКА СТАНЦИЯ

Людмил Марков, Анна Бузекова - Пенкова

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

Ключови думи: *нанодиамант (НД), взривен синтез, алуминиева сплав*

Резюме: *В представената работа е описан метод на синтез на нанодиамант (НД) от свободния въглерод на взривни вещества в процеса на взрива. Приложението на наноразмерен диамант (НД) при внедряването му във високояка алуминиева сплав, която е част от експеримент „Обстановка“ от програмата на международната космическа станция.*

DETONATION SYNTHESIZED NANOSIZED DIAMOND APPLIED INTO A HIGH STRENGTH ALUMINIUM ALLOY FOR THE PURPOSE OF SPACE EXPERIMENT “OBSTANOVKA“, PROGRAM OF THE INTERNATIONAL SPACE STATION

Ludmil Markov, Anna Bouzekova - Penkova

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

Keywords: *nanodiamond (ND), detonation synthesis, aluminium alloy*

Abstract*: In this paper the method for the synthesis of nanodiamond (ND) from the free carbon of explosives is presented, and the application of the nanodiamond (ND) to a high strength aluminium alloy,which is a part of the experiment „Obstanovka”, program of the International Space Station.*

Въведение

Непрекъснатото повишаване на изискванията към конструкционните материали, използвани в областта на космическите изследвания, доведе до прилагането на различни нови методи за постигането на тази цел.

Един перспективен метод за подобряване качествата на алуминиевите сплави, работещи в условията на открития космос е тяхното модифициране с наноразмерен диамант.

От друга страна екстремните условия необходими за получаване на нанодиамантите (НД), свърхвисоки налягания (над 18 GPa) и свръхвисоки температури (T > 4300^0 K), правят практически неприложими класическите статични и каталитични методи, поради необходимостта от големи енергийни разходи и твърде сложна технологична екипировка.

Ето защо последните години са характеризират с широкомащабни и все по-увеличаващи се научни и научно приложни изследвания по използване на взривни методи за синтез и модификация на материалите.

Същността на тези методи се състои в прилагане на свърхмощен импулс, определящ зона на високо налягане (P> 18 GPa, достига до 40 и повече GPa, високи темпертури (T >4,3 x10^3 K) и кратко време на въздействие на горните два параметъра- 8-12 ns.

Импулсното въздействие се реализира основно чрез:

- импулс от електроискров разряд

- детонация на заряд взривно вещество (ВВ)

Теория на метода

Детонационният синтез на НД се базира на фазовата диаграма на въглерода, свързана с параметрите на взрива.

Съществуват две направления за синтез на диамантени прахове:

- към заряда ВВ се добавя графит и катализатор (Cu и др.)

- директно превръщане на свободния въглерод от ВВ с отрицателен кислороден баланс: ТНТ, хексоген, тен и др., както и смеси от различни ВВ.

В първия случай привнесения във ВВ графит претърпява фазов преход в диамант, който представлява високо дисперсен прах с размери на частиците от стотна част от микрона до няколко микрона. Специфичната повърхност на получените прахове е 20 ÷ 150 m^2 /g.

Особеностите на процеса са следните:

- висока температура (2000^0 – 5000^0 К)

- бързо охлаждане на продуктите при адиабатното им разширение и оттам запазване на диамантените частици.

- увеличена скорост на детонация.

Морфологията на частиците е разнообразна. Повечето частици са несъвършенни по форма и са поликристални образувания. Срещат се обаче и единични кристали с добро остеняване. Добивът и свойствата зависят от взривното вещество, ефективността на закалката, добавките, катализатора и др. Кристалите обикновенно са с кубична решетка, слабо зависеща от условията на синтеза.

Така например, изследванията показват, че НД получен от сажди има по-съвършенна структура от получения от графит.

Термичната устоичивост на НД зависи основно от суровината. Например полученият от сажди е устойчив до диапазона 590^0 – 670^0 С, а от графит – в диапазона 570^0 – 840^0 С.

При втория случай синтеза на НД се осъществява чрез директното превръщане на отделящия се свободен въглерод в процеса на взрива на ВВ с отрицателен кислороден баланс.

В работите на Лямкин и Creiner [1,2] се съобщава за получаване на ултрадисперсен диамант от свободния въглерод на взривните вещества с отрицателен кислороден баланс при детонация на заряд в охлаждаща газова среда (аргон, CO_2 и др.)

В първата публикация се отбелязва, че съществуват и други подходи към задачата за запазване на диаманта, получен при детонация на кондензирани ВВ.

Един от тези методи е разглеждания в настоящата публикация.

Детонационната вълна (ДВ) е комплекс от удърна вълна (УВ) , на фронта на която започва разлагане на ВВ (химпик), следваща след УВ зона на химическа реакция, която завършва в точката на Чепмен - Жуге и накрая тейлъровата вълна на разтоварване. Съгласно хидродинамичната теория на детонацията, амплитудата на химпика е 1,3 ÷ 1,5 пъти по-голяма от налягането Р в точката на Жуге при разчетна температура на ударно свиване на
ВВТ = (1 ÷ 2) x10^3 К.

Таблица 1.

ВВ	Плътност	Условия в точките на Жуге		Свободен С (% от масата на ВВ)	
				Окисление до	
		P(Gpa)	T(K)	CO	CO_2
Тротил	1,64	19	3500	18	28
Хексоген	1,82	35	4200	0	8
ТХ 50/50	1,67	28	3900	9	18
ТХ 40/60	1,68	29	4000	7	15
Тетрил	1,70	24	4000	2	18
Тен	1,62	30	4400	11	4

В таблица 1 за някои ВВ са дадени стойностите на Р и Т в точките на Жуге и количеството на свободния въглерод в продуктите на детонацията (ПД), пресметнати от условието, че кислорода в молекулите на ВВ окислява С до СО или CO_2 . Количеството на

отделения при взрива на ВВ кондензиран въглерод е променливо и зависи от състава на ВВ, плътността на заряда и условията на взрива.

Отделянето на въглерода се определя от реакцията на генераторния газ:$2CO = CO_2 + C$, в която равновесието се премества на ляво с повишаване на температурата и на дясно с нарастване на налягането. Следователно, с увеличаване на Р трябва да расте и количеството на свободния С в ПД. Сравняването на температурата и налягането в ДВ с фазовата диаграма на С показва, че свободнив въглерод би трябвало да кондензира в диамантна форма. За заряди от ТХ (тротил-хексоген – 50/50, плътност = 1,67 g/cm^3) точката на Жуге лежи в областа на течния въглерод. Следователно диаманта трябва да кристализира от микрокапки С и само при разширение на ПД той получава възможност да се превърне в графит (или да изгори при взрив във въздуха).

За синтеза на диамант е целесъобразно използването на хетерогенни ВВ от типа ТХ, които имат голяма ширина на зоната на химическата реакция и в ПД се създава микротурболентност и добро размесване, необходимо за израстване на диаманта.

Експериментално синтезиране на НД

Правилността на изложените теоретични предпоставки беше потвърдена от извършените експерименти за синтезиране на НД.

Очевидно, за запазване на диаманта, взривяването на заряда ВВ трябва да се извършва в охлаждаща и инертна (без кислород) среда. При това, средата трябва да е такава, че нейната топлоемкост в обема на взривната камера да е по-голяма от количеството топлина отделена при взрива на заряд с определена маса и състав, а скоростта на охлаждане на диаманта да бъде максимална. За такава среда беше избрана вода във вид на обвивка около заряда. Освен бързото охлаждане на НД, водата задържа бързото разлитане на продуктите на детонацията, а това увеличава времето за съществуване на налягането в областта на стабилност на диаманта.

Съгласно направените оценки за ТХ 50/50 в ПД в отразената вълна налягането е 18 GPa при нулев ъгъл на падане и 7,5 GPa при 90^0 (пълзяща детонация).

Изпълнена беше серия от експерименти със заряди ТНТ, ТХ 50/550, ТХ 40/60, ТХ 30/70 във вид на дискове, цилиндри и сфери, във взривна камера с обем 700l (фиг.1) на въздух, в атмосфера CO_2 и водна обвивка.



Фиг. 1. Общ вид на взривната камера

Диаманта беше промиван със сярна киселина и калиев бихромат, солна киселина, изсушен и смлян в топкова мелница.

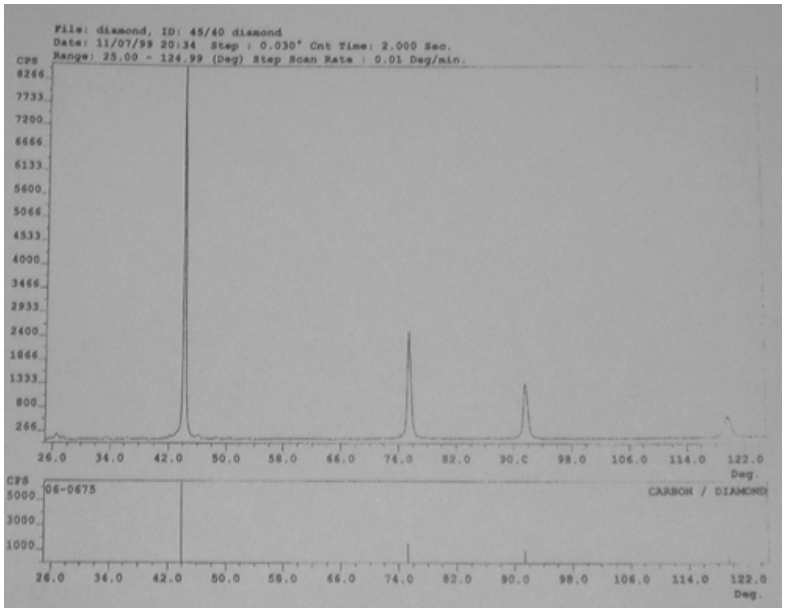
Чистотата на НД беше контролирана с газов, спектроскопски и рентгеноструктурен анализ.

В резултат на тези опити беше установено, че при взрив на заряд ВВ без обвивка във въздушна среда НД не се запазва, а в атмосфера СО се запазва само в малки количества (0,5% от масата на заряда). Наличието даже на тънка водна обвивка рязко увеличава

количеството на диаманта. То расте с увеличаването на дебелината на водната обвивка, % хексоген и зависи от формата на заряда.

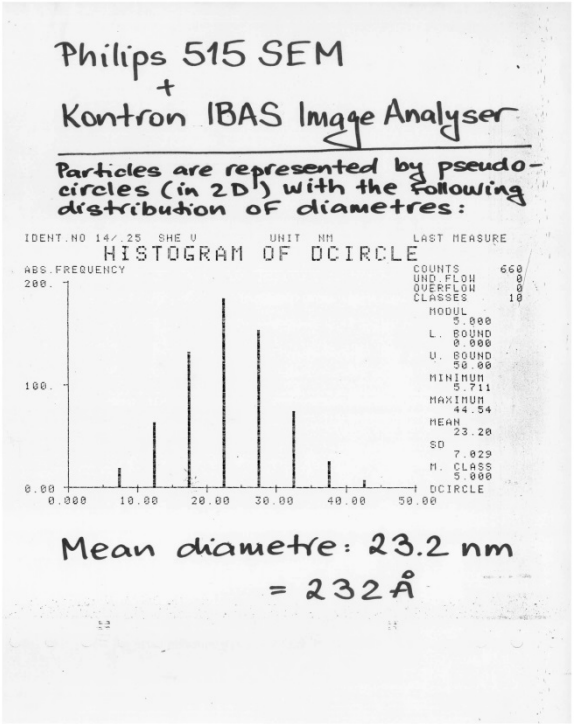
Полученият НД представлява фин сив прах с чистота 99,9%, пикнометрична плътност – 3,16 g/cm^3 , специфична повърхност до 400 m^2 /g и термична устойчивост в границите 740^0 ÷ 959^0 С на въздух.

На приложената рентгенограма (фиг.2) се виждат три добре оформени рефлекса, показващи незначителни остатъци от графит.

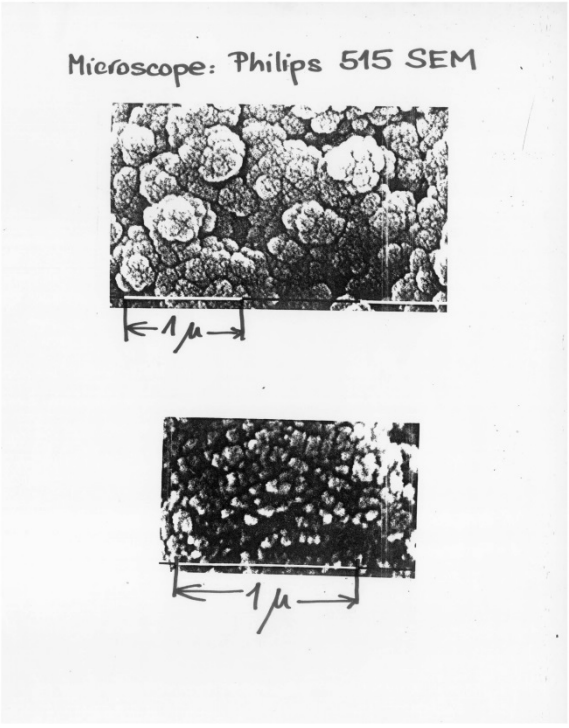


Фиг. 2

Изследванията, извършени със сканиращ електронен микроскоп и проведената компютърна обработка на образите показват, че частиците НД са почти изометрични със среден размер 23,2 nm. (фиг.3) и поради големите повърхностни напрежения са слепени в гроздовидни структури (фиг.4).



Фиг. 3



Фиг. 4

Разрушаването на тези агрегати беше извършено чрез неколкократно замразяване на суспензията от НД и вода при температура на течния азот и последваща обработка с мощен ултразвуков генератор, при използване на подходящи разтворители. При съчетаването на тези два метода се получава НД с описаните по-горе свойства, висока седиментна устойчивост и аномално високи адсорбционни свойства.

Синтезиранния, по горе описания взривен метод, НД беше използван за създаването на нов композиционен материал на базата на Al, за нуждите на космическата техника. Изискванията към този материал бяха: ниско тегло, висока твърдост, висока плътност и топлинна устойчивост. Освен това от него се очаква да работи в екстремални условия и да притежава редица специфични физикомеханични показатели.

Ето защо изследването на този материал в условията на открития космос се предхожда от предварителни изследвания, а последващите резултати ще са от значение за влиянието на открития космос върху композита. Идейният проект се реализира в сътрудничество с водеща космическа държава - Руския модул на Международната Космическа Станция (МКС). Композиционния материал беше поставен в блок ДП – ПМ на станцията, като част от експеримента “Обстановка”.

Изходната сплав е В95, количествена прибавка на НД и волфрам (W). Твърдостта на изходната сплав В95 без НД е около 50 ÷ 60 HRB.

За провеждане на различните видове изпитания бяха подготвени образци с d = 50,6 mm, неколкократно шлифовани и полирани до получаване на напълно гладка огледална повърхност (фиг.5).



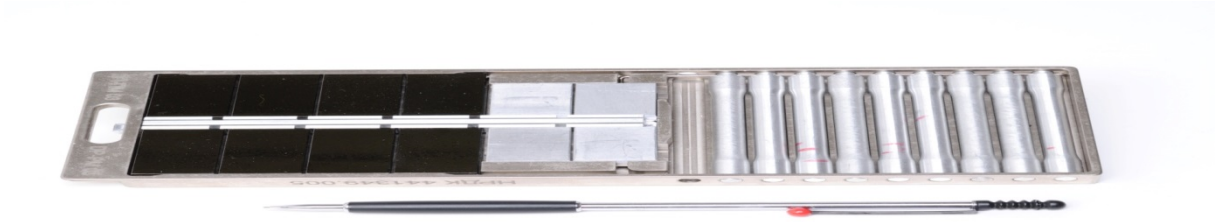
Фиг. 5

Оценката на ефекта на уякчаване с помощта на съотношенията на Аксел и Ленел показват, че легирането с частици на НД дава резултат още при малки концентрации.

Образеца беше подложен на въздействие в произволно направление с механични удари с максимални стойности: ударно ускорение - 40 g, продължителност на действие на ударното ускорение – 1 ÷ 3 msec, количество на ударите - по 3 във всяко направление и по всяка ос.

Не се наблюдават визуално механични повреди и пробитости. Резултатите позволяват да се оцени надеждността за използване на композитни материали на метална основа за изработване на корпуси и детайли, на уреди и апарати, както за изследване на космическото пространство, така и може би по-важно приложение в наземни условия за практически цели.

От така получения композиционен материал, бяха изработени образци (фиг.6) които бяха качени на борда на Международната космическа станция в рамките на космическия експеримент „Обстановка“.



Фиг. 6

След връщането на Земята, новия композит ще бъдат детайлно изследван за да се оцени въздействието на открития космос върху неговите физико-механични характеристики.

Изводи:

1. Получен е взривно синтезиран и деагрегиран наноразмерен диамант.
2. Получен е и изследван композиционен материал на основата на Al, уякчен с наноразмерен диамант.
3. Целесъобразно е използването на този вид композит, поради постигането на висока твърдост и добри физико-механични показатели.

Литература:

1. Л я м к и н, А. И., Е. А. П е т р о в и др. „Доклады АН СССР“, 1988, с. 302-3
2. C r e I n e r, R o y N., D.S. P h I l I p s, et al., Prepr. LA-UR, 88-104, Los Alamos, 1988
3. Б у з е к о в а - П е н к о в а, А. Изследване на механичните свойства на дисперсноуякчена алуминиева сплав, предназначена за открития космос. SES 2013, November 2013, Sofia, Bulgaria.
4. Експеримент «ВОАЛ» от програмата на втория български космонавт, София
5. BG патент 931856/1990 г.

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ГРАФИНОВ БАРИСТОР И MOSFET С ВГРАДЕН КАНАЛ

Мила Илиева-Обретенова

Минно-геоложки университет «Свети Иван Рилски» - София
e-mail: mila.ilieva@mgu.bg

Ключови думи: *графин, MOSFET с вграден канал, Шотки бариера, хибриден елемент, транзистор*

Резюме: *Графиновият баристор представлява полеви транзистор с контролирана Шотки бариера между графин и силиций. Целта на статията е да се демонстрират предимствата на графинов баристор спрямо полеви транзистор MOSFET с вграден канал. Методологията включва сравнение на двата елемента по следните критерии: конструкция и означение, статични характеристики и режими на работа, температурни характеристики, височина на бариерата и енергия на Ферми, приложения. Сравнението на характеристиките показва, че хибридните устройства графин-силиций превъзхождат MOSFET с вграден канал за реализация на високоскоростни логически приложения.*

COMPARATIVE ANALYSIS OF GRAPHENE BARRISTOR AND DEPLETION-MODE MOSFET

Mila Ilieva-Obretenova

Mining and Geology University "St.Ivan Rilski" – Sofia
e-mail: mila.ilieva@mgu.bg

Keywords: *Graphene, Depletion-mode MOSFET, Schottky barrier, hybrid device, transistor*

Abstract: *Graphene barrister is a MOSFET with controlled Schottky barrier between graphene and silicon. The paper aims to demonstrate the graphene barrister advances to depletion-mode MOSFET. The methodology includes comparison of the two devices on the following criteria: construction and symbol, static characteristics and exploitation modes, temperature characteristics, barrier height and Fermi energy, applications. The characteristics comparison shows that hybrid devices graphene-silicon exceed depletion-mode MOSFET for realization of high-speed logical applications.*

Въведение

MOSFET представлява полеви транзистор с конструкция метал-оксид-полупроводник. Разновидностите са две: с индуциран канал и с вграден канал. Индуцираният канал се създава след прилагане на право напрежение в два p-n-прехода. Вграденият канал е фабрично изработен между две обогатени области. Големината на тока се регулира чрез p-n-преход под канала – каналът се обогатява или обеднява на токоносители [1], [2], [3]. Недостатъците на MOSFET с вграден канал са: големи размери, висока консумация и ниско бързодействие според съвременните изисквания. Това налага създаване на елемент с усъвършенствани параметри – графинов баристор.

Графиновият баристор представлява MOSFET с вграден канал. Над част от силициевия канал е разположен слой графин, който го обогатява или обеднява. Така се получава Шотки бариера между графин и силиций, която увеличава бързодействието и намалява консумацията на елемента[5].

Целта на статията е да се направи сравнителен анализ на графинов баристор и MOSFET с вграден канал и да се посочат предимствата на графиновия баристор.

Теория на метода

Основните параметри на MOSFET с вграден канал са:

1. Конструкция и означение,
2. Статични характеристики и режими на работа,
3. Температурни характеристики,
4. Височина на бариерата и енергия на Ферми,
5. Приложения.

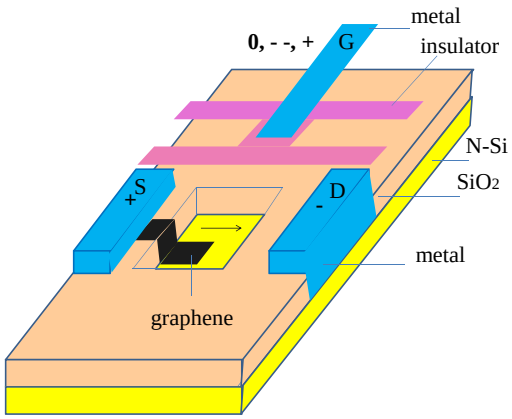
По тези критерии се оценява и графинов баристор в сравнение с MOSFET с вграден канал.

Резултати

1. Конструкции и означения на графинов баристор и MOSFET с вграден канал

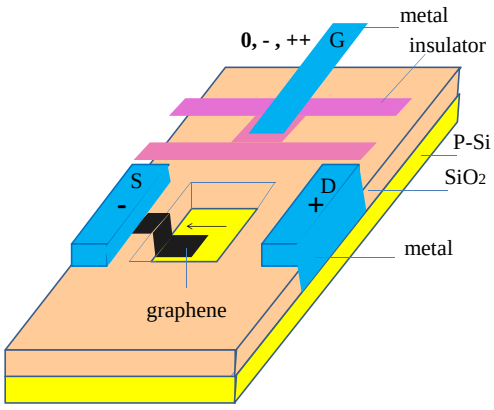
1.1. Конструкции

Графиновият баристор съществува в два вида: n-тип и p-тип. Името се определя от вида на полупроводника в елемента. На фигура 1 е показана конструкция на графинов баристор от n-тип.



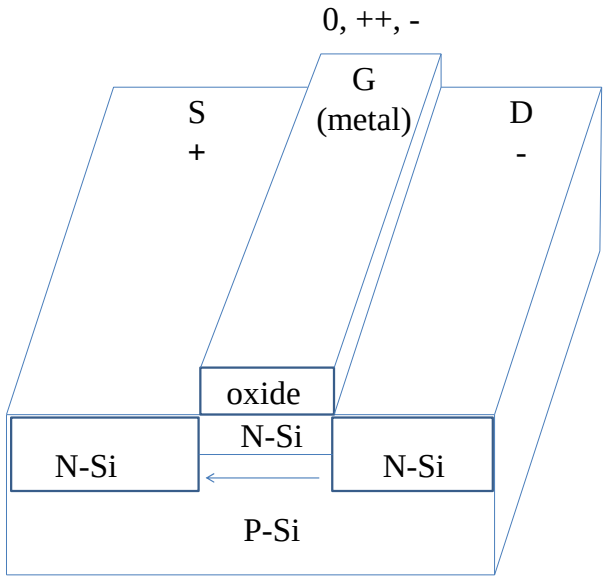
Фиг. 1. Конструкция на графинов баристор от n-тип

На фигура 2 е показана конструкция на графинов баристор от p-тип.

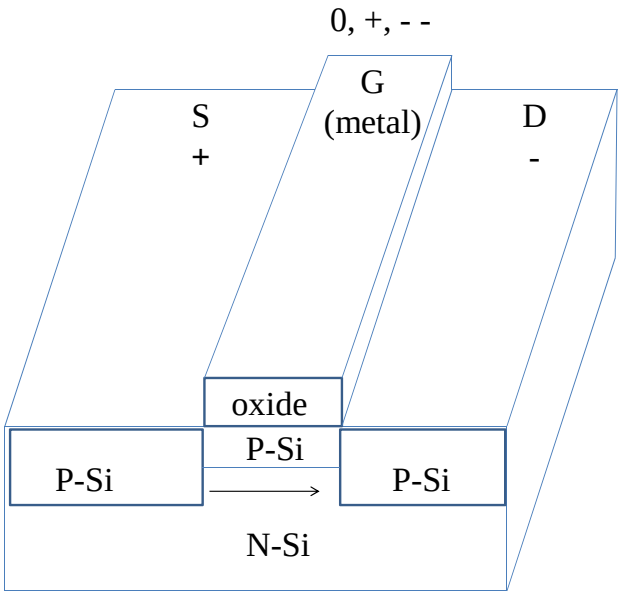


Фиг. 2. Конструкция на графинов баристор от p-тип

MOSFET с вграден канал също съществува в два вида: с n-канал и с p-канал. Името се определя от вида на канала. На фигура 3 е показана конструкция на MOSFET с вграден n-канал. На фигура 4 е показана конструкция на MOSFET с вграден p-канал. Предимство на графиновия баристор е по-малкият обем, обусловен от използването на слой графин върху силициевия канал. Намалява се и обемът на интегралните схеми с този елемент.



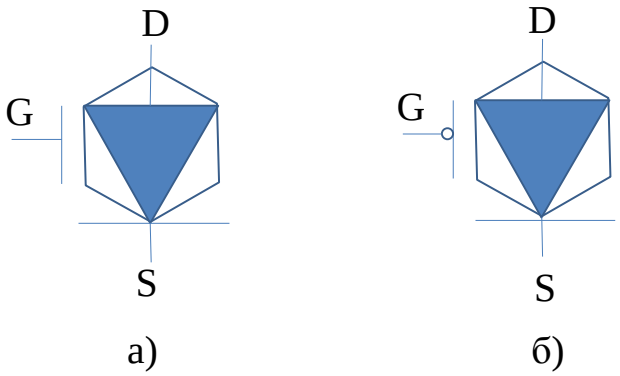
Фиг. 3. Конструкция на MOSFET с вграден n-канал



Фиг. 4. Конструкция на MOSFET с вграден p-канал

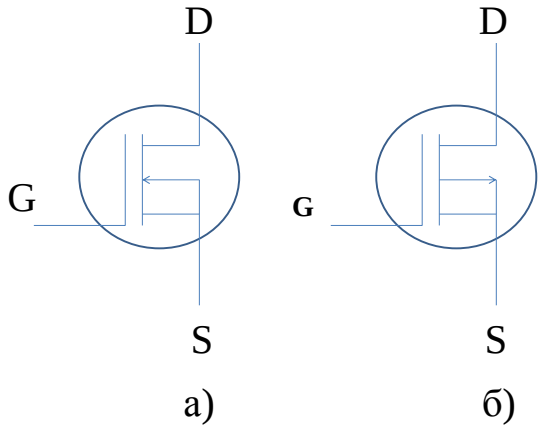
1.2. Означения

Означенията на графинов баристор съдържат означението на изправителен диод и шестоъгълник, символ на графин. Гейтът се означава успоредно на шестоъгълника. На **фигура 5** са показани означенията на n-тип и на p-тип графинов баристор.



Фиг. 5. Означение на графинов баристор: а) n-тип; б) p-тип с инвертиран гейт

Означенията на MOSFET с вграден канал съдържат стрелка, указваща типа на канала. За MOSFET с вграден n-канал стрелката сочи към канала, за MOSFET с вграден p-канал стрелката сочи извън канала. На фигура 6 са показани означенията на MOSFET с вграден канал.



Фиг. 6. Означения на MOSFET с вграден канал: а) n-канал; б) p-канал

Предимство на означението на графиновия баристор е, че се илюстрира „обогатяването“ и „обедняването“ на елемента чрез символа за изправителен диод и вида на елемента, обогатяващ канала – графин – чрез шестоъгълник.

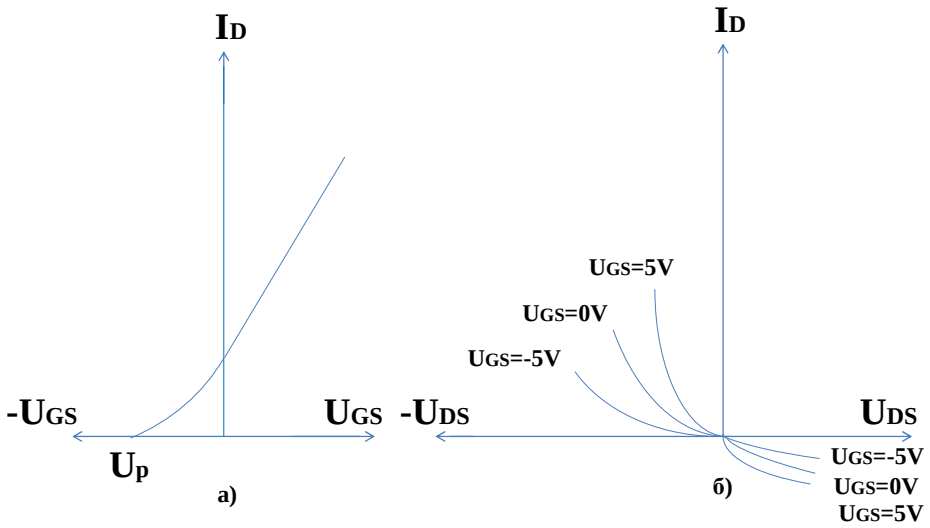
2. Статични характеристики и режими на работа

2.1. Статични характеристики

Статичните характеристики се изследват, като към електродите на елемента се подават напрежения, без да се включва товар. Статичните характеристики са два вида:

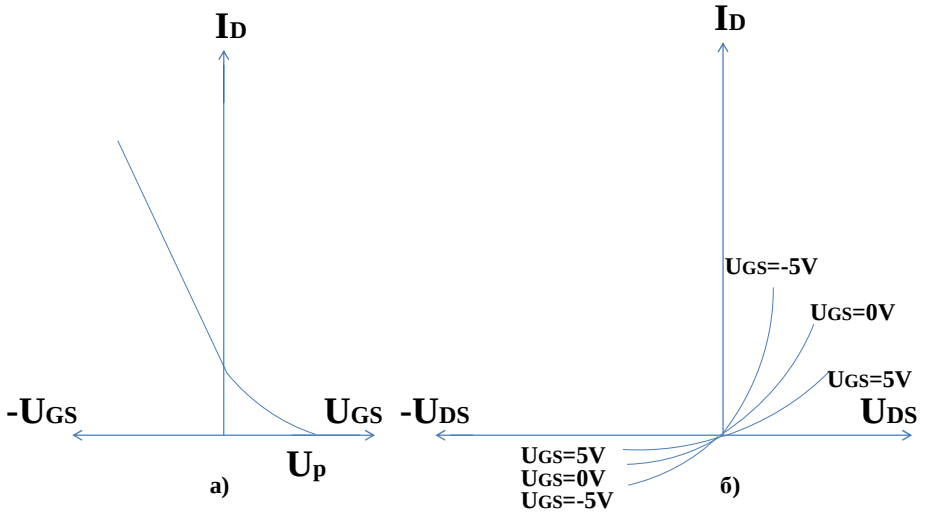
- Предавателна: $I_D = f(U_{GS})$, при $U_{DS} = const$;
- Изходна: $I_D = f(U_{DS})$, при $U_{GS} = const$.

На фигура 7 са показани статичните характеристики на графинов баристор от n-тип.

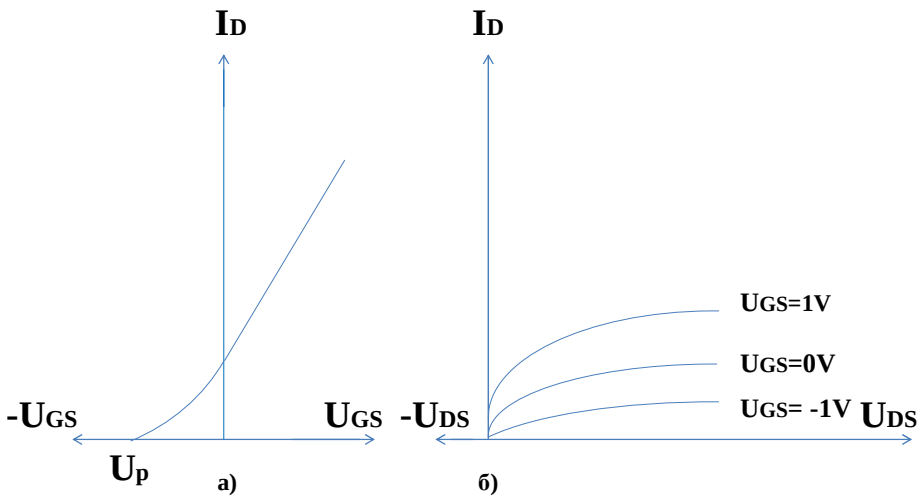


Фиг. 7. Статични характеристики на графинов баристор от n-тип: а) предавателна; б) изходна

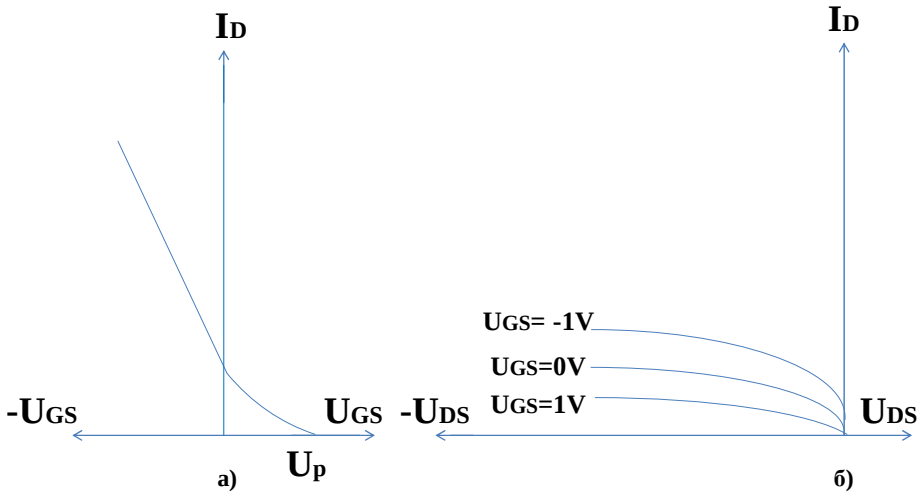
На фигура 8 са показани статичните характеристики на графинов баристор от p-тип. На фигура 9 са показани статичните характеристики на MOSFET с вграден n-канал. На фигура 10 са показани статичните характеристики на MOSFET с вграден p-канал. От статичните характеристики може да се види, че правото напрежение за единия елемент е обратно за другия.



Фиг. 8. Статични характеристики на графинов баристор от p-тип: а) предавателна; б) изходна



Фиг. 9. Статични характеристики на MOSFET с вграден n-канал: а) предавателна; б) изходна



Фиг. 10. Статични характеристики на MOSFET с вграден p-канал: а) предавателна; б) изходна

2.2. Режими на работа

От статичните характеристики на графинови баристори може да се види, че елементите имат два режима. Фигура 7 показва, че режимите на графинов баристор от n-тип са следните:

- При $U_{DS} < 0$: режим ключ – съпротивлението е малко и токът рязко нараства. Отношението ток на включване/ток на изключване е много голямо: Ion/Ioff = 10^5. С U_{GS} може да се регулира съпротивлението:
  - При $U_{GS} > 0$: по-малко съпротивление;
  - При $U_{GS} < 0$: по-голямо съпротивление.
- При $U_{DS} > 0$: режим насищане – съпротивлението е по-голямо в сравнение с режим ключ. Отношението Ion/Ioff = 300. С U_{GS} се регулира съпротивлението:

- При $U_{GS} > 0$: по-малко съпротивление;
- При $U_{GS} < 0$: по-голямо съпротивление.

Фигура 8 показва, че режимите на графинов баристор от p-тип са следните:

- При $U_{DS} < 0$: режим насищане – съпротивлението е по-голямо в сравнение с режим ключ. Отношението Ion/Ioff = 300. С U_{GS} може да се регулира съпротивлението:
  - При $U_{GS} > 0$: по-голямо съпротивление;
  - При $U_{GS} < 0$: по-малко съпротивление.
- При $U_{DS} > 0$: режим ключ – съпротивлението е малко. Отношението Ion/Ioff = 10^5. С U_{GS} се регулира съпротивлението:
  - При $U_{GS} > 0$: по-голямо съпротивление;
  - При $U_{GS} < 0$: по-малко съпротивление.

От статичните характеристики на MOSFET с вграден канал може да се види, че елементите имат два режима. Фигура 9 показва, че режимите на MOSFET с вграден n-канал са насищане и запушване:

- При $U_{DS} > 0$: режим насищане – съпротивлението е малко. Регулира се с U_{GS}.
  - При $U_{GS} > 0$ съпротивлението е по-малко – обогатяване на канала с токоносители;
  - При $U_{GS} < 0$ съпротивлението е по-голямо – обедняване на канала.
- При $U_{DS} < 0$: режим запушване – съпротивлението е много голямо.

Фигура 10 показва, че режимите на MOSFET с вграден p-канал са насищане и запушване:

- При $U_{DS} > 0$: режим запушване – съпротивлението е много голямо.
- При $U_{DS} < 0$: режим насищане – съпротивлението е малко. Регулира се с U_{GS}.
  - При $U_{GS} > 0$ съпротивлението е по-голямо – обедняване на канала на токоносители.
  - При $U_{GS} < 0$ съпротивлението е по-малко – обогатяване на канала.

Ключовият режим на баристора осигурява по-високо бързодействие спрямо това на MOSFET с вграден канал. Управлението на двата режима на баристора с различни съпротивления осигурява повече функции на елемента. Това дава възможност за създаване на схеми с по-малко елементи и способства за миниатюризация.

3.Температурни характеристики

За температурните характеристики на графинов баристор се изхожда от диодното уравнение на елемента:

(1) $$I=A.A^*.T^2.e^{-\frac{q.\Phi b}{kB.T}}.(e^{\frac{q.Vbias}{\eta id.kB.T}}-1)$$

Където:
I е изходният ток,
A – областта на Шотки преход,
A* - ефективната константа на Ричардсон,
T – температурата,
q – елементарният заряд,
Φb – височината на Шотки бариерата,
kв – константата на Болцман,
Vbias – изходното напрежение, Bias = U_{DS},
ηid – идеалност на диода: десетичен логаритъм на плътността на тока за $см^2$.

От фигура 7 се вижда, че графинов баристор от n-тип при обратно напрежение $U_{DS} > 0$ е в режим насищане. Следователно

(2) $$e^{\frac{q.Vbias}{\eta id.kB.T}} << 1$$

В този режим диодният ток става нечувствителен към Vbias, A = 1, A* = 1. Тогава токът на насищане е:

(3) $$Isat=T^2.e^{\frac{-q.\Phi b}{kB.T}}$$

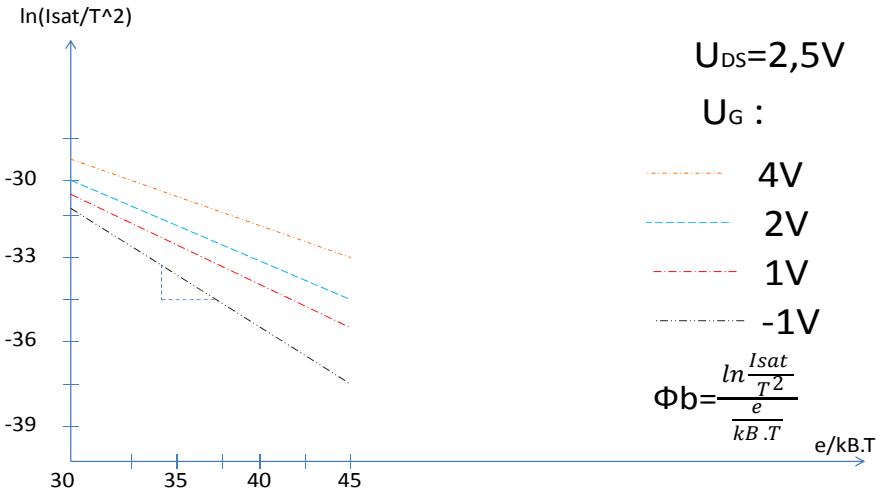
Вижда се, че диодният ток зависи от квадрата на температурата. Температурната характеристика се изразява като $\ln \frac{Isat}{T^2}$

във функция на $\frac{q}{kB.T}$

при U_{DS} = const и $U_{GS} \neq$ const, q се замества с елементарния заряд на електрона e^-. Височината на Шотки бариерата Φb се оценява за дадено напрежение на гейта от стръмността на всяка графика:

(4) $$\Phi b = \frac{ln\frac{Isat}{T^2}}{\frac{e}{kB.T}}$$

На фигура 11 са показани температурни характеристики на графинов баристор от n-тип.



Фиг. 11. Температурни характеристики на графинов баристор от n-тип

От фигурата се вижда, че с увеличаване на температурата и на U_{GS} височината на Шотки бариерата намалява и токът се увеличава.
Анализът на температурните характеристики на MOSFET с вграден канал е аналогичен.

4. Височина на бариерата и енергия на Ферми

Изменението на височината на Шотки бариерата може да се изчисли като разлика между височината на бариерата при определена енергия на Ферми и височината на бариерата при нулево изменение на енергията на Ферми.

(5) $\Delta\Phi b = \Phi b - \Phi b\ (\Delta E_F = 0)$

Изменението на енергията на Ферми ΔEF се изчислява след измерването на плътността на

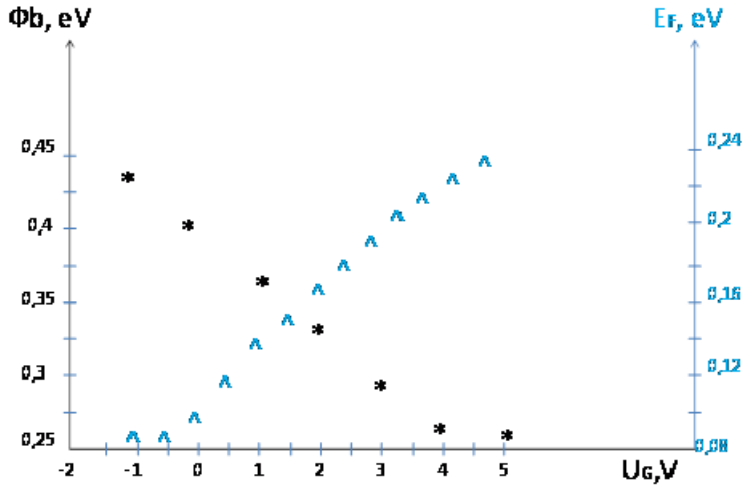
токоносителите на Хол – η н. Тогава

(6) $\Delta EF = h.VF.\sqrt{\pi_{\bullet}\eta_H}$,

където:
h е константата на Планк,
VF е скорост на Ферми за графин.
В резултат на това се наблюдава следното:

(7) $\Delta EF = -\Delta \Phi b$

С други думи изменението на енергията на Ферми е приблизително равно на изменението на височината на бариерата с обратен знак. Процесът се управлява чрез напрежението на гейта, т.е. UGS е отговорно за вариациите на Φb. На фигура 12 са показани графики на височината на Шотки бариерата Φb и на енергията на Ферми EF в зависимост от напрежението на гейта UGS за графинов баристор от n-тип.



Фиг. 12. Височина на Шотки бариера Φb и енергия на Ферми EF за графинов баристор от n-тип

Анализът на височината на потенциалната бариера и енергията на Ферми за MOSFET с вграден канал е аналогичен. Предимство на баристора е краткото време и ниската консумация за включване на елемента поради липсата на забранена зона в графин и краткото време и ниската консумация за изключване на елемента поради обратното включване на прехода графин-силиций.

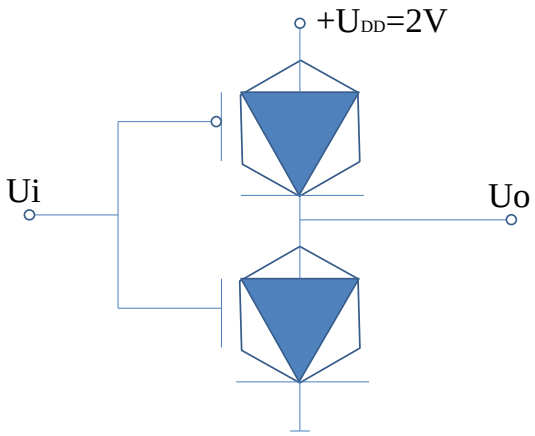
5. Приложения

5.1. Приложения на графинов баристор

Основните приложения на графинов баристор са инвертор и полусуматор.

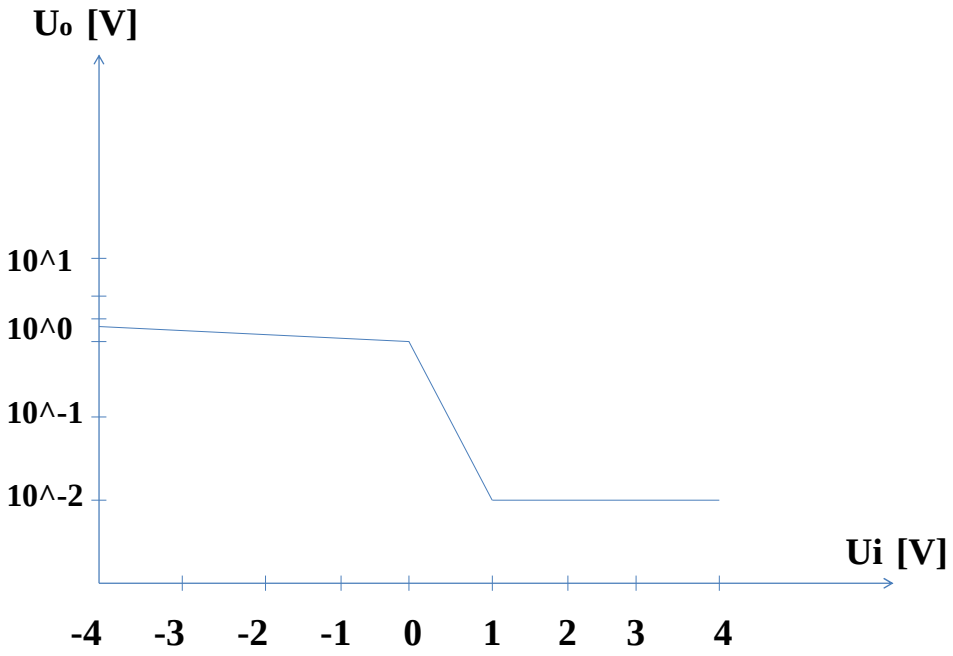
5.1.1. Инвертор

На фигура 13 е показан инвертор, реализиран с графинов баристор от p-тип и графинов баристор от n-тип. Захранващото напрежение на дрейна е 2V: U_{DD} = 2V. При подаване на положително напрежение на дрейна на графинов баристор от p-тип елементът е в режим ключ. Баристорът от n-тип е в режим насищане. При подаване на отрицателно напрежение на входа на инвертора Ui = U_G < 0 съпротивлението на баристора от p-тип е малко, съпротивлението на баристора от n-тип е голямо. Токът преминава от баристора от p-тип и изходното напрежение Uo е приблизително равно на захранването: Uo ≈ U_{DD}. При подаване на положително напрежение на входа на инвертора Ui = U_G > 0 съпротивлението на баристора от p-тип е по-голямо, а съпротивлението на баристора от n-тип е по-малко. Токът от входа преминава през баристора от n-тип и Uo е приблизително равно на 0: Uo = 0.



Фиг. 13. Инвертор с комплементарни графинови баристори

Фигура 14 показва амплитудната характеристика на инвертор с графинови баристори. Бързодействието на схемата е високо, тъй като изходният капацитет се презарежда през транзистора в ключов режим с малка времеконстанта. Консумацията е незначителна, особено в статичен режим, когато единият транзистор винаги е в режим насищане с голямо съпротивление.



Фиг. 14. Амплитудна характеристика на инвертор с графинови баристори

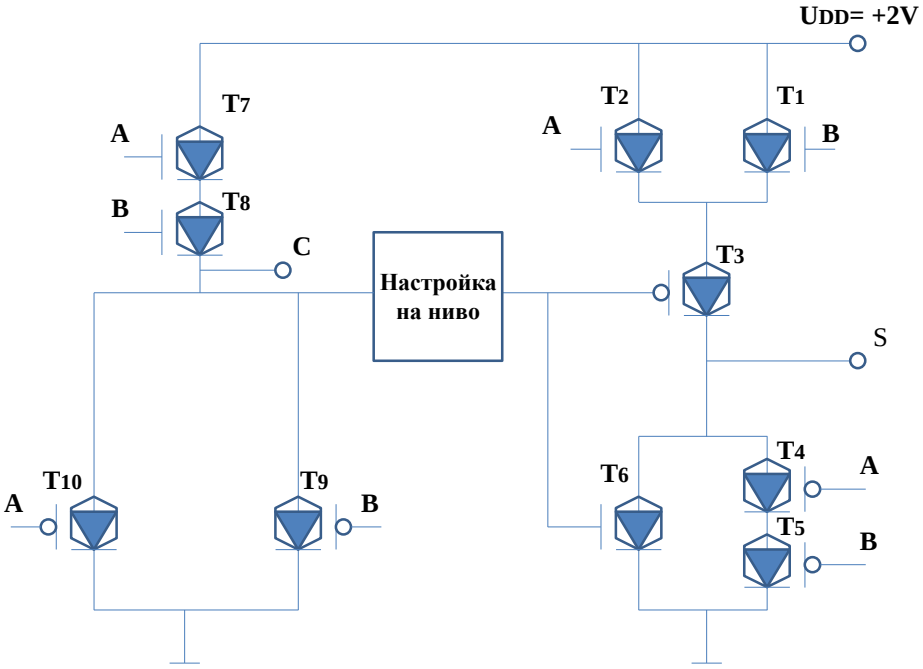
5.1.2. Полусуматор

Полусумaторът е интегрална схема, която сумира две еднобитови числа. Процесът се извършва чрез две функции: сумиране S = A^{-}.B + A.B^{-} (A-черта по B + A по B-черта) и пренос C = A.B. В таблица 1 са дадени логическите стойности на A, B, S и C. Вижда се, че сумата на 1 и 1 е 0 и има пренос на 1 в по-горен разряд [4].

Таблица 1. Логически стойности на входовете и изходите на полусуматор

A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Всяка от двете функции в полусуматора се извършва от отделна част. Всяка част се реализира с два типа транзистори – товарни, играещи роля на съпротивление, и активни, играещи роля на разрядни елементи. Товарните транзистори се реализират с графинови баристори от n-тип, а активните – с графинови баристори от p-тип. На фигура 15 е показана принципна схема на полусуматор с графинови баристори.



Фиг. 15. Принципна схема на полусуматор с графинови баристори

От фигурата може да се установи, че при еднакви стойности на A и B транзисторите T_1 и T_2 са в режим насищане, а T_4 и T_5 са в режим ключ. В резултат на това на изход S се получава логическа 0. При различни стойности на A и B T_1 и T_2 са в режим насищане, но единият от тях е с по-малко съпротивление. T_4 и T_5 са в режим ключ, но единият е с по-малко съпротивление. В резултат на това на изход S се получава логическа 1. Транзистор T_3 служи за предаване на стойността на S към функцията Пренос (C). Транзистор T_6 служи за гарантиране на преминаването на тока през T_4 и T_5. Функцията S се реализира чрез T_4 и T_5. Функцията C се реализира чрез товарните транзистори T_7 и T_8. Транзисторите T_9 и T_{10} служат за разряд на напрежението. При постъпване на 0 на входове A и B T_7 и T_8 преминават в режим насищане с голямо съпротивление. На изход C се получава логическа 0. Логическата 0 от S включва T_9 и T_{10} в режим насищане с малко съпротивление и те разреждат напрежението. При постъпване на 1 на входове A и B T_7 и T_8 преминават в режим насищане с малко съпротивление. На изход C се получава логическа 1. Логическата 0 от S включва T_9 и T_{10} в режим насищане с голямо съпротивление. Това поддържа логическата 1 на изход C.

5.2. Приложения на MOSFET с вграден канал

Основните приложения на комплементарни MOSFET с вграден канал са логически схеми ИЛИ-НЕ и И-НЕ. Детайли по тях са дадени в [3]. Предимство на схемите с графинови баристори е по-ниската консумация: +2V. Захранването на схемите с MOSFET с вграден канал е +5V.

Заключение

В статията е направен сравнителен анализ на графинов баристор и MOSFET с вграден канал по пет критерия. В резултат на това може да се установи, че графиновият баристор усъвършенства параметрите на MOSFET с вграден канал по отношение на консумация, бързодействие и обем. Недостатък на графиновия баристор е все още високата цена. Понастоящем са създадени прототипи на два вида логически схеми с баристор – инвертор и полусуматор. В бъдеще приложенията могат да се разширят до суматор, регистър и по-сложни схеми за изчислителната техника.

Литература:

1. В ъ л к о в, С., Я м а к о в, И., Д о й ч и н о в а, Р., Х р и с т о в, М., В а с и л е в а, Т., Електронни и полупроводникови елементи и интегрални схеми, Издателство „Техника”, София, 2006
2. К о л е в а, Е., Индустриална електроника, Издателство Екс-Прес, Габрово, 2010
3. П е т ко в, С., К о с т о в, Д., “Основи на електрониката и електронни устройства за минната промишленост”, Техника, София, 1986
4. “Half Adders, Full Adders, Ripple Carry Adders”, http://www.cs.umd.edu/class/sum2003/cmsc311/Notes/Comb/adder.html
5. Y a n g, H. et al., Graphene Barristor, a Triode Device with a Gate-Controlled Schottky Barrier, Science, 1 June 2012: vol.336, №6085, pp. 1140-1143 http://www.sciencemag.org/content/336/6085/1140.full

SPREADING OF MICROFILMS AND NANOFILMS OF POLYMER LIQUIDS

Dimitar Draganov

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

Keywords: *Polymer liquids, nanofilms, microfilms*

Abstract: *Nanotechnology can have a key role in future space flights. Research activities now are focused on the ability to engineer nanostructures with controlled composition, shape and size. We have studied the spreading of polymer liquids (melts) over flat surfaces. Two geometries are considered: horizontal with moving contact line (done by others), and vertical with static contact line (subject of our experiments). In all cases we have found that there are polymer nanofilms spreading ahead from the macroscopic fluid meniscus. The structure of these nanofilms does not seem to depend on the viscosity of the polymer melt, or the experimental conditions (temperature and humidity). Between the nanofilms and the bulk meniscus there are transitional microfilms, which seem to be controlled by the van der Waals forces. The speed of spreading of both micro and nano films seems to depend strongly on the viscosity of the polymer melt..*

РАЗПРОСТРАНЕНИЕ НА МИКРО- И НАНОСЛОЕВЕ НА ПОЛИМЕРНИ ТЕЧНОСТИ

Димитър Драганов

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

Ключови думи: *Полимерни течности, нанослоеве, микрослоеве*

Резюме: *Нанотехнологиите се предвижда да играят ключова роля в бъдещи космически полети. Научноизследователските усилия сега са фокусирани върху способността ни да създаваме наноструктури със контролиран състав, форма и размер. В тази статия ние разглеждаме разпространението на тънки слоеве от полимерни течности върху равни повърхности. Две геометрии са разгледани: хоризонтална с движеща се линия на контакт (експерименти и симулации извършени от други учени), и вертикална със статична линия на контакт (обект на нашите експерименти). Във всички случаи ние открихме наличието на полимерни нанослоеве, разпространяващи пред макроскопичния менискус на полимерната течност. Структурата на тези нанослоеве изглежда не зависи от вискозитета на полимерната течност, или експерименталните условия (температура или влажност). Между нанослоевете и менискуса се намират преходни полимерни микрослоеве, които изглежда се контролират от Ван дер Ваалсови сили. Скоростта на разпространение на микро- и нанослоевете зависи силно от вискозитета на полимерната течност.*

Introduction

We have studied a cascade of structures connecting the bulk meniscus on a vertical plate (millimeter to micron thicknesses), through Van der Waals (~100 A thick) and molecular scale (~10 A thick) films, to the bare surface. Our measurements have used small beam X-ray reflectivity to probe molecular to micron scales and geometric beam blocking measurements for thicker films and the bulk meniscus. We have measured and compared two methyl terminated polydimethylsiloxane (PDMS) polymers with viscosities that differ by a factor of one hundred as they contact the silicon oxide layer on bulk silicon crystals.

Recent theoretical and experimental work has been devoted to the structure of precursing films of the same polymer melt we employ (polydimethylsiloxane) moving ahead of the meniscus of a spreading drop. Many of the recent experiments in this area were done by the group of A. M. Cazabat

[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] in France. They measured how the size and thickness of a spreading drop evolves with time on different surfaces, and at different humidities. Their measurements were done by using optical ellipsometry. They found that at suffciently short times (when the drop acts as reservoir for the spreading film) the size of the drop is proportional to $\sqrt{t}$, where t is the time since the beginning of the spreading. They also found that the structure of the precursing film depends on the surface energy and humidity. They reported that at low humidity (less than 30% RH) the precursing film was a monolayer (thickness 7 A, which is close to the diameter of a PDMS monomer), and at higher humidities theobserved structure was a bilayer (thickness 14 A).

In another series of papers, [7, 8, 9, 10] molecular dynamics (MD) have been used to simulate the situation in the experiments from the Cazabat group. The results from the MD simulations generally confirm the results from the optical ellipsometry experiments: The diameter of the drop is proportional to $\sqrt{t}$, the spreading is fastest at some intermediate strength of the interaction, and there is a thin precursing layer of polymer molecules diffusing ahead of the contact line. These experiments and simulations measured only the thickness of the spreading film, but they could not reveal its structure. By using X-ray reflectivity, we could not only measure the thickness of the spreading films, but also reveal their structure.

Theory

After a vertical surface touches the polymer liquid, a meniscus is formed. The line where this meniscus touches the solid surface of the silicon crystal is called “contact line”. This meniscus is with bigger contact angle, and slowly relaxes to its equilibrium contact angle. According to the Joanny – De Gennes scaling model, [1] the following events take place:

Soon after the formation of the meniscus thick (“adiabatic”) film of polymer molecules starts to creep up. The thickness of this film generally is inversely proportional to the distance from the contact line. After some more time thin (“diffusive”) film of polymer molecules starts to appear ahead of the thick film. In the crossover region from the thick to the thin film the film thickness is inversely proportional to the square of the distance to the contact line. Later, the thick film reaches its equilibrium (Van der Waals) thickness, and now its thickness is constant, and does not depend on the height, and the film just slowly creeps up. Some time later, the Van der Waals film reaches distance of one capillary length. Finally, the contact angle reaches its equilibrium value.

Method and Experimental Setup

We use specular X-ray reflectivity, [11] which means that we measure the reflected intensity as a function of the incident angle (for specular reflectivity the angle of reflection is equal to the incident angle) of an narrow and well collimated X-ray beam. This reflected intensity besides the angle of incidence depends also on the structure of the reflecting surface. We plot the ratio of the reflected to the incident intensity of the X-ray beam as a function of the incident angle, and we get a so called “reflectivity curve”. We then use a fitting program to get from this reflectivity curve the parameters of the reflecting surface, including the parameters of the polymer layer that cover that surface.

Our experimental setup consists of vertically mounted silicon crystal, with its lower end dipped into teflon dish filled with PDMS. This setup can be translated horizontally and vertically, and it can be rotated around vertical axis. The dish is mounted with four screws onto a vertical translation, which allows us to lift the dish (when it is filled with PDMS) until the crystal wafer is dipped into the fluid. The entire experimental stage was covered by a sealed metal chamber with Kapton windows on two opposite sides allowing the X-rays can pass through the chamber. The humidity inside the chamber can be controlled by using helium or beakers with water. We used PDMS with two different viscosities: 10 cSt and 1000 cSt. For our experiments we used clean rectangular one side polished optically flat Si crystals, 10 cm x 5 cm x 0.5 cm.

Results

We have observed thick Van der Waals film for the 10 cSt PDMS, but not for 1000 cSt PDMS, due to its slow growth in the second case. The graph of the thickness of the Van der Waals film versus height above the contact line is given on fig. 1 . As can be seen from it, the thickness of the Van der Waals film is about 500 A, it is nearly homogeneous, and it can reach up to a centimeter above the contact line for a day after the meniscus is formed.

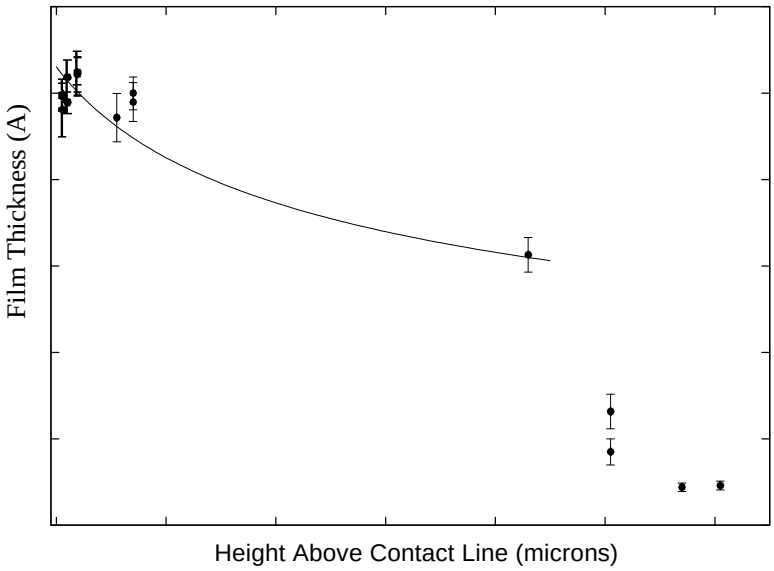


Fig. 1. Thickness vs height for 10 cSt PDMS with fit to for the Van der Waals film. Data - filled circles, fit - solid line

For the high viscosity liquid (1000 cSt PDMS) we have observed also the quasi-static region from the thick to the ultrathin film. The graph of this region is given on fig. 2. This region seems independent from the macroscopic geometry and humidity of the experiment. The thickness of the film there seems to obey a law from the Joanny – De Genes model (i.e., the thickness there is inversely proportional to the square of the distance to the contact line).

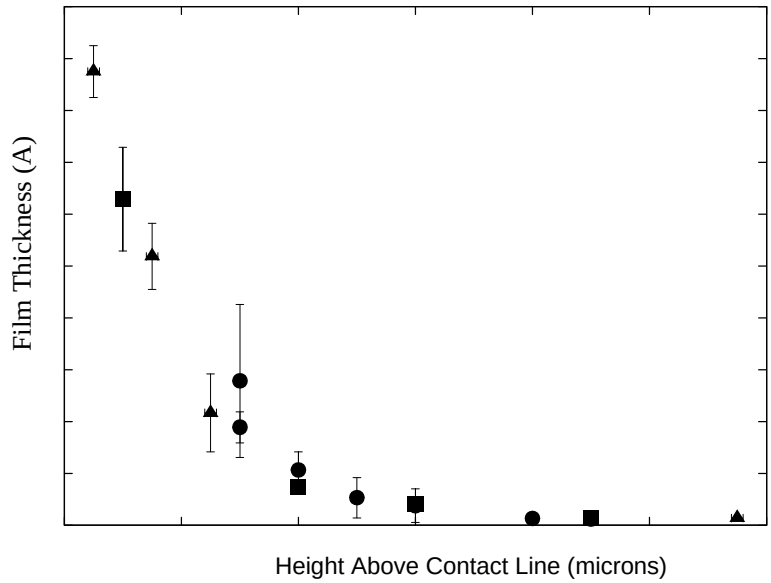


Fig. 2. Comparison of crossover regions between the ultrathin film and the meniscus, in the dry advance case and the end of the hydrodynamic film in the film draining case. Dry advance - filled circles, draining film - filled squares, wet advance - filled triangles

We have observed ultrathin precursing films in all of our experiments. The reflectivity curves of those ultrathin films looked practically identical (but different from the reflectivity scan of the clean crystal high above the meniscus). The structure of the ultrathin film does not seem to depend on the geometry, height, humidity or chain length.

From our fits we have plotted the index of refraction of the X-rays for the thin film (which is proportional to the electron density). From it we concluded, that the ultrathin film extends with decreasing density up to 5 or 6 monomer diameters from the solid surface. This suggests that this ultrathin film consist of entangled polymer chains lying on the solid surface.

Conclusions

- Some aspects of Joanny – De Gennes scaling model confirmed
- Van der Waals film observed
- Quasi-static crossover region from meniscus to ultrathin film observed. Shape of this region independent of macroscopic geometry, or humidity.
- Ultrathin film observed in all experiments. Structure of this film independent of macroscopic geometry, vertical position, humidity or chain length.
- Ultrathin film consists of entangled polymer chains, and extends with decreasing density up to five or six monomer diameters from the surface

References:

1. J o a n n y, J. F. and P.G. de G e n n e s. J. Physique, 47, 121, 1986.
2. K a v e h p o u r, H. P., B. O v r y n and G. H. M c K i n l e y. Physical Review Letters, 91, 2003.
3. A u s s e r r e, D., A. M. P i c a r d and L. L e g e r. Physical Review Letters, 57, 1986.
4. H e s l o t, F., A. M. C a z a b a t, P. L e v i n s o n and N. F r a y s s e. Physical Review Letters, 65,1990.
5. B u r l a t s k y, S. F., G. O s h a n i n, A. M. C a z a b a t and M. M o r e a u. Physical Review Letters, 76, 1996.
6. G e r d e s, S., A. M. C a z a b a t, G. S t r o m and F. T i b e r g. Langmuir, 14, 1998.
7. B l a k e, T. D. and J. De C o n i n c k. Advances in Colloid and Interface Science, 96, 2002.
8. van E i j k, M. C. P., M. A. C. S t u a r t and S. R o v i l l a r d. European Physical Journal B, 1, 233,1998 .
9. V o u e, M., M. P. V a l i g n a t, G. O s h a n i n, A. M. C a z a b a t and J. De C o n i n c k. Langmuir, 14, 1998.
10. B e r t r a n d, E., T. D. B l a k e and J. De C o n i n c k. Langmuir, 21, 2005.
11. A l s-N i e l s e n, J. and D. M c M o r r o w. Elements of Modern X-ray Physics, John Wiley&Sons, 2001.