The greatest enemy of knowledge is not ignorance, but the illusion of knowledge
Stephen Hawking (1942-2018)

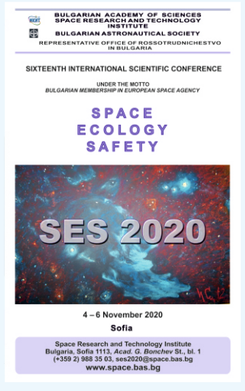
Най-големият враг на познанието не е невежеството, а е илюзията за познание.
Стивън Хокинг (1942-2018)













SES 2020

SES 2020

Sixteenth International Scientific Conference

SPACE, ECOLOGY, SAFETY

December 2020, Sofia, Bulgaria



SPACE RESEARCH AND TECHNOLOGY INSTITUTE

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

© Space Research and Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences
p-ISSN 2603 – 3313 e-ISSN 2603 – 3321
2020

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
Space Research and Technology Institute

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY

REPRESENTATIVE OFFICE OF ROSSOTRUDNICHESTVO IN BULGARIA

SIXTEENTH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

UNDER THE MOTTO

BULGARIAN MEMBERSHIP IN EUROPEAN SPACE AGENCY

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

S E S 2020

PROCEEDINGS

The Conference is supported by Bulgarian National Science Fund
Contract № КП-06-МНФ/16 – 24.09.2020

The Bulgarian National Science Fund is not responsible for the content of the reports and the printed materials from the scientific forum

2020

Organizational Committee

Honoured Chairman: Acad. Julian Revalski

Chairman
Corr. Member Petar Getsov, DSc

Vice-Chairman
Prof. Garo Mardirossian, DSc

Secretary
Assoc. Prof. Dr. Lachezar Filchev

Members:
Prof. Tsvetan Dachev, DSc
Assoc. Prof. Dr. Maria Dimitrova
Dr. Konstantin Peev
Dr. Krassimir Stoyanov
Valeri Vassev, MS
Mariyana Toncheva, MS
Adelina Kuzeva, MS

Scientific-Programming Council

Acad. Lev Zelenyi – Russia
Acad. Valeriy Bondur – Russia
Prof. Serge Cuchmi – France
Prof. Gerasimos Papadopoulos – Greece
Prof. Zdenek Nemetchek – Czech Republic
Prof. Stefano Tinti – Italy
Prof. Richard Haigh – United Kingdom
Prof. Stefan Manegold – Netherlands
Assoc. Prof. Beshir Marzouk – Egypt
Assoc. Prof. Bogdan Zagajewski – Poland
Dr. Stoyan Velkoski – North Macedonia
General Dr. Georgi Ivanov
General Dr. Alexander Alexandrov
Corr. Member Petar Getsov, DSc
Corr. Member Peter Velinov, DSc
Corr. Member Filip Filipov, DSc
Prof. Garo Mardirossian, DSc
Prof. Nikola Vichev, DSc
Prof. Dr. Roumen Nedkov
Prof. Dr. Boyko Ranguelov
Assoc. Prof. Dr. Georgi Jelev
Assoc. Prof. Alexey Stoev
Tsveta Srebrova, MS

PROCEEDINGS

Editors:
Petar Getsov and Garo Mardirossian

Technical Editor
Tsveta Srebrova

Cover Design
Georgi Jelev

This Collection contains reports presented orally, or in the form of posters during the Sixteenth International Scientific Conference „Space, Ecology, Safety - SES 2020", which was held in December 2020, Sofia.

The Collection includes reports which were sent within the due term and were drafted in accordance with the preliminarily announced instructions.

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

p-ISSN 2603 – 3313 **e-ISSN 2603 – 3321**

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

CONTENTS

Plenary Session

Геннадий Маклаков
Проблемът коронавирус и аерокосмическите технологии. Възможности и перспективи. 9

Session 1
Space Physics

Jordanka Semkova, Rositza Koleva, Victor Benghin, Krasimir Krastev, Tsvetan Dachev, Yuri Matviichuk, Borislav Tomov, Stephan Maltchev, Plamen Dimitrov, Nikolay Bankov, Igor Mitrofanov, Alexey Malakhov, Dmitry Golovin, Maxim Mokrousov, Anton Sanin, Maxim Litvak, Alexander Kozyrev, Sergey Nikiforov, Denis Lisov, Artem Anikin, Vyacheslav Shurshakov, Sergey Drobyshev
Radiation Environment in the Interplanetary Space and Mars Orbit in 2016-2020 according Measurements Aboard Exomars TGO. 23

Daniela Boneva, Evgeny Mikhailov, Krasimira Yankova, Dmitriy Sokoloff, Maria Pashentseva
Estimation of Accretion Parameters in the Presence of Magnetic Field of the Binary Star Gamma Casiopeiae. 35

Александр Шибаев, Игорь Шибаев
Влияние длины ряда WSN на период «цикла Гляйсберга». 40

Пенка Стоева, Алексей Стоев, Сергей Кузин, Бешир Марзук, Андрей Перцов, Мохамед Семеида
Резултати от спектрални и фотометрични наблюдения на вътрешната корона на Слънцето по време на пълното слънчево затъмнение на 02 юли 2019 г. в Аржентина. 45

Nataliya Kilifarska
Solar Influence on the Lower Stratospheric Ozone and Climate. 51

Цветелина Величкова, Наталия Килифарска
Фактори, влияещи върху изменчивостта на глобалния климат на планетата. 58

Rositsa Miteva, Susan W. Samwel, Svetoslav Zabunov
Multi-Energy Proton Events and Geomagnetic Storms in Solar Cycles 23 and 24. 64

Svetoslav Zabunov, Rositsa Miteva
Online Real-Time Visualization of Radiosolariz Spectrum and Spectrogram. 69

Веселин Ташев, Венета Гинева, Ангел Манев
Методи за измерване на емисии с нисък интензитет в далечния UV спектър във високата атмосфера. 75

Красимира Янкова
Адвекция и космология - връзки и последици. 81

Димитър Стойнов, Дилян Стойнов
Описание на опитна установка с цел да се определи посоката и скоростта на движение на Земята в Космоса. 84

Мина Спасова, Алексей Стоев, Пенка Стоева
Праисторически календарни записи в пещерите Магура и Байлово. 90

Session 2

Aerospace Technologies and Biotechnologies

Димо Зафиров, Ванг Бо, Петър Гецов
Влияние на избора на параметри на електрически многороторни
безпилотни летателни апарати върху основните им летателни характеристики. 99

Георги Сотиров
Изследване на възможностите за подобряване на техническото обслужване
на авиационните радиоелектронни системи. 103

Atanas Atanassov, Liliya Atanasova
Development of Tools for Models' Design of Systems of Multi-Satellite Systems. 110

Svetoslav Zabunov
An Acoustic Drone Reconnaissance System. 116

Svetoslav Zabunov, Garo Mardirossian
Malicious Drones Interception and Neutralization – Latest Technologies Overview. 120

Димитър Йорданов, Павел Пенев
Възможности за извеждане на наноспътници с МиГ-29. 124

Димитър Йорданов
Драматичен момент от изпитанията на един МиГ
(Моделиране на версия за аварийна ситуация). 132

Павел Пенев, Светлозар Асенов
Динамично моделиране на развитие на събития с повишен риск при кацане
на въздухоплавателно средство в режим „2-ри кръг“. 138

Георги Сотиров, Евгений Хубенов, Зоя Чифлиджанова
Формиране и изследване на интелигентна интегрирана мобилна система за мониторинг
на критична инфраструктура. 144

Konstantin Metodiev
A Tool for Estimating Saccade Kinematics. 150

Светлозар Асенов
Изследване на влиянието на реалната техническа надеждност върху ефективността
на резервиране на информацията, необходима за функциониране
на диагностични системи. 157

Петър Гецов, Любомир Алексиев, Константин Методиев, Зоя Хубенова,
Светла Димитрова, Димитър Недялков, Димо Зафиров
Окулографските изследвания и възможностите за тяхното използване за анализ и оценка
на човешкия фактор в дистанционно-управляемите летателни системи. 162

Любомир Алексиев, Деанна Александрова, Зоя Хубенова,
Константин Методиев, Светла Димитрова, Димитър Недялков
Айтрекинг технология за оценка на зрителното внимание на обучаеми оператори
на БЛА чрез симулиран „полет - еталон”. 168

Igor Shibaev, Yuriy Kuksa
Correlation Relations between Pulse and Blood Pressure as a Characteristic
of the Patient's Condition. 176

Malina Jordanova, Todor Uzunov
ICT for Mental Health in COVID-19 Pandemic. 180

Session 3

Remote Sensing and Geoinformation Systems

Евгения Руменина, Георги Желев
Развитие на дистанционните изследвания, провеждани на аерокосмическите полигони в България. 187

Ангел Манев, Любомира Янкова, Мирослав Костов, Веселин Ташев
Геофизични условия при възникването на температурни аномалии на повърхността на Черно море. 207

Милен Чанев, Лъчезар Филчев
Възможности за прогнозиране на добива от биологична пшеница с използване на аерокосмически методи. 213

Деян Гочев, Мария Димитрова, Пламен Тренчев, Иван Стоев
Спътникови наблюдения за оценка на промени поради пандемията. 217

Иван Димитров
Космически мониторинг на консервационните работи на храма на Арес край Долна Козница. 221

Иван Димитров
Ескизна реконструкция на двореца на Аспарух и Тервел край Никулицел. 227

Session 4

Ecology and Risk Management

Boyko Ranguelov, Richard Haigh, Dilanthi Amaratunga, Fathimath Shadya, Ruben Paul Borg, Francesco Romagnoli, Marlon Era
CABARET Project – A Modern Capacity Building International Tool. 233

Boyko Ranguelov, Dimo Solakov, Stefan Dimovsky, Atanas Kisyov
Digitalization of the Ground Conditions for Big Cities in North Bulgaria – Varna, Ruse, V. Tarnovo. . .239

Emil Oynakov, Emil Botev
Hidden Periodicity in the "Stream" of Earthquakes in the Southern Part of the Balkan Peninsula. . . .244

Dimitar Dimitrov, Jean-Claud Ruegg, Bertrand Meyer, Jean-Bernard Chabalier, Emil Botev, Pierre Briole
The 1928 Plovdiv Sequence: Fault Model Constrained from Geodetic Data and Surface Breaks. 250

Димитър Димитров, Мишел Еверхард, Илия Чолаков, Емил Михайлов, Емил Ботев
Геофизични аномалии в Горнотракийската низина и връзката им с главните разломи на земетресенията от април 1928 г. и съвременната инструментална сеизмичност. 262

Лъчезар Филчев
Модели на геосистеми и абиотичен стрес в дистанционните изследвания. 267

Лъчезар Филчев
Моделиране на техногенното замърсяване на водосбора на река Тайна. 273

Maria Dimitrova, Plamen Trenchev, Deyan Gochev
Spatial and Seasonal Distribution of NO_2 Pollution over Bulgaria, Based on Tropomi Measurements. 279

Svetla Dimitrova, Elchin Babayev, Rosanna Chizhova, Famil Mustafa
Geomagnetic Variations and Dynamics of Sudden Cardiac Deaths. 283

Ралица Берберова, Биляна Костова
Георадарно изследване на свлачищен процес в с. Бистрица, Столична община. 288

Геннадий Маклаков, Надежда Георгиева
Изследване на екологорехабилитиращи звукови среди на рекреационни зони в България за рехабилитация и профилактика на работещи в аерокосмическия отрасъл. 292

Геннадий Маклаков, Надежда Георгиева, Момчил Караиванов
Приложение на биофотонната визуализация за мониторинг на рекреационни зони в Родопите и въздействието им върху психосоматиката на човека. 298

Stoyan Velkoski, Jane Velkoski, Mihail Velkoski
Analysis of the Reason for the Outbreak and Transfer of COVID-19. 304

Oleg Stepanyuk
Estimation of a Natural Hazard Risk Index for the Extreme Weather Events: Tornadoes, Hurricanes, Droughts and Wildfires. A Method and a Software Proposal. 311

Димитър Александров
Контрол на необратимата енергия, с оглед намаляване на парниковия ефект, на разрушението на озоновия слой и на покачването на температурата на атмосферата. 313

Екатерина Серафимова, Вилма Петкова
Изследване на физични и химични характеристики на компост от статичен биореактор. 319

Екатерина Серафимова, Вилма Петкова
Спектрометрично изследване на тежки метали в биоорганичен продукт с оценка на здравния риск. 326

Anelya Klisarova, Elka Radeva, Stanimir Karapetkov, Simeon Panev, Atanas Mangarov , Philip Philipoff, Deian Rangelov, Blagovest Panev, Daniela Arnaudova, Diana Bankova, Stoyan Velkosky
Pneumatic Engineering Automobile Tools against Crashes. 332

Anelya Klisarova, Elka Radeva, Stanimir Karapetkov, Simeon Panev, Atanas Mangarov , Philip Philipoff, Deian Rangelov, Blagovest Panev, Daniela Arnaudova, Diana Bankova*, Stoyan Velkosky*
Sofia Metropoliten “UV” Disinfection for the First Three Metro Diameters - November 2020. 336

Anton Sotirov, Nikolay Glavev, Dimitar Sotirov, Stanislava Dimitrova, Nikola Pistalov, Viktor Sotirov, Krasimir Sotirov
Ecological and Technological Parameters of Apples. 341

Надя Маринова
Космосът – сигурност и възможност за планиране на конкурентоспособно бъдеще. 347

Надя Маринова
Ролята на субективния фактор при рискови решения. 350

Session 5
Space Material Science and Nanotechnology

Людмил Марков
Взривно пресоване на метални прахове. 359

Adelina Miteva
Nanotechnology in Military Applications. 362

Валерия Стоянова, Аделина Митева
Аерозолни частици и механизми на замръзване на облачните капки. 367

Plenary Session

ПРОБЛЕМЪТ КОРОНАВИРУС И АЕРОКОСМИЧЕСКИТЕ ТЕХНОЛОГИИ. ВЪЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВИ

Геннадий Маклаков

Санктпетербургски институт по информатика и автоматизация – РАН
Научно-изследователски център за биофотоника - Смолян, България
e-mail: gmaklakov@mail.bg; https://biophoton-research.eu

Ключови думи: *аерокосмически технологии, биофотоника, диагностика, рехабилитация, психика, имунна система, рекреационни зони, КОВИД-19.*

Резюме: *В доклада се разглеждат възможностите перспективни технологии, използвани в космическата медицина при подготовката на аерокосмически персонал, да бъдат приложени за решаването на проблеми в борбата с коронавируса. Повече внимание е отделено на начините да се използват методите на биофотонната визуализация за обективна експресна диагностика, позволяваща изработване на оптимален план за възстановителни мероприятия, повишаване ефективността на лечението и предотвратяване на усложнения при заболяване от SARS-CoV-2 Обосновано е използването на рехабилитационните свойства на околната среда в Родопите и Предбалкана. Разгледана е технология, при която системи за виртуална реалност се прилагат за профилактика и възстановяване на хора със слаба имунна система, с депресия, прекарали вирусни заболявания, в частност корановирус.*

THE CORONAVIRUS PROBLEM AND AEROSPACE TECHNOLOGIES. OPPORTUNITIES AND PROSPECTS

Gennadii Maklakov

St. Petersburg Institute for Informatics and Automation – Russian Academy of Sciences
Biophotonics Research Center - Smolyan, Bulgaria
e-mail: gmaklakov@mail.bg; https://biophoton-research.eu

Keywords: *aerospace technology, biophotonics, diagnostics, rehabilitation, psyche, immune system, recreational areas, SARS-CoV-2.*

Abstract: *The report examines the possibilities for promising technologies used in space medicine in the training of aerospace personnel to be applied in solving some problems in the fight against coronavirus. More attention is paid to the possibility to use the methods of biophotonic visualization for objective express diagnostics, allowing the development of an optimal plan for rehabilitation measures, increasing the effectiveness of treatment and prevention of complications in SARS-CoV-2 disease. The use of the rehabilitation properties of the environment in the Rhodopes and the Fore-Balkans is justified. A technology is used in which virtual reality systems are used for the prevention and recovery of people with weak immune systems, depression, viral diseases, in particular coronavirus.*

Въведение

Усвояването на Космоса е много сериозна научно-техническа задача. В нейното решаване са ангажирани най-добрите научни сили в света. В резултат са разработени уникални технологии както за прилагане в техническата област – за създаване на двигатели и оборудване на космически кораби, системи за телеметрия и т.н., така и в областта на човека – за диагностициране на психосоматичните структури, прогнозиране на психическото състояние и управлението му, системи за медицинска телеметрия и т.н. Едновременно са проектирани и реализирани тренажорни комплекси за подготовка на космонавти, които комплекси изискват уникални разработки в областта на техническото оборудване, а също и от гледна точка на

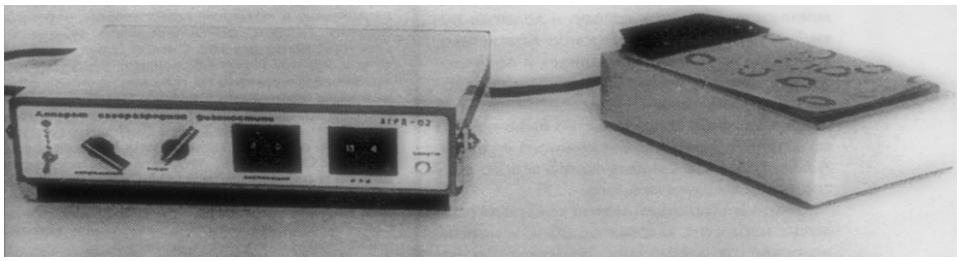
медикопсихологичната диагностика. Поради успешното решаване на тези и други задачи преди повече от 60 години се състоя първият космически полет с човек на борда. От тогава аерокосмическите технологии както в областта на техниката, така и в космическата медицина постоянно се усъвършенстват. Болшинството технологии остават засекретени. Но много от тях вече са достъпни и се използват в различни области на живота.

В този доклад бих искал да обърна внимание на уникалните възможности аерокосмически технологии да бъдат използвани в земната медицина и, в контекста на сегашните условия на пандемия, за справянето с опасни вирусни инфекции, в това число и КОВИД-19 (SARS-CoV-2).

Диагностика на базата на биофотониката

Известно е, че при определяне на схеми за лечение и планиране на възстановителни процедури особено значение има обективната диагностика на психофизиологичното състояние на човека. В процеса на диагностициране търсената прецизност, по наше мнение, може да се постигне с приложение на метода биофотонна визуализация, известен още като газоразрядна визуализация (ГРВ). Благодарение на уникалността си този метод отдавна се използва в космонавтиката, при това именно за диагностика в най-широкия смисъл на тази дума. Той се прилага за определяне състоянието на металите, сплавите, пластмасата, но и състоянието на човека. За първи път производство на апаратура, реализираща принципа ГРВ, се осъществява с разработка на Станислав Романий [1]. Той поставя теоретичната основа за изучаване на обекти от всякакъв характер посредством биофотонна визуализация, изпълнява конструкторското проектиране на прибори за определяне физико-химичните свойства на материалите. Масово производство на тези прибори започва през 1981 г. Те се използват за нуждите на космонавтиката в Днепропетровск, в предприятието за производство на ракетна космическа техника (НПО «Южный машиностроительный завод»). Малко по-късно, през 1990 г., Романий конструира и устройства за медицинска диагностика. На фиг. 1 е представен апарат за газоразрядна диагностика АГРД-02.

.



Фиг. 1. Апарат за газоразрядна медицинска диагностика АГРД-02 (автор Романий С. Ф., 1990 г.)

В същото време научни изследвания по използване методите на биофотониката в медицината се извършват в Днепропетровския медицински институт. През 1991 г. в междуотрасловата научна лаборатория на института под ръководството на проф. Геннадий Маклаков са създадени комплекси ГРВ за диагностициране психофизиологичното състояние и оценяване ефективността от лечебно въздействие върху човека (виж фиг. 2).

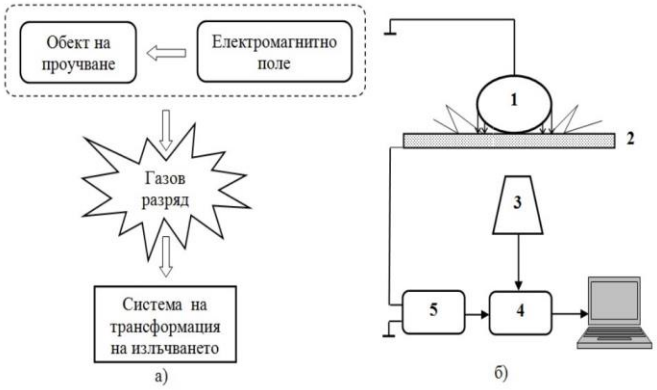


а) б)

Фиг. 2. Комплекси МС 0707 (а) и КД-01.05 (б) за оперативна медицинска ГРВ диагностика (автор Маклаков Г. Ю., 1991 г.)

Това оборудване в Съветския съюз се произвежда серийно и се използва в предприятията от военно-промишления комплекс. Граждански вариант на прибора през 1991 г. получава златен медал на международния конгрес-изложба в Сърбия.

Същността на разглеждания метод е представен добре в книги, статии, дисертации, в това число и в наши статии, публикувани в сборниците на конференцията „Космос. Екология. Сигурност" [1-8]. Затова сега ще посочим само неговата същност, а именно, че той се основава на светенето на обекти от различно естество във високочестотно електромагнитно поле. Точно параметрите на това светене носят уникална информация за състоянието на изследвания обект. Принципът на газоразрядната визуализация е представен на фиг. 3 [8] .



Фиг. 3. Принцип на газоразрядната визуализация: а) схема за преобразуване на информацията за параметрите на изследвания обект в информация за характеристиките на ГРВ грами, б) схема на устройството за ГРВ

Между изследвания обект 1 и диелектричната пластина 2, върху която е поставен обектът, се подават импулси на напрежение от генератора на електромагнитно поле 5. На обратната страна на пластината 2 е нанесено прозрачно токопровеждащо покритие. При високо напрежение на полето в газова среда между обект 1 и пластина 2 се развива лавинообразен газов разряд, чиито параметри се определят от свойствата на обекта. Светещият разряд с помощта на видеопреобразовател 4 се превръща от видиокамера 3 в сигнали, които се записват в компютър. Получените ГРВ грами се обработват и на тяхна основа се правят диагностични заключения.

Апаратура, реализираща метода ГРВ, се произвежда в много страни – Германия, САЩ, Индия, Русия и др. През 2018 г. при изпълнение на научно-изследователски проект с ТУ - Варна «Изследване на газоразрядната визуализация и нейната приложност в материалознанието, медицината, екологията и растениевъдството» (научен ръководител акад. Г. Маклаков) бяха създадени за първи път в България ГРВ прибори от ново поколение. Те са с по-високи технически характеристики и заедно с това – с по-малки габарити и по-ниска себестойност [9]. Работят съвместно с мобилен телефон. На фиг.4 е представен един от серия прибори за работа с различни сензори. За сравнение е представен ГРВ прибор „ГРВ компакт ЭКО" (с по-големите размери) на фирма «Kirlioniks Technologies International» (за работата му е необходим и лаптоп).



Фиг. 4. ГРВ прибор «Алтаир», изразработен в България

Едно от достойнствата на приборите, работещи на принципа биофотонна визуализация, е сполучливото им приложение в екологията. Използват се за изучаване влиянието на екологичното пространство върху човека.

Подробно използването на биофотонната визуализация е разгледано в нашите публикации [10-14] и на сайта на Научно-изследователския център по биофотоника (https://biophoton-research.eu). На сайта е представен и илюстративен материал (снимки, филми и др.) от наши научни експедиции, проведени през 2015-2019 г. в България с цел проучване влиянието на екологията върху човека и използването на биофотонната визуализация в други сфери на дейност.

Тук ще разгледаме как някои аерокосмически технологии могат да се използват за стабилизация на психоемоционалнато състояние на човека и за повишаване възможностите на имунната система, а също за рехабилитация на преболедувалите от коронавирус и за възстановяване на психически нарушения.

Системи за виртуална реалност

Системите за виртуална реалност (СВР) обичайно се дефинират като високо развита форма на компютърно моделиране, реализираща илюзията за непосредствено влизане и присъствие на ползвателя през реално време в изкуствен свят. При това зрителните, слуховите и други усещания на ползвателя се заменят с техни имитации, генерирани от компютъра. Следователно виртуалната реалност създава усещане, че се намираме в реална триизмерна среда (а не в средата, в която реално съществуваме в дадения момент) и че можем успешно физически да взаимодействаме с нея. Виртуална реалност се създава с помощта на специален шлем или специални очила .

Важността на СВР за космическите технологии оценяват още в Съветския съюз в средата на 80-те години. В това време използват различни тренажори за подготовка на летците с приложение на СВР. Възниква идеята да пренесат този опит в космонавтиката. Практически към реализиране на тази идея се пристъпва след като космонавтът Алексей Леонов пристига в Института по автоматика и електрометрия в Новосибирск и вижда авиационните тренажори. От тогава СВР се използват активно за трениране на космонавтите и за създаване на космически апарати. Може да се очертаят следните направления за използване на СВР (тук ще разгледаме само медико-психологическите аспекти): подготовка на космонавтите за управление на тяхното психическо състояние, например, преди излизане в открития Космос (в този случай тренажорът помага да бъде преодолян страхът); осигуряване нормално психоемоционално състояние на космонавтите при продължителни космически полети; рехабилитация на космонавти след полет и др.

Анализът на това съвсем непълно изброяване на приложението на СВР в космическия отрасъл позволява да се очертаят многообещаващите моменти в тяхното използване в превантивната медицина. Особен интерес представлява използването на СВР за коригиране на психическото състояние. Проведените съвместно с чл.кор. Петър Гецов изследвания в ИКИТ БАН показват перспективността в използването на СВР за оценяване равнището на изменено състояние на съзнанието при моделиране на извънредна ситуация в съзнанието на човека, а също и ефективността при използване на виртуална реалност за разработване на съответни методи за стабилизация на психическото състояние [15, 17]. Отчитайки тясната връзка между психическите процеси и имунната система, имаме всички основания да предполагаме голяма перспективност в използването на СВР за решаване на проблемите, които създава коронавирусът.

Конкретни примери за използването на СВР в превантивната медицина (приложение в борбата с КОВИД-19) ще разгледаме по-нататък.

КОВИД-19 в съвременните условия (особености на пандемията в света)

В началото на 2020 г. човечеството се сблъска със сериозно изпитание – появяването на новия коронавирус. Едва ли е необходимо да привеждаме тъжните цифри, свързани с пандемията, още повече, че до момента на четенето на статията те вече ще са променени. В Интернет има много сайтове, показващи статистика, и всеки може да се информира за текущата ситуация. За да предложим някои възможни решения на този проблем (по-точно някои подходи), ще направим малък анализ на текущата ситуация. А именно ще очертаем особености на пандемията на КОВИД- 19 в съвременните условия.

1) Няма да засягаме медико-биологичните аспекти на особеностите на вируса, на неговите проявления, съществуващите методи за профилактика и лечение. Ще отбележим само едно нещо: няма строга теория за развитието на вируса, ефективни методи на лечение,

ясни препоръки за използването на ваксини и т.н. Изследванията се усложняват от това, че вирусът постоянно се модифицира. Съществуват десетки хипотези за неговото поведение, неговата структура и като следствие, въпреки усилията на учените от цял свят, така и не се изработи обща тактика за ефективно лечение. Сега съществуват определени успехи, преди всичко в Китай, Русия, САЩ, които позволяват да се препоръчат някои общи правила. Но, според думите на самите учени и практикуващи лекари, всеки болен за тях е загадка, към която трябва да търсят свой подход.

2) Коронавирусът престана да бъде медицински проблем, той засяга икономиката, политиката и други сфери на живота.

3) По наше мнение много важен факт е експанзията на информацията за коронавируса, при това често съмнителна, непроверена. Тук могат да се идентифицират две тенденции. Първата, влияние на официалните СМИ. От една страна лекарите и учените, знаейки добре, че природата на коронавируса още не е изучена както следва, подчертават, че единственият път поне да се спре развитието на пандемията е профилактиката (режима с маски, съблюдаването на дистанция, карантината и т.н.). Заедно с това се демонстрира колко тежко се понася болестта при реанимация; афишират се смъртните случаи, показват се снимки от масови погребения т.н. Всичко това довежда до възникване на две групи хора – болшинството е в панически страх (особено старите хора, които дори през лятото, когато обстановката беше сравнително благоприятна, се страхуваха да излизат от домовете си). Друга част от населението, възможно като отговор на стресовата агресия, приема всеобщо отрицание: коронавирус няма и ние не се страхуваме. С други думи възниква извънредно голяма стресова ситуация, която действа пагубно на цялото население.

Втората тенденция в информационната експанзия са фалшивите новини (“fake news”), особено разпространявани чрез Интернет. Ръстът на социалните мрежи, на различни блогове е предпоставка за масово тиражиране на непроверени данни, факти, измислици за КОВИД-19. От тук се сее страх, неувереност, озлобление и пак стресово въздействие върху човека. Засилената активност на ползващите социалните мрежи пък доведе до тиражиране на неквалифицирани, абсурдни, нелепи и просто вредни препоръки за лечение от вируса.

И така, правейки кратък извод, създаването на информационно пространство, което невероятно силно въздейства върху човека, предизвиква у него стрес. Именно поради това пандемията така трудно протича и едва ли някой ще се осмели да каже кога тя ще свърши. Някои учени отговарят направо: никога. Също добра почва за създаване на стрес.

А сега информация за размисъл. Основният постулат на психоимунологията е: състоянието на психиката определя състоянието на имунната система. Казано по друг начин, състоянието на психиката, което се влошава по време на пандемията, довежда до рязко влошаване на имунната система и човек става по-възприемчив към всякакви инфекции, в т.ч. и вирусни. Последните резултати от изследванията в областта на психоневроимунологията убедително показват, че ендокринните и имунните функции в организма са интегрални системи с разнообразни преки и косвени връзки, особено с централната и вегетативната нервна система и чрез тях с външния свят. Установена е взаимозависимостта на психичната сфера и имунологичните реакции, доказана е зависимостта на имунологичните реакции от състоянието на зоните на мозъчната кора, които осъществяват когнитивни функции. Проявява се тясно преплитане и взаимозависимост на трите регулаторни системи на човешкото тяло, които осъществяват хомеостазата и адаптацията: нервна, ендокринна и имунна. По този начин, анализирайки нивото на хомеостазата и състоянието на адаптивните системи, може индиректно да се прецени състоянието на имунната система.

Уникални възможности за стабилизиране на психическото състояние притежава България. Проведените от нас изследвания на екологията и влиянието ѝ върху човека през 2015-2020 г. [5, 10-14], изпълнени в ИКИТ БАН, а впоследствие в Научно-изследователския център по биофотоника, позволяват да направим извод, че има уникални места в планинските и горските райони, преди всичко в Родопите, Рила, Предбалкана и др. Особено интензивни изследвания за влиянието на екологията върху психосоматиката проведохме под егидата на Областна администрация Смолян през 2019 г. Изследванията показаха изключителните възможности на Родопите за възстановяване на психическото състояние на човека и неговата рехабилитация след заболяване от инфекциозни и вирусни заболявания. Някои резултати от изследванията ни вече са публикувани в материалите на международната научна конференция „Космос.Екология.Сигурност” [11-14]. След провеждането на собствените изследвания ние открихме публикация на японски учени [18], които правят изводи, еднакви с нашите. Според тяхното мнение Родопите влизат в списъка на 40-те най-добри места в целия свят. Освен това Родопите е едно от 15-те най-добри места в Европа за възстановяване на психосоматиката на човека.

Вземайки предвид особеностите на развитието на пандемията КОВИД-19 в съвременни условия, можем да разграничим според нас най-обещаващите области за приложение на аерокосмическите технологии.

Превантивна медицина

Превантивната медицина е набор от методи за превенция (профилактика) на заболяване, диагностика и лечение в случай на неговото възникване, базирани на индивидуалните характеристики на пациента. Тя се базира на три основни принципа:

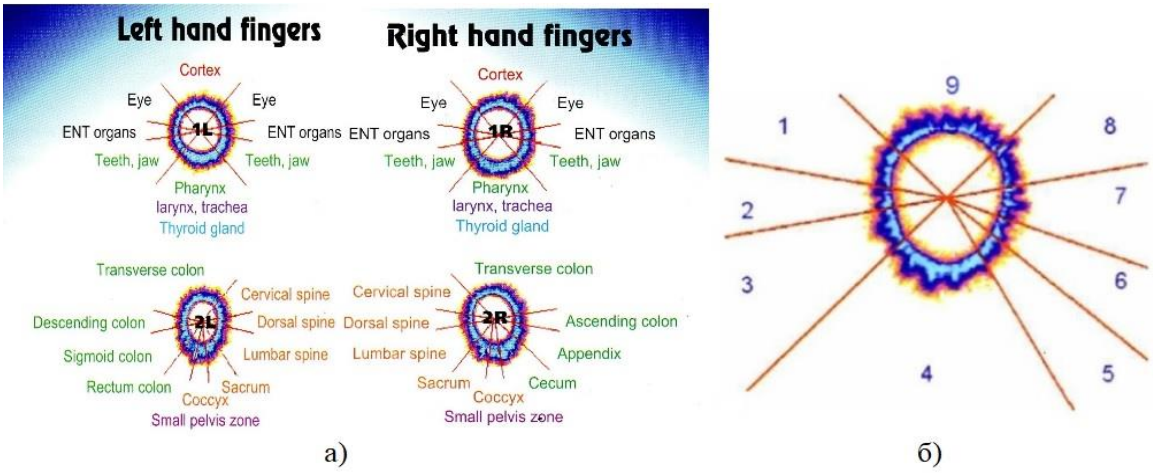
• Индивидуална оценка на рисковете от патологични промени въз основа на цялостна (молекулярна, генетична, субклетъчна и др.) диагностика и проучване на семейната анамнеза на пациента и разработване на стратегия за намаляване на рисковете от заболяване.

• Редовен мониторинг на биомаркерни системи (показатели, които могат да се използват като индикатори за всяко болестно състояние на организма), отразяващи текущото състояние на тъканите, органите и физиологичните системи на субекта.

• Назначаване на целенасочени, основно нелекарствени, превантивни мерки, които могат да предотвратят развитието на критични ситуации в състоянието на здравето.

Като биомаркери е удобно да се използват параметрите на светенето на човешките пръсти (ГРВ грами). И което е особено важно, възможно е да се регистрира развитието на патологичен процес на много ранен етап, когато той току-що се появява. Например този метод показва отлични резултати при диагностицирането на рак и поради това ГРВ диагностиката се използва успешно в много клиники по света.

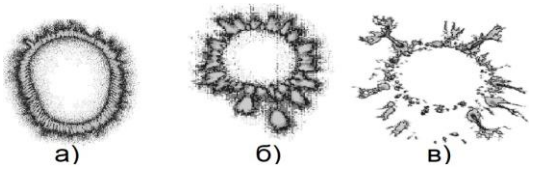
Съвременните устройства за биофотонна визуализация осигуряват изчисляването на повече от 50 параметри на светенето (обща площ на изображението, средна яркост на изображението, коефициент на формата, коефициент на фракталността, коефициент на ентропията и др.) със съответната статистическа обработка (статистически критерий на Стюдънт, критерий на Манн-Уитни, критерий на Валд-Волфовиц, критерий на Колмогоров-Смирнов и др.). Диагностика на физическото състояние на човека се извършва, като се анализира светенето по сектори. Определя се състоянието на различните органи и системи на организма. Съществуват специални таблици, по които може с висок процент достоверност да бъде определено развитието на патологичен процес в определен орган. Най-широко се използват таблиците на Петер Мандел (Германия) и Константин Коротков (Русия) [8]. На фиг.5 са представени фрагмент от диагностични таблици на Коротков и интерпретация на светенето на четвъртия пръст на лява ръка.



Фиг. 5. Интерпретация на ГРВ грами: а) фрагмент от диагностични таблици на Коротков; б) интерпретация на светенето на четвъртия пръст на лява ръка (4L): 1-хипоталамус, 2-нервна система, 3-далак, 4-уро-генитална система, 5-надбъбречна жлеза, 6-панкреас, 7-щитовидна жлеза, 8-хипофиза, 9-епифиза

Често дори на око на ГРВ грамите се виждат нарушения във функционирането на човешките органи и системи; естествено, за такъв визуален анализ е необходим определен опит. За предпочитане е да се използва математически анализ на параметрите на ГРВ грамите.

Като пример на фиг.6 са представени ГРВ грами на различни състояния на човека [8].



Фиг. 6. Примери на ГРВ грами: а – пръст на ръката на практически здрав човек; б – пръст на ръката на кардиологично болен; в - пръст на ръката на човек в стрес

Като се има предвид неясната природа на КОВИД-19 и малката статистическа извадка от проучванията, засега е трудно да се утвърдят диагностичните възможности на метода биофотонна визуализация за диагностициране на коронавирус. Това изисква по-продължителни изследвания. Въпреки това, като се има предвид, че анализът на ГРВ грамите осигурява надеждна интегрална характеристика на състоянието на имунната система, както и на органите, пряко участващи в изработването на имунитета (далак, надбъбречните жлези, панкреас, хипофиза, епифиза и др.), може да се твърди, че този метод е полезен по време на лечение и особено по време на рехабилитация на пациенти. Повече подробности са посочени в нашите статии [14, 19], публикувани в сборника на тази конференция.

Развивайки методите на превантивната медицина, може да се разграничат следните перспективни направления:

● Звукотерапия за психическа стабилизация на състоянието, а значи и за повишаване ефективността на имунната система.

● Природотерапия като разновидност на санаторно-курортно лечение.

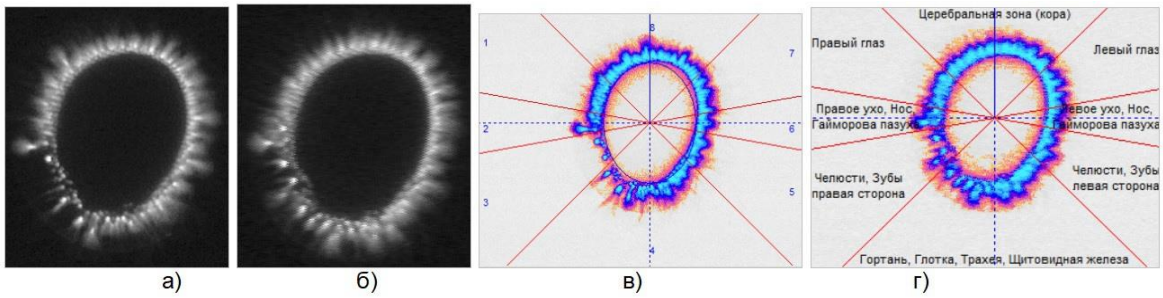
● Използване на виртуална реалност в превантивната медицина.

Да разгледаме тези направления по-подробно. За рехабилитация и профилактика на нарушенията в психоемоционалното състояние с голям успех се прилагат музикотерапевтични методи. Теоретична обосновка на тези методи има в трудовете на проф. С. Шнол (Институт по биофизика при Руската академия на науките). Още през 1968 г. той показва, че честотата на оборотите на ензимите в човешкия организъм се намира в нискочестотния диапазон (10-40000 хц) [20]. Така например цитохром-редуктазата, която е включена в критичната фаза на енергийните доставки – при усвояване на кислорода, има честота на оборотите 183 хц; интересно е, че тази честота много близка до нотата фа-диез на ниската октава – 185 хц. Ферментите, способстващи усвояването на глюкозата – фосфорилаза и глюкомутаза, имат брой на оборотите 676 и 1600 хц. За сравнение: нота ми на втора октава – 659 хц, сол на втора октава – 1567 хц. С други думи, съвместната работа на ензимите създава акустично поле на клетката, чиито параметри силно корелират с параметрите на музикалния звуков ред [20]. По-подробно за тази методика се говори в нашите статии [21, 22], която са посветени на методи за прилагане на музикотерапия с цел стабилизиране на психо-физиологичното състояние на човека.

Методът звукотерапия може да бъде полезен и за психокорекция както на болни, така и на лекари и медицински персонал. По наше мнение такъв подход е изключително важно да се прилага за непосредствено работещи със заразени с КОВИД-19. Тяхната невероятно напрегната работа предизвиква голям стрес. За възстановяване на психоемоционалното им състояние сполучливо може да се използва както традиционна музикотерапия, така и специална звукотерапия (биорезонансна психорекция). При това, съгласно основния принцип на превантивната медицина, е целесъобразно да се отчитат индивидуалните предпочитания при избора на съответното акустично въздействие. За методите на реализация на такъв подход на основата на биофотонната визуализация можете да прочетете в нашите публикации [12, 21, 22]. Като развитие на метода звукотерапия може да се смята слушането на птичи песни. Унгарският композитор и орнитолог Петер Секе установява доста любопитен факт: пеенето на някои птици по удивителен начин се подчинява на законите за музикалната хармония [23]. Логично продължение се явява слушането на птичи песни в природата. При това естествено, получавайки благотворно въздействие и от околната природа – гора, планина, реки и т.н. Именно в такъв аспект е търсенето на места, действащи благотворно на човека, с което ние се занимавахме през последните години. А сега да си спомним как проф.С. Шнол, за който споменахме по-горе, вижда взаимовръзката на биохимичните процеси в човека с честотите, удивително съвпадащи с честотите на нотите. Струва ли си след това да се учудваме на благотворното влияние на природните звуци, особено на птичите песни, върху психосоматиката на човека! Както се казва, коментарите са излишни.

Едно от достойнствата на приборите, работещи на принципа биофотонна визуализация, е сполучливото им приложение в екологията. Ние с успех ги използвахме за: изучаване

влиянието на екологичното пространство върху човека; изследване влиянието на фактори на околната среда и геоактивни зони върху психофизиологичното състояние; изследване и намиране на оптимални места за възстановяване и укрепване на здравето; проучване на малко изучени места, които са обект на легенди и предания (с цел да се установи научната истина). С такава цел преди две години проведохме проучвания на екологията в култови съоръжения, древни археологически паметници, скалния комплекс Перперикон, тракийското светилище Белите камъни (с. Старцево, около Златоград), тракийски долмени в град Хасково, Побитите камъни (Варненски регион) [5, 11, 13]. Като пример на фиг.7 са представени ГРВ грами с изменение в параметрите след пребиваването в магическия кръг в местността Побитите камъни [13]. Математическата обработка показа положително изменение в параметрите на ГРВ изображенията с 50-60% след пребиваването в тази зона. Данните сочат, че сакралното място оказва благотворно влияние, увеличават се адаптационните ресурси до 14 %. По-подробно за тази изследвания в нашата статия [13].



Фиг. 7. ГРВ грами на палеца на лявата ръка (1R) : а) и в) преди пребиваването, б) и г) след пребиваването в зоната на магическия кръг. Реално светене на обекта – а) и б), след компютърно разпознаване – в) и г)

Особен интерес представляват изследванията на рекреационни зони в България. Резултати от такива изследвания са представени в наши статии [5, 10-14,19]. Проучвания, съобразени с проблемите, които възникват при лечението на болни от коронавирус и възстановяването на здравето след това, са представени в нашите секционни доклади [14,19].

Следва да отбележим, че в последно време практически във всички лечебно-оздравителни центрове по света се развива природотерапията. Особено сериозно се занимават учените в Япония, които развиват направление на възстановителната медицина „шинрин йоку“ (горско къпане) или с други думи лесотерапия. Именно от тази позиция провеждахме изследванията в Родопите и Предбалкана за търсене на рекреационни зони, въздействащи най-силно върху психоемоционалната сфера на човека.

Подробно за използването на лесотерапията при възстановяването на психосоматичното състояние е написано в нашия отчет за научната експедиция «Изследване на екологията и нейното влияние върху човека в Смолянска област, 2019 г.» (https://biophoton-research.eu/library).

Направихме нещо повече - изследвахме влиянието на околната среда върху адаптационните ресурси на човека [11-14]. Резултатите от проучванията в края на 2019 г. на уникални зони в Предбалкана (Крушунските водопади) и Родопите (Каньон на водопадите) ни дадоха възможност за изработване на препоръки с оглед използването на рекреационни зони при болни, излекувани от КОВИД-19. Изследванията сочат съществен ръст на адаптационните резерви на организма и на имунитета. По-подробно тези изследвания са представени в секционните доклади на тази конференция.

Използване на виртуална реалност

Специалните природни места позволяват ефективно да се въздейства върху психосоматичните структури на човека, но заедно с това посещаването на такива места носят определени трудности. Често е необходим планински водач, посещенията са свързани с финансови разходи, което затруднява достъпа, особено на възрастни хора. При това състоянието на здравето също играе роля. В този случай могат да помогнат системите за виртуална реалност, които позволяват да се имитира посещение на избрано място. Естествено, ефективността от изобразяването на реална местност във виртуално пространство ще бъде малко по-ниска отколкото при реално посещение. Въпреки това ефективността си остава достатъчно висока.

Създадените от нас системи за виртуална реалност Каньон на водопадите и Крушунски водопади показват именно това: силата на въздействието на моделираната околна среда е само с 12 - 17% по-малка в сравнение със съответната биоенергийна зона [19]. Ще отбележим също, че при изследванията се вземаха предвид такива показатели като сатурация, индекс на перфузията и т.н., които имат важно значение при определяне състоянието на болни от КОВИД-19. Това също е представено в наш секционен доклад.

Оптимизиране психическата дейност на човека в екстремни условия

В условията на пандемия лекарите работят изключително интензивно. Освен физическото натоварване, те понасят много силно психическо напрежение. Изпитват физическа и емоционална умора като всеки човек, работещ в екстремни условия. Прибавя се обаче и друг важен момент – от тяхната прецизна работа, от приемането на правилни решения често зависи животът на пациента. Лекарите осъзнават това и изпитва още по-дълбок стрес. Ето защо възниква необходимостта да се оптимизира психическата дейност в екстремни условия. Тук безценен опит е натрупала авиационната и космическата медицина. На летците и космонавтите често им се налага да вземат решения за няколко секунди или минути, от които зависи животът на екипажа и на стотици пасажери. Според психолозите при екстремни ситуации като споменатите (и в други случаи, например, хипервентилация или, напротив, продължително задържане на дишането; остри невротични и психични заболявания) възниква т.нар. изменено състояние на съзнанието (ИСС).

ИСС може да има както положителен знак (вдъхновение, душевен подем, озарение и др.), така и отрицателен (депресия, агресивност и др.). Възможно е то да способства за свръхбързо приемане на адекватно решение за изход от аварийна ситуация или да затормози (а понякога и въобще да блокира) процеса на вземане на правилно решение. При изучаване ИСС възниква огромна сложност за измерване на състоянието на съзнанието. Съществуват десетки методи за регистрация на ИСС [25]. Положението кардинално се променя с използването на биофотонната визуализация за регистрация на ИСС. Същността на предложения подход при определяне нивото на ИСС се състои в измерване на съответни физиологични корелати на съзнанието [24].

ГРВ дава уникална възможност да се изследват висшите когнитивни функции на мозъка, в частност да се определи равнището на съзнание. Обработвайки математическите параметри на светене на ГРВ грамите, може да се получи достоверна, обективна информация, а значи и да се осъществи оперативен контрол над текущото състояние на съзнанието на човека и при необходимост бързо да се коригира психическият тренинг по самостоятелно влизане в необходимото състояние на съзнанието [24,26].

Космонавтите и летците преминават специална подготовка за управление на своето съзнание. В ИКИТ съвместно с чл.кор. П. Гецов разработихме методика за тренинги за осъзнато управление на ИСС на летци и космонавти с контрол на нивото на ИСС по технологията биофотонна визуализация [26]. Няма защо да обясняваме, че разработването на тренинги на ИСС е от особена важност.

По аналогичен начин използването на биофотонната визуализация при провеждане на психологичен тренинг би позволил да се оптимизира дейността на медицинския персонал, работещ в екстремни условия, да се намали рискът от приемане на неправилни решения за ограничено време и с това да се спаси човешки живот.

Математическо и алгоритмично осигуряване

За успешно използване на оборудване от авиационната и космическата медицина в решаването на проблемите с коронавируса огромно значение имат изборът на съответните математически методи и алгоритми. Да разгледаме накратко някои от тях.

Това е преди всичко вариационната пулсометрия (синоними: кардиоритмография, вариабелност на ритъма на сърцето, скатерография). Същността ѝ е в математическата оценка на вариабилността на ритъма (динамично изменение на R-R интервала на ЕКГ). Развитието на този метод започва от 60-те години на миналия век и е свързано с разработките на В. Парин и Р. Баевский [27]. По-нататък го усъвършенстват С. Кльоцкин, Д. Жемайнтите, И. Нидеккер, А. Дембо много други. Уникалната прогностична и диагностична възможност на вариационната пулсометрия я прави приложима за оценяване състоянието на здравето на първия космонавт Юрий Гагарин посредством телеметрия. Сериозно развитие методът има през 80-те години на миналия век. Това е свързано с просперитета на изчислителната техника и с факта, че много разработки са разсекретени (по-рано са използвани само във военните структури). По-нататъшно усъвършенстване вариационната пулсометрия получава в Днепропетровския

медицински институт. През 1990 г. проф. Геннадий Маклаков и проф. Виктория Миртовская предлагат метод, при който допълнително се вземат предвид такива динамични изменения на важни параметри като реология на кръвта, еластичност на кръвоносните съдове, скорост на кръвотока и други параметри на сърдечносъдовата сиситема [28, 29]. Започва активно използване на кардиоритмография във всички области на медицината, в това число и във ветеринарната. За съжаление даже и досега не всички възможности на този метод са известни на лекарите.

Развитието на вариационните методи за обработване на показатели от медицинската диагностика (използване на ентропийни информационни методи) позволява значително да се увеличат прогностичните и диагностичните възможности на биофотонната визуализация. Използването на тази технология дава възможност да се усъвършенства и внедри в Съветския съюз уникална технология за свръхранна диагностика на мозъчносъдови заболявания (в т.ч. и такова страшно заболяване като инсулта) [28, 29]. На основата на тези принципи се създава оборудване (под ръководството на проф. Г. Маклаков), което се произвежда серийно и, както беше споменато по-напред, един такъв прибор е представен през 1991 г. на изложба в Сърбия и получава златен медал на името на Н. Тесла. Прилагането на аерокосмически технологии при създаването на диагностично оборудване прави възможно значително намаляване на разходите му и драстично намаляване на размера му. Обърнете внимание на фиг. 2. На преден план това клавиатура ли е? Не! Това е целият компютър! И е създаден в края на 80-те години на миналия век! Като монитор се използва телевизор, възможно е да се свържат принтер, външна памет и най-важното - специализирани устройства. Разбира се, такъв компютър в своята гъвкавост не може да се конкурира с големи компютри, но той решава много добре специализирани задачи, по-специално осигурява на приемливо ниво медицинска диагностика. Разработването на диагностична апаратура в областта на неврологията довежда до създаването на апаратно-програмен комплекс за лечение на белодробни заболявания (автоматизирано работно място за лекар пулмолог). Той беше внедрен в спеализирани болници и произвеждан серийно през 90-те години. За съжаление, във връзка с разпадането на Съветския съюз производството е прекратено. А как сега той би бил полезен за лекуването на болни с КОВИД-19!

Да обобщим казаното до тук. Вариационната кардиоритмография (и нейните модификации) са много подходящи за решаване на проблема с коронавируса. Това се дължи на факта, че тези методи имат важно прогностично и диагностично значение при най-разнообразна патология: заболявания на сърдечносъдовата, нервната, дихателната, ендокринната система и психоемоционални, стресови нарушения.

За решаването на проблема с КОВИД-19 може да допринесе много използването на изкуствен интелект, по-точно на експертно-консултационни системи за подкрепа при вземането на решения от лекарите. Системи за диагностика на заболявания на нервната система са апробирани и успешно използвани още през 90-те години на миналия век [30-32]. Универсалността на подхода при проектиране на такива системи позволява достатъчно бързо те да бъдат преориентирани за прогнозиране на други заболявания - необходимо е само в базата знания да се внесе съответната информация.

По-подробно описанието на математически методи и алгоритми, използвани в космическата медицина, а също и прилагането им в медицинската и биологичната кибернетика, няма да излагаме тук. Това е отделна голяма тема.

Заключение

Пандемията КОВИД-19 се превърна в сериозно изпитание за цялата планета. Аерокосмическите технологии могат да бъдат от голяма полза за справяне с проблема. В космическата медицина има много обещаващи технологии, които ефективно да се приложат в земната медицина и, в частност, за справяне с опасни вирусни инфекции, в това число и КОВИД-19. Методите за биофотонна визуализация носят голям потенциал за диагностика, за разработване на оптимални схеми на лечение, за рационална психокорекция.

Материалът, представен в тази статия, е фокусиран предимно върху техническа аудитория, затова медицинските аспекти са разгледани ограничено. Подчертаваме, че всички наши препоръки, оборудването, получените резултати са обсъждани и са получили одобрение от опитни лекари със стаж повече от 20 години, работещи във водещи медицински центрове в Русия. Изследванията с нашите прибори са дублирани с ЕКГ, образна диагностика и т.н. Проведени са всестранни клинични изследвания, в това число и биохимичен анализ на кръвта, анализ на хормоните и т.н. Обаче тази информация представлява интерес предимно за лекари и тук не я разглеждаме.

Използването на природните фактори за възстановяване на здравето представлява едно от най-прогресивните направления в превантивната медицина. Направените изследвания научно потвърждават, че в България съществуват множество уникални зони със силно и благотворно въздействие върху човека. Като се вземе предвид силната връзка между психоемоционалното състояние и имунната система, няма никакво съмнение, че рекреационните зони в Родопите и в Крушунския край са изключително подходящи за профилактика и за възстановяване психосоматичното състояние на лица, прекарали вирусни заболявания, в частност КОВИД-19. В България съществуват още много места с уникални лечебни и възстановителни възможности. Откриването на такива места и тяхното сертифициране може да даде чувствителен принос за възстановяване на психоемоционалното състояние на хората, за повишаване защитните сили на организма, осигуряване резултатна рехабилитация на лица, преболедували от КОВИД-19.

Благодарности

Изказваме благодарност на координатора на проекти в Научно-изследователския център по биофотоника Надежда Георгиева за помощта при провеждането на научните изследвания и при подготовката на тази статия.

Литература:

1. Романий, С. Ф., Чёрный З. Д. Неразрушающий контроль материалов по методу Кирлиан. Днепропетровск. 1991.
2. Маклаков, Г. Ю. О некоторых принципах проведения медико-биологических диагностических исследований в авиационной и космической медицине. // Труды международного семинара «Биофизические методы в клинической лабораторной диагностике». Санкт-Петербургский Государственный Медицинский Университет им. Акад. И. П. Павлова. 2015. С. 57–63.
3. Маклаков, Г. Перспективи за използване на ГРВ биоелектрографията в аерокосмическите изследвания. // Международна научна конференция «Космос.Екология.Сигурноси “SES-2016”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2016. С. 321–326.
4. Маклаков, Г., Гецов П. Перспективи за използване на ГРВ биоелектрографията в психологическите изследвания на сигурността и поведениетона човека в екстремални ситуации // Международна конференция «Приложната психология: възможности и перспективи». Сборник доклади. ВСУ. Варна, 2017. С. 193–206.
5. Маклаков, Г., Георгиева Н. Възможности за използване на ГРВ технологията за мониторинг на околната среда. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурност. “SES-2016”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2016. С. 327–334.
6. Маклаков, Г. О некоторых принципах проведения медико-биологических диагностических исследований в авиационной и космической медицине. // Труды международного семинара «Биофизические методы в клинической лабораторной диагностике». Санкт-Петербургский Государственный Медицинский Университет им. Акад. И.П.Павлова. 2015. С. 57–63.
7. Маклаков, Г. Възможности за прилагане на ГРВ-биоелектрографията за оценяване и прогнозиране на психо-физиологичното състояние на работещите в транспорта. // Конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии „БулТранс-2016 “. Сборник доклади. ТУ-София. Созопол. 2016. С. 19–23.
8. Коротков, К. Основы ГРВ биоэлектрографии. СПб, Изд. СПбГИТМО, 2001.
9. Научно-изследователски проект «Изследване на газоразрядната визуализация и нейната приложност в материалознанието, медицината, екологията и растениевъдството». // Сборник резюмета на проекти финансирани от държавния бюджет. Техничеки университе Варна. 2018 г. С. 72–73.
10. Маклаков, Г., Георгиева Н. Приложение на метода газоразрядна визуализация за изследване на перспективни рекреационни зони в Крушунския край (България). // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурноси “SES-2017”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2017. С. 255–261.
11. Маклаков, Г., Караиванов М. Изследване на биоенергийни зони в Родопите по метода биоелектрография. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурноси “SES-2019”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2019. С. 287–292.
12. Маклаков, Г., Георгиева Н., Малев Е. Изследване на перспективни рекреационни зони в България за рехабилитация и профилактика чрез хронофизиотерапия на работещи в аерокосмическия отрасъл. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурноси “SES-2018”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2018. С. 335–340.
13. Маклаков, Г., Георгиева Н., Иванов И. Особености на екологията на Побитите Камъни (Варненски регион) и влиянието й върху човека. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурноси “SES-2018”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2018. С. 341–345.
14. Маклаков, Г., Георгиева Н., Караиванов М. Приложение на биофотонната визуализация за мониторинг на рекреационни зони в Родопите и въздействието им върху психосоматиката на човека. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурноси “SES-2020”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2020.

15. Маклаков, Г. Ю., Гецов П. С. Особенности использования систем виртуальной реальности для подготовки специалистов в области аэрокосмических технологий. // Дистанційна освіта України-2013. Інформаційне освітнє середовище у системі дистанційного навчання в закладах освіти інноваційні та психологічні аспекти // Збірник наукових праць.- Харків, ХНАДУ 2013. С. 138–142.
16. Маклаков, Г. Ю., Гецов П. С. Математическое моделирование поведения человека-оператора в сложных эргатических системах на основе виртуальной реальности. // Труды международной научной конференции «Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку». Институт кибернетики НАН Украины. Киев. 2013. С. 195–199.
17. Маклаков, Г., Гецов П. ГРВ технологията като принцип за изследване на изменени състояния на съзнанието при професионалната дейност на авиационния персонал. // Конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии „БулТранс-2016 “. Сборник доклади. ТУ-София. Sozopol. 2016. С. 24–27.
18. Dr. Qing Li. SHINRING-IOKU: The Art and Science of Forest-Bathing. Penguim Books, London. 2018.
19. Маклаков, Г., Георгиева Н. Изследване на екологорехабилитиращи звукови среди на рекреационни зони в България за рехабилитация и профилактика на работещи в аерокосмическия отрасъл. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурноси “SES-2020”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2020.
20. Шноль, С. Физико-химические факторы биологической эволюции. М.: Наука, 1979.
21. Маклаков, Г. Оптимизация на музикалната психотерапия на операторите на ергатични системи чрез метода ГРВ-биоелектрография. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурноси “SES-2017”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2017. С. 113–117.
22. Маклаков, Г., Георгиева Н. Музикотерапия в програмите за възстановителна корекция на психо-физиологичното състояние на работещите в транспорта. // Конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии „БулТранс-2017 “. Сборник доклади. ТУ-София. Сохопол. 2017. С. 33–35.
23. Секе, П. Орнитомузыкология. // Орнитология. Вып.11. 1974. С. 349–350.
24. Maklakov, G. Yu. Method of registration of altered states of consciousness of operators of difficult ergatic systems. // Journal Scientific and Applied Research.Volume 4, 2013. P. 7–12.
25. Маклаков, Г. Ю. 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 Конгрес по психология. София, 18-20 ноември 2011. Изд. ДПБ. София. 2011. С. 198–205.
26. Маклаков, Г., Гецов П. Технология исследования измененных состояний сознания в процессе профессиональной деятельности авиационно-космического персонала. // Тезисы докладов. Международный научный конгресс.- Санкт Петербург, ООО “Kirlionics Technologies International”. 2014. С. 38–39.
27. Парин, В. В., Баевский Р. М. Введение в медицинскую кибернетику. М.: Медицина, 1966.
28. Маклаков, Г. Ю. Методика вариационной реоэнцефалографии в диагностике сосудистых заболеваний мозга. // Актуальные вопросы теоретической и клинической медицины. Ч.2. Днепропетровск: ДМИ, 1993 г. С. 94–95.
29. Маклаков, Г. Ю. Миртовская В. Н. Кибернетические аспекты системы поэтапной помощи больным сосудистыми заболеваниями головного мозга. Кибернетика в медицине. // Тезисы Республиканской научной конференции. 1991 г. Днепропетровск: 1991. С. 7–12.
30. Маклаков, Г. Ю. Концепция создания инструментально-технических средств поддержки принятия решений на базе адаптивных экспертных систем. // Новые информационные технологии и инструментально-технологические средства поддержки принятия решений: Тез. докл. респ. Конф.: НАН Украины.- Киев: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, 1992г. С. 85–86.
31. Маклаков, Г. Ю. Особенности построения экспертных систем диагностики недостаточности мозгового кровообращения. Информатизация в деятельности медицинских служб. // Респ. сб. научн. тр. Ч. 2.: М.: РГМУ, 1992 г. С. 45–47.
32. Маклаков, Г. Ю. Система с элементами искусственного интеллекта для диагностики недостаточности мозгового кровообращения. // Новые возможности современного медицинского приборостроения. Тезисы республиканской научно-технической конференции Киев: 1991. С. 17–18.

Session 1

Space Physics

Chairmen: Prof. Tsvetan Dachev
Corr. Member Peter Velinov
Secretary: Assoc. Prof. Daniela Boneva

RADIATION ENVIRONMENT IN THE INTERPLANETARY SPACE AND MARS ORBIT IN 2016-2020 ACCORDING MEASUREMENTS ABOARD EXOMARS TGO

Jordanka Semkova[1], Rositza Koleva[1], Victor Benghin[3], Krasimir Krastev[1], Tsvetan Dachev[1], Yuri Matviichuk[1], Borislav Tomov[1], Stephan Maltchev[1], Plamen Dimitrov[1], Nikolay Bankov[1], Igor Mitrofanov[2], Alexey Malakhov[2], Dmitry Golovin[2], Maxim Mokrousov[2], Anton Sanin[2], Maxim Litvak[2], Alexander Kozyrev[2], Sergey Nikiforov[2], Denis Lisov[2], Artem Anikin[2], Vyacheslav Shurshakov[3], Sergey Drobyshev[3]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences, jsemkova@stil.bas.bg
[2]Space Research Institute – Russian Academy of Sciences, mitrofanov@np.cosmos.ru
[3]State Scientific Center of Russian Federation, Institute of Biomedical Problems – Russian Academy of Sciences, v_benghin@mail.ru

Keywords: *Interplanetary space, cosmic rays, Mars, charged particle radiation measurements, ExoMars*

Abstract: *ExoMars is a joint ESA - Rosscosmos program for investigating Mars. Two missions are foreseen within this program: one consisting of the Trace Gas Orbiter (TGO), that carries scientific instruments for the detection of trace gases in the Martian atmosphere and for the location of their source regions, launched on March 14, 2016; and the other, featuring a rover and a surface platform, with a launch date of 2022. In March 2018 TGO was inserted into circular Mars science orbit with a 400 km altitude. The dosimetric telescope Liulin-MO for measuring the radiation environment onboard the ExoMars TGO is a module of the Fine Resolution Epithermal Neutron Detector (FREND). Here we present recent results from measurements of the charged particle fluxes, dose rates and estimation of dose equivalent rates at ExoMars TGO science orbit, provided by Liulin-MO dosimeter. The obtained data from May 2018 to October 2020 show that: 1) Increase of the dose rate, dose equivalent rate and flux is observed during this period, which corresponds to the increase of GCR intensity during the declining, minimum of the solar activity in 24th Solar cycle and transition to the 25th cycle; 2) A strong dependence of the measured fluxes on the part of the field of view (FOV) shadowed by Mars is observed, while the absorbed dose rate is not significantly affected by FOV shadowing; 3) A good agreement between the normalised GCR count rates from Liulin-MO and HEND neutron detector on Mars Odyssey is observed.*

Described is a method and results for recalculating the cosmic ray fluxes and doses measured in Mars orbit into values meaningful for the deep interplanetary space at about 1.5 AU. The effect of "shading" the particle flux by Mars, the albedo particles effect on the measured values and the effect of the detectors orientation are taken into account. The results demonstrate that the radiation conditions in the interplanetary space worsen in the minimum of the solar activity in 24th Solar cycle. The evaluations show that with respect to the values measured during TGO transit to Mars in December 2019 the particle flux has increased by 13% and the dose rate – by 18%. This increasing continues in January-October 2020 during the beginning of 25th Solar cycle.

The results obtained are of importance for planning the future manned missions to Mars.

Introduction

The exploration of Mars gets on a new wider scale nowadays. Six active satellites orbit around the planet and provide data. On Mars surface the MSL Curiosity rover [1] explores Gale crater for more than 7 years and the InSight lander [2] studies the interior of Mars. Four space agencies – NASA, ESA&Roscosmos, China and the United Arab Emirates – already launched or plan to launch missions to Mars during the 2020 and 2022. Knowledge of the space radiation environment in s/c transition to Mars, around Mars and on Mars surface becomes a significant factor in missions' planning.

In the interplanetary space and on Mars orbit the radiation field consists of two types of primary particles: galactic cosmic rays (GCRs) and solar energetic particles (SEPs). SEPs are sporadic and impulsive events and take place much more frequently during the active phase of the solar cycle. SEPs are mainly protons, electrons and α particles with energy typically ranging from 10 to several hundreds of MeV. GCRs generally originate from outside the Solar System, e.g. in supernova remnants, and their composition consists [3] mainly of protons (85%-90%) and helium (about 11%), with about 1% electrons and another 1% heavy ions. In the Solar system GCR flux is isotropic and in

the long term their flux and spectra show modulation that anti-correlates with the solar activity, the modulation being more efficient to the low-energy GCR.

Only two experiments measured the radiation environment on a transit orbit to Mars: MSL RAD [4] and the FREND dosimeter Liulin MO on ExoMars Trace Gas Orbiter [5]. RAD measurements took place in the period from 6 December 2011 to 14 July 2012 – conditions of increasing solar activity. For solar quiet times (without SEPs) RAD reported an average daily dose rate in silicon 332 ± 23 μGy d^{-1} (including the contribution of secondaries from instrument's shielding). The fluence rate of GCR was 3.87 ± 0.34 cm^{-2} s^{-1} and the dose equivalent rate was evaluated to 1.84 ± 0.30 mSv d^{-1} [6]. The 4 SEP events during this period produced ~ 25 mGy, from 1.2 to 19.5 mGy/event.

During the transit to Mars, from 22 April to 15 September 2016 – conditions of decreasing solar activity – Liulin-MO measured average GCR dose rates in silicon of 372 ± 37 μGy d^{-1} and 390 ± 39 μGy d^{-1} in two perpendicular directions, the difference due to the different shielding of the telescopes. The average flux for the same time was 3.12 cm^{-2} s^{-1} and 3.29 cm^{-2} s^{-1} correspondingly. No SEP events were observed in this period. Data show that during the cruise to Mars and back (6 months in each direction), taken during the declining of solar activity, the crewmembers of future manned flights to Mars will accumulate at least 60% of the total dose limit for the cosmonaut's/astronaut's career in case their shielding conditions are close to the average shielding of Liulin-MO detectors, then evaluated to about 10 g cm^{-2}.

The first evaluation of the radiation field at Mars orbit was performed by the experiments on board of Mars Odyssey orbiter [7] using data of three different instruments: MARIE, a dedicated energetic charged particle spectrometer [8]; the Gamma Ray Spectrometer GRS [9] and the scintillator component of the High Energy Neutron Detector HEND [10, 11]. The time period analyzed data cover the time span from early 2002 through the end of May 2007, encompassing the maximum, the declining of Solar cycle 23 and most of the extraordinarily deep solar minimum. During a quiet period in 2002 the GCR flux was evaluated to be 0.135 cm^{-2} sr^{-1} s^{-1}. Weakening of the interplanetary magnetic field over this period of time led to an observed doubling of the galactic cosmic ray flux. 23 SEP events (with 25 peaks) were recorded during the period, the large majority of events were quite weak. Peak SEP fluxes between 50 and 100 cm^{-2} sr^{-1} s^{-1} were seen only twice (July 2002 and October 2002), and only in the large event of October 2003 was a flux above 1000 cm^{-2} sr^{-1} s^{-1} recorded. According to HEND data (Mitrofanov et al. 2009) the flux of the secondary (epithermal) neutrons from the Mars surface, produced by GCR only, has increased during this time period in about 1.5 times from 0.73 up to 1.1 cm^{-2} s^{-1}.

RAD on MSL is the only experiment measuring the complex radiation environment on Mars' surface. From 7 August 2012 to 1 June 2013 (solar maximum) the average dose rate (in water) from GCR was 210 μGy d^{-1}, the only SEP event delivered a dose of 25 μGy [6]. The dose rate in Si reached ~170 μGy d^{-1} at the end of February 2013 under very low solar modulation and gradually decreased to ~ 150 μGy d^{-1} in 2014 with increasing of solar modulation [12]. In 2017 the average dose rate in Si was 240 μGy d^{-1} and continued to increase, but rise appears to correlate with a decrease in the quality factor Q, likely due to changing in ion abundances [13]. The dose equivalent rate H decreased ~ 2 times compared to cruise. Increasing dose rate in Si with decreasing Q tends to keep H fairly constant. During the more of 7 years stay of Curiosity on Mars 5 SEP were observed. Most prominent was the September 2017 SEP event. The dose rate in Si peaked at 718 μGy d^{-1}, with an average rate during the SEP of 464 μGy d^{-1}. MSL RAD data exhibited diurnal variations, which allowed to investigate the dependence of the radiation dose on atmospheric pressure [14]. At the relatively low atmospheric pressures of Mars, the total dose rate increases (decreases) as pressure decreases (increases). Furthermore, the atmospheric shielding was found to be disproportionately effective on heavy ions - the heavy ions undergo much larger variation than the light ions.

The FREND instrument on ExoMars TGO measures epithermal and high energy neutrons, whose variations are an excellent signature of hydrogen bearing substances presence in the Mars regolith at up to 1 meter depth [15]. FREND provides high-resolution maps of hydrogen-abundant regions on Mars. FREND contains four ^{3}He counters for neutrons with energies from 0.4 eV to 500 eV, one stilbene-based scintilator for high energy neutrons (up to 10 MeV) and the dosimetry module Liulin-MO.

The FREND's dosimetry module Liulin-MO provided information about the radiation environment during the cruise stage of TGO and now - on Mars' orbit. In this paper we discuss the measurements in a Mars circular orbit with 400 km altitude obtained in the period from 1 May 2018 to October 2020 and compare with the measurements during the transit to Mars. We also compare the measured fluxes of GCR by Liulin-MO, FREND and HEND neutron detectors in Mars orbit.

Methodology, measured parameters and description of Liulin-MO

Liulin-MO contains two dosimetric telescopes - AB, and CD arranged at perpendicular directions. A schematic view of the location of the detectors inside the box of Liulin-MO is presented in Fig. 1. Each pair of the dosimetric telescopes consists of two 300 μm thick, 20x10 mm area rectangular Si PIN photodiodes. The distance between the parallel Si PIN photodiodes is 20.8 mm. The geometry factor [16] of the telescope for isotropic radiation is ~ 1.38 cm^2 sr.
The geometry factor of a single detector is ~ 12.56 cm^2 sr. The energy deposition spectrum in the single detector B(A) is obtained by combining the energy deposition spectrum measured by B in the range ~ 0.08 - 15.9 MeV with the energy deposition spectrum measured by A in the range ~ 16 - 190 MeV. The same procedure is used to obtain the energy deposition spectrum in the single detectors C and D. In that way each pair of two parallel detectors provide data in the energy deposition range ~ 0.08 - 190 MeV.

The parameters, provided by Liulin-MO simultaneously for two perpendicular directions BA and DC have the following ranges: absorbed dose rate from 10^{-7} Gy h^{-1} to 0.1 Gy h^{-1}; particle flux in the range 0 - 10^4 cm^{-2} s^{-1}; energy deposition spectrum in the range 0.08 - 190 MeV, linear energy transfer (LET) spectrum in water in the range 0.13 – 177 keV/μm. The dose rates and the fluxes are resolved every minute, while the energy deposition spectra and the LET spectra are resolved every hour.

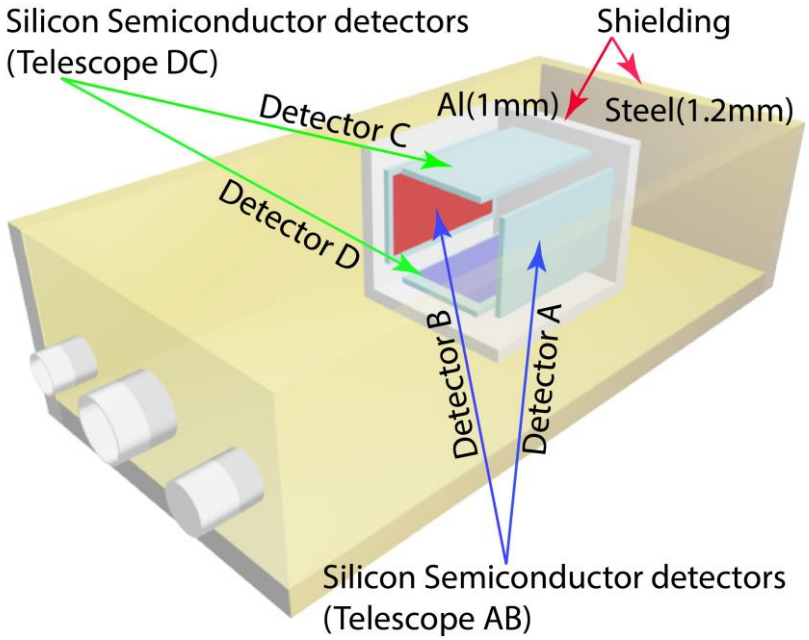


Fig. 1. A schematic view of Liulin-MO detectors' location in the dosimeter box. The upper steel cover of the Liulin-MO external box is not shown. The external box is made from steel 1.2 mm thick; the internal box with the detectors is made from aluminium 1 mm thick.

More detailed description of the measurement methodology and parameters of Liulin-MO may be found in [5].

In Mars science orbit (MSO) when TGO is pointed to nadir (along its Y axis), the angles of the dosimeter axes to the nadir are 90^0 (along - X and Z axes of TGO). This is the nominal orientation.

Periods and conditions at which the data have been collected

FREND and its dosimeter Liulin-MO were turned on for the first time on 6 April 2016 during initial check of the science instruments onboard TGO.

During TGO cruise to Mars in 2016 Liulin-MO operated nominally and gathered a good statistic of more than 3 months continuous measurements of galactic cosmic rays in free space. After TGO insertion in Mars high elliptic orbit Liulin-MO operated in all available for the science experiments periods - 2.5 months in Mars Capture Orbit 1 (also called Mars arrival orbit) (MCO1: 98 000 -230 km, 0^0 inclination to the equator, 4.2 days orbit period) and 10 days in MCO2 (37150 - 200 km, 74^0 inclination, 24 h 39 min orbit period). These measurements were performed during the declining phase of the 24^{th} Solar cycle. A detailed analysis of these data is published in Semkova et al., 2018.

On 15 March 2017 the aerobraking phase of TGO started and all science instruments were switched off.

TGO was inserted into Mars science orbit (MSO). MSO is a circular orbit with about 400 km altitude, 74^0 inclination, ~ 2 hours orbit period) on 9 April 2018. On 16 April 2018 FREND, including Liulin-MO was switched on and since then operates almost continuously.

Here were present the data obtained by Liulin-MO dosimeter in the period 1 May 2018 – October 2020, and compare them with data from previous periods of measurements. Data must be understood in the context of the shielding from the free-space radiation environment provided by the mass of materials surrounding the instrument's detectors. Previously [5] it was estimated that there are no significant differences in the shielding by FREND and the dosimeter itself of each of the four Liulin-MO detectors. Representative for the shielding of Liulin-MO detectors is the central point between the detectors located at equal distances from the detectors. The average shielding of Liulin-MO detectors provided by FREND structure was evaluated to be 10 g cm^{-2} in [5]. The shielding of Liulin-MO detectors caused by the dosimeter itself plus the rest of FREND modules plus TGO construction with the fuel quantity which remained at the beginning of the flight in a circular orbit around Mars has been evaluated recently. This shielding distribution for Liulin-MO detectors is between 1 g cm^{-2} and 180 g cm^{-2}. The average shielding integrated over the full distribution is about 20 g cm^{-2}. The shielding values are assumed to be aluminum-equivalent, the actual shielding consists of several different materials. The energy threshold for the minimum shielding is 1.7 MeV for electrons, 30 MeV for protons and 6.8 GeV for iron ions.

In MSO the dosimeter has measured the dosimetric parameters of GCR. SEP events were not registered. Measurements were taken near and during the minimum of the 24^{th} Solar cycle, its transition to the 25^{th} Solar cycle and the beginning of the 25^{th} cycle.

Liulin-MO data in TGO Mars science orbit and analysis

Particle fluxes, dose rates and dose equivalent rates

The fluxes and dose rates recorded in the perpendicular detectors B(A) and D(C) of Liulin-MO and count rates of Oulu neutron monitor (http://cosmicrays.oulu.fi/) for the period from 1 May 2018 to 10 June 2020 are shown in Fig. 2. The fluxes and dose rates are calculated from hourly measurements of the corresponding energy deposition spectra. An increase of all quantities – flux, dose rate and Oulu count rate due to solar cycle modulation is observed. In this period in two perpendicular detectors B(A) and D(C) the average values are: dose rate 14.8±1.5/15.4±1.5 μGy h^{-1}, planar flux 3.11/3.21 cm^{-2} s^{-1}. Here we calculate the planar flux as the number of particles, which hit a unit planar area. The observed narrow sharp drops of the measured flux will be discussed below. The short term modulations of GCR fluxes and dose rates have the same characteristics as those registered during TGO cruise. The latter were analysed in details in [17], where it was shown that they were due to the interaction of GCR with the corotating interaction regions (ICR) of the solar wind. Note that in summer 2018 (near opposition) Earth and Mars are in close interplanetary magnetic field lines and ICR reach Mars (Liulin-MO) and Earth (Oulu) nearly simultaneously. After that period one and the same ICR reaches both planets in different times.

An increase of all quantities – flux, dose rate and Oulu count rate due to solar cycle modulation is observed. The increasing is slightly different for the different values. Liulin-MO monthly mean quantities show an increase of about 7% - 7.6%, while Oulu count rate increases only by ~ 1.1%. Solar activity modulates strongly the low energy GCR. Oulu is situated at 64.5^0 geomagnetic latitude and its effective cut off rigidity is ~ 0.8 GV, so the most sensitive to the solar activity low energy GCR do not reach it. The decrease in Oulu count rate around 10 May 2019 is due to two coronal mass ejections arriving at Earth but not hitting Mars as modelled using the WSA-Enlil model showed (http://iswa.ccmc.gsfc. nasa.gov/). The small difference between the corresponding values of the dose rates and fluxes in B(A) and D(C) is due to the different locations of the two telescope detectors. The sensitive area of D and C detectors is located parallel and just beneath the FREND collimator and beneath a massive spacecraft structure. Due to this location more secondary particles, generated in these considerable masses, hit D and C than B and A detectors and contribute to the higher doses and count rates in D(C) compared to B(A).

An evaluation of the LET spectra and the radiation quality factor was performed, and the dose equivalent rates were obtained from the measurements taken between 1 May 2018 and 10 June 2020. The methodology described in [5] was applied. We use the energy deposition spectrum in the single detectors B(A) and D(C), and evaluate the LET spectra in the directions BA and DC, assuming a mean path length 600 μm of a particle trough the 300 μm thick detector.

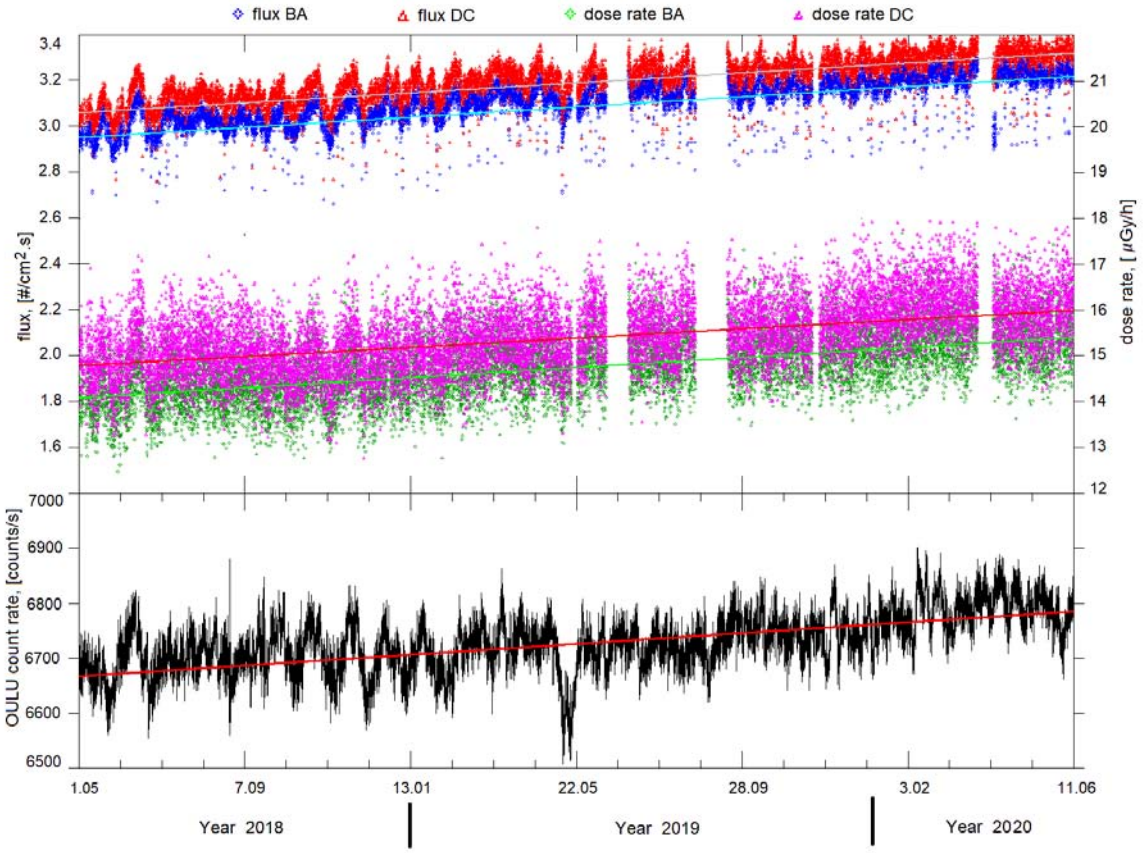


Fig. 2. Overview of GCR fluxes (top) and dose rates (middle) measured by Liulin-MO in Mars science orbit and Oulu neutron monitor count rates (bottom) in the period 01.05.2018 – 10.06.2020

Like in [5] to convert the dose rate measured in silicon to dose rate in water and relate *dE/dx* in silicon to LET in water we used a factor of 1.3 ± 0.08. We used the resulting LET spectra to obtain the average quality factors Q. It was found that for GCRs, quality factor Q is 3.5 ± 0.26, (for comparison during the transit to Mars in April-September 2016 Q was 4.08 ± 0.3 in BA direction and 4.02 ± 0.3 in DC direction). After conversion of the dose rate in silicon to a dose rate in water and multiplying by Q it was found that in BA direction the average dose equivalent rate is 1.61 ± 0.33 mSv d^{-1}, in DC direction the dose equivalent rate is 1.66 ± 0.34 mSv d^{-1}.

Mars shading effect on GCR flux and dose rate

In Mars circular orbit the planet shades single detectors' field of view (FOV), thus cutting part of GCR flux. The cut part of FOV is an angle dependent on TGO orientation and its altitude. TGO orientation can vary by 180^0 though not often; TGO altitude varies within 50 km in every orbital pass. We investigate the dependence of the flux and dose rate measured by Liulin-MO on the distance of TGO from Mars and the orientation of dosimeter detectors.

When calculating the effect of shading we neglect the size of the detector and take into account only its orientation and the distance to Mars. The principal configuration is shown in Fig. 3 [18]. Let $j(\theta, \varphi)$ denotes the differential flux and F_{sh} - the part of GCR flux shaded by Mars. Then

$$F_{sh} = \int_0^{2\pi} \int_0^{\theta_1} J(\theta, \varphi) |\cos\theta'| \sin\theta d\theta d\varphi \quad (1)$$

where Θ' is the angle between the normal to the plane of the detector and the differential flux, Θ_0 is the angle between the normal and the Mars direction, $\Theta = \Theta_0 - \Theta'$,

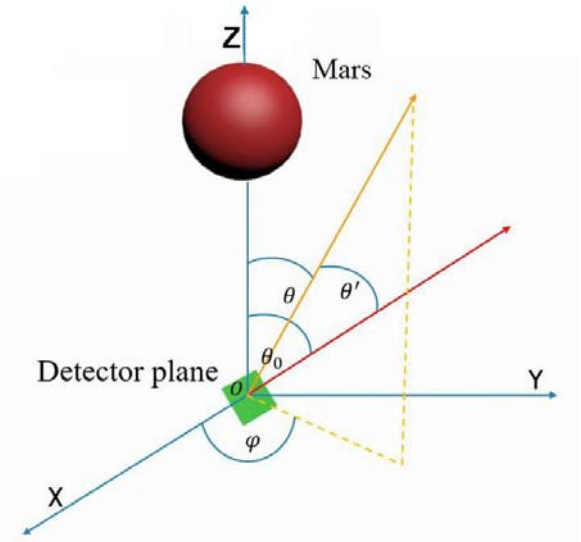


Fig. 3. Scheme for calculation of the shading effect by Mars of GCR flux. The red line marks the normal to the detector plane, θ' is the angle between the normal and the differential flux, θ_0 is the angle between the normal and Mars direction.

(2) $$\sin\theta_1 = \frac{\text{Mars radius}}{\text{Distance to Mars}}$$

We define the shading coefficient K_{sh} as

(3) $$K_{sh} = \frac{F_{sh}}{2\pi J(\theta,\varphi)}$$

The comparison of the experimental flux and dose rate data with the analytical estimates of the shadow coefficient is shown in Fig 4. From top to bottom are plotted: particle dose rate measured by B(A) detectors from 8 July to 9 July 2018; the particle flux measured by the same B(A) detectors;

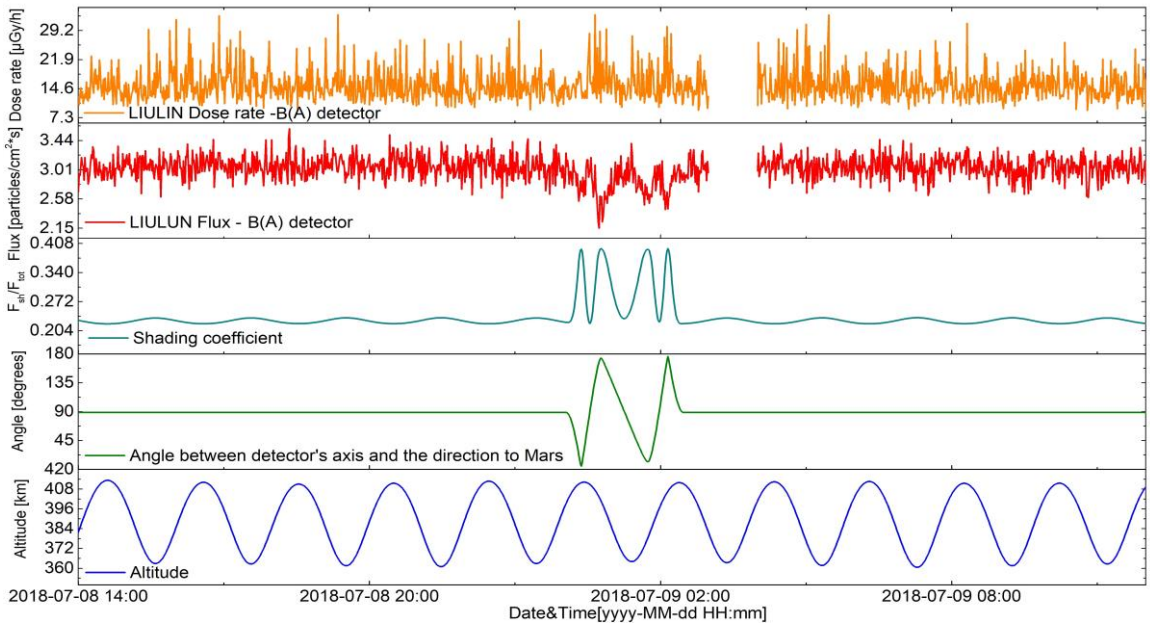


Fig. 4. Comparison of the experimental dose rate and flux data with the analytical estimates of the shadow coefficient. From top to bottom are plotted: minute values of the dose rate measured by B(A) detectors from 8 July to 9 July 2018; minute values of the particle flux measured by the same detector; the shading coefficient; the angle between detector's axis and Mars direction; the altitude of TGO.

the shading coefficient; the angle between detector's axis and Mars direction; the altitude of TGO. Most of the time the angle between detector's axis and Mars direction is ~ 90^0 and the shading effect is about 0.23, the change in the altitude results small variations in the shading coefficient K_{sh}. The narrow sharp drops of the measured flux coincide with the increases of the shading effect up to about 0.4 due to changing of the angle between detector's axis and Mars direction.

It can be seen that, as a first approximation, the absorbed dose depends insignificantly on the change of the shading coefficient. Two mutually compensating effects can explain the above peculiarity. When the detectors normal is perpendicular to the nadir to Mars – we call this 'nominal position' - the planet blocks GCR particles that would hit the detectors at sharp angles. These particles would have a small effective area on the detectors and would contribute less to the registered particle flux but their path in the detector would be long thus contributing more significantly to the absorbed energy. In case when the detector normal is parallel to the nadir, the hampered GCR particles would hit the detectors at small angles with considerable absorbed energy. As a result the decrease in the dose rate is insignificant when compared to the dose rate measured in nominal position.

Comparison of the radiation values obtained during different phases of TGO mission

Table 1 presents particle fluxes, dose rates in silicon, Q and dose equivalent rates measured during different phases of TGO mission since 22 April 2016 to 20 October 2020. In TGO science orbit in May 2018 - December 2019, the flux is about 92%, the dose rate is about 86%, the dose equivalent rate is 71% of those in February - March 2017 in MCO2- due to two competing effects: the Mars' shadow of GCR and the increase in GCR flux because of the decreased solar modulation. Since December 2019 to October 2020 already at the beginning of ascending phase in 25th Solar cycle, the flux and dose rate in MSO continue to increase. During the first weak of measurements from 22 to 29 April 2016 at average distance of TGO to Sun 1.094 AU the averaged values measured by detectors B(A)/D(C) and the corresponding calculated quantities were (not shown in Table 1): flux – 3.01/3.17 cm^{-2} s^{-1}; dose rate – 358/378 μGy d^{-1} (± 10% error) and dose equivalent rate 1.91/1.96 mSv d^{-1} (± 20% error). For the last period of the transit to Mars (in MCO2 at average distance to Sun 1.47 AU, when all measurements at distances less than 1500 km to Mars are excluded, the averaged values measured by detectors B(A)/D(C) and the corresponding calculated quantities were (also not shown in Table 1): flux – 3.28/3.43 cm^{-2} s^{-1}; dose rate – 413/427 μGy d^{-1} (± 10% error) and dose equivalent rate 2.32/2.31 mSv d^{-1} (± 20% error). Thus during 10.5 months transit to Mars in the decreasing phase of the Solar cycle, when the solar modulation considerably decreases, we observe about 8.2 - 9% increase in GCR flux of which about 1.7% could be due to the increase of the heliocentric distance [19]), 13.1 - 15.3% increase of dose rate and 17.9 - 21.5% increase of dose equivalent rate.

Table 1. Particle fluxes, dose rates in silicon, Q and dose equivalent rates measured during different phases of TGO mission since April 22, 2016 to October 20, 2020

Time frame/TGO phase	F (BA)/ F (DC) #cm $^{-1}$s $^{-1}$	D(Si) (BA)/ D(Si) (DC) μGy d^{-1}	Q(BA)/ Q(DC)/	H (BA)/ H (DC) mSv d^{-1}
22 April - 15 September 2016/ Cruise	3.12/ 3.29	372 ± 37/ 390 ± 39	4.08 ± 0.3/ 4.02 ± 0.3	1.97± 0.4/ 2.04± 0.4
1 November 2016 – 17 January 2017/ MCO1	3.26/ 3.42	406 ± 41/ 422 ± 42	4.23 ± 0.33/ 4.12 ± 0.3	2.23± 0.5/ 2.26± 0.5
24 February – 7 March 2017/ MCO2	3.28/ 3.43	410 ± 41/ 425 ± 42.5	4.31 ± 0.33/ 4.17 ± 0.3	2.3± 0.55
1 May 2018–10 December 2019/ Mars' Science Orbit	3.08/ 3.18	352±35/ 366±36	3.49±0.26/ 3.47±0.26	1.6±0.33/ 1.65±0.34
1 January 2020- 20 October 2020/ Mars' Science Orbit	3.22/3.31	370±37/ 387±39	3.47±0.26 /3.44±0.25	1.67±0.34/ 1.73±0.35

Time profiles of particles measured by Liulin-MO and neutron detectors on Mars orbit

We have compared time profiles of particles and neutron detections from Liulin-MO, FREND/TGO and HEND onboard Odyssey spacecraft measured for the same period of time (2 May 2018 – 2 January 2020). Similar to FREND, HEND/Odyssey is a neutron spectrometer based on ^{3}He proportional counters but with smaller sensitivity and without collimation as in FREND [10, 11]. For the comparison with Liulin-MO we have selected FREND and HEND count rates measured in ^{3}He detectors.

The ^{3}He nucleus has a large cross section for capture of low-energy neutrons in the reaction n + ^{3}He→^{3}H+p + 764 keV. The shape of pulse height spectrum measured in ^{3}He detector does not depend on the energy of incident low-energy neutron. Low energy part of the spectrum presents detections when proton or triton reaches detector's wall and as result not all released energy was deposited in the detector volume. The proportional counters are also sensitive to the detections of GCR charge particles. Due to ionization losses these particles could deposit a part of its energy in low spectral channels.

In Figure 5 is shown the comparison between the normalised (relatively to the mean daily value for the full period) daily mean Liulin-MO data and HEND data accumulated in energy channels 1 – 8, most sensitive to the charge particles of GCR. These profiles demonstrate good correlation both on a local time scale (days) and long term scale (months). The total amplitude of variations observed during 20 months of TGO mapping is about 8%.

In addition to that, Fig. 6 presents the comparison between the normalised FREND total counts rate and HEND data accumulated in the energy channels 9 – 16, mostly populated with counts from Martian neutron albedo (which is produced by GCR by interaction with matter in the shallow

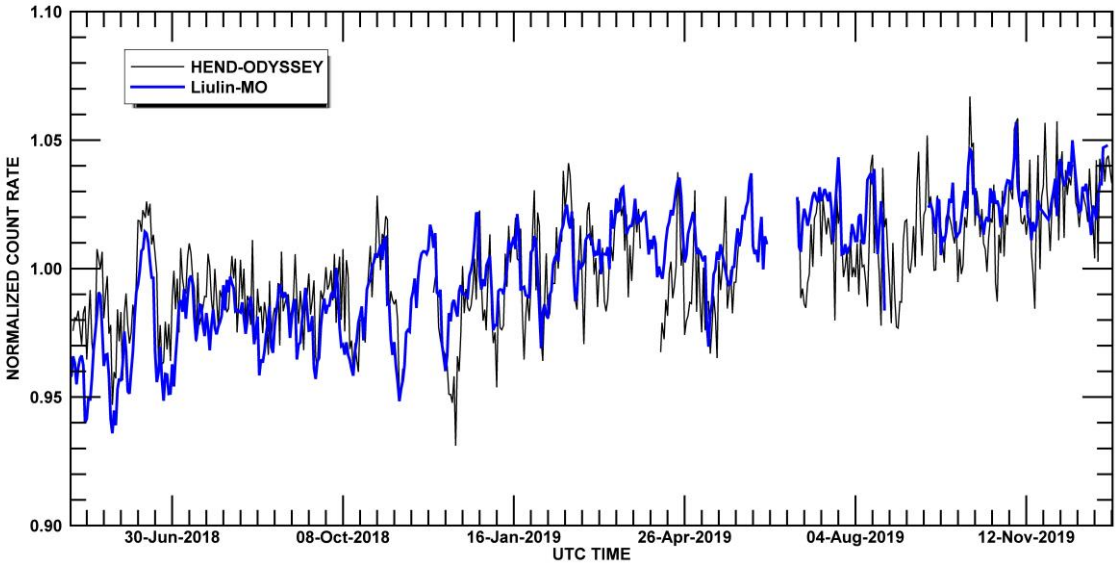


Fig. 5. Time profiles of GCR daily variations measured by Liulin-MO and HEND/Mars Odyssey during May 2018 – December 2019. Energy channels 1 – 8 of HEND are selected as the most sensitive for GCR.

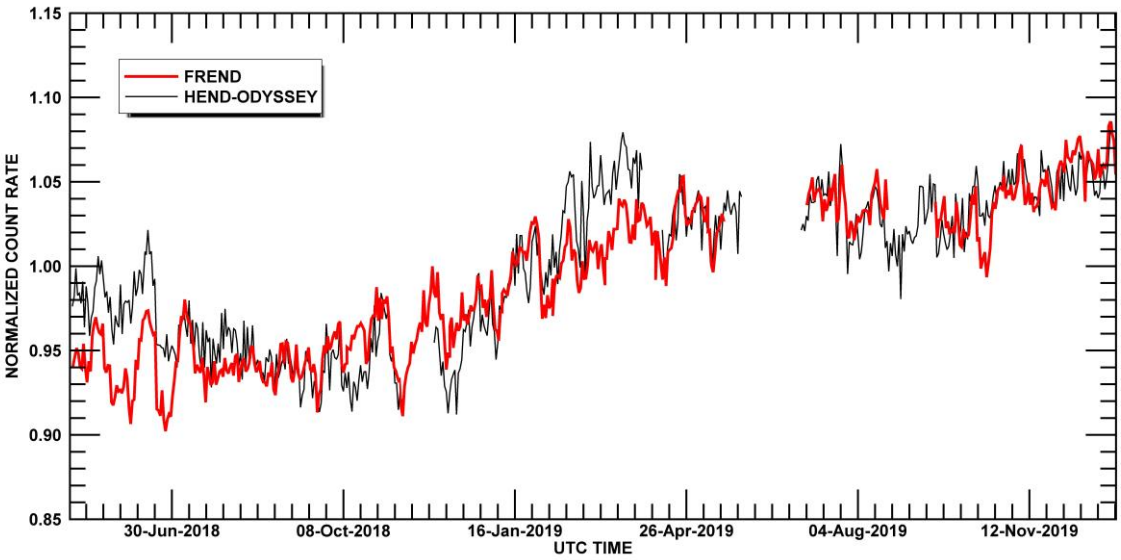


Fig. 6. Time profiles of Mars neutron albedo variation measured during TGO mapping by FREND and HEND/Odyssey. Energy channels 9 – 16 of HEND are selected as the most sensitive for neutron albedo of the Martian surface.

subsurface). The time period is the same as in Fig. 5. These curves also show high correlation with each other both on short and long term scales.

The difference in the long term variations between profiles at Fig. 5 and Fig. 6 is obvious. It might be addressed to how the solar modulation changes directly the flux GCR (Fig. 5) and how it changes emission of neutron albedo by interaction with a matter in the Martian shallow subsurface (Fig. 6).

Galactic cosmic rays parameters in deep space at about 1.5 AU

One of the science objectives of Liulin-MO is together with the neutron detectors of FREND to provide data for verification and benchmarking of the radiation environment models and assessment of the radiation risk to the crewmembers of future exploratory flights.

To achieve this objective Liulin-MO data measured on Mars circular orbit (400 km altitude) should be extrapolated to deep space, i.e. corrected for the shading of the detectors and for the presence of Mars (shading of the GCR flux from Mars and the contribution of albedo particles from Mars atmosphere and surface). The effect from Mars shading was already discussed above. Here we will discuss the contribution of the albedo particles.

To account for the albedo particles contribution we used the measurements conducted near the pericenter in high elliptic TGO orbit [20]. In Fig. 7 on the top are plotted the flux (left) and dose rates (right) measured by Liulin-MO on 25 February 2017 near and at the pericenter of TGO. On the

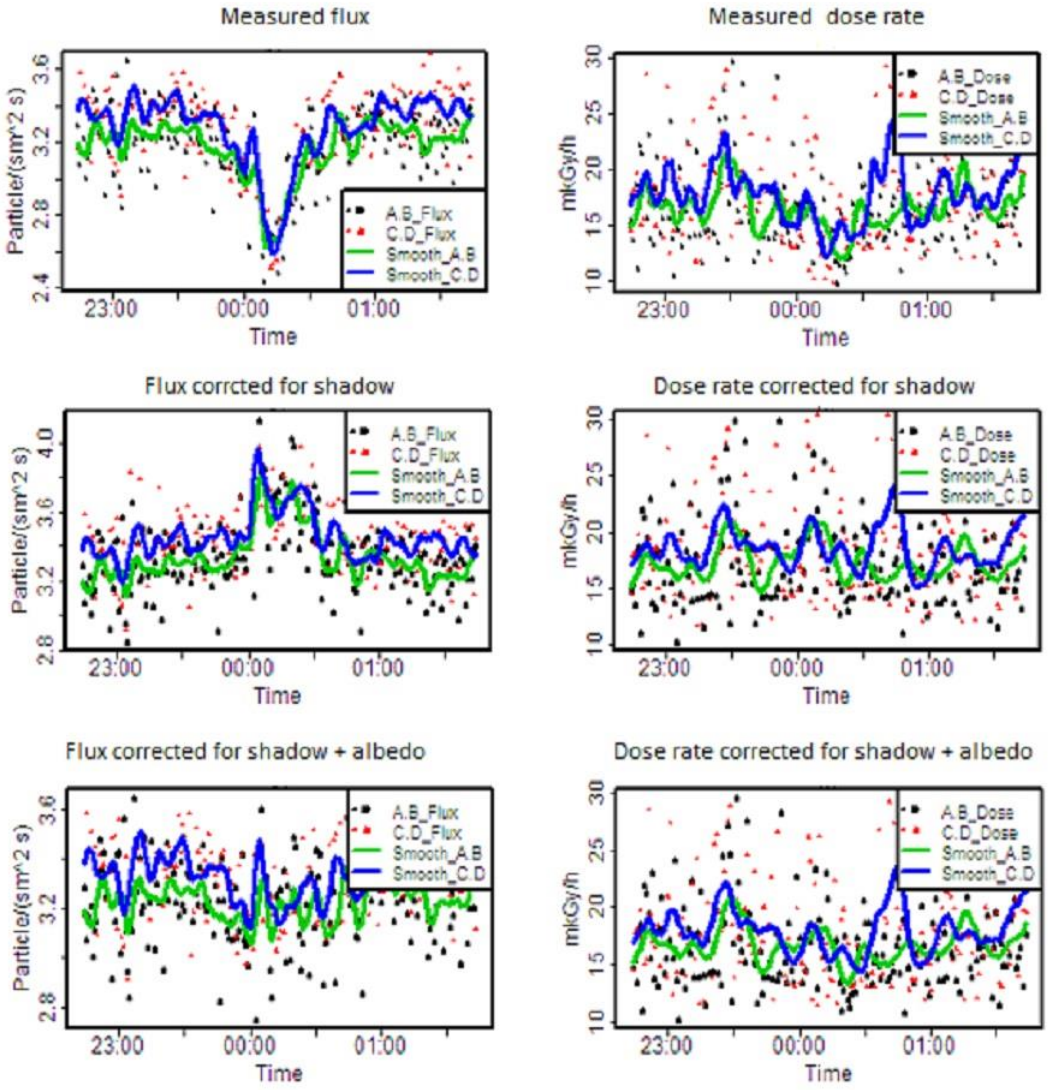


Fig. 7. Top: the flux (left) and dose rates (right) measured by Liulin-MO on 25 February 2017 near and at the pericenter of TGO; middle plots: the same values corrected by a simple geometrical correction of FOV shading by Mars; bottom: the same values corrected for the FOV shading and for the albedo particles.

middle plots are plotted the same values corrected by a simple geometrical correction of FOV shading by Mars. The result from this correction systematically overestimates the flux. We interpret this overestimation as a consequence of the presence of albedo radiation in the measured flux. A statistical study gives albedo contribution of 6 – 12 percents. As a zero approximation we assume that in Mars orbit the flux is 0.88 of the flux in deep space and the dose rate is 0.82 from that in deep space. This estimation is based on analyses of all 38 cases of data available for pericenter crossing during aerobraking phase in MCO1 and MCO2. On the bottom plot in Fig. 7 are shown the flux and dose rate corrected for the FOV shading and for the albedo particles, i.e. these are the flux and dose rate in free space at about 1.5 AU. A more detailed approach for assessment of the albedo particles contribution is in progress.

Using the described procedure we had calculated monthly mean values of fluxes and dose rates in free space at about 1.5 AU for each detector. Calculations were carried out both for a full sample of data for the month, and with the removal of variations due to changes in the orientation of the spacecraft. The difference in the results due to changes in the orientation of the spacecraft did not exceed 0.2%. In Fig. 8a and 8b are presented the GCR fluxes and dose rates, measured by detectors B(A) and D(C) during the cruise phase and in Mars science orbit and recalculated to values in the free space at about 1.5 AU for Mars science orbit under 20g cm^{-2} Al shielding.

Worsening of the radiation conditions in interplanetary space

Our data give the possibility to evaluate the effects of GCR increase due to the decreasing of solar activity.

Table 2 demonstrates the increase of the GCR flux and dose rates measured in December 2019 relatively to those measured during the previous periods of TGO mission and comparison with the values measured in September - October 2020. The data on Mars orbit are recalculated for deep space accounting for Mars shading and albedo, as described in the previous section under the ‘most

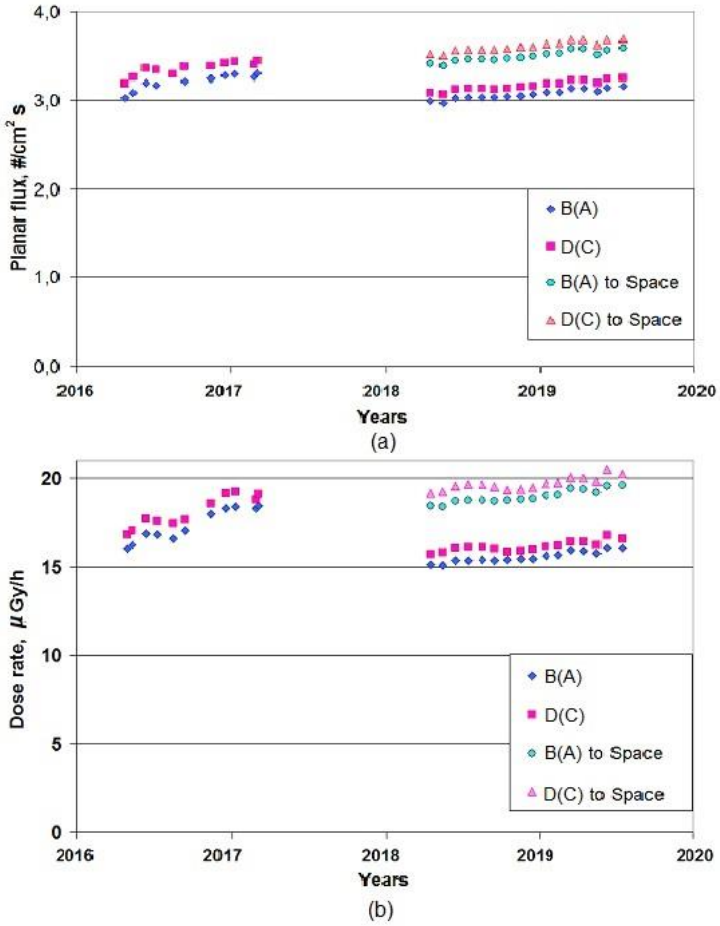


Fig. 8. a) Monthly mean data GCR fluxes measured by detectors B(A) and D(C) and recalculated to values in free space; b) Monthly mean data GCR dose rates, measured by detectors B(A) and D(C) during the cruise phase and in Mars science orbit and recalculated to values in free space at about 1.5 AU.

favourable condition', when the contribution of the albedo particles to the measured flux is in the order of 11% leading to the least flux in free space.

The obtained data show that the radiation conditions in the interplanetary space worsen with approaching the minimum of the solar activity. From December 2019 to October 2020 at the beginning of 25th Solar cycle the dose rate and flux continue to increase, though very slight.

Table 2. Increase of the GCR flux and dose rates in the measured in December 2019 in detector D(C) relatively to those measured during the previous periods of TGO mission The last column shows the values obtained in September - October 2020. The data in Mars orbit are recalculated to values meaningful for the free space.

December 2019 to	22 April – 15 September 2016 Cruise	1 November 2016 – 17 January 2017 MCO1	24 February – 7 March 2017 MCO2	May 2018	September – 20 October 2020 MSO
Flux 3.73 cm^{-2}s^{-1}	13 %	9.7 %	9 %	7.2 %	Flux 3.75 cm^{-2}s^{-1}
Dose rate 19.3 μGy h^{-1}	18 %	9 %	9 %	9.2%	Dose rate 19.6 μGy h^{-1}

Conclusion

We presented and discussed the data obtained by Liulin-MO dosimeter of FREND instrument onboard ExoMars TGO in Mars circular orbit in the period 1 May 2018 – 20 October 2020 and compared them with data from previous periods of its measurements and with data from neutron detectors on Mars orbit. Our results are representative for the GCR flux and dose rates behind 20 g cm^{-2} of Al shielding. The results are:

1) From May 2018 to December 2019 increase of the dose rate, dose equivalent rate and flux is observed, which corresponds to the increase of GCR intensity during the declining and minimum of the solar activity in 24th Solar cycle. Measurements in two perpendicular directions along axes -X and Z of TGO show that the average fluxes for the period are 3.08 and 3.18 cm^{-2} s^{-1}, the average dose rates are 352 ± 35 and 366 ± 36 μGy day^{-1}, the average dose equivalent rates are 1.6 ± 0.33 and 1.65 ± 0.34 mSv day^{-1}, the average values for Q are 3.49 ± 0.26 and 3.47 ± 0.26 respectively. From January 2020 to October 2020 at the beginning of 25th Solar cycle the dose rate and flux continue to increase slightly.

2) A strong dependence of the measured fluxes on the part of the field of view shadowed by Mars and particularly on the orientation of Liulin-MO detectors is observed. There is no significant dependence of the absorbed dose rate on detectors' shading.

3) Compared are time profiles of particles and neutron detections from Liulin-MO, FREND/TGO and HEND/Odyssey measured from 2 May 2018 to 2 January 2020. The time profiles of GCR daily variations measured by Liulin-MO and HEND demonstrate good correlation both on a local time scale (days) and long term scale (months). The comparison between the normalised FREND total counts rate and HEND data accumulated in the energy channels mostly populated with counts from Martian neutron albedo also show high correlation with each other both on short and long term scales. The difference in the long term variations between the profiles of GCR and neutron albedo might be addressed to how the solar modulation changes directly the GCR flux and how it changes emission of neutron albedo by interaction with a matter in the Martian shallow subsurface.

4) Developed is a method for evaluating the cosmic ray fluxes and doses meaningful for the deep interplanetary space at about 1.5 AU from values measured in Mars orbit. The effect of shading the primary GCR particle flux by Mars and the albedo particles effect on the measured values are taken into account. Using this method the flux in deep space at about 1.5 AU in December 2019 is estimated to be 3.73 cm^{-2}s^{-1}, the dose rate is 463 μGy day^{-1}. With respect to the values measured in April - September 2016 during TGO transit to Mars in December 2019 the particle flux in detector D(C) has increased by 13% and the dose rate – by 18%, showing the worsening of the radiation conditions while approaching the 24th Solar cycle minimum. In September-October 2020 the particle flux has increased by 0.5% and the dose rate – by 1.5% compared to December 2019, showing that an improvement of the radiation conditions in the free space at the beginning of 25th Solar cycle is not observed. Very similar are the results from the perpendicular detector B(A).

The obtained results may be used for benchmarking of the space radiation environment models and for assessment of the radiation risk to future manned missions to Mars.

A similar to Liulin-MO module, called Liulin-ML for investigation of the radiation environment on Mars' surface as a part of the active detector of neutrons and gamma rays ADRON-EM is expected to be launched on the ExoMars Surface Platform in 2022.

Acknowledgements

The work in Bulgaria is supported by the Contract No. 4000117692/16/NL/NDe funded by the Government of Bulgaria through an ESA Contract under the PECS (Plan for European Cooperating States) and by Project No. 129 for bilateral projects of the National Science Fund of Bulgaria and Russian Foundation for Basic Research. Most of the data used in this paper are part of the "Unified web-based database with Liulin-type instruments", which are available online, free of charge at the following URL: http://esa-pro.space.bas.bg/database. The database was created under the ESA contract mentioned above. The work in Russia is supported by Grant 19-52-18009 for bilateral projects of the National Science Fund of Bulgaria and Russian Foundation for Basic Research in part of HEND instrument data analysis, and Russian Science Foundation Grant 19-72-10144 in part of FREND instrument data analysis. The authors are thankful to the Sodankyla Geophysical Observatory and the website teams (*http://cosmicrays.oulu.fi*) for providing the Oulu neutron monitor data.

References:

1. Grotzinger, J. P., et al. 2012. Mars Science Laboratory Mission and Science Investigation, Space Sci Rev. 170: 5. https://doi.org/10.1007/s11214-012-9892-2
2. Trebi-Ollennu, et al, 2018. InSight Mars Lander Robotics Instrument Deployment System, Space Sci Rev. 214: 93. https://doi.org/10.1007/s11214-018-0520-7
3. Badhwar, G. D, O'Neill, P. M., 1992. An improved model of galactic cosmic radiation for space exploration missions. Nucl. Tracks Radiat. Meas., 20, 403–410. DOI: 10.1016/1359-0189(92)90024-P
4. Zeitlin, C., et al., 2013. Measurements of energetic particle radiation in transit to Mars on the Mars Science Laboratory. Science 340, 1080, 2013. DOI: 10.1126/science.1235989
5. Semkova, J., et al, 2018. Charged particles radiation measurements with Liulin-MO dosimeter of FREND instrument aboard ExoMars Trace Gas Orbiter during the transit and in high elliptic Mars orbit, Icarus, Vol. 303, Pp 53–66, https://doi.org/10.1016/j.icarus.2017.12.034
6. Hassler, et al, MSL Science Team 2014. Mars' surface radiation environment measured with the Mars Science Laboratory's Curiosity rover, Science, 343 (6169), DOI: 10.1126/Science.1244797
7. Zeitlin, C., et al, Mars Odyssey measurements of galactic cosmic rays and solar particles in Mars orbit, 2002–2008, Space Weather, 8, S00E06, (2010). DOI: 10.1029/2009SW000563
8. Zeitlin, C., et al, 2004. Overview of the Martian Radiation Environment Experiment, Adv. Space Res., 33, 2204–2210, doi:10.1016/S0273-1177(03)00514-3.
9. Boynton, W., et al,, 2004. The Mars Odyssey Gamma Ray Spectrometer instrument suite, Space Sci. Rev., 110, 37–83, doi:10.1023/B:SPAC.0000021007.76126.15
10. Mitrofanov, I et al, 2002. Maps of Subsurface Hydrogen from the High Energy Neutron Detector, Mars Odyssey, Science, Volume 297, Issue 5578, pp. 78–81
11. Mitrofanov, I.G., et al, 2003. Search for water in Martian soil using global neutron mapping by the Russian HEND instrument onboard the US 2001 Mars Odyssey spacecraft, Solar System Research, Volume 37, Issue 5, pp. 366–377
12. Guo, J, et al. 2015. Modeling the variations of dose rate measured by RAD during the First MSL Martian Year: 2012–2014. Astrophys J810(1): 24, https://doi.org/10.1088/0004-637X/810/1/24
13. Zeitlin, C., et al, 2018. Latest Updates from the MSL-RAD Experiment, paper presented at the 23rd WRMISS workshop, 4-6 September 2018, Tsuruga, Japan, http://wrmiss.org/workshops/twentythird/Zeitlin_S8.pdf
14. Rafkin, S. C. R, et al, 2014, Diurnal variations of energetic particle radiation at the surface of Mars as observed by the Mars Science Laboratory Radiation Assessment Detector, J. Geophys. Res. Planets, 119, 1345–1358, doi:10.1002/2013JE004525.
15. Mitrofanov, I., et al, 2018. Fine Resolution Epithermal Neutron Detector (FREND) onboard the ExoMars Trace Gas Orbiter, Space Science Reviews, August 2018, 214:86, https://doi.org/10.1007/s11214-018-0522-5
16. Sullivan, J. D., 1971. Geometrical factor and directional response of single and multi-element particle telescope, Nucl. Instrum. Meth. 95, 5–11
17. Koleva, R., et al, 2018. Solar wind modulation of galactic cosmic rays observed on board of ExoMars TGO, paper presented at European Planetary Science Congress 2018, EPSC Abstracts, Vol. 12, EPSC2018-576
18. Krastev, K., et al, 2019. The Shading Effect on Galactic Cosmic Rays Fluxes and Doses Measured by Liulin-MO Instrument on Near-Mars Orbit. Proceedings of Eleventh Workshop "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere" Primorsko, Bulgaria, June 3÷7, 2019, 31–34, ISSN 2367-7570, DOI: 10.31401/WS.2019.proc
19. Gieseler, J., et al., 2008. The radial gradient of galactic cosmic rays: Ulysses KET and ACE CRIS Measurements. International Cosmic Ray Conference 1, 571–574
20. Benghin, V., et al, 2019. Comparison of Liulin-MO Dosimeter Radiation Measurements during ExoMars 2016 TGO Mars Circular Orbit with Dose Estimations Based on Galactic Cosmic Ray Models, paper presented at the 11 th workshop "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere", Primorsko, Bulgaria, June 3-7, 2019, Program & Presentations, http://ws-sozopol.stil.bas.bg/

ESTIMATION OF ACCRETION PARAMETERS IN THE PRESENCE OF MAGNETIC FIELD OF THE BINARY STAR GAMMA CASIOPEIAE

Daniela Boneva[1], Evgeny Mikhailov[2], Krasimira Yankova[1], Dmitriy Sokoloff[2], Maria Pashentseva[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]M. V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Physics
e-mail: danvasan@space.bas.bg; ea.mikhajlov@physics.msu.ru; f7@space.bas.bg; sokoloff.dd@gmail.com; marusya_pashenceva@mail.ru

Keywords: *Binary stars; Be stars; gamma Cas; accretion disc; magnetic field*

Abstract: *We explore the flow properties of the binary star gamma Cassiopeiae (hereafter γ Cas and gamma Cas), which is a member of the Be stars group. Gamma Cas is an X-ray binary star and its main activity manifests in hard X-rays. One possible origin of this emission is magnetic disc – stellar atmosphere interaction. To visualize the object's activity, the observational data for two selected days, obtained from an X-ray telescope are presented.*

The main aim is to study of how the parameters of the system with the accreting flow are in a relationship with the presence of magnetic field. We consider, calculate and describe the basic parameters and on the base of the obtained values we give an estimation of this relation. The results confirm the magnetic field existence and the possibility of this interaction to be a source of the X-ray emission.

Following the obtained results, we discuss about the accretion disc formation around the primary component as a most possible scenario in this star's system evolution.

ОЦЕНЯВАНЕ НА АКРЕЦИОННИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРИ НАЛИЧИЕ НА МАГНИТНО ПОЛЕ В ДВОЙНАТА ЗВЕЗДНА СИСТЕМА GAMMA CASIOPEIAE

Даниела Бонева[1], Евгений Михайлов[2], Красимира Янкова[1], Дмитрий Соколов[2], Мария Пашенцева[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Московски Държавен Университет, М. В. Ломоносов, Физически факултет
e-mail: danvasan@space.bas.bg, ea.mikhajlov@physics.msu.ru; f7@space.bas.bg; sokoloff.dd@gmail.com; marusya_pashenceva@mail.ru

Ключови думи: *Двойни звезди; Be звезди; рентгеново излъчване; акреционни дискове; магнитно поле*

Резюме: *В тази статия ние изследваме свойствата на потока на двойната звездна система gamma Cassiopeiae (γ Cas and gamma Cas), която принадлежи на Be клас звезди. Gamma Cas е рентгенова двойна и нейната основна активност се проявява в твърдата част на рентгеновия спектър. Един основен произход на това излъчване е взаимодействието между акреционен диск с магнитно поле и магнитна звездна атмосфера. За визуализиране на активността на обекта, са представени наблюдателни данни за два избрани дни от различни години, получени от рентгенов телескоп.*

Основна цел е изучаването на връзката между параметрите на двойната система с акреционно течение и наличието на магнитно поле. Тук представяме, пресмятаме и описваме основните параметри и въз основа на получените стойности даваме оценка на тази връзка. Резултатите потвърждават наличието на магнитно поле и възможността това взаимодействие да е източник на рентгеново излъчване.

Спрямо получените резултати се дискутира формирането на акреционен диск в двойната система около първичната компонента като най-възможен сценарий в еволюцията на системата.

1. Introduction

The research in this paper focuses on the astrophysical object gamma γ Cas, which belongs to the special class binary stars – Be stars. Be stars are of the B spectral type with HeI emission lines in their spectra. They are also known by their rapid rotation - up to 450 km/sec at their equator [15]. Gamma Cas is found by Secchi in 1867, as the first known in Be class [23]. The spectral type of γ Cas is BO.5 IV [15, 28].

The Hα emission lines in its spectra is also observed, whose origin is most likely from a disc or from that part of the disc with a higher density ~ 10^{13} cm^{-3} [25, 31]. The disc's recognition image is received by implication of an interferometer [21, 29]. The optical observations of the star show variability, with magnitudes of 1.9 – 2.5 in V band (according to AAVSO data).

Gamma Cas produces X-rays, dominantly in the hard part of the spectrum (kT ~ 10 - 12 keV) [12, 32], most probably by the hot component [18, 19, 20], which are untypical for this class of objects. The X-ray luminosity of γ Cas is in a range of $\sim 10^{32}-10^{33}$ erg s^{-1}. These values are considered to be larger than the X-ray luminosity of the typical O and B classes of stars [24]. Data of these detections are reported by observations of X-ray instruments on board of the telescopes and satellites, such as: ROSAT, Chandra, XMM – Newton, Rossi X-ray Timing Explorer (RXTE), INTEGRAL, Suzuku, Swift etc.

Two basic suggestions to explain the X-ray emission of γ Cas are commonly accepted. The first one proposes that it is powered by the wind or accretion from Be star to the primary neutron star [32] or even some authors consider it is a white dwarf one [8,18], which is still under discussion.

The second idea gives the model in which the interaction between the magnetic stellar surface and circumstellar disc magnetic field produces the observed X-ray range in γ Cas [12, 22].

It is also supposed that the X-rays generation in γ Cas could be produced by a Balbus-Hawley instability [1], further related to a disc dynamo [22].

The possible existence of magnetic disc in γ Cas provokes the research in the current paper.

To visualize particularly the observational behavior of γ Cas, in Section 2 we present data [4,5] from the X-Ray telescope (XRT), which is loaded at the Swift satellite.

We focus on the measurement of the disc-star parameters, see Section 3. We should note that all the values in the calculations in this paper are in units of: *g (gram); cm (centimeter); s (second); cm / s (centimeter per second)*. In the Discussion, we give an estimation of the existence of magnetic field, according to the resulting values and relations from the calculations.

2. Observational data

As an X-ray binary, the most detectable events of γ Cas activity manifests in the X-ray band. We use observational data from the online generator of the SWIFT – XRT data base.

We include data of registered events from two days: 2458589.3604 JD (Julian Date) and 2456862.5 JD. The whole energy range E in the analysis of XRT data is between 0.3 ÷ 10 KeV, delimited in 3 bands separation [5]: Soft = 0.3 ≤ E < 1 keV; Medium = 1 ≤ E < 2 KeV; Hard 2 ≤ E < 10 keV.

There are two reading-out basic modes at the XRT, included into the preparation processes of light curves and energy spectrum [4]. They are switching automatically depending on the source intensity. The Windowed Timing (WT) mode operates at high count rates. The other one is Photon Counting (PC) mode, which is used at lower count rates. Both can be seen in the resulting light curves and energy spectrum of γ Cas (fig.1 and fig.2). The Modified Julian Date (MJD) is used as a time format of the generated X-ray light curve.

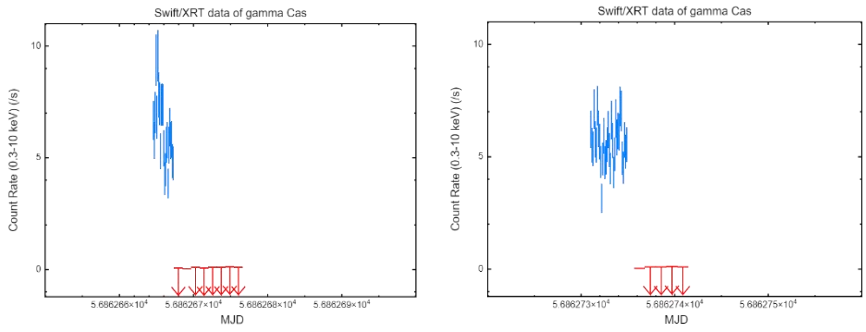


Fig. 1. XRT light curves of γ Cas in the 0.5 - 10 keV energy bands with 3σ certainties. The light curve consists of 100s time bins in PC mode and covers the time period of 2458589.3604 JD. The average count rate for this time period is ~ 6.5 c/s.

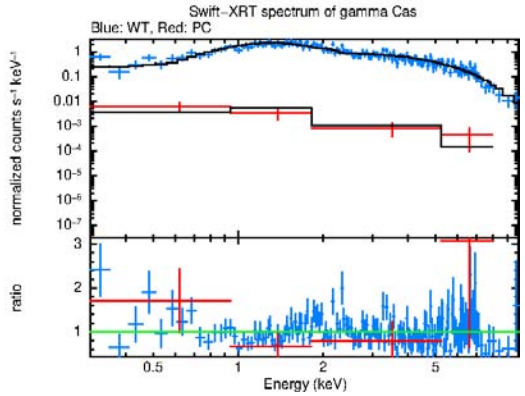


Fig. 2. XRT energy spectrum of γ Cas for day 2456862.5 JD. The normalized counts have their highest values at the hard band of the energy spectrum (2 ÷ 10 keV), in WT mode. (Data from Swift-XRT)

The obtained data for two dates can be summarized, respectively for the energy spectrum and light curves, as follows:

As it is expected, the saturation of the registered events is observed at the hard part of the energy band, mostly at 3 ÷ 10 keV with largely operation of WT mode for both dates.

For day 2458589.36 JD (58588.86 MJD), the counts rate per second are between 4 - 9 c/s in WT and ~ 0.03 c/s in PC. The normalized counts per second reach the maximum value of 2-3 $s^{-1}keV^{-1}$.

For 2456862.5 JD (56862 MJD), the maximum counts rate per second are between 4 ÷ 7 c/s in WT and ~ 0.005 c/s in PC

The obtained observational data could be further used to estimate some of the parameters of the γ Cas binary system.

3. Estimation of the g Cas parameters and magnetic field.

For the purpose of this study, we are taking into account some basic parameters of the binary's components, those related to their interaction. The masses of two components has been estimated and for the primary it is in the range of 13 - 18 $M_\odot$ [7, 10, 28, 33], while the mass of the secondary is between 0.7 and 1.9 $M_\odot$.

An orbital separation of the binary components ***a*** ~ 350 - 400 $R_\odot$ [9, 10]. The γ Cas orbital period is known to be in ~ 203.9 days and its eccentricity ***e*** ~ 0.26 [10, 12]. The estimated distance to the star is of 188 pc [3]. Its optical luminosity is L = 3.51$L_\odot$ and the evaluated effective temperature is 25000 K [26]. Calculations of the radial velocity give the values between 230 km s^{-1} [26] and 430 km s^{-1} [27].

Using the values of these parameters, we further calculate and estimate the radii of two components, orbital momentum, mass transfer and accretion rate.

Assuming the primary star is a main sequent (MS) or close to the MS star, its radius' value can be obtained by the next simple expression:

(1) $$\frac{R_1}{R_\odot} = \left(\frac{M_1}{M_\odot}\right)^{0.75}$$

Where $R_\odot$ and $M_\odot$ are respectively radius and mass of the Sun. For M_1, we accept the value: $M_1 = 15M_\odot$. The calculation then gives: $R_1 = 7.62R_\odot = 5.25 \times 10^{11} cm$.

For the radius of the secondary, we apply the equation of Eggleton [13, 30], which is appropriated for masses less than Chandrasekhar mass $M_{Ch} = 1.4M_\odot$:

(2) $$\frac{R_2}{R_\odot} = 0.0114\left[\left(\frac{M_2}{M_{Ch}}\right)^{-2/3} - \left(\frac{M_2}{M_{Ch}}\right)^{2/3}\right]^{1/2} \times \left[1 + 3.5\left(\frac{M_2}{M_p}\right)^{-2/3} + \left(\frac{M_2}{M_p}\right)^{-1}\right]^{-2/3}$$

Where for the mass of the secondary, we accept $M_2 = 1.2M_\odot$ and $M_P = 0.00057M_\odot$ is a constant.
We derive for $R_2 = R_\odot = 5.54 \times 10^{-3}R_\odot = 3.82 \times 10^8\ cm$.
Then, for the total mass $M = M_1 + M_2$, we have $M = 16.2M_\odot$ and mass ratio $q = M_2/M_1 = 0.08M_\odot$.

The orbital momentum of the system, J_{orb}, can be calculated by the equation [6]:

(3) $$J_{orb} = M_1 M_2 \left(\frac{Ga}{M}\right)^{1/2}$$

where G = 6.67 x 10^{-8} cm^3 g^{-1} s^{-2} is the gravitational constant. We derive for J_{orb} = 5.67x10^3 g cm^2 s^{-1} The rate of mass transfer in Be/X-stars [11] is estimated to be ~10^{-12} ÷ 10^{-7} $M_\odot$ yr^{-1}.

The accepted and measured values of the current parameters are listed in Table 1.

Table 1. The γ Cas parameters, as follows: M_1 - mass of the primary star, M_2 – mass of the secondary star, q – mass ratio, P – orbital period, *i* - inclination angle, R_2 – radius of the primary star, R_1 – radius of the secondary star, a – the orbital separation between the components, J_{orb} – orbital momentum.

M_1 [$M_\odot$]	M_2 [$M_\odot$]	q	M (M_1+M_2)	P [days]	*i* [deg]	R_1 [$R_\odot$]	R_2 [$R_\odot$]	a [$R_\odot$]	J_{orb}
15	1.2	0.08	16.2	203.9	44	7.62	5.54x10^{-3}	350	5.67 x10^3

Recently, there are much more arguments in the investigations that confirm the formation and existence of accretion disc in γ Cas.

One of them is related to the existence of rotational line in Hβ emission [2]. From this line the radial velocity can be estimated and then the Keplerian disc radius $R_K \approx 1.7R_1$. Since in Hα vibrations are found, which are probably coming from the last stable orbit. Then by these vibrations and from their velocity, the radial velocity of this orbit could be found and from there the inner disc radius is derived, R_{in}~$1.5R_1$.

In a difference with these estimations, if we are taking into account the thin disc approximation, from the expression of the radial velocity: $v_R = \alpha c_S \frac{H}{R_d}$, we can measure the ratio of the disc thickness H to the disc radius R_d. For the radial velocity we apply the accepted value: $v_R \approx 230 km/s \approx 2.3 \times 10^7 cm/s$; c_S is the speed of sound; $\alpha \approx 0.01 \rightarrow 1$ is the turbulent parameter. The calculated ratio is then: $\frac{H}{R_d} \approx 6.72 \times 10^4 cm$. According to our result, this value is quite lower than the radius of the primary star, which is in contrast to the typical systems with accretion disc onto the compact objects.

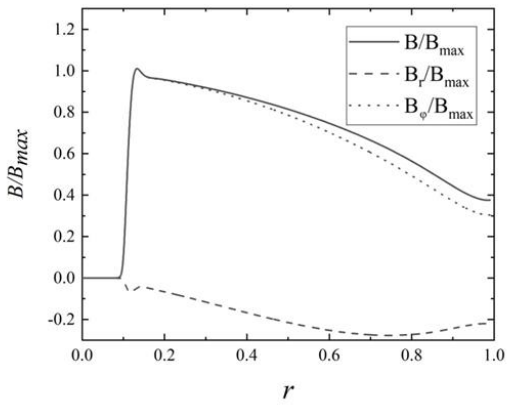


Fig. 3. Magnetic field structure. The field is measured in units of equipartition value *Bmax*, the distances are measured in outer radii of the disc.

In case, when the magnetic field source is coming from the secondary component, the magnetic field evolution for the objects of γ Cas type can be described using so-called no-z approximation [17]. It has been developed for galaxy discs [16], but the principal structure of the magnetohydrodynamical fluids is nearly the same (of course, we should take into account different length-scales). The typical spatial structure of the magnetic field is shown on fig.3. We can see from the simulations that the field has both components an azimuthal and a radial, where the second one is more relevant to our object.

Discussion and conclusion

In this paper, we presented some basic parameters of the special binary star γ Cas, classified as a Be/X star. We calculated the radii of the star's components, orbital momentum, we estimated the disc radii and we described their relation.

From the properties and value of the X-ray luminosity, Lx ~ 10^{33} erg s^{-1}, and the dominantly high values of *kT ~ 14keV*, seen at the spectra of γ Cas, the estimated value of the plasma temperature is *Tpl ~ 10^8 K* [27]. These values are a sign that plasma in the disc, no matter if there is an accretion or decretion, is an optically thin. The disc is still Keplerian, for which has an evident [14]. Estimations of the disc temperature vary of values between 9000K and 10700K, which is much lower than the stellar temperature, see in the previous section above. All these results adopt that the disc has a magnetic field. This could be one more clue in support to the second hypothesis of the X-ray production in γ Cas, related to the magnetic circumstellar disc and stellar surface interaction.

The selected from us observational data for two days, registered by Swift – XRT, presented in Section 2, just confirm the dominant emission of γ Cas in the hard part of the X-ray band. These X-ray data could be used in our next paper to measure the energy released by the emission and the actual accretion efficiency.

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

References:

1. Balbus, S. A., & Hawley, J. F., 1991, ApJ, 376, 214
2. Berio P., Ph. Stee, F. Vakili, D. Mourard, D. Bonneau, O. Chesneau, N. Thureau, D. Le Mignant, R. Hirata, A&A, 1999, 345, 203–210,
3. Chevalier, C., S. A. Ilovaisky, 1998, A&A, 330, 201
4. Evans, P. A., A. P. Beardmore, K. L. Page et al., A&A, V. 469, Issue 1, 2007, pp. 379–385
5. Evans P.A., J. P. Osborne, A. P. Beardmore, Page K. L., Willingale R., Mountford C. J., Pagani C., Burrows D. N., J. A. Kennea, M. Perri, G. Tagliaferri, N. Gehrels, 2014, ApJSS, V. 210, N.1
6. Frank, J., A. King, D. Raine, 2002, Accretion Power in Astrophysics, 3-rd edition, Cambridge University Press, New York
7. Gontcharov, G. A., A. A. Andronova, O. A. Titov, 2000, A&A, 355, 1164
8. Haberl, F., 1995. A&A, 296, 685–690
9. Harmanec, P., 1988, Bull. Astron. Inst. Czechosl. 39, 329g
10. Harmanec, P., P. Habuda, S. Stefl, et al., 2000, A&A, 364, L85
11. Kaygorodov P., D. V. Bisikalo, D. A. Kononov., D. V. Boneva, AIPCP, 2013, 1551, 1, 46–52,
12. Lopes de Oliveira, R., M. A. Smith, C. Motch, A&A, 2010, 512, A22,
13. Marsh, T., G. Nelemans, D. Steeghs, 2004, MNRAS, 350, 113
14. Meilland, A., O. Delaa, Ph. Stee et al., 2011, A&A, 532, A80
15. Miroschnichenko, A., K. Bjorkman, V. Krugov, 2002, PASP, 114, 1226
16. Moss, D. 1995, MNRAS, 275, 191.
17. Moss, D., D. Sokoloff, V. Suleimanov, 2016, AA, 588, A18.
18. Murakami, T., H. Inoue, P. C. Agrawal, 1986, ApJ, 310, L31
19. Owens, A., T. Oosterbroek, A. Parmar, R. Schultz, J. A. Stüwe, F. Haberl, 1999, A&A, 348, 170
20. Parmar, A., G. Israel, L. Stella, N. White, 1993, A&A, 275, 227
21. Quirrenbach, A., et al. 1997, ApJ, 479, 477
22. Robinson, R. D., M. A. Smith, G. W. Henry, 2002, ApJ, 575, 435R
23. Secchi, A. 1867, AN, 68, 63
24. Smith, M. A., D. H. Cohen, M. Gu, 2004, ApJ, 690, 974S
25. Smith, M. A., G.W. Henry, E. Vishniac, 2006, ApJ, 647:1375–1386
26. Stee, Ph., 1998, A&A, 336, 980–985
27. Stee, Ph., O. Delaa, J. D. Monnier, A. Meilland et al, 2012, A&A 545, A59
28. Tokovinin, A. A. 1997, A&AS, 124, 75
29. Tycner, C., et al. 2004, AJ, 127, 1194
30. Verbunt, F., S. Rappaport, 1988, ApJ, 332, 193
31. Waters, L. B., J. Cote´, H. J. Lamers, 1987, A&A, 185, 206
32. White, N. E., J. Swank, et al., 1982, ApJ 263, 277W
33. Zorec, J., Y. Fre´mat, L. Cidale, 2005, A&A, 441, 235

ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ РЯДА WSN НА ПЕРИОД «ЦИКЛА ГЛЯЙСБЕРГА»

Александр Шибаев[1], Игорь Шибаев[2]

[1]МГУ, Москва, Россия
[2]ИЗМИРАН, Троицк, Россия
e-mail: alexshibaev@yandex.ru

Ключевые слова: *Числа Вольфа, минимум Дальтона, цикл Гляйсберга*

Резюме: *Понятие «цикл Гляйсберга» возникло из анализа небольшого объема данных ряда чисел Вольфа, которые характеризуются различной степенью достоверности и с ключевой ролью циклов 5÷7 минимума Дальтона*

В работе анализируются длиннопериодные компоненты ряда WSN версий v1 и v2. Связь периода и длины ряда находится через синус-аппроксимацию соответствующих фрагментов. Получен рост периода синуса с 82 до 110 лет при увеличением длины ряда от 18 до 24 циклов и условия локального проявление 88-летней гармоники. Начальная периодичность максимумов в семь – восемь циклов трансформируется в десять – одиннадцать циклов.

Ряд WSN включает восстановленные данные с 1749 по1849 г. и далее данные регулярных наблюдений -- достоверные данные. Зависимость периода от длины ряда, т. е. от доли достоверных данных, связана с несогласованностью характеристик восстановленного и достоверного рядов и ставит под сомнение существование цикла Гляйсберга или «вековой» гармоники в показаниях WSN на интервале 1749 – 2015 гг.

INFLUENCE OF THE LENGTH OF THE WSN SERIES ON THE PERIOD OF THE «GLEISBERG CYCLE»

Aleksandr Shibaev[1], Igor Shibaev[2]

[1]MSU, Moscow, Russia
[2]IZMIRAN, Troitsk, Russia
e-mail: alexshibaev@yandex.ru

Keywords: *Wolf's numbers, Dalton minimum, Gleissberg cycle*

Abstract: *The long-period component of Sun's activity and Gleissberg cycle are in focus of this work. The main reason is they affect daily life on Earth, for instance minimum and maximum ages change each other. For the last 60 years, many researchers have been considering that period of Gleissberg cycle limit is 80 and 110 years. Some of them consider 88 years specifically. Different researchers were analyzing WNS in different time, so they had different row length. It makes sense to analyze dependence between WNS length and period of approximation sine of low-frequency component Wolf's numbers.Monthly Wolf number since 1749 is analyzed, the shortest part of WNS includes 18 cycles (from 1749 to 1954.37) and the longest line includes a part of a cycle No 24 (1749-2014.376). It's noticed that during increasing WNS's length, sine approximation period also increases from 84 years up to 110 years. The eighty eight years period appears at several conditions. Because of increasing period of approximation sine it's rather difficult to extrapolate sine at the future time. It should be noticed that in case of analyzing part of WNS since 1849÷2015 a reliable part, period of sine approximation equals 150 years. The problem concerning matching reliable part of WNS and reconstructed part remains open.*

Введение

Устойчивый интерес к длиннопериодным циклам солнечной активности (СА), включая цикл Гляйсберга (который часто ассоциируется с «вековым» циклом), связан с проявлением эпох минимума / максимума СА в повседневной жизни. Ещё в 1939 году Гляйсберг, при анализе первых 16 циклов ряда чисел Вольфа (WSN), отметил периодичность их максимумов в семь –

восемь циклов [1], а в более поздних работах [2, 3] дал уточненное значение периода -- около 80 лет.

Такую оценку легко получить аппроксимируя амплитуды этих шестнадцати циклов синусом, параметры которого находятся методом наименьших квадратов. Результат, с наилучшим значением периода в 82 года, представлен на Рис. 1., точками отмечены сами амплитуды, по горизонтальной оси -- их даты. Такая аппроксимация удовлетворительно описывает не более 18 циклов и её характер, в значительной степени, определяется циклами 5÷7 минимума Дальтона (МД).

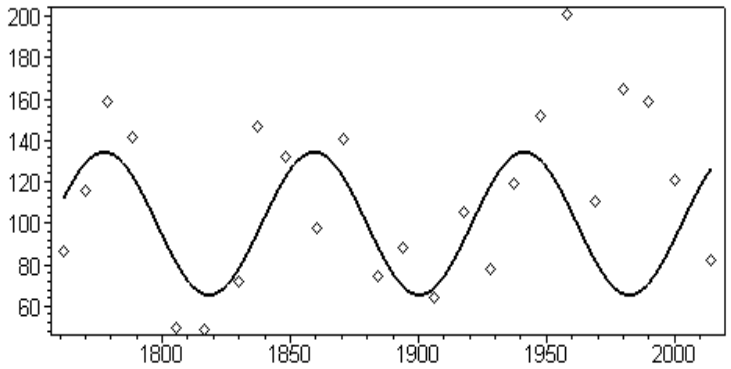


Рис. 1. Аппроксимация амплитуд циклов

В работах разных авторов по анализу самого ряда WSN, сделанных за последние 60 лет, период цикла Гляйсберга оценивается в пределах 80 -- 110 лет. Часто исследователи выделяют конкретное значение периода равное 88 годам [4, 5]. Так как разные авторы анализировали ряд различной длины, то имеет смысл исследовать зависимость периода аппроксимирующего синуса от длины самого ряда.

Наравне с классической версией ряда WSN, в работе рассмотрена и его новая версия. Бельгийский центр по изучению Солнца (http://sidc.oma.be) с июля 2015 г. ввёл новые правила подсчёта ежемесячных чисел Вольфа по которым был пересчитан ряд WSN с 1749 по июнь 2015 г. Отношение максимумов циклов в новой v2 и старой v1 версиях ряда WSN демонстрирует Рис. 2 [6].

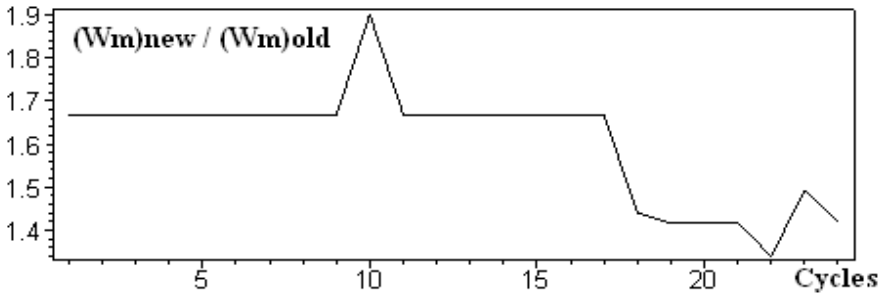


Рис. 2. Отношение амплитуд циклов рядов v2 и v1

Коррекция значительной части старой версии ряда носит формальный характер, но амплитудная коррекция циклов 10 и 18 ÷ 24 повлияет на «вековую» компоненту новой версии.

В данной работе изложение материала и результатов представлено в старой версии ряда v1, итоги, связанные с новой версией v2, маркируются или комментируются.

Отметим ещё раз, что цель работы – обозначить причины неустойчивости периода аппроксимирующего синуса, указать на возможную асимптотику этого роста и более четко конкретизировать такие понятия, как «период низкочастотной компоненты» и «эпохи минимума / максимума СА».

Исходные данные и результаты синус—аппроксимации фрагментов

Большинство результатов по анализу WSN получены до 2015 года, т. е. для версии v1, и естественно опираться на эти наработки. Согласно работам [7, 8] длиннопериодная часть ряда v1, включающая компоненты с периодом более 24 лет, тесно связана с «огибающей»

максимумы циклов и служит геометрическим местом для средних значений циклов. Это и определяет выбор исходного материала, т. е. в данной работе анализируются длиннопериодные компоненты рядов версий v1 и v2 (сглаженных рядов ежемесячных чисел Вольфа с 1749 г.). Спектры этих рядов представлены на Рис. 3а, где ось частот OX в обратных месяцах, а низкочастотная часть спектра маркирована. Длиннопериодные компоненты, соответствующие маркированной области частот, отображены на Рис. 3б. Точками отмечены средние значения циклов [6], которые и для ряда v2 хорошо наложились на длиннопериодную компоненту, временная ось OX в годах.

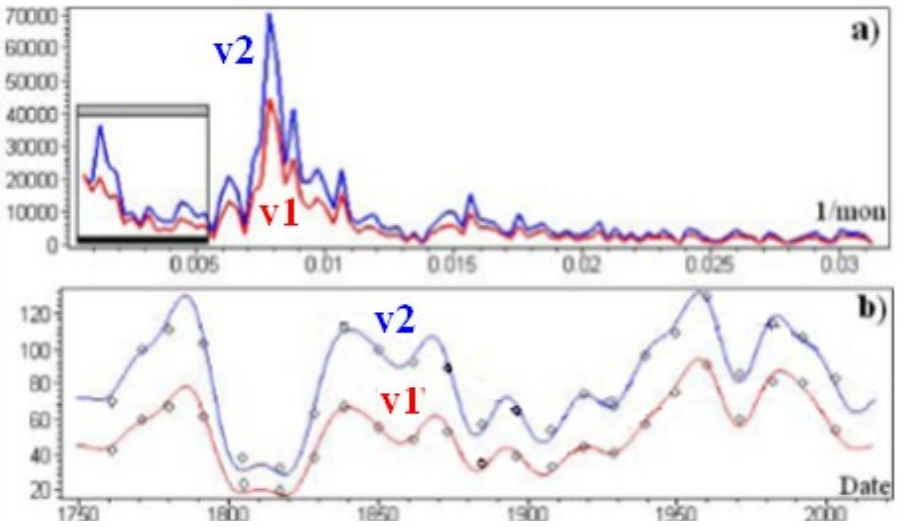


Рис. 3. Спектр рядов (a) ; длиннопериодные компоненты рядов со средними значениями циклов, маркировка точками (b)

Следуя работе [9] оценим периоды при синус—аппроксимации рядов разной длины. Зависимость периода аппроксимирующего синуса (вертикальная ось в годах) от длины ряда в циклах (начало цикла и его максимум) демонстрирует Рис. 4. Виден рост периода с увеличением длины ряда и проявление 88-летней гармоники у старой версии ряда. Изначальная периодичность максимумов в семь – восемь циклов трансформировалась в десять – одиннадцать циклов.

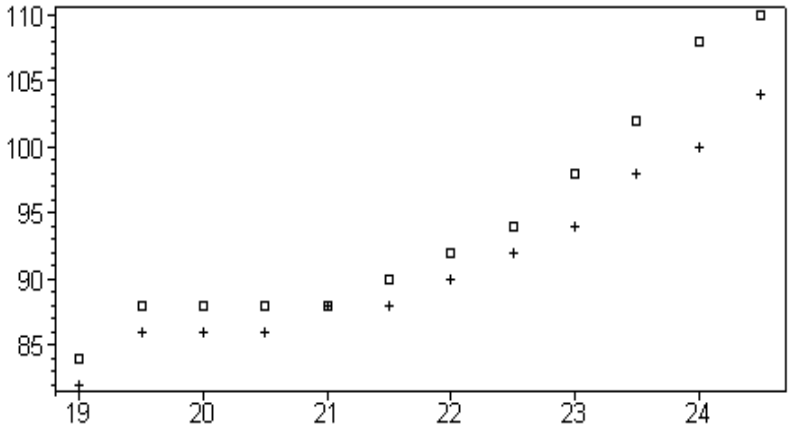


Рис. 4. Зависимость периода аппроксимирующего синуса от длины ряда в циклах, новая версия (+)

Обсуждение и выводы

Отметим два важных обстоятельства**:**

– упомянутая выше оценка периода цикла Гляйсберга в 80 -- 110 лет (результаты полученные разными авторами в *разное время*) хорошо совпала с полученным в работе *упорядоченным* ростом периода от 82 до 110 лет;

– четко прослеживаются условия локального проявления 88-летней гармоники**.**

Ясно, что неустойчивость (рост) оценки периода «вековой» гармоники затрудняет трактовку и экстраполяцию её на внешний временной интервал и выделение эпох минимума / максимума СА. Такое поведение можно связать с увеличением доли достоверных данных (циклов) в анализе. Напомним, что исходный ряд среднемесячных чисел Вольфа состоит из восстановленного ряда Wrest (с 1749 г. по 1849 г.) и достоверного ряда Wtool (регулярные, инструментальные наблюдения с 1849 г. по настоящее время), WSN ≈ Wrest U Wtool. Объединение отрывочных данных [10] с различными плотностью наблюдений, амплитудным разрешением и масштабированием нарушит согласованность временных фрагментов разного масштаба (например, структура циклов и их взаимосвязь). Всё это проявилось при формировании восстановленного ряда. В упомянутых работах [7, 8] показаны существенные отличия в поведении рядов Wrest и Wtool, значимо «выделились» свойства области циклов 5÷7. При длине ряда в 18-19 циклов ещё сохраняется некоторый баланс свойств восстановленной и достоверной частей, а минимум Дальтона определяет формирование и локальное проявление гармоники 88 - 90 лет. Дальнейшее увеличение доли достоверных данных смещает этот баланс в пользу ряда Wtool с более гладкой и упорядоченной длиннопериодной компонентой (Рис. 3б), что и ведет к росту периода.

При анализе только ряда Wtool период аппроксимирующего синуса равен 150 годам [11], это соответствует периодичности максимумов в четырнадцать циклов, и имеем, как бы насыщение периода при нивелировании роли ряда Wrest, что соответствует рассматриваемой концепции. Этот же период для новой версии Wtool [6], равный 131 году, мы просто констатируем учитывая формальный характер преобразования значительной группы циклов.

Строго говоря, несогласованность параметров достоверного и восстановленного рядов ставит под сомнение существование цикла Гляйсберга или «вековой» гармоники в показаниях WSN на интервале 1749 – 2015 гг.

Иная ситуация возникнет если, опираясь на «хорошие» данные ряда Wtool, реконструировать «плохие» данные ряда Wrest. Тогда получим «согласованное» (вероятно без минимума Дальтона) поведение длиннопериодной части на всем интервале 1749 – 2015 гг. и «скорректированную» оценку средних значений циклов восстановленного ряда. Этот сценарий конкретизирует такие понятия, как «период низкочастотной компоненты» и «эпохи минимума / максимума СА». Пример такой экстраполяции, с периодами аппроксимирующего синуса ряда Wtool в 150 и 131 год, демонстрирует Рис. 5.

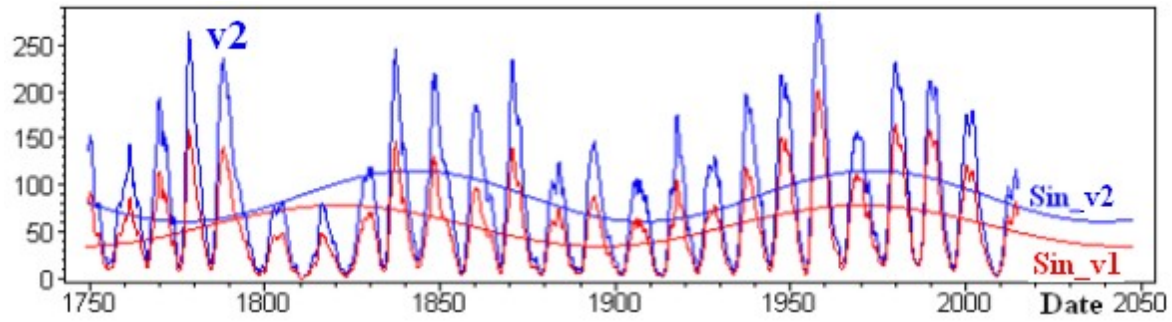


Рис. 5. Экстраполяция синус-аппроксимаций длиннопериодных компонент рядов

Заключение

Понятие «цикл Гляйсберга» возникло из анализа небольшого объема данных ряда чисел Вольфа разной достоверности (длина ряда равновелика двум периодам цикла Гляйсберга) с ключевой ролью циклов 5÷7. Этот фрагмент, с пониженной СА, совпал с периодом более низких, чем в среднем, глобальных температур. Этим обосновывают наличие минимума Дальтона, хотя такая связь не очевидна. Вулканическая активность и повышенный уровень CO_2 могут оказать большее влияние на климат, чем изменение СА [12]. Погодные аномалии (“год без лета") в Европе и Америке в 1816 г., вызванные извержением, годом ранее, вулкана Тамбора на индонезийском полуострове Сумбава, подтверждение этому [13]**.** По иному соотносятся температура и СА в недавнем прошлом**:** заметно повысилась температура Земли на фоне быстрого снижения средней активности и, примерно с 1970 г., влияние Солнца на климат не могло быть существенным [14].

При таком разнообразии ситуаций сюжет, представленный на Рис. 5, вполне реален. Следует ожидать, что согласование параметров достоверного и восстановленного рядов скорректирует, в первую очередь, минимум Дальтона, в сторону роста его значений, и изменит понятие «цикл

Гляйсберга». Разумно говорить не о «цикле Гляйсберга», завязанного на МД, а о длиннопериодной компоненте, соответствующей ряду Wtool и скорректированному ряду Wrest.

Отметим, что критическое отношение к восстановленному ряду выражается многими авторами ещё в трудах симпозиума 1978 г. -- «Солнечно-земные связи, погода и климат» [15]. Попытка сбалансировать временные характеристики циклов этого же ряда за счет «потерянного» цикла предпринята в работе [16]. При анализе фрактальных свойств рядов ширины годовых колец одиннадцати секвой [17] минимум Дальтона не проявился.

В конце заметим, что близость амплитудных характеристик циклов 8 и 9 к параметрам достоверных циклов позволяет говорить о согласованности 150-летней гармоники (порожденной циклами 10 ÷ 24) и показаний WSN с 1835 года.

Литература:

1. Gleissberg, W. A long-periodic Fluctuation of the Sun-spot Numbers // Observatory. V. 62. P. 158 – 159. 1939.
2. Gleissberg, W. Die Persistenz des 80 Jahrigen Sonnenfleckenzyklus Durch 16 Jahrhunderte // İ .Ü . Fen Fak. Mecm. Seri C. № 20. P. 263–271. 1955. = Publ. Istanbul Univ. Obs. № 57. 9 p. – Ref. AJB 1955.
3. Gleissberg, W. Secularly Smoothed Data on the Minima and Maxima of Sunspot Frequency // Solar Physics. V. 2. № 2. P. 231–233. 1967.
4. Feynman, J., Gabriel S. B. Period and phase of the 88-year Solar cycle and the Maunder minimum: evidence for a chaotic Sun // Solar Physics. V. 127. № 2. P. 393–403. 1990.
5. Peristykh, A. N., Damon P. E. Persistence of the Gleissberg 88-year solar cycle over the last ~12,000 years: Evidence from cosmogenic isotopes//JGR. V. 108. № A1. P. 1003–1005. 2003. doi:10.1029/ 2002JA009390
6. Шибаев, А. И. Сопоставление характерных параметров солнечных циклов новой и старой версий рядов чисел Вольфа и динамика длиннопериодных компонент рядов // Труды XIV конференции молодых ученых — 2017. ИКИ РАН, Москва. С. 143–148. 2017
7. Шибаев, И. Г. Оценка восстановленной части ряда чисел Вольфа и возможность её коррекции // Астрономический вестник. // Т. 42. № 1. С. 66–74. 2008.
8. Шибаев, И. Реконструкция минимума Дальтона по 150-летней гармонике и характеристикам циклов достоверного ряда чисел Вольфа // In: Proceedings of 12th Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Safety" SES’2016. Sofia, Bulgaria. P. 68–72. 2017.
9. Shibaev, A. Connection between period of low-frequency component Wolf's numbers (WNS) and length of Wolf's numbers series // Aerospace Research in Bulgaria, V. 29, P. 5–9, 2017.
10. David H. Hathaway. The Solar Cycle. http://solarscience.msfc.nasa.gov/
11. Ишков, В. Н., Шибаев И. Г. Циклы солнечной активности: общие характеристики и современные границы прогнозирования // Известия РАН, серия физическая. Т. 70. № 10. С. 1439 – 1442. 2006.
12. Wagner, S., Zorita E. The influence of volcanic, solar and CO2 forcing on the temperatures in the Dalton Minimum (1790–1830): a model study **//** Climate Dynamics. V. 25. P. 205–218. 2005. DOI 10.1007/ s00382-005-0029-0
13. Schurer, A. P., Hegerl G. C., Luterbacher J. et al. Disentangling the causes of the 1816 European year without a summer // Environ. Res. Lett. V. 14. 11 p. 2019.
14. Krivova, N. A., Solanki S. K. Solar variability and global warming: a statistical comparison since 1850 // Advances in Space Research. V. 34. P 361–364. 2004.
15. Solar-Terrestrial Influences on Weather and Climate **//** Proceeding of a Symposium. The Ohio State University, Columbus, Ohio, 24-28 August 1978. Dordrecht, Holland. 348 p.1979.
16. Usoskin I. G., Mursula K., Kovaltsov G. A. The lost sunspot cycle: Reanalysis of sunspot statistics // A&A. V. 403. № 2. P. 743–748. 2003.
17. Отсука, К., Корнелиссен Г., Халберг Ф. Хроном климатических измерений ширины древесных колец // Геофизические процессы и биосфера. Т. 8. № 1. С. 63–72. 2009.

РЕЗУЛТАТИ ОТ СПЕКТРАЛНИ И ФОТОМЕТРИЧНИ НАБЛЮДЕНИЯ НА ВЪТРЕШНАТА КОРОНА НА СЛЪНЦЕТО ПО ВРЕМЕ НА ПЪЛНОТО СЛЪНЧЕВО ЗАТЪМНЕНИЕ НА 02 ЮЛИ 2019 Г. В АРЖЕНТИНА

Пенка Стоева[1], Алексей Стоев[1], Сергей Кузин[2], Бешир Марзук[3], Андрей Перцов[2], Мохамед Семеида[3]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Физически институт "Лебедев" – Руска академия на науките
[3]Национален изследователски институт по астрономия и геофизика – Кайро, Египет
e-mail: penm@abv.bg, kuzin@mail1.lebedev.ru, bmarzoke@yahoo.com

Ключови думи: *Бяла и монохроматична корона, пълно слънчево затъмнение*

Резюме: *В работата показваме основните резултати, получени по време на наблюдение на пълното слънчево затъмнение на 2 юли 2019 г., преминало по територията на Тихия океан, Чили и Аржентина. Специалистите на Института за Космически Изследвания и Технологии, БАН и Астрономическата Обсерватория "Юрий Гагарин", гр. Стара Загора, организирали експедиция в гр. Кинес, Република Аржентина са част от Международен изследователски екип, който включва учени от Франция (Институт по астрофизика, Париж), Русия (Физически институт „Лебедев", Москва) и Египет (Институт по астрономия и геофизика, Хелуан). Изследвани са бялата и монохроматична корона на слънцето в зелената линия на 14-кратно йонизираното желязо (Fe XIV - 5303 Å), осветеността на небето и динамиката на основните микрометеорологични параметри на приземния атмосферен слой.*

RESULTS OF SPECTRAL AND PHOTOMETRIC OBSERVATIONS OF THE INNER SOLAR CORONA DURING THE JULY 2, 2019 TOTAL SOLAR ECLIPSE IN ARGENTINA

Penka Stoeva[1], Alexey Stoev[1], Sergey Kuzin[2], Beshir Marzouk[3], Andrey Pertsov[2], Mohamed Semeida[3]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Lebedev Physical Institute – Russian Academy of Sciences
[3]National Research Institute of Astronomy and Geophysics - Helwan, Cairo, Egypt
e-mail: penm@abv.bg, kuzin@mail1.lebedev.ru, bmarzoke@yahoo.com

Keywords: *White light and monochromatic corona, total solar eclipse*

Abstract: *In this paper, we show the main results obtained during the observation of the total solar eclipse on July 2, 2019, transiting the Pacific, Chile and Argentina. Specialists from the Space Research and Technology Institute, BAS and the Astronomical Observatory "Yuri Gagarin", Stara Zagora, who organized an expedition to the city of Quines, Republic of Argentina are part of an International research team that includes scientists from France (Institute of Astrophysics), Russia (Lebedev Physical Institute, Moscow) and Egypt (National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Helwan, Cairo, Egypt). The white light and monochromatic corona of the sun in the green line (Fe XIV - 5303 Å), the illumination of the sky, and the dynamics of the basic micrometeorological parameters of the ground atmospheric layer were investigated.*

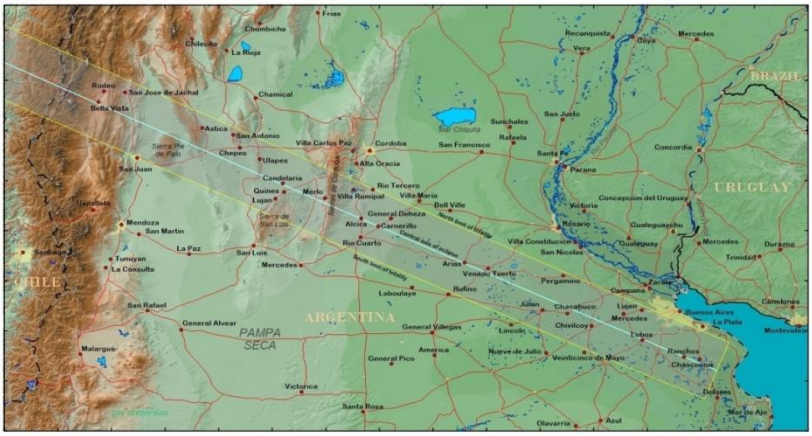
Въведение

Все още се счита, че слънчевите затъмнения дават уникална възожност за изследване на вътрешната корона на слънцето, която е най-важна от гледна точка на физиката на слънцето и слънчево-земните връзки. Избухването на слънчева маса и ускорението на слънчевия вятър стават в нейната най-вътрешна част, която е трудна за наблюдение и изследване.

Короната в бялата светлина е резултат от разсейване на светлината от фотосферата от електроните в короната и праха в междупланетното пространство. Орбиталните хелиосферни обсерватории SoHO и STEREO, както и спътниците Yohkoh, TRACE и CORONAS дават възможност за непрекъснато изследване на слънчевата корона и действащите там процеси, но те са по-близо до Земята отколкото Луната и закриват слънцето, изпускайки от погледа си точно вътрешната корона.

Висококачествените изображения на бялата корона по време на затъмнение, обработени с компютър ни позволяват да различим малко-мащабни структури, около 5 дъгови секунди или по-малко, контрастът между които е много малък и се губи при стандартни експозиции [1, 2]. Формата на короната, със стримерите и полярните лъчи, управлявани от короналното магнитно поле варира с цикъла на слънчевата активност и може да се прогнозира с пресмятания на основата на наблюдаваните повърхнинни магнитни полета [3].

Изследването на емисионните линии на йони с различна степен на йонизация позволява измерването на температурите, нетермалните скорости, доплеровите отмествания, необходими за изясняване на механизмите на нагряване на короната и произхода на потоците, водещи до слънчевия вятър.



Фиг. 1. Линията на тоталитета в Република Аржентина

На 2 юли 2019 г. по територията на Тихия океан, Чили и Аржентина премина сянката на единственото през 2019 г. пълно слънчево затъмнение. Частичната фаза започна в 16:29 местно време, пълната фаза бе от 17:41 до 17:43 мстно време, а продължителността на пълното слънчево затъмнение - 2m 18s.

За наблюдение на затъмнението специално бе организирана експедиция до град Кинес, Сан Луис, Аржентина, разположен в линията на тоталитета (Фиг. 1). Мястото бе избрано поради прогнозите за отлична метеорологична обстановка - прозрачна атмосфера и липса на облаци.

Географските координати на площадката за наблюдение между градовете Кинес и Канделариа са:

Геогафска ширина φ = 32° 12' 00.9" S

Географска дължина λ = 65° 48' 59.9" W

Надморска височина h = 471m ±9m

Международният изследователски екип включва учени от България (Института за Космически Изследвания и Технологии, БАН и Астрономическата Обсерватория "Юрий Гагарин", гр. Стара Загора), Франция (Институт по Астрофизика, Париж), Русия (Физически институт „Лебедев”, Москва) и Египет (Национален Изследователски Институт по Астрономия и геофизика, Хелуан, Кайро).

Затъмнението бе специално по няколко причини: Първо, то протича в период на много ниска слънчева активност - все още не е достигнат минимума на низходящия склон на Цикъл 24. Освен това, в линията на тоталитета се оказват главните обсерватории за астрономически изследвания - Американската обсерватория Серо Тололо, Джемини юг и Европейската Южна Обсерватория Ла Сила (Cerro Tololo Inter-American Observatory, Gemini South, European Southern Observatory's La Silla Observatory). Френският екип под ръководството на проф. Серж Кучми, по-време на затъмнението направи измервания на силната зелена емисионна линия на 14-кратно йонизираното желязо FeXIV 5303 Å в избрани области от вътрешната слънчева корона със спектрограф с висока резолюция, монтиран на на новия технологичен телескоп в Ла Сила (La Silla NTT - New Technology Telescope) с диаметър на огледалото 3.6 m.



Фиг. 2. Апаратура за наблюдение на пълното слънчево затъмнение на 2 юли 2019 г., разположена до памучните полета между градовете Кинес и Канделария, Сан Луис, Аржентина

Друга особеност на това затъмнение е това, че по време на много ниска слънчева активност короната е силно изтеглена и подробно могат да се изучат поярните лъчи, иначе скрити в големите коронални структри по време на максимум в активността на слънцето.

Нещо, което затруднява наблюдението е това, че затъмнението започва в късните следобедни часове и слънцето и луната са близо до хоризонта, където атмосферата е по-плътна.

Нашата програма подължава изследванията на структурата и динамиката на бялата и монохроматична корона в зелената линия на 14-кратно йонизираното желязо (Fe XIV - 5303 Å), осветеността на небето, динамиката на основните микрометеорологични параметри на приземния атмосферен слой и оптичните ефекти. Особено интересна за нас е формата на короната, която се изменя в хода на цикъла на слънчевата активност и се характеризира с индекса на сплеснатост (елиптичност) на слънчевата корона (коефициента на Лудендорф). Спеснатостта е по-голяма по време на слънчев минимум и индексите от затъмненията през 2017, 2019 и 2020 могат да послужат за прогноза за силата на идващия 25-ти слънчев цикъл, който следва низходящия склон на наскоро изминалия цикъл и неговите два предшественика - 22-ри и 23-ти [4, 5, 6, 7, 8].

Наблюдения и методи на изследване

За фотографии на короната на слънцето в бяла светлина бе използван фотоапарат Canon 700D с 300 mm обектив и неутрален филтър. Монохроматична корона е изследвана в емисионната линия на Fe XIV - 5303 Å (зелена коронална линия). Фотографиите са направени с фотоапарат Canon 80D с 600 mm обектив и 5303 Å интерференчен филтър с полуширина FWHM = 10 Å (Фиг. 2).Осветеността на небето е измерена с фотометър LUX Pu 150. Динамиката на температурата и влажността на приземния атмосферен слой по време на затъмнението са измерени с термометър - хигрометър TA218C.

Резултати

Короната на слънцето в бяла светлина

Както е известно, бялата корона - разсеяната от свободни електрони (разсейване на Томсън) светлина на фотосферата е много добър индикатор за магнитните полета на Слънцето, които генерират различни структури на слънчевата корона като каскадни стримери, примки, коронални дупки, полярни лъчи и др., с различен размер и яркост. На фиг. 3 се вижда короната в бяла светлина, с елиптична форма, типична за слънчев минимум. Полярните лъчи

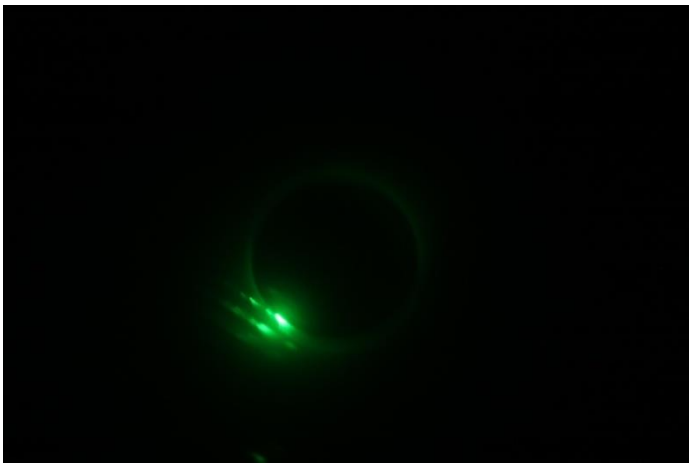
са ясно изразени в северната и южна хемисфера. Вижда се и протуберанс в хромосферата на слънцето на средни хелиографски ширини.



Фиг. 3. Слънчевата корона в бяла светлина по време на пълното слънчево затъмнение на 2 юли 2019 г., Аржентина (Фотоапарат Canon 700D с 300 mm обектив и неутрален филтър)

Монохроматична корона

Зелената коронална линия е една от най-силните линии, излъчвани от слънчевата корона във видимия спектър. Профилът на емисиите от забранени преходи на Fe XIV (5303 A) и Fe X (6376 A) съдържа информация за физическите параметри, като температура, движение на масата, турбулентност. Червената корона е по-слаба от зелената в период на максимум на слънчевата активност. Двете линии добре се наблюдават в екваториалната област през 2006 г. и 2008 [10]. Те намаляват в период на слънчев минимум, но зелената линия се променя в по-голям диапазон и затова стойностите им почти се изравняват. Червената линия е разположена равномерно около лимба, а зелената - в активни региони, разположени в близост до екватора (Фиг. 4).



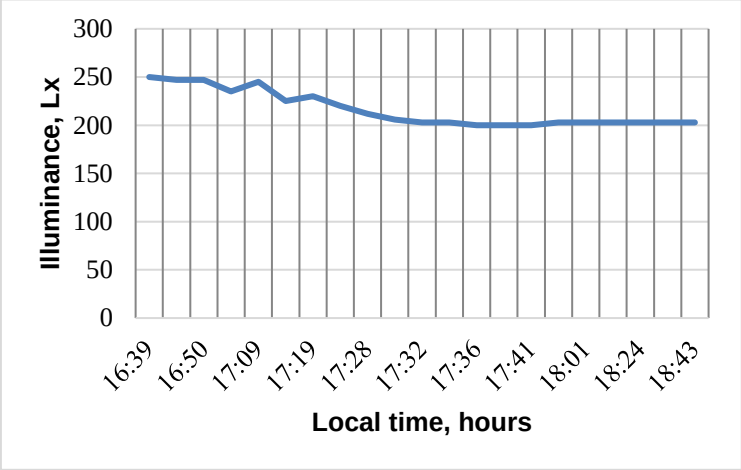
Фиг. 4. Слънчевата корона в зелена светлина (Fe XIV - 5303 Å) по време на пълното слънчево затъмнение на 2 юли 2019 г., Аржентина (Canon 80D с 600 mm обектив и 5303 Å интерференчен филтър с полуширина FWHM = 10 Å)

Механизмът на възбуждане (начините, по които атомите поглъщат енергия при сблъсък, което води до излъчване на фотони при специфични дължини на вълната) не е много добре известен, особено по отношение на относителния принос на колизионните и радиационните процеси при различни височини над слънцето (разстояния до центъра на слънцето, измерени в слънчеви радиуси $R_{\odot}$) и позиционни ъгли. Raju и колектив [9] изследват механизма на възбуждане от измерените съотношения между интензивностите на излъчване в линията и

континуум в различни азимути и стига до извода, че механизмът на възбуждане на доминиращата линия е сблъсък във вътрешните области короната (до около 1.4 R☼).

Осветеност на небето

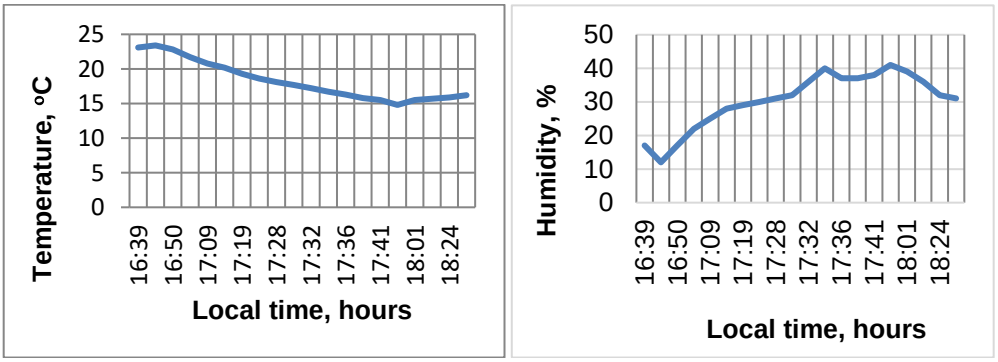
Фотометричните наблюдения на осветеността на небето в околозенитната област са проведени с фотометър LUX Pu 150. Осветеността постепенно намалява, тъй кто затъмнението е в следобедните часове, преди залез. Регистрирана е минимална осветеност 5 минути преди пълната фаза - 200Lx. Три минути след това осветеността достига предишната си стойност от 203Lx и остава такава до края на измерванията (Фиг. 5).



Фиг. 5. Осветеност на небето в околозенитната област, проведени с фотометър LUX Pu 150

Реакция на приземния атмосферен слой

Минимум в температурата на въздуха по време на затъмнението (14.8°) е измерен с TA218C термометър - хидрометър, в 17:44 LT или 1 минути след края на пълната фаза (17:43 LT). Температурата спада с 8.6°C (от 23°C). С намаляването на слънчевата радиация, относителната влажност на въздуха постепенно се увеличава от 17% до 41%, достигнати 1 минута след края на пълната фаза. Увеличението на влажността е 24% (Фиг. 6).



Фиг. 6. Температура и относителна влажност на въздуха по време на пълното слънчево затъмнение на 2 юли 2019г., Аржентина, измерена с термометър - хидрометър TA218C

Дискусия

И накрая - какво е бъдещето на наземните наблюдения на пълните слънчеви затъмнения? Следващата година - 2020 - слънчевият телескоп Даниел К. Иноуйе (Daniel K. Inouye Solar Telescope - DKIST) на Хавайските острови ще започне работа, позволявайки непрекъснато изследване на слънчевата корона. Той ще бъде най-големият слънчев телескоп в света, оборудван с широка гама от сензори, способни да превъзмогнат яркостта на слънцето и да наблюдават неговата структура и динамика. Освен това, ще бъде снабден и с адаптивна оптика за компенсиране на смущенията в земната атмосфера. Дори великолепните възможности на DKIST и надморската височина на Haleakala, обаче, не могат да се сравнят с тъмното небе по

време на пълно слънчево затъмнение. . "Така че, подробните наблюдения на вътрешната и средна корона, които се правят по време на затъмненията, ще останат уникални в обозримото бъдеще. Новият телескоп също не може да генерира широкоъгълни изображения по начина, по който по-малките телескопи могат по време на затъмненията, което позволява изучаване на най-отдалечените краища на короната. Освен това, той не може да съответства на разделителната способност на апаратурата в Слънчевата и Хелиосферната обсерватория (SoHO), която сега е в орбита около Земята", казва Джей Пасачоф, професор по астрономия в Колежа "Уилямс", САЩ [11].

Изследванията на слънцето и движението на луната по време на пълното слънчево затъмнение на 2 юли 2019 в цял свят бяха посветени на 100-годишнината на Международния Астрономически Съюз и 100-годишнината от прочутото затъмнение на 29 май 1919 г., което позволи да се провери едно от предсказанията на Общата Теория на Относителността: На 29 май 1919 г. група учени, водени от Артур Едингтън, инсталирали на остров Принс (тогава принадлежащ на Португалия, а сега част от Сао Томе и Принс, в залива на Гвинея) телескопи и камери и направили поредица от наблюдения, които осигуряват експерименталната проверка на теорията. Експедицията, заедно с тази, проведена на Собрал, Бразилия, се счита за най-голямото постижение на науката през 20-ти век. Сравнявайки позициите на звездите в звездния куп на Хиади по време на затъмнението с тези, определени по-рано, гравитационното отклонение от 1,75 дъгови секуди, предвидено от теорията на относителността на Албърт Айнщайн, е потвърдено!

Благодарности

Експедицията за наблюдение на пълното слънчево затъмнение на 2 юли 2019 г. бе подкрепена от ИКИТ, БАН, Община Стара Загора, Фирма “Скай тур”, Стара Загора, Фирма “Актим”, Стара Загора, Фирма “Ексбит”, Стара Загора, Фирма “Фотосинтезис”, София и Астрономическа Асоциация, София.

Литература:

1. Koutchmy, O., Koutchmy, S.,Nitschelm, C. H., Sýkora, J., and Smartt, R.N. “Image processing of coronal pictures,” in Solar and Stellar Coronal Structure and Dynamics; A Festschrift in Honor of Dr. John, W. Evans, eds R. C. Altrock (Nat. Solar Observatory/Sacramento Peak, Sunspot, N. M.),1988, pp. 256–266.
2. Druckmüller, M., Rušin, V., andMinarovjech,M. A new numerical method of total solar eclipse photography processing. Contr. Astron. Obs. Skalnaté leso 36, 2006, pp. 131–148.
3. Pasachoff, J. M. Science at the Great American Eclipse. Astron. Geophys. Roy. Astron. Soc. 59, 4.19–4.23. doi: 10.1093/astrogeo/aty191, 2018.
4. Stoev, A., Y. Shopov, P. Muglova, N. Kiskinova, Yu. Varbanova, Zl. Michaylova, R. Velkov, “Structure of the solar corona during the 1999 total solar eclipse”, In *First Results of 1999 Total Solar Eclipse Observations*, Edited by D.N.Mishev and K.J.H. Phillips, Professor Marin Drinov Publishing House, Sofia, 2002, pp. 143–150.
5. Stoev, Alexey D. , Penka V. Stoeva, Nadya Kiskinova, and Nikolay Stoyanov, Evolution of the basic micrometeorological parameters during the total solar eclipse of 29 March 2006 at Manavgat, Turkey, Fourteenth International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics / Atmospheric Physics, 24 - 30 June 2007, Buryatia, Russia, Gennadil G. Matvienko and Victor A. Banakh Editors, Proceedings of SPIE, Atmosphere Physics, ISSN 0277-786X, Vol. 6936, 2008, pp. 517–521.
6. Stoeva, P., A. Stoev, S. Kuzin, Y. Shopov, N. Kiskinova, N. Stoyanov, A. Pertsov,” Investigation of the white light coronal structure during the total solar eclipse on March 29, 2006”, International Symposium on Recent Observations and Simulations of the Sun-Earth System, Varna, Bulgaria, 17 – 22 September 2006, doi:10.1016/j.jastp.2007.08.051, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics v. 70, 2008, pp. 414–419
7. Stoeva, P., A. Stoev, S. Kuzin, “White light corona at different phases of the solar cycle**”**, Sun and Geosphere, 6(1), ISSN 1819-0839, 2011, pp. 33–35,.
8. Stoeva, Penka, Alexey Stoev, Influence of the solar activity on cave air temperature regimes**,** 41st Annual Seminar "Physics of Auroral Phenomena", March 12-16, 2018 , Apatity, Russia, Proceedings of the 41st Annul Seminar, http://pgia.ru/seminar, 2018, pp. 168–171.
9. Raju, K., Desai J., Chandrasekhar T. and Ahsok N. The excitation mechanism of Fe XIV 5303 A line in the inner regions of the solar corona, J. Astrophys. Astr., 12, 1991, pp. 311–317.
10. Voulgaris, A., Athanasiadis, T., Seiradakis, J.H. et al., A comparison of the red and green coronal line intensities at the 29 march 2006 and the 1 august 2008 total solar eclipses: considerations of the temperature of the solar corona, Sol Phys (2010) 264: 45. https://doi.org/10.1007/s11207-010-9575-7.
11. Adams, Eric, Science, 07.01.2019 09:12 PM, https://www.wired.com/story/the-blazing-science-of-this-years-total-solar-eclipse/.

SOLAR INFLUENCE ON THE LOWER STRATOSPHERIC OZONE AND CLIMATE

Nataliya Kilifarska

Climate, atmosphere and water research institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: natalya_kilifarska@yahoo.co.uk

Key words: *solar and climate variability, galactic cosmic rays, lower stratospheric ozone*

Abstract: *Quasi-periodic variations in climate records, corresponding to the 11- and 22-yr periodicities in solar magnetic field, have been found long ago. Supposing that variations in heliomagnetic field are accompanied by corresponding variability in the solar electro-magnetic radiation, many authors suggested that solar 'signal' in climate records is a projection of solar irradiance variations on climate. However, contemporary satellite measurements of total solar irradiance reveals that its' variability within the 11-yr solar cycle does not exceed 0.07%. Such a small variability could not produce detectable variations in climatic variables. For this reason the mechanism of sola influence on climate is a subject of hot scientific debate. This paper offers a new point of view on this problem, revealing the existence of a chain of interaction between galactic cosmic rays, heliomagnetic and geomagnetic fields and Earth atmosphere. We have shown that in the lower atmospheric ionisation layer – known as a Regener-Pfotzer maximum – exist conditions for activation of ozone production. This secondary source of ozone is irregularly distributed across the globe (due to the irregularly distributed ionisation and humidity in the lower stratosphere). For this reason the amount of ozone produced in the lower stratosphere is also irregularly distributed. The existence of this second source of ozone production is able to explain not only the well-known asymmetry in the lower stratospheric ozone density, but also the irregular distribution of solar signal found in the near surface temperature records.*

ВЛИЯНИЕ НА СЛЪНЧЕВАТА АКТИВНОСТ ВЪРХУ ОЗОНА В НИСКАТА СТРАТОСФЕРА И КЛИМАТА

Наталия Килифарска

Институт за изследване на климата, атмосферата и водите – Българска академия на науките
e-mail: natalya_kilifarska@yahoo.co.uk

Ключови думи: *слънчеви вариации, изменение на климата,галактически космически лъчи; ниско-стратосферен озон*

Abstract: *Квази-периодичните вариации в климатичните променливи, съответстващи на 11- и 22-годишните периодичности в слънчевото магнитно поле, са открити отдавна. Предполагайки, че вариациите в хелиомагнитното поле са придружени от аналогична изменчивост на слънчевата електромагнитна радиация, много автори предполагат, че слънчевият „сигнал" в климатичните записи се дължи на промяна в интензивността на слънчевото греене. Съвременните сателитни измервания на интегралната слънчева радиация разкриват, че неговата изменчивост в рамките на 11-годишния слънчев цикъл не надвишава 0,07%. Тази незначителна вариация не е в състояние да обясни наблюдаваните квази-десетилетни изменения в климатичните променливи. Поради тази причина механизмът на слънчевото влияние върху вариациите на климата е обект на горещ научен дебат. Настоящата статия предлага нова гледна точка върху този проблем, разкривайки съществуването на верига на взаимодействия между галактическите космически лъчи, хелиомагнитното и геомагнитното полета и земната атмосфера. Показано е, че в йонизационния слой в ниската атмосфера – известен като максимум на Регенер-Пфоцер – съществуват условия за активиране на производството на озон. Този вторичен източник на озон е неравномерно разпределен по целия свят (поради неравномерното разпределената йонизацията и влажността в ниската стратосфера). Съществуването на този вторичен източник на озон е в състояние да обясни не само добре известната асиметрия в плътността на ниско-стратосферния озон, но и неравномерното разпределение на слънчевия сигнал, открито в климатичните редове на приземната температурата.*

Introduction

Among different manifestations of solar activity, its luminosity (i.e. the radiative power to emit electromagnetic radiation) is the most likely factor influencing Earth's climate. Besides on the nuclear fusion in the Sun's core, the solar insolation depends on the transportation of radiated energy through solar *radiative* and *convective* zones, and on the emission of solar radiation by the photosphere. The variations in emitted total solar irradiance (TSI, i.e. the integral value over the whole emission spectra) are related to the individual features of the photosphere (i.e. *sunspots*, *plages*, *magnetic network*, etc., which in turn are controlled by the 11-yr periodicity of solar magnetic field), and to magnetic or thermal excitations near the bottom of the convective zone [1]. The estimations of the net effect of dark and bright magnetic contribution suggest that in high solar activity the amount of solar irradiance reaching the Earth is higher (despite the increased number of sunspots).

The instrumental measurements of TSI show, however, that its variation within the most common ~11-year solar cycle is only ~0.07% [2]. This small amplitude of TSI variability is not able to explain the existing quasi-decadal variations in the near surface temperature, provoking in such a way a long lasting dispute regarding the mechanism of activation of decadal and bi-decadal periodicity in climatic variables [3].

The present paper describes a new explanation of the synchronous variability between solar magnetic activity and near surface climatic parameters. We show that heliomagnetic modulation of galactic cosmic ray flux, and their geomagnetic focusing in certain regions across the globe, are able to explain both – existence of solar periodicities in climatic records and the regional specificity of climate variability.

Data and methods of analysis

Air temperature at 2 m above the surface, the atmospheric pressure at 1000 hPa, the ozone mixing ratio at 70 hPa and water vapour specific humidity at 150 hPa are taken from ERA 20 century reanalysis. We have analysed the seasonal values, with winter values calculated from the winter month in each hemisphere, and summer ones – from the summer months. All data have been smoothed by the 11-yr moving window, to exclude the short-term variations. Monthly average deviations of all examined atmospheric parameters have been calculated from their dynamically evolving decadal means, due to the non-stationarity of these time series. These short lasting fluctuations we call '*dynamical anomalies*' and they do not possess any trend or long-term variations.

The long time series of galactic cosmic rays (GCR) – annual values (for the period 1700-2007) – is provided by the *World Data Centre for Paleoclimatology*, Boulder, and the *NOAA Paleoclimatology Program*. After 2007 the record has been extended by the calibrated data from Moscow Neutron Monitor. The short-term variability like the 11-year solar cycle has been excluded through data smoothening by a 22-year running average procedure.

The connectivity between galactic cosmic rays and atmospheric variables (surface temperature, near tropopause ozone and humidity) has been determined by applying lagged cross-correlation analysis. Due to the relatively lower power of this statistical method some authors [4] have recommended a replicating of the calculated correlations at different time lags and different groups of subjects. For this reason, each lagged correlation coefficient has been selected to be the maximal value among all coefficients calculated with time lags of 1 to 35 years. We have applied this technique for every two compared variables, in each grid point. This means that 684 pairs of time series have been analysed for each correlation map. Due to the fact that the maximal correlation coefficients are fond for different time lags, they have been preliminary weighed by the autocorrelation functions of forcing factor, corresponding to the time delay of dependent variable (for more details see [4, 3]). The correlation maps are drawn from statistically significant coefficients, applying the two tailed t-test of significance.

Results and Discussion

At long distances from the Earth's centre the geomagnetic field is fairly well approximated by a magnetic dipole. Near to the surface, however, the spatial irregularities in magnetic field become substantial. Besides the latitudinal, the longitudinal gradient of geomagnetic field is well detectable in the lower atmosphere (see Fig.1). The charge separation of energetic particles in a gradient magnetic field and the emerging electric field E, together with the ExB drift, expels the charged particles in the atmosphere (at lower part of their trajectories along the magnetic field lines). Thus, in regions with stronger particles' drift are expelled more charged particles than in regions with reduced drift. Interacting with the atmospheric molecules these primary particles create secondary products (i.e. electrons, protons and elementary particle), part of which are accumulated in the lower atmospheric

maximum of ionisation, known as a Regener-Pfotzer max. Consequently, the geomagnetic lensing of highly energetic protons and alpha particles presume an irregular plasma density in the Regener-Pfotzer max [5].

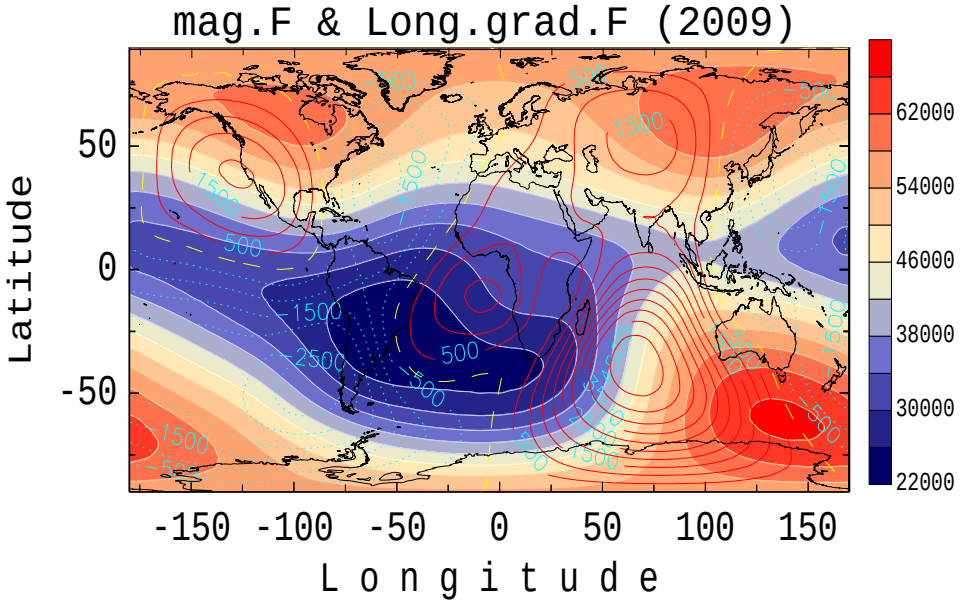


Fig. 1. Map of averaged geomagnetic intensity (shading) and longitudinal gradient (contours)

In addition, we have found that near the Regener-Pfotzer maximum there are conditions favouring ozone production in the lower stratosphere [6]. This means that the longitudinal variations in the lower atmospheric ionisation could be projected on the ozone profile. Examination of ozone profiles in regions with increasing and decreasing geomagnetic field shows well pronounced difference between them (see Fig.3). Note the higher O_3 values beneath the peak ozone density, in regions with strengthening magnetic field.

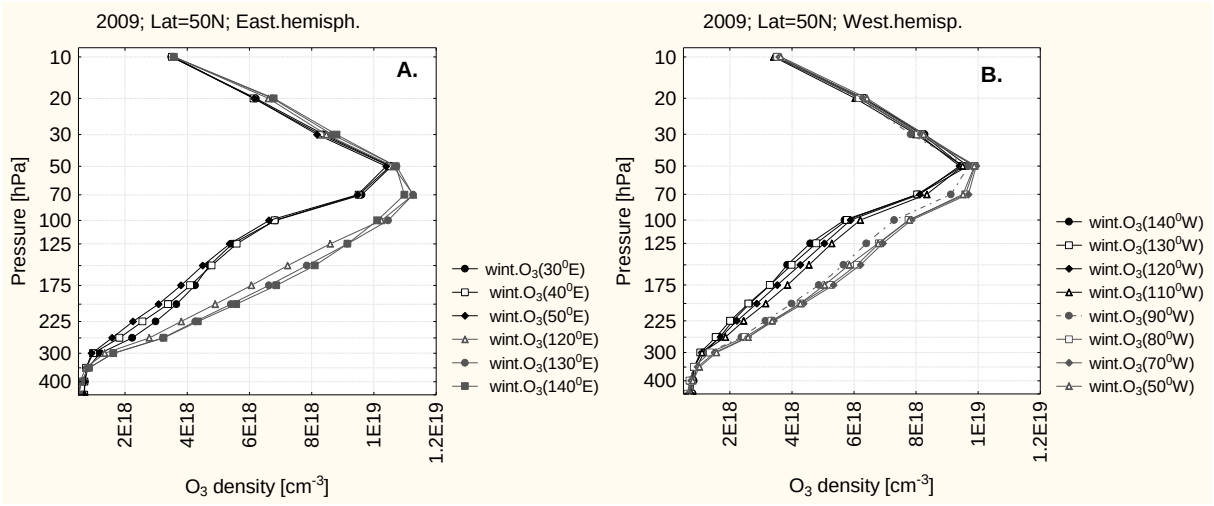


Fig. 3. Longitudinal variations of O_3 profiles at 50^0N latitude, detected in two sectors with *positive*, i.e. strengthening geomagnetic field, (140^0-110^0W; 30^0-50^0E) – red curves, and with *negative* longitudinal geomagnetic gradient – decreasing field intensity (90^0W-50^0W; 120^0E-140^0E) – black curves

Fig. 3 illustrates that heterogeneous distribution of GCR reaching the lower atmosphere is projected on the lower stratospheric ozone profile. The spatial distribution of their connectivity could be found in Fig. 4, presenting the centennial covariance of GCR and ozone at 70 hPa (coloured shading). The statistically significant correlation coefficients, used for the map creation, have been preliminary weighted by the autocorrelation function with time lag corresponding to the O_3 delayed response to the GCR forcing. This procedure, which substantially reduces correlation coefficients with longer time

lags, is based on the reasonable assumption that the effect of the applied forcing in a given moment of time decreases with moving away from this moment.

Note that the ozone response to particles' impact is quite different – not only by amplitude, but even by the sign. Thus, at high latitudes and in Indo-Pacific Oceans, ozone changes synchronously with GCR. Having in mind the centennial negative trend in GCR, this means that O_3 decreases in the said regions. On the other hand, at the Northern Hemisphere extratropics and near the southernmost edge of Latin America both variables covariate in antiphase – meaning that in these regions ozone increases with time. Such heterogeneity in ozone response to particles' forcing could be attributed to the way of their penetration in the atmosphere. For example, the polar regions are accessible to the particles propagating along the open geomagnetic field lines. The tropics and mid-latitudes, on the other side, are shielded by geomagnetic field and are accessible only to very highly energetic particles. However, trapped radiation from the Van Allen radiation belts, accelerated in the magnetosphere to GeV energies, could penetrate deep in the atmosphere at these latitudes – creating or destructing the near tropopause ozone [7]. The criterion for differentiation of both processes appears to be the altitude of Regener-Pfotzer maximum – gradually decreasing toward the equator [8].

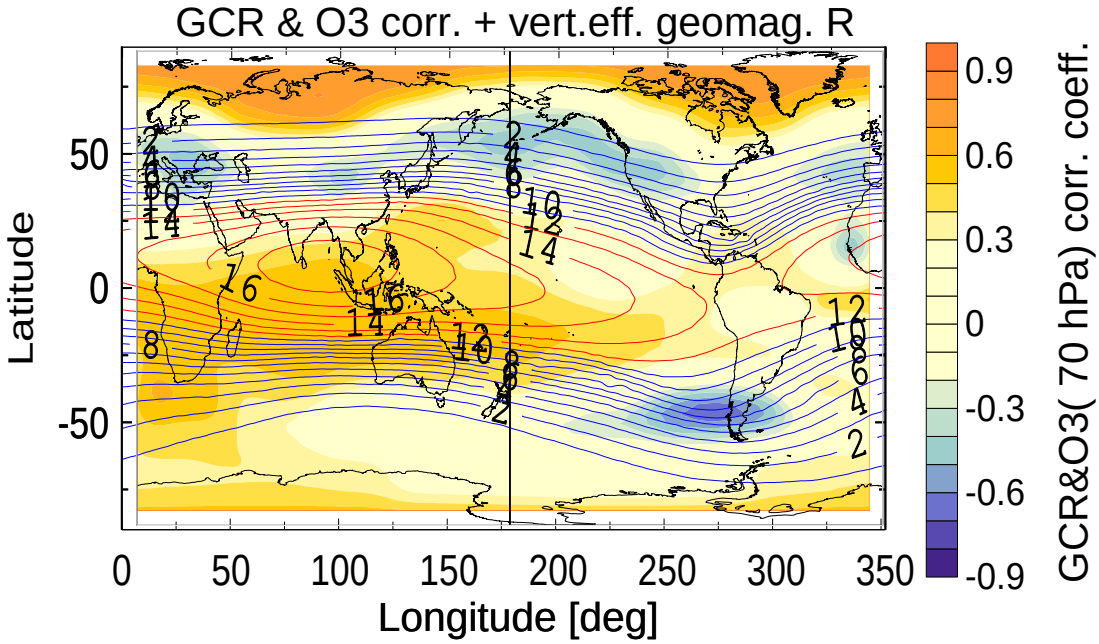


Fig. 4. Lag-corrected correlation map of GCR and O_3 at 70 hPa (shading), compared with modeled effective vertical cut-of rigidity of geomagnetic field (courtesy to Boschini M.J., Della Torre S., Gervasi M., Grandi D., Rancoita P.G. - www.mib.infn.it, and Bobik P., Kudela K. - http://space.saske.sk)

Fig. 4 shows in addition the effective vertical cut-off rigidity of geomagnetic field (contours), with the values greater than 12 GV being coloured in red. According to the Fig. 5.8 from [8], particles with geomagnetic rigidity greater than 12 GV are absorbed beneath the tropopause, which means that they destroy ozone at that level [9]. Juxtaposition of GCR-O_3 correlation map with the map of geomagnetic cut-off rigidity reveals that at latitudes where the Regener-Pfotzer max is situated in the lower stratosphere – there we have an ozone formation (despite the global negative centennial trend of ozone at 70 hPa). Oppositely, at tropical latitudes, where the ion-molecular reactions (activated by the ionization in the Regener-Pfotzer max) force ozone destruction, we have found an ozone reduction during the 20-th and the first decade of 21-st centuries (see Fig. 4).

In conclusion, the different pathways of particle penetration in the Earth's atmosphere, as well as the magnetic lensing of radiation trapped in the Van-Allen radiation belts, create irregularities in altitude and ionisation density in the Regener-Pfotzer maximum. These irregularities produce corresponding heterogeneity in the near tropopause ozone density, through activation of ozone production (above the tropopause) and ozone destruction beneath it. Thus we could explain how the homogeneous (in first order) GCR, arriving at the magnetospheric upper boundary, could produce irregularities in ozone density near the tropopause.

Direct ozone influence on the surface temperature, however, is quite small due to the mutually exclusive effect of stratospheric and tropospheric ozone in the planetary radiation balance. According to our hypothesis, the impact of the lower stratospheric ozone variability is transmitted down to the

surface by the near tropopause atmospheric humidity, which in turn is controlled by the ozone through alteration of the wet adiabatic lapse rate [7]. Fig.5 compares the lag-corrected correlation maps of ozone mixing ratio at 70 hPa with: (i) GCR and (ii) humidity at 150 hPa. Note that latitudinal band of *antiphase* correlation between GCRs and ozone (dark shading), and *inphase* correlation between ozone and water vapour (red contours), coincide impressively well. In the Northern Hemisphere, this coincidence persists round the year, although being slightly reduced in summer. In the winter Southern Hemisphere, the area of synchronous variations of GCR, ozone and humidity is narrower and practically disappears in summer (Fig. 5d). The results presented in Fig. 5 are a good indication that ozone–humidity variations, which are projected down to Earth's surface by the strengthening of weakening of the greenhouse effect, are actually related to GCR variability.

Our hypothesis for the mediating role of GCR, near tropopause ozone and humidity in transmission of solar 'signal' down to the Earth's surface is capable of explaining a lot of observational evidence detecting such a 'signal' [10-16]. One of the greatest challenges for all hypotheses describing the mechanism of solar influence on climate is the irregular response of climatic system to the spatially homogeneous long-term solar variability (refer to Fig. 6). The mechanism proposed here addresses this problem, presenting a corresponding explanation of the regionality of climate variations.

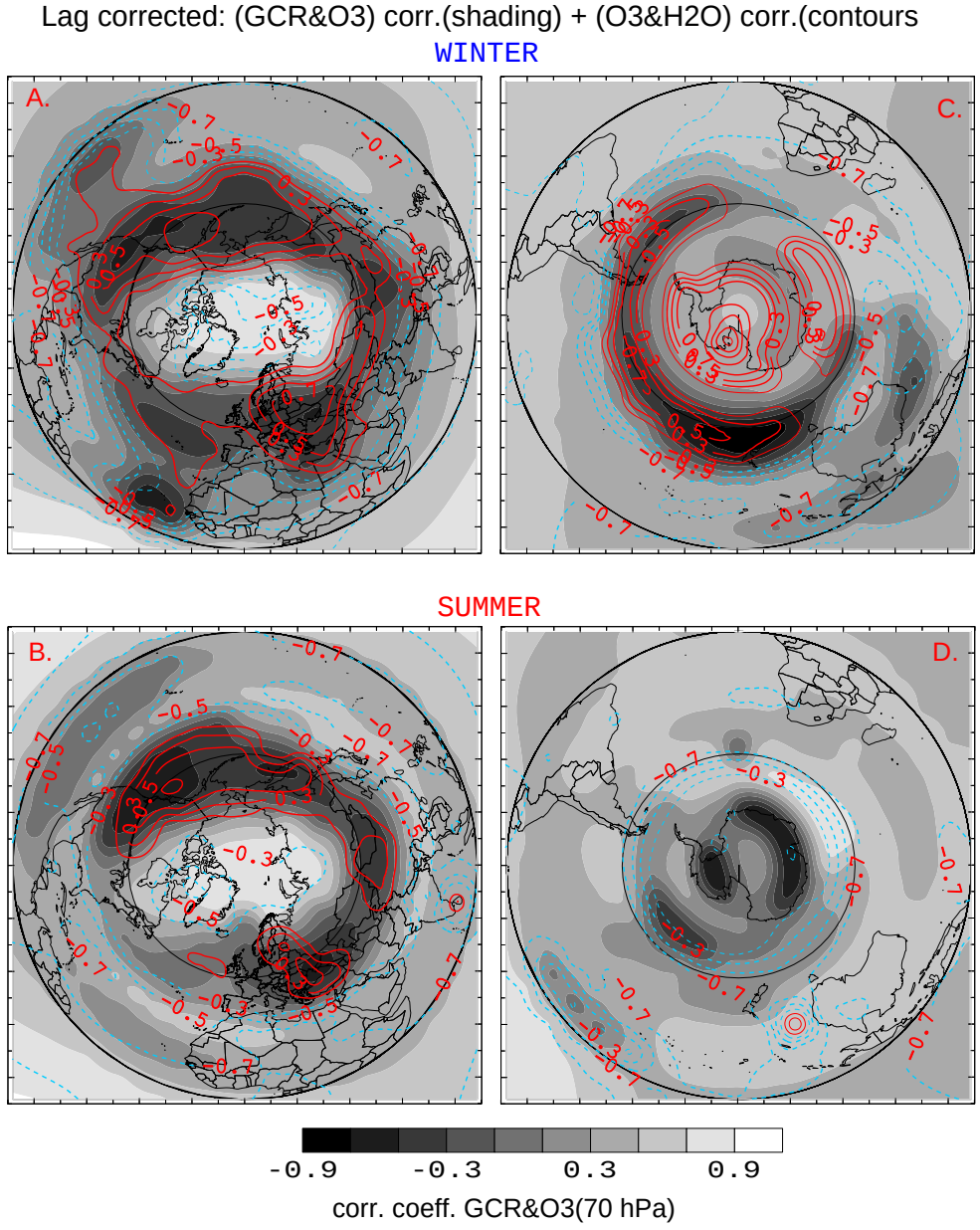


Fig. 5. Comparison of correlation maps of ozone at 70 hPa with GCRs (dark shading) and water vapour at 150 hPa (contours), for winter (A) and (C), and summer (B) and (D) panels

Unlike the concentration of CO_2, which at climatic time scales could be treated as homogeneous across the globe, the mediator of GCR-O_3 influence on climate – i.e. the near tropopause *water vapour* – is distinctly heterogeneously distributed. Consequently, the spatial heterogeneity of climate response to the contemporary warming (refer to Fig. 6) could be logically attributed to the three main factors: (i) geomagnetic lensing of GCR, creating irregularities in the Regener-Pfotzer maximum ionisation; (ii) heterogeneous distribution of ozone (due to the activation of ozone producing or ozone destructive ion-molecular reactions near the tropopause); and (iii) spatial irregularities of the atmospheric water vapour distribution.

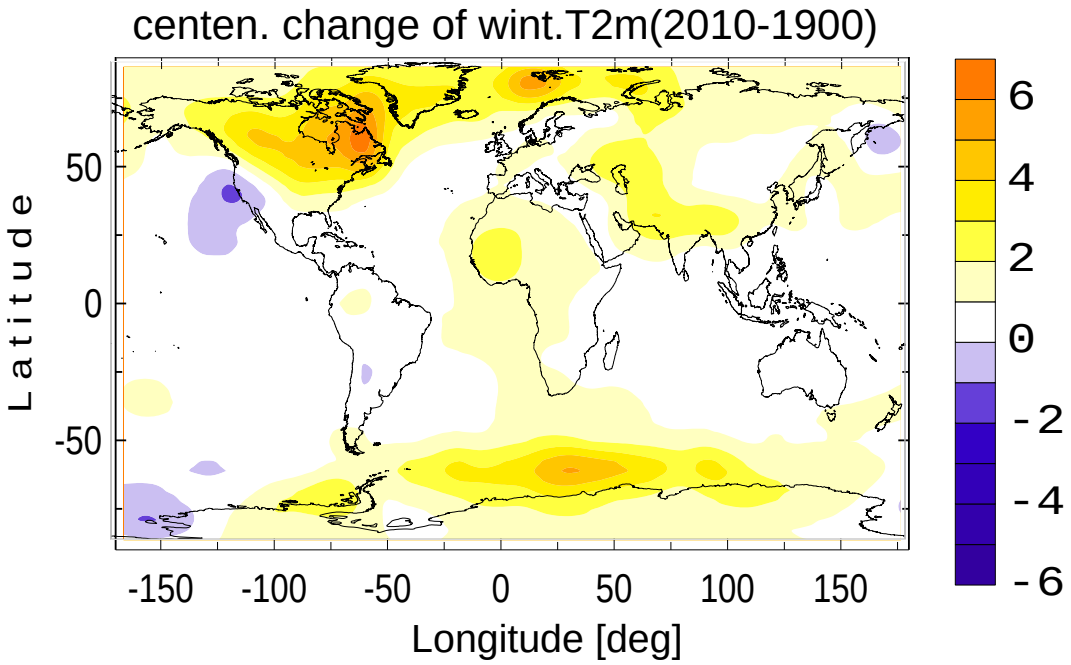


Fig. 6. Difference of the air temperature at 2 m above the surface, between first decades of the 21-st and 20-th centuries

Conclusion

Our analysis supports the suggestion that solar influence on the Earth's climate is not due to the variations in solar electromagnetic luminosity (which appears to be very weak) but more probably to the solar and geomagnetic modulation of cosmic rays (CR). The mechanism of transmission of solar signal down to the surface includes: (i) focusing of CR in some regions over the globe] (ii) creation or destruction of ozone near the tropopause (depending on the altitude of Regener-Pfotzer maximum); (iii) moistening or drying of the upper troposphere followed by strengthening or weakening of the water vapour greenhouse effect.

Acknowledgments: This work has been supported by the project No. ДН 14/1 11.12.2017

References:

1. Beer, J., Mende, W., Stellmacher, R., 2000. The role of the sun in climate forcing. Quat. Sci. Rev. 19, 403–415. https://doi.org/10.1016/S0277-3791(99)00072-4.
2. Gray, L. J., Beer, J., Geller, M., Haigh, J.D., Lockwood, M., Matthes, K., Cubasch, U., Fleitmann, D., Harrison, G., Hood, L., Luterbacher, J., Meehl, G.A., Shindell, D., van Geel, B., White, W., 2010. Solar influences on climate. Rev. Geophys. 48. https://doi.org/10.1029/2009RG000282.
3. Kilifarska, N. A., 2015. Bi-decadal solar influence on climate, mediated by near tropopause ozone, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 136, 216-230, http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2015.08.005i
4. Kenny, D.A., 1979. Correlation and Causality. John Wiley & Sons Inc., New York.
5. Kilifarska, N. A., Bakhmutov V.G., Melnyk G.V., 2020a. Geomagnetic field's imprint on the 20-th century climate variability, Geological Society of London Spatial Publications, GSLSpecPub2019-38R4, 205-227.
6. Kilifarska, N. A. , 2013. An autocatalytic cycle for ozone production in the lower stratosphere initiated by Galactic Cosmic rays, Compt. rend. Acad. bulg. Sci., 66(2), 243-252.
7. Kilifarska, N. A., Bakhmutov V.G., Melnyk G.V., 2020b. The hidden link between Earth's magnetic field and climate, Elsevier, 228, eBook ISBN**:** 9780128193471; Paperback ISBN: 9780128193464

8. Sarkar, R., Chakrabarti, S.K., Pal, P.S., Bhowmick, D., Bhattacharya, A., 2017. Measurement of secondary cosmic ray intensity at Regener-Pfotzer height using low-cost weather balloons and its correlation with solar activity. Adv. Space Res. 60, 991–998. https://doi.org/10.1016/j.asr.2017.05.014
9. Kilifarska, N. A., 2017. Hemispherical asymmetry of the lower stratospheric O_3 response to galactic cosmic rays forcing, ACS Earth and Space Chemistry, v.1, 80-88, https://10.1021/acsearthspacechem.6b00009.
10. White, W. B., Lean, J., Cayan, D. R., Dettinger, M. D., 1997. Response of global upper ocean temperature to changing solar irradiance. J. Geophys. Res. Oceans 102, 3255–3266. https://doi.org/10.1029/96JC03549.
11. Chapanov, Ya., D. Gambis, 2010. Drought cycles over South-East Europe for the period 1870-2005 and their connection with solar activity, Proc. BALWOIS 2010, Ohrid, 25-29 May, http://www.balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-1509.pdf.
12. Chapanov, Ya., M. Temelkova, Solar Influences on Local Variations of River Streamflows, Proc. BALWOIS 2012, Ohrid, Republic of Macedonia - 28 May, 2 June 2012, http://balwois.com/2012/USB/papers/577.pdf
13. Barlyaeva, T.V., 2013. External forcing on air–surface temperature: geographical distribution of sensitive climate zones. J. Atmos. Sol. Terr. Phys. 94, 81–92. https://doi.org/10.1016/j.jastp.2012.12.014.
14. Chapanov, Ya., 2014. Solar excitation of decadal climate, mean sea level and earth rotation cycles, Proc. Ninth Scientific Conference SPACE, ECOLOGY, SAFETY, Sofia, ISSN1313-3888, 60–69.
15. Chapanov, Y., Ron C., Vondrák J., 2017. Decadal cycles of Earth rotation, mean sea level and climate, excited by solar activity. Acta Geodyn.Geomater., 14, No. 2 (186), 241–250, DOI: 10.13168/AGG.2017.0007
16. Souza Echer, M.P., Echer, E., Rigozo, N.R., Brum, C.G.M., Nordemann, D.J.R., Gonzalez, W.D., 2012. On the relationship between global, hemispheric and latitudinal averaged air surface temperature (GISS time series) and solar activity. J. Atmos. Sol. Terr. Phys. 74, 87–93. https://doi.org/10.1016/j.jastp.2011.10.002.

ФАКТОРИ, ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ ИЗМЕНЧИВОСТТА НА ГЛОБАЛНИЯ КЛИМАТ НА ПЛАНЕТАТА

Цветелина Величкова[1], Наталия Килифарска[2]

[1]Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска Академия на Науките
[2]Институт за изследване на климата, атмосферата и водите – Българска Академия на Науките
e-mail: tsvelichkova@geophys.bas.bg; natalya_kilifarska@yahoo.co.uk

Ключови думи: *Климатична изменчивост, движещи фактори, външни и вътрешни фактори*

Резюме: *Целта на настоящия доклад е да сравни степента на свързаност между приземната температура и предполагаемите движещи фактори на измененията в климата (въглеродния диоксид, озона в ниската стратосфера, интензитета на геомагнитното поле, галактическите космични лъчи и броя слънчеви петна). Оценката е направена с помощта на линейни и нелинейни статистически методи. Сравнението показа, че пренебрегването на нелинейния характер на климатичния ред и на въздействащите фактори води до надценяване приноса на тези от факторите, които в разглеждания период се изменят квазилинейно с времето. Такъв, например, е въглеродният диоксид (CO_2) – считан за основен двигател на съвременното затопляне на климата. Нелинейният статистически анализ показа, че времевите изменения на геомагнитното поле са в състояние да „обяснят“ същия процент от изменчивостта на приземната температура за изследваните 110 години, както и CO_2 – а именно 76%. Съществуват и други „претенденти“ за съществен принос в климатичните промени – такива са галактическите космични лъчи и озона в ниската стратосфера.*

FACTORS RESPONSIBLE FOR THE GLOBAL CLIMATE VARIABILITY

Tsvetelina Velichkova[1], Natalya Kilifarska[2]

[1]National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Climate, atmosphere and water research institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: tsvelichkova@geophys.bas.bg; natalya_kilifarska@yahoo.co.uk

Keywords: *Climate variability, driving factors, internal and external forcing*

Abstract: *The purpose of this article is to compare the degree of correlation between surface temperature and presumed factors driving its climatic scale variations (i.e. carbon dioxide, ozone, geomagnetic field intensity, galactic cosmic rays, and the number of sunspots. The estimation was made using linear and nonlinear statistical methods. The comparison showed that the neglect of the nonlinear nature of the climatic order and the influencing factors leads to an overestimation of the contribution of those of the factors that change quasi-linearly over time in the considered period. Such, for example, is carbon dioxide (CO_2) - considered the main engine of modern global warming. The non-linear statistical analysis showed that the temporal changes of the geomagnetic field are able to "explain" the same percentage of the variability of the surface temperature for the studied 110 years, as well as CO_2 - 76%. There are other potential contenders for significant contributions to climate change.*

Въведение

Линейните статистически методи обикновено са сред най-предпочитаните алгоритми за анализ на климатични редове от данни. Тези методи трябва да се използват за относително кратки периоди, когато връзката между въздействащите фактори и отклика на климатичната система е линейна и стационарна. Линейните методи, обаче, трябва да се използват много внимателно, тъй като тяхната надеждност зависи от три основни допускания: а) времевият ред е стационарен (т.е. средната му стойност и стандартното отклонение не зависят от времето);

б) връзките между въздействащите фактори и климатичния отговор са линейни; в) тези връзки са стационарни във времето.

Множество изследвания показват, че климатичните редове са определено нелинейни, особено за по-дълги интервали от време [1-4]. Това изисква прилагането на нелинейни методи за оценка на въздействието на факторите влияещи върху климата. В допълнение, климатичните редове са и нестационарни, което означава, че функционалните зависимости между климата и въздействащите фактори се променят във времето. Поради тази причина, прилагането на линейни методи за анализ на климатични редове не е подходящо, особено за дълги периоди от време. Прилагането на нелинейни статистически методи, обаче, изисква много по-задълбочени познания по статистика, което е основната пречка за по-широкото им използване в анализа на климатичните данни.

В следващите параграфи ще покажем сравнение между резултатите получени с използването и на двата подхода – линеен и нелинеен – анализирайки възможностите на всеки от тях.

Данни и методи

Настоящото изследване включва анализ на месечните данни за относителното съдържание на O_3 на 70 hPa, специфичната влажност на 150 hPa и приземната температура на 2 m над земната повърхност, взети от реанализа ERA 20 век, за периода 1900-2010 г. За анализа на въглеродния диоксид взехме неговите средно годишни стойности от обсерваторията Мауна Лоа в Хавай, както и исторически записи, получени от сондажни ядки на ледници в Антарктида. Използвахме годишни стойности за галактическите космични лъчи, които взехме от [5], като след 2007 г. редът от стойности беше продължен въз основа на калибрирани стойности от Московския неутронен монитор. Годишните данни за геомагнитното поле взехме от International Geomagnetic Reference Field model. В изследването използвахме още годишни стойности за броя на слънчевите петна, които взехме от WDC-SILCO, Кралската обсерватория на Белгия в Брюксел.

За линеен метод избрахме крос-*корелационният анализ* за определянето на силата и посоката на зависимост между изследваните променливи величини. Коефициентите на корелация са статистическа мярка, представяща степента на свързаност между две случайни променливи. Избрахме неговият вариант с отместване назад във времето на независимата променлива, тъй като някой от изследваните климатични параметри реагират със закъснение на приложеното въздействие.

За да илюстрираме нелинейната техника, ще използваме нелинейна регресия. Нейната цел е да построи модел на предполагаемата зависимост между изследваните променливи. Тъй като това е трудна и често нееднозначна задача, точността на модела се основава на редица критерии, които ще покажем в следващия параграф. Използваните статистически техники са инструменти от статистическия пакет STATISTICA 8.

Резултати получени с линейни статистически методи

Изследваните независими променливи са сезонните стойности на озона (O_3) на 70 hPa, усреднени върху месеците декември-март, годишно усреднените стойности на въглеродния диоксид (CO_2), годишно и пространствено усреднените стойности на земно магнитно поле (F) и неговите векови вариации (Fc), годишното средно на броят слънчеви петна (S_s), както и изгладения ред с плъзгащ се 11 и 22-годишен прозорец, средно-годишните стойности на галактическите космични лъчи (GCR), както и изгладения ред с 11- и 22- годишно плъзгащо се осредняване. Зависимата климатична променлива е приземната температура на въздуха, измерена на 2 м. над земната повърхност (T2m) през зимата (декември-март). Изчислените корелационни коефициенти, заедно с времезакъснението в реакцията на приземната температура, са представени в таблица 1.

Анализът на таблицата потвърждава общоприетото схващане, че CO_2 има водещ принос за глобалното затопляне на Земята. Ролята на вариациите в годишните стойности на слънчевата активност (представена от броят на слънчевите петна) е незначителна. Малка е и ролята на неизгладените стойности на GCR. Корелацията на T2m с изгладените S_s е значително по-силна, но времезакъснението в реакцията на температурата е много голямо и трудно за обяснение (освен ако не бъде привлечена на помощ инертността на световния океан. Въпреки това остава открит въпросът за механизма на пренос на слънчевата енергия от средната атмосфера (погълната основно от озона) до земната повърхност). Корелацията с дългопериодичните вариации на GCR (с квазипериодичност надхвърляща 22 години) е силна и с отместване във времето от една година. Това предполага съществуването на механизъм, чрез който GCR могат да влияят на климата.

Таблица 1. Линейни крос-корелационни коефициенти (***r***) на зимната глобална (пространствено усреднена) приземна температура (T2m) с различни въздействащи фактори. Изчислените коефициенти са статистически значими при ниво на достоверност 2σ. Числата на втория ред показват времевото закъснение на отклика на температурата в години.

	Зим. O_3	2 * 5год. изгл. зим. O_3	Ср.год CO_2	Ср.год. F	Ср.год. F_c	Ср.год. S_S	11-год. изгл. S_S	22-год. изгл. S_S	Ср.год. GCR	11-год. изгл. GCR	22-год. изгл. GCR
Зим. T_2m	-0.5	-0.57	0.85	-0.72	0.39	–	0.59	0.57	0.30	-0.48	0.51
Време закъснение	-6	0	0	-1	-6	0	-48	-48	-16	-20	-1

Особено изненадваща, обаче, е ковариацията във времето на пространствено усреднените стойности на магнитното поле на Земята и приземната температура, в рамките на разглеждания период 1900-2010г. Независимо от силните пространствени вариации и на двете променливи, много високият корелационен коефициент -0.72, както и времезакъснението от 1 година, предпоставят съществено влияние на измененията на геомагнитното поле върху климата на Земята.

В следващия параграф ще проверим доколко нелинейността и нестационарността на климатичните редове се отразява върху оценката за ролята на различните въздействащи фактори в изменчивостта на климата. За целта ще използваме регресионен анализ, базиран върху нелинейни функционални зависимости.

Резултати получени с нелинейни статистически методи

Като илюстрация на нелинейната техника Non-linear estimation, предоставен в пакета STATISTICA 8, анализирахме отново посочените по-горе в параграфа климатични фактори, чието въздействие върху глобалната температура на въздуха на 2м над земната повърхност (T2m) беше моделирано с помощта на нелинейни функционални зависимости. Получените регресионни коефициенти са обобщени в таблица 2.

Таблица 2. Нелинейни регресионни коефициенти (R) на зимната глобална (пространствено усреднена) приземна температура (T2m) с различни въздействащи фактори. Квадратът на регресионния коефициент R^2, умножен на 100, отразява процента на изменчивост на моделираната променлива, който регресионният модел е в състояние да опише.

	O_3 + 2 * 5год. изгл. зим. O_3	Ср.год CO_2	Ср.год. F	11-год. + 22-год. изгл. S_S	11-год. + 22-год. изгл. GCR
R	0.66	0.87	0.87	0.34	0.64
R^2	44%	76%	76%	12%	41%

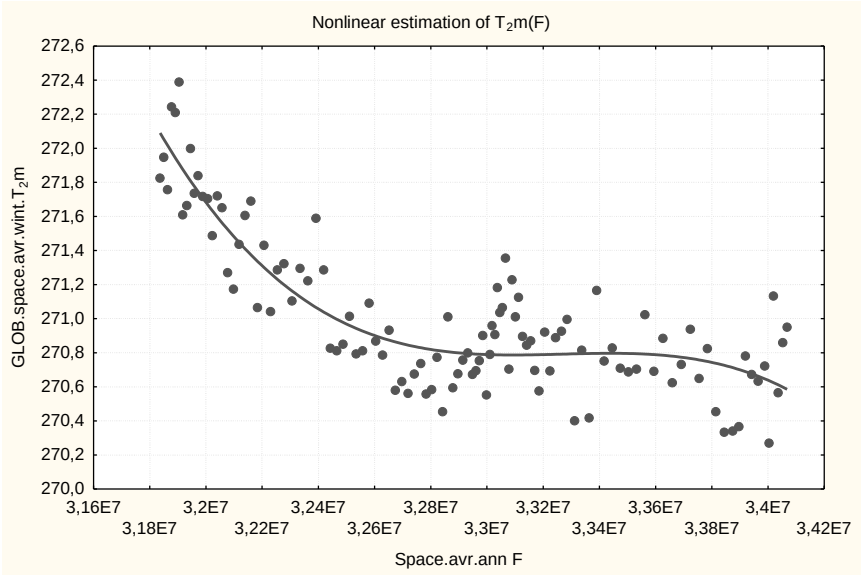
Изненадващо високата корелация между геомагнитното поле и приземната температура (виж Таблица 1) основателно възбужда интереса към възможността за „прогнозиране“ на изменчивостта на температурата въз основа на познанията ни за вариациите на магнитното поле. Предполагаемата зависимост между геомагнитното поле и температурата моделирахме с нелинейна функция от вида:

(1) $$\boldsymbol{T_2m = a_0 + a_1 * F + a_2 * (F)^2 + a_3 * (F)^3}$$

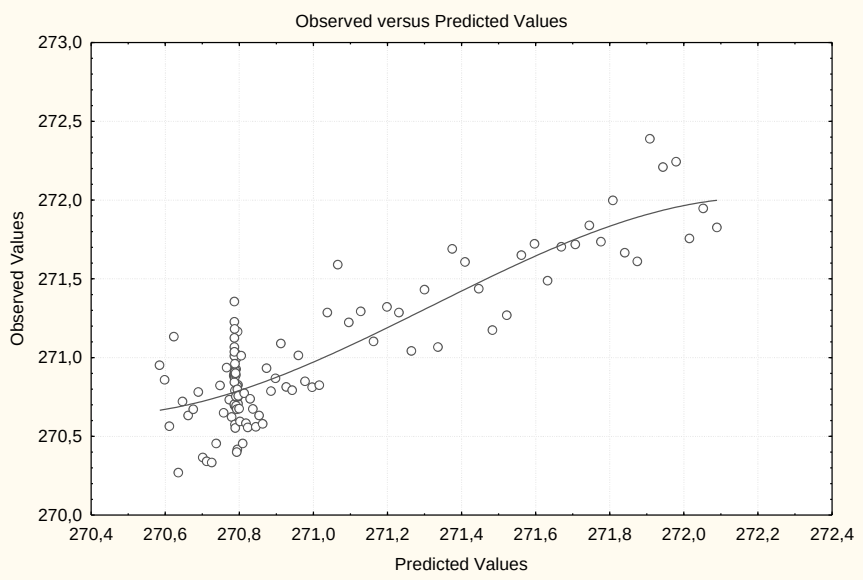
където с F сме означили пространствено усреднения интензитет на геомагнитното поле, а коефициентите a_i се уточняват посредством регресионната процедура. Прилагането на кубична функция, за моделиране на свързаността между двете променливи, води до увеличаване на коефициента на регресия до R = 0,87, което е съществено повишение в сравнение с линейния

корелационен коефициент (r = -0,72, виж Таблица 1). Сравнението с коефициента на регресия между температурата и въглеродния диоксид (R = 0,87) показва, че измененията на геомагнитното поле са алтернативно обяснение на наблюдаваното затопляне в глобалната температура (поне в рамките на изследвания период: 1900-2010 г.).

Точността на избрания от нас модел ще илюстрираме с помощта на графичните критерии диагностика, предоставяни от пакета STATISTICA. Зависимостта на приземната температура от интензитета на геомагнитното поле (сините точки) е представена на Фиг. 1. Червената линия показва графиката на функцията (1), интерполиращата, зависимостта между геомагнитното поле и температурата. От фигурата се забелязва, че усилването на интензитета на F, води до понижаване на T2m – резултат, който съответства на заключенията направени на базата на анализа на палеоклиматични и палеомагнитни данни [6-8]. За възможностите на подбраната функционална зависимост да моделира ковариацията на геомагнитното поле и приземната температура говори не само високия коефициент на регресия, но и доброто съответствие между моделните и реално измерените стойности, което е още една от характеристиките за добрия статистически модел (Фиг. 2).

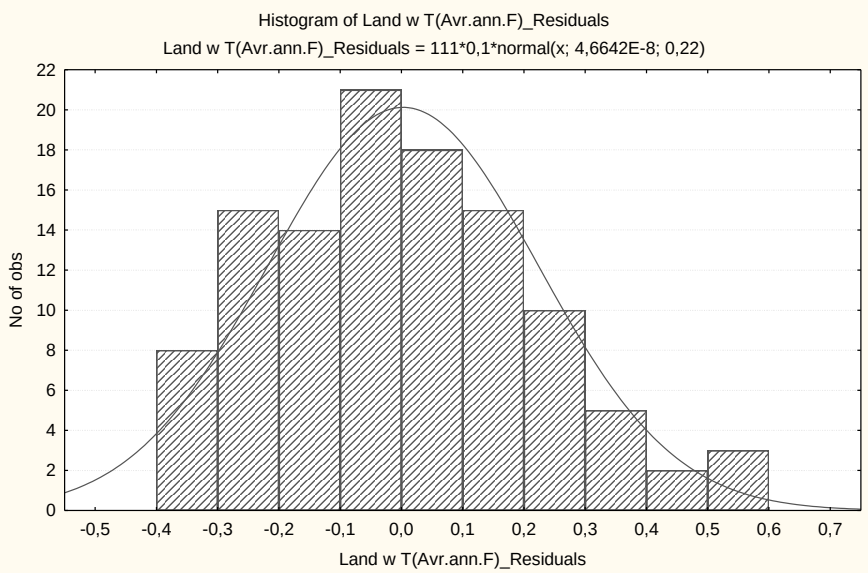


Фиг. 1. Графика на зависимостта между интензитета на геомагнитното поле (F) и приземната температура (пространствено усреднени) в рамките на изследвания период



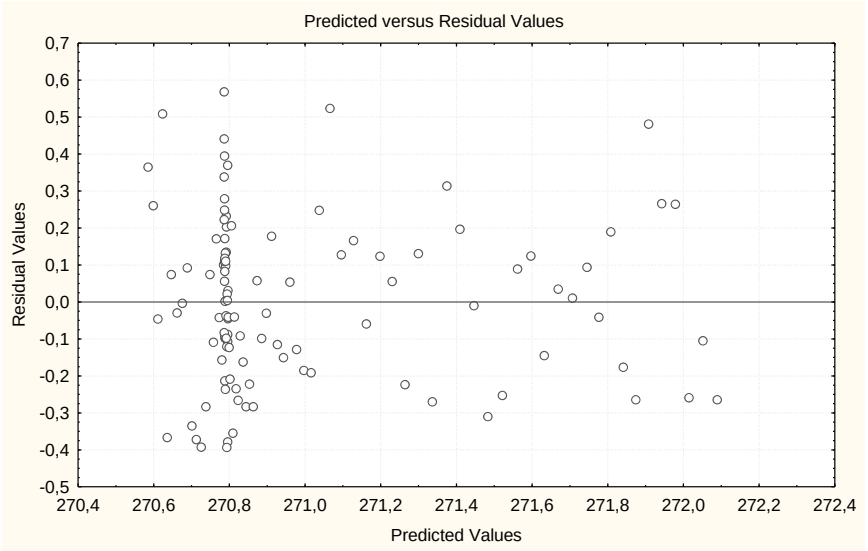
Фиг. 2. Диаграма на разсейване между прогнозните (използвайки функционалната зависимост (1)) спрямо наблюдаваните стойности

Потвърждение за високата точност на модела дава хистограмата на разпределението на остатъците (т.е. разликите между измерените и моделираните стойности на зависимата променлива), която доказва, че те са разпределени нормално (друг критерий за качеството на модела).

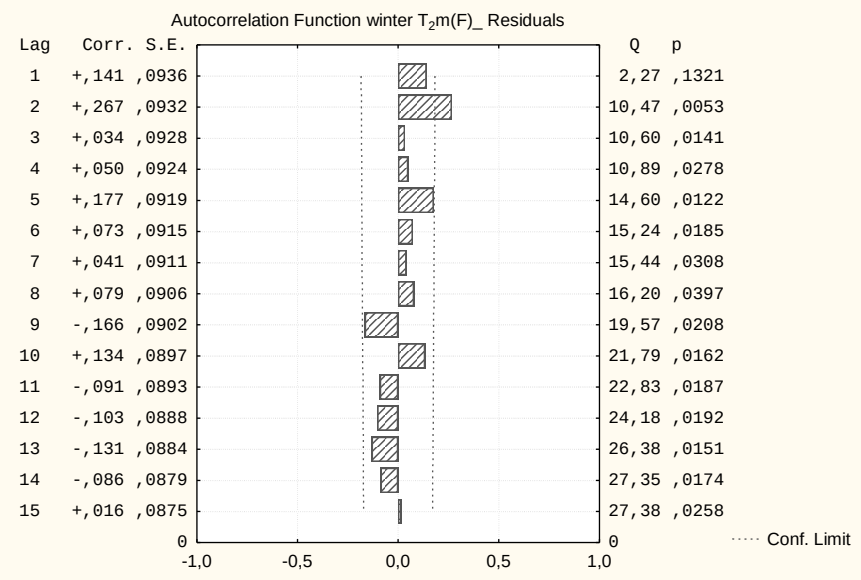


Фиг. 3. Хистограма на разпределението на грешките от модела (1)

Друг критерий за доброто качество на модела е случайното разпределение на точките около нулевата линия (без наличието на структурни нееднородности) в графиката на зависимостта между моделните стойности и грешките (Фиг. 4). Особено важно изискване към добрият статистически модел е грешките на модела (т.е. разликите между измерените и моделните стойности да не корелират помежду си. Като критерий за диагностика използвахме автокорелационната функция на грешките, представена на Фиг. 5. Анализът показва, че грешките, допуснати при моделирането на функционалната зависимост между геомагнитното поле и температурата, не корелират помежду си, т.е. те са случайно разпределени. Следователно, изпълнението на изискванията за „нормалност“ на грешките на модела, случайното им разпределение около нулата, липсата на корелация между тях, както и високия регресионен коефициент потвърждават, че използваната функционална зависимост между приземната температура и геомагнитното поле (1) описва достатъчно добре тяхната ковариация във времето.



Фиг. 4. Диаграма на разсейване на прогнозните стойности спрямо остатъците, илюстрираща случайното разпределение на грешките от интерполирането на ковариацията между температурата и геомагнитното поле посредством функционалната зависимост (1)



Фиг. 5. Автокорелация на остатъците на модела T2m=f(F)

Сравнението на приноса на разглежданите фактори в изменчивостта на приземната температура показва, че вариациите с времето на пространствено усредненото геомагнитно поле е равностойна алтернатива на увеличението на антропогенните газове в следствие от развитието на човешката цивилизация – поне за разглеждания период 1900-2010 г. Другите два фактора с потенциално голям дял в съвременното затопляне на климата са дългопериодичните стойности на галактическите космически лъчи и озона на 70hPa.

Заключение

Направените експерименти с линейни и нелинейни статистически методи имат за цел да илюстрират преимуществата и недостатъците на различните статистически подходи при анализа на климатичните редове. Трябва да отбележим, че нелинейните методи в определени случаи позволяват по-точно описание на функционалните зависимости между изследваните променливи. Приложението им, обаче, има по-скоро познавателен характер, отколкото използването им като прогностичен инструмент на предстоящите промени на климата, поради нестационарността както на климатичните променливи, така и на въздействащите фактори.

Благодарности

Авторите изказват своята благодарност на Фонд научни изследвания - договор No. ДН 14/1 11.12.2017 и Министерство на образованието и науката – Национална програма “ Млади учени и постдокторанти”, DCM # 577 / 17.08.2018, с чиято помощ бе осъществено изследването.

Литература:

1. King, T., 1996, Quantifying nonlinearity and geometry in time series of climate, Quat. Sci. Rev.,15, 247–266,https://doi.org/10.1016/0277-3791(95)00060-7.
2. Miksovsky , J., Raidl, A., 2006, Testing for nonlinearity in European climatic time series by the method of surrogate data, Theor. Appl. Climatol., 83, 21–33, https://doi.org/10.1007/s00704-005-0130-7.
3. Wu, Z., Huang, N.E., Long, S.R., Peng, C.-K., 2007q On the trend, detrending, and variability of nonlinear and nonstationary time series. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 104, 14889–14894, https://doi.org/10.1073/pnas.0701020104.
4. Halko, G. and Tsilika, K., 2014, Nonlinear time series analysis of annual temperatures concerning the global Earth climate, http://mpra.ub.uni-muenchen.de/59140/ MPRA Paper No. 59140.
5. Usoskin, I.G., Mursula, K., Solanki, S. K., Schuessler, M., Kovaltsov, G.A., 2002, A physical reconstruction of cosmic ray intensity since 1610, J. Geophys. Res., 107(A11), doi:10.1029/2002JA009343.
6. Valet, J., Meynadier, L., 1993, Geomagnetic field intensity and reversals during the past four million years, Nature, 366, 234. https://doi.org/10.1038/366234a0.
7. Worm, H.-U., 1997, A link between geomagnetic reversals and events and glaciations, Earth and Planetary Science Letters, 147, 55–67, https://doi.org/10.1016/S0012-821X(97)00008-3.
8. Knudsen, M. F., Riisager, P., 2009, Is there a link between Earth’s magnetic field and low-latitude precipitation?, Geology 37, 71–74. https://doi.org/10.1130/G25238A.1.

MULTI-ENERGY PROTON EVENTS AND GEOMAGNETIC STORMS IN SOLAR CYCLES 23 AND 24

Rositsa Miteva[1], Susan W. Samwel[2], Svetoslav Zabunov[3]

[1]Institute of Astronomy with National Astronomical Observatory – Bulgarian Academy of Sciences
[2]National Research Institute of Astronomy and Geophysics (NRIAG) – Egypt
[3]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: rmiteva@astro.bas.bg

Keywords: *Solar energetic protons (SEPs), geomagnetic storms (GSs), solar flares (SFs), coronal mass ejections (CMEs)*

Abstract: *Solar energetic protons (SEPs) in different energy channels from 10 to above 100 MeV are analyzed and their relationship to solar and geomagnetic activity is investigated. We performed temporal association analysis between the SEPs, solar flares (SFs), coronal mass ejections (CMEs) and geomagnetic storms (GSs) that occurred during solar cycles 23 and 24. The energy dependencies between the SEPs and the strength of the space weather activity are evaluated and presented.*

МУЛТИ-ЕНЕРГЕТИЧНИ ПРОТОННИ СЪБИТИЯ И ГЕОМАГНИТНИ БУРИ ПРЕЗ СЛЪНЧЕВИ ЦИКЛИ 23 И 24

Росица Митева[1], Сюзан В. Самуел[2], Светослав Забунов[3]

[1]Институт по астрономия с национална астрономическа обсерватория – Българска академия на науките
[2]Национален изследователски институт по астрономия и геофизика – Египет
[3]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: rmiteva@astro.bas.bg

Ключови думи: *Слънчеви енергетични протони, геомагнитни бури, слънчеви избухвания, коронални изхвърляния на маса*

Резюме: *Слънчеви енергетични протони в различни канали от 10 до над 100 MeV са анализирани и техните взаимовръзки със слънчевата и геомагнитната активност са изследвани. Извършен е времеви анализ между протонните събития, слънчевите избухвания, короналните изхвърляния на маса и геомагнитните бури за времето на слънчеви цикли 23 и 24. Зависимостите по енергия между частиците и силата на проявите на космическо време са намерени и представени.*

Introduction

Geomagnetic storms (GSs) are disturbances in the terrestrial magnetosphere due to the energy input from the incoming solar wind or magnetized plasma structures with southward directed magnetic field (Dungey, 1961). Different current systems are subsequently being generated by flows of energetic particles that are employed to describe the different phases of the GS (e.g. Akasofu, 2018): the current enhancement on the magnetospheric boundary surface causes the storm sudden commencement (small increase) and the storm initial (decrease) phase; the magnetospheric ring current around the Earth is responsible for the storm main (decrease) phase; and the intense ionospheric currents (so-called auroral electrojet) lead to polar disturbances (auroras).

The strength of the storm is traditionally defined by the disturbance storm time (Dst) index, measuring the decrease of the Earth magnetic field in nT on ground level by a set of equatorial magnetometers. Other indices also exist and are occasionally explored (see e.g. Vennerstrom et al. 2016). In general it is considered, that stronger storms, also occurring in the maximum of the solar

cycle (SC), are more often due to magnetic clouds (MC), whereas weaker storms, in the SC minimum, are due to co-rotating interacting regions (see Tsurutani et al. 2020 and the references therein). High-speed solar wind streams are used to explain the (usually weaker) 27-day-recurrent GSs.

The origin of the GS needs to be sought at the Sun, either in terms of eruptive phenomena or changes in the speed and density of the solar wind. The solar activity phenomena are traditionally regarded in terms of solar flares (SFs) and coronal mass ejections (CMEs). Both are the impulsive evidence of the solar magnetism, originally evidenced since ancient times as sunspots, located in the so-called active regions (ARs). A SF is the energy release of the stored magnetic energy via process of magnetic reconnection (e.g., Benz, 2016) and simplistically could be regarded as the 'flash' or a localized intense brightening observed on solar images, often producing saturations. This is why the SF is represented by the peak value in soft X-rays, denoted as flare class and measured in W/m^2. Apart from the light emitted over the entire electromagnetic spectrum (during large flares), a SF is accompanied by mass motion, acceleration of particles, rearrangement of magnetic field lines. Closely related to the SFs (especially large ones) are the CMEs. These are large volumes of the solar corona, plasma and embedded magnetic field, expelled in the interplanetary (IP) space (e.g. Webb and Howard 2012) often leading to substantial restructuring in the solar corona and disturbances in the IP medium. In coronagraph images, CMEs look like 'bubbles' of various shapes and sizes. The projected, on-sky measured linear speed (km/s), is the most representative parameter of the CME, together with their angular width (degrees). The IP counterparts of the CMEs (so-called ICMEs, Kilpua et al. 2017) and a subset of them – MCs, both observed by in situ instruments when arriving at Earth, are frequently accompanied by IP shock waves and energetic storm particles and are canonically regarded as the drivers of (intense) GSs.

Solar energetic particles (SEPs) are protons, ions or/and electrons accelerated close to the Sun, at their so-called origin – SFs or/and CMEs, that escaped from the solar corona along open magnetic field lines, and are transported along the IP field lines to Earth where they are observed 'in situ' by dedicated satellite instruments (e.g., Desai and Giacalone 2016). There is a rich literature on the topic of SEPs, their solar origin and their associated phenomena as well as their space weather relevance (e.g., Schwenn, 2006, Pulkinnen, 2007).

The aim of the present study is to investigate the relationship between GSs and their accompanied space weather phenomena, CMEs, SFs and SEPs. Due to their earlier arrival at Earth compared to the GS, the SEP occurrence and energy is tested for being a reliable GS precursor. The geo-effectiveness of the SEPs is previously investigated in SC23 by e.g. Le et al. (2016), whereas here we consider also SC24, start with a list of all GSs with Dst ≤ –100 nT and focus on the multi-energy observations of solar protons.

Data analysis

The GSs in the period of interest (1996–2019) are selected from the Kyoto Geomagnetic data service (http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/Sec3.html), as provided for following three periods:

1957-2014: http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_final/

2015-2016: http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_provisional/

2017-now: http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/

After a visual cross-check of the quick-look plots and textual reports in the above databases, in total of 107 GSs with Dst ≤ –100 nT are found. The reported time there is rounded to the nearest hour.

For the analysis here, each GS is temporally associated with a CME, SF and SEP, where possible. The following set of criteria is applied:

- The parent CME is initially sought in a three-day time window prior the GS onset time. In case of multiple CMEs, we estimate the individual transit times by means of the reported linear CME speeds (assumed constant during propagation in the IP space) and adopt the one whose arrival time at Earth is closest to the GS onset time (e.g., Miteva, 2020a). If no suitable candidate is found, the search window is extended. The identified CME (and SF) are compared with the associations given by Zhang et al. (2007) in SC23 and by Singh et al. (2017) during the ascending phase of SC24. Our CME association is also compared with the reported LASCO CME in the ICME online catalog by I. Richardson and H. Cane: http://www.srl.caltech.edu/ACE/ASC/DATA/level3/icmetable2.html
- The so-identified CME is then associated with a SF that is closest in time and originating from the same solar quadrant or AR. The following well-known SF database is used: ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/space-weather/solar-data/solar-features/solar-flares/x-rays/goes/.
- Finally, the CME–SF pair is related to an in situ proton event as observed by the SOHO/ERNE instrument, under the requirement the solar activity to be the strongest and closest in time

prior the SEP event (according to the association criteria adopted by Miteva et al. 2018, Miteva, 2019).

- For the SEP events we used the preliminary results for the proton amplitude as observed in the 10 channels of the high energy detector aboard the SOHO/ERNE instrument (Torsti et al. 1995), see Miteva (2019), Miteva et al. (2020b) (https://catalogs.astro.bas.bg/).

Results

After the performed association analyses we obtain that the 107 GSs are accompanied with 73 CMEs, 64 SFs and 35 different SEP events in the energy range 14–17 MeV, decreasing to 14 protons in the highest energy channel, 101–131 MeV.

Despite the adopted quantitative criteria for association, there are number of GSs with uncertain solar origin (34/107 with no CME, also due to data gaps, and 43/107 with no SF association). The distribution of the Dst index of these 107 GSs is shown in Fig. 1 (on the left) and the histogram for the subset of 73 GSs with identified CMEs are shown on the right. The mean (median) values of the Dst index are 155 (130) in the former case and ~170 (~145) in the latter. It is evident by comparing the plots in Fig. 1 that the solar origin association is easier to perform for the stronger GSs, as the bin of the weakest GS is shortened in half.

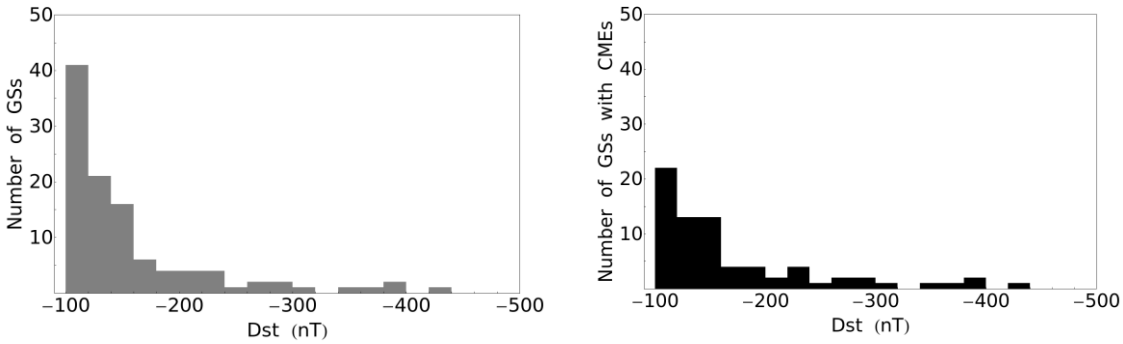


Fig. 1. Number of all GSs in the period 1996–2019 with Dst index ≤–100 nT (left plot) and a subset of the GSs with identified parent CMEs (right plot). The bin width is 20 nT.

In this study we start with a list of GSs and explore only this direction of association. Firstly, the relationship with the solar origin is presented in Fig. 2. Double logarithmic scatter plots between the Dst index of the GS and the SF class/CME speed, respectively, are used there. The distribution with the SF is random, whereas the one with CME speed shows some structure. Apart from the vertical cutoff at –100 nT (at both plots) pre-selected here for the GSs, we notice a nearly horizontal limit at the maximum 3000 km/s for the CME speed. For weak GSs, the spread in the parent CME speeds range from 100s to close to 3000 km/s, whereas for the large GSs only faster than 1000 km/s CMEs are obtained. This dependency is producing the roughly triangular shape of the distribution.

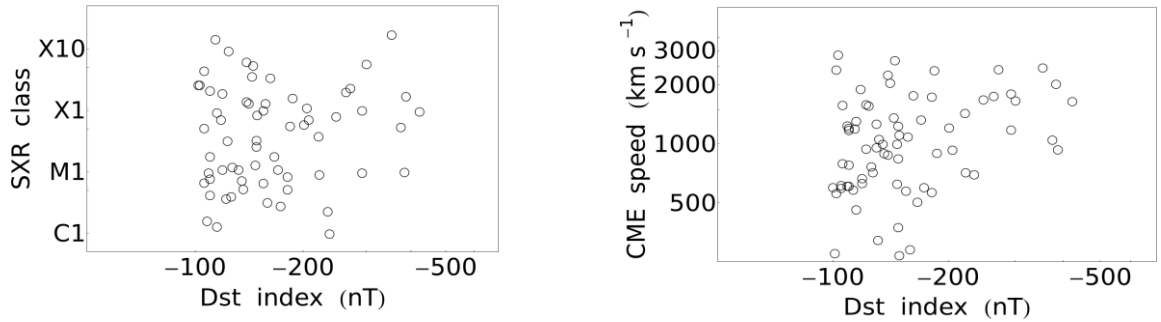


Fig. 2. Scatter plots between the GS Dst index and the SF class (on the left) and CME speed (on the right)

The scatter plots (in log-log form) between the GSs and the SEPs are presented in Fig. 3 for all 10 energy channels. The majority of the SEP events accompanied with GSs have larger peak flux than the average for the population (e.g., Miteva et al. 2020b). At the present study, only the observed proton fluxes are used, without performing a flux correction due to the instrument saturation effects.

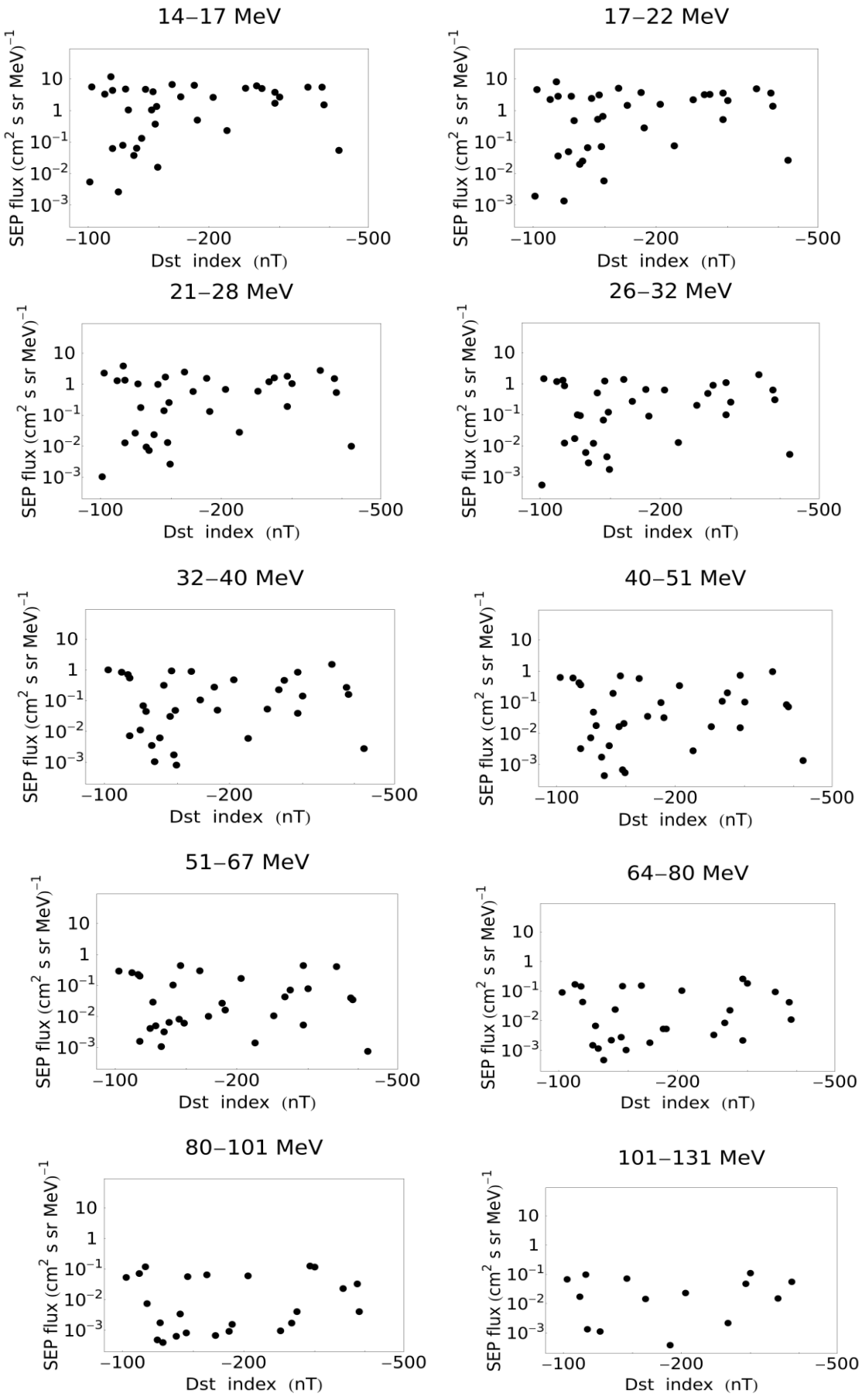


Fig. 3. Scatter log-log plots between the Dst index and the SEP peak flux for the different proton energy channels

The number of the associated pairs reduces slightly with the energy increase, as the number of SEPs naturally declines with increasing of their energy. For the first several energy channels (excluding the outlier for the largest GS in the sample accompanied with a moderate SEP flux), the distribution shape is similar to the one for the CMEs, whereas for the remaining 6, the distribution is more arbitrary.

Summary

In the present work, the geo-effectiveness of SEP events is investigated in terms of their relationship with GSs in SC23 and 24. Based on the analysis of GSs in this period, we found that GSs show the same relationship with low energy protons (in the 14–32 MeV range) as with their parent CMEs, whereas for the high energy protons there is no clear relationship to GSs strength, thus the geomagnetic prediction ability of the 32–131 MeV protons is limited. In contrast, the lower energy protons could well be used as a proxy for their parent CMEs while relating them to GSs. For completeness, a future analysis will explore the reverse direction of association (starting with a list of SEPs), in addition to employing the corrected SOHO/ERNE fluxes (Miteva et al. 2020b).

Acknowledgements

The analysis is partly supported by the Bulgarian National Science Fund under contracts KP-06-H28/4 (08-Dec-2018) and KP-06-India/14 (19-Dec-2019) and SCOSTEP/PRESTO grand for 2020 'On the relationship between major space weather phenomena in solar cycles 23 and 24'.

References:

1. Akasofu, S.-I. A review on the current understanding in the study of geomagnetic storms. Int. J. Earth Sci. Geophys., 4:018, 2018.
2. Benz, A. O. Flare observations. Living Reviews in Solar Physics, 14 (2), 2017.
3. Desai, M., J. Giacalone. Large gradual solar energetic particle events. Living Reviews in Solar Physics, 13 (3), 2016.
4. Dungey, J. W. Interplanetary magnetic field and the auroral zone. Phys. Rev. Lett., 6, 47–48, 1961.
5. Kilpua, E., Koskinen, H. E. J., Pulkkinen, T. I. Coronal mass ejection and their sheath regions in interplanetary space. Living Reviews in Solar Physics, 14 (5), 2017.
6. Le, G.-M., C. Li, Y.-H. Tang, L.-G. Ding, Z.-Q. Yin, Y.-L. Chen, Y.-P. Lu, M.-H. Chen, Z.-Y. Li. Geoeffectiveness of the coronal mass ejections associated with solar proton events. RAA, 16 (1), 14 (12pp), 2016.
7. Miteva, R. On the solar origin of in situ observed energetic protons. Bulgarian Astronomical Journal, 31, 51–67, 2019.
8. Miteva, R. On extreme space weather events: Solar eruptions, energetic protons and geomagnetic storms. Advances in Space Research, 66 (8), 1977-1991, 2020a.
9. Miteva, R., S. W. Samwel, M.-V. Costa-Duarte. The Wind/EPACT Proton Event Catalog (1996–2016). Solar Physics, 293 (2), article id. 27 (44pp.), 2018.
10. Miteva, R., S. W. Samwel, S. Zabunov. On the flux saturation of SOHO/ERNE proton events. Bulgarian Astronomical Journal, 33, 99–108, 2020b.
11. Pulkkinen, T. Space weather: Terrestrial perspective. Living Reviews in Solar Physics, 4 (1), 2007.
12. Singh, A., V.S. Rathore, R.P. Singh, A.K. Singh. Source identification of moderate (-100 nT < Dst < -50 nT) and intense geomagnetic storms (Dst < -100 nT) during ascending phase of solar cycle 24. Advances in Space Research, 59, 1209–1222, 2017.
13. Schwenn, R. Space weather: The solar perspective. Living Reviews in Solar Physics, 3 (2), 2006.
14. Torsti, J., E. Valtonen, M. Lumme, P. Peltonen, T. Eronen, M. Louhola, E. Riihonen, G. Schultz, M. Teittinen, K. Ahola, C. Holmlund, V. Kelhä, K. Leppälä, P. Ruuska, E. Strömmer. Energetic Particle Experiment ERNE. Solar Physics, 162 (1-2), 505–531, 1995.
15. Tsurutani, B. T., G. S. Lakhina, R. Hajra. The physics of space weather/solar-terrestrial physics (STP): what we know now and what the current and future challenges are. Nonlin. Processes Geophys., 27, 75–119, 2020.
16. Vennerstrom, S., L. Lefevre, M. Dumbovic, N. Crosby, O. Malandraki, I. Patsou, F. Clette, A. Veronig, B. Vršnak, K. Leer, T. Moretto. Extreme geomagnetic storms – 1868 – 2010. Solar Physics, 291, 1447–1481, 2016.
17. Webb, D. F., T. A. Howard. Coronal mass ejections: Observations. Living Reviews in Solar Physics, 9 (3), 2012.
18. Zhang, J., I. G. Richardson, D. F. Webb, N. Gopalswamy, E. Huttunen, J. C. Kasper, N. V. Nitta, W. Poomvises, B. J. Thompson, C.-C. Wu, S. Yashiro, A. N. Zhukov. Solar and interplanetary sources of major geomagnetic storms (Dst ≤ -100 nT) during 1996–2005. Journal of geophysical research, 112, A10102, 2007.

ONLINE REAL-TIME VISUALIZATION OF RADIOSOLARIZ SPECTRUM AND SPECTROGRAM

Svetoslav Zabunov[1] and Rositsa Miteva[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: SvetoslavZabunov@gmail.com
[2]Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: rmiteva@nao-rozhen.org

Keywords: *radioSolariz, solar radio-telescope, solar radio emissions data visualization.*

Abstract: *The radioSolariz project was conceived in 2019 by a team at Space Research and Technology Institute and Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory – both institutions are members of Bulgarian Academy of Sciences.*

Thenceforth our team developed a novel solar radio-telescope having distributed structure and implementing a specialized wide-band antennas for circular polarization. The telescope was named radioSolariz (www.radioSolariz.space)

The current article discloses the visualization techniques used to present the radio emissions data to the end user, both in real-time and for off-line examination of stored information on the data server. The benefits of the utilized approach are discussed and the technology behind the realization is identified with the stress on performance, compatibility and platform independence.

ОНЛАЙН ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В РЕАЛНО ВРЕМЕ НА СПЕКТЪРА И СПЕКТРОГРАМАТА НА RADIOSOLARIZ

Светослав Забунов[1] и Росица Митева[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: SvetoslavZabunov@gmail.com
[2]Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория – Българска академия на науките
e-mail: rmiteva@nao-rozhen.org

Ключови думи: *radioSolariz, слънчев радио-телескоп, визуализация на данни от слънчеви радио излъчвания.*

Резюме: *Проектът radioSolariz беше започнат през лятото на 2019 година от екип към Институт за космически изследвания и технологии и Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория – и двете институции са част от Българска академия на науките.*

През последните дванадесет месеца нашият екип разработи иновативен слънчев радио-телескоп базиран на разпределена структура и използващ специализирани широколентови антени за кръгова поляризация. Телескопът беше наречен radioSolariz (www.radioSolariz.space)

Настоящата статия разкрива техниките за визуализация използвани при представяне на крайния потребител данните от радио емисиите. Данните се визуализират, както при наблюдението им в реално време така и при преглеждане на съществуващи записи съхранени на сървъра за данни. Дискутирани са предимствата на използвания подход, а също така технологията зад реализацията на визуализацията е коментирана в посока на производителност, съвместимост и платформена независимост.

Introduction

The radioSolariz solar radio-telescope is a project started in 2019 by a team currently represented by two Bulgarian Academy of Sciences institutes: Space Research and Technology Institute and Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory.

The instrument is a novel distributed radio-telescope aiming at observations of radio emissions from the Sun in the upper high-frequency (HF) and the very high frequency (VHF) bands (frequencies between 25 MHz and 200 MHz).

After we carried out an in-depth research and observations of the current state of the art among distributed solar radio-telescopes in the world [1, 2], either existing or in design stage, we concluded that there are certain advantages of developing a novel solar radio-telescope having specialized antenna for circular polarizations in both directions – right-hand side circular polarization (RHCP) and left-hand side circular polarization (LHCP) (see Fig. 1). Further, a distributed structure of the instrument was conceived. Our investigation showed no competitive project was in existence and we decided to design and further develop the idea to prototype stage.

Members of our team already had extensive experience in radio-communications innovations for scientific purposes [3-5] and we felt capable of conceiving the project.

The design required six months. The development process of one antenna for right-hand side circular polarization, the digital receiver hardware, and the software took another six months to complete eventually leading to a working prototype in September 2020. The latter is used currently for testing purposes and further development.

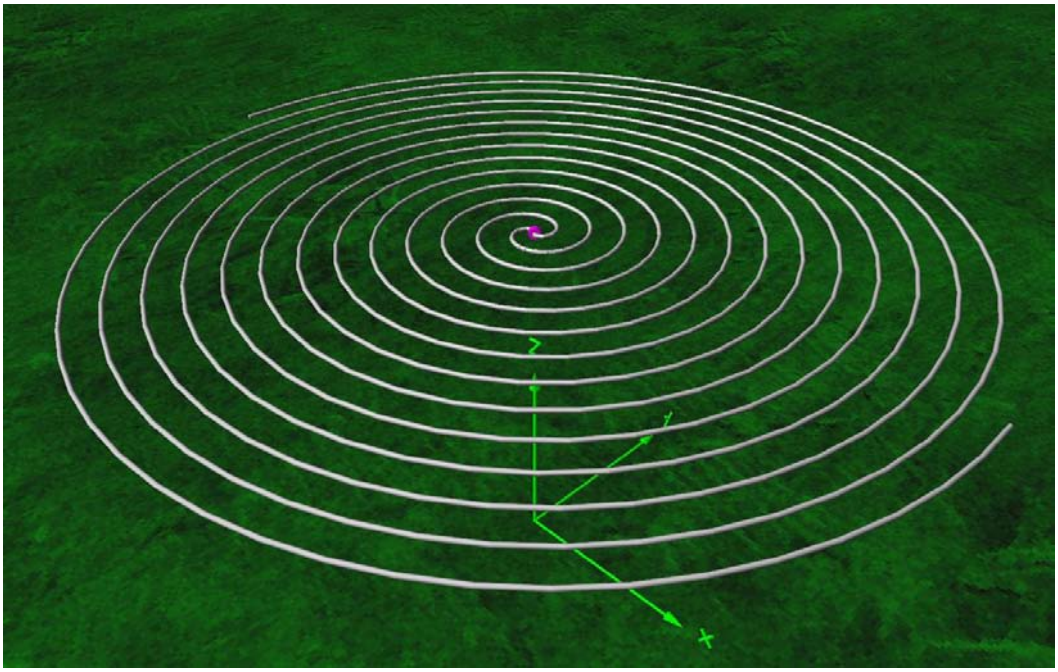


Fig. 1. Specialized RHCP circularly polarized antenna design implemented in the first radioSolariz prototype

The current article scrutinizes the software part of the project responsible for visual representation of the radio emissions data to the end user, both real-time and for examining already stored data on the data server. The focus in this report is on the real-time data presentation.

The telescope

The radioSolariz telescope is based on two important ideas that were successfully implemented:

1. A distributed radio-telescope paradigm.
2. Specialized wideband circularly polarized antenna adapted to the purpose of the aimed observations.

The distributed paradigm envisions the system having separate stations, connected to the main server using Internet. This idea has two benefits. Firstly, it gives the opportunity to collect data received at locations around the Earth, thus observing the solar radio emission full-time 24 hours a day. Secondly, the distributed approach, when comparing data from stations simultaneously observing the Sun, helps reduce or completely remove man-made and other types of interference. The unwanted noise is impacting each station, but having stations being physically apart from each other

brakes the correlation between each station received noise sources. The low entropy of most man-made interferences also benefits their successful elimination.

The other major feature of the novel instrument is the antenna. It was needed to work on circular polarization for the purpose of data analysis and also it was required to have the following features:

- A wideband antenna, as required by the nature of the observations.
- Should have close to flat gain along the working band.
- It must be robust in construction and require insignificant maintenance.
- Should have small gain and consequent wide beam thus not requiring mechanical steering.
- Must not have side lobes throughout the receiving band.
- Needs to be isolated from receiving signals from the back thus being effectively shielded from nearby structures and hardware

We discovered that the spiral antenna (Fig. 1) is the best solution satisfying the above requirements. The spiral antenna is extremely wideband, has planar structure and thus is resistant to weather and animal influence, it offers almost flat gain in the working frequency band. The spiral antenna has wide beam and no side lobes throughout the receiving band which extends from starting frequency f to three times f which feature is beyond our requirements. This antenna is also implemented using a back plane effectively shielding it from backward signals. The spiral antenna has one more benefit – it is a balanced antenna and as such is highly unsusceptible to local electrostatic interference – it is suitable for installation in areas with near field electrostatic interference signals.

While the distributed paradigm and antenna design were the major advantage of the instrument, the development process was also aimed at designing the hardware using available off-the-shelf and inexpensive, but high quality modern receiver electronics. This way we wanted to obtain affordable manufacturing cost of the radioSolariz station and make the project feasible. Parts from a number of electronics vendors were tested and a few prototype receiver units were built during the past 6 months. The current prototype relies on integrated circuits from Analog Devices (www.analog.com).

The software that was developed is considerably complex, because the receiver is digital. This means that the data representing the received radio signal is digitized and then transferred to a computer. All control electronics and auxiliary modules, such as the GPS receiver, thermometers, etc., also communicate with the computer controlling the station through digital communication link. The telescope resorts to digital signal processing and the only analogue module that required analogue design, except the tuner is the antenna filter.

Graphical visualization software sub-system

Getting to the core of this study, the graphical visualization solution, a few major points of the design requirements shall be enumerated:

- The visualization interface must be accessed using the Internet.
- The visualization interface has to be platform independent. Must be runnable on any operating system and any device capable of browsing the Internet.
- The interface should not require installing any software applications or apps on the user's machine. Any such installations would cause the user experience to become cumbersome. Also, stressful events during software installation are to be avoided.
- The interface must be interactive, easy to understand and use, and be animated presenting the real-time data in a live moving (scrolling) spectrogram and dynamic spectrum.
- Appropriate colours should be chosen so that proper visual perception of signal magnitude be easily appreciated by the viewer but at the same time viewer's experience should stay natural and non-problematic for the eyes of the observer.
- The software must execute completely or almost completely on the user's device in order not to overload the radioSolariz web server.

Our initial graphics visualization software development started in the autumn of 2019 when we acquired data access to the LOFAR solar observations (see Fig. 2). We then advised the experimental development of an interactive online and web based (browser based) interface for accessing off-line LOFAR data using a static spectrogram that was user scrollable horizontally (see http://ialms.net/LOFAR/). This early experiment proved successful and a number of interactive options were implemented such as colour gradient selection, contrast and brightness adjustment, etc.

The visitor is allowed to load different sets of data and observe the data in a two dimensional spectrogram representing the recorded electromagnetic field intensity with usable data in the 25 MHz to 78 MHz frequency band. The time axis is showing timestamps in the UTC time format.

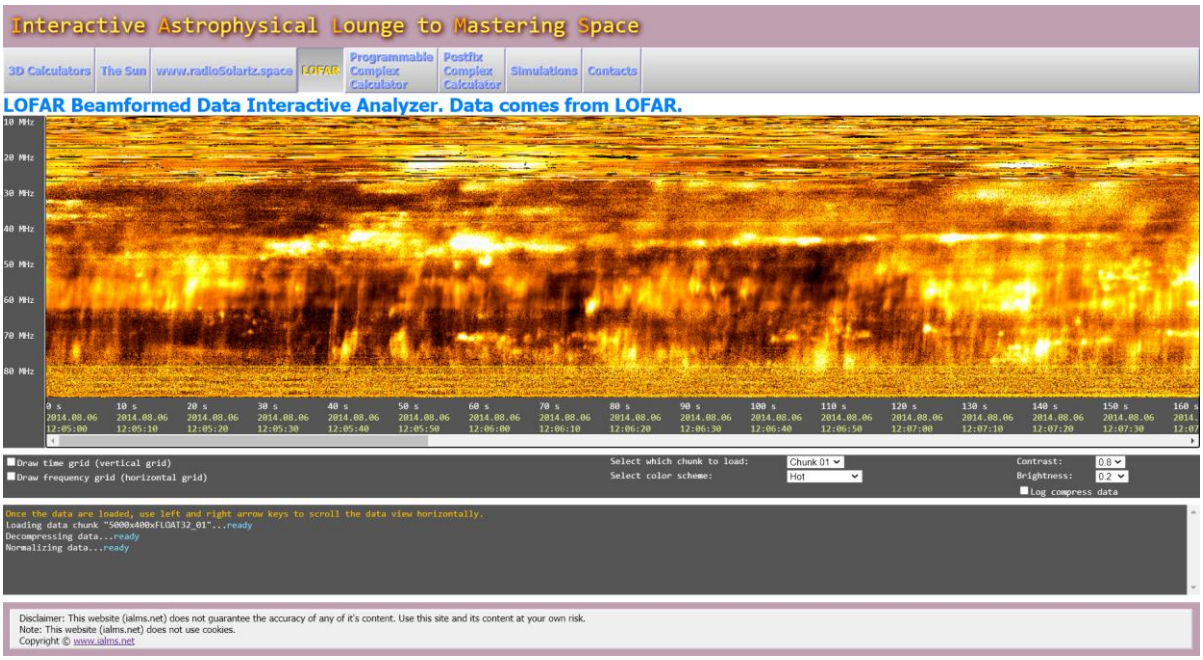


Fig. 2. Web-based online interactive visualization of LOFAR data developed by the team during the autumn of 2019 as part of radioSolariz preliminary research and design process (data provided by LOFAR). Internet address: www.ialms.net/LOFAR/

The LOFAR experiment aimed at proving the following initial requirements were realizable:

Table 1. Initial graphical visualisation requirements test and results

Requirement	**Fulfilment**
The visualization interface must be accessed using the Internet.	Realised.
The visualization interface has to be platform independent. Must be runnable on any operating system and any device capable of browsing the Internet	Executable on any hardware and operating system, supporting a web browser.
The interface should not require installing any software applications or apps on the user's machine.	Having the interface execute inside a web browser no additional software installation is required.
The interface must be interactive, easy to understand and use, and be animated presenting the real-time data in a live moving (scrolling) spectrogram and dynamic spectrum.	The modern web browsers offer rich graphical capabilities and user interaction handling. The chosen approach is adequate.
Appropriate colours should be chosen so that proper visual perception of signal magnitude be easily appreciated by the viewer but at the same time viewer's experience should stay natural and non-stressful for the eyes and visual perception.	Colour graphics is fully supported by modern web browsers.
The software must execute completely or almost completely on the user's device in order not to overload the radioSolariz web server.	The only action taking place at the radioSolariz web server is providing the requested data. All processing, user interaction and visualisation are performed on the user's device inside the web browser.

Another experiment was to compress the data that was to be communicated between the web server and the user interface. This task was successfully accomplished using the DEFLATE data compression algorithm supported by modern web browsers.

All these successful steps in our initial graphical user interface experiment led us to implement the acquired techniques into radioSolariz data visual representation and further to realize a real-time visualisation in an animated form, in contrast to LOFAR data that was off-line.

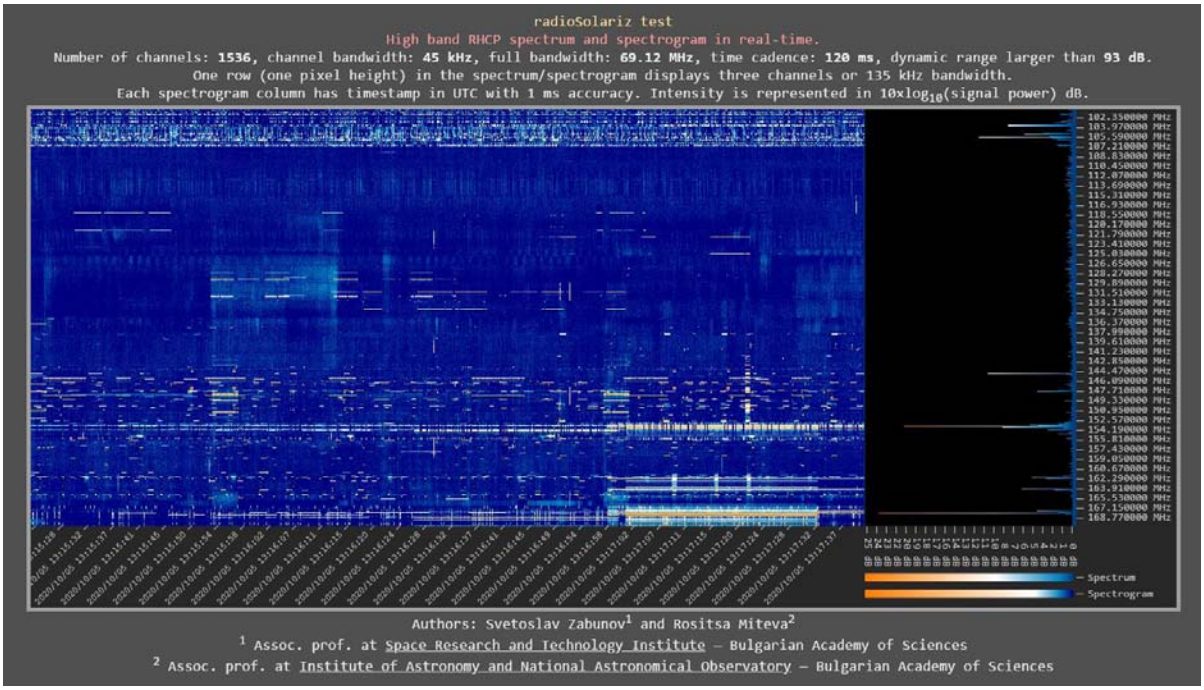


Fig. 3. RadioSolariz real-time spectrum and spectrogram graphical visualization test

Our approach relied on the already established in the scientific community layout of an astrophysical radio-spectrogram having the time dimension placed on the horizontal axis and the frequency dimension – on the vertical axis. Furthermore, the time should increase to the right thus showing the newest data to the right-most end of the spectrogram. If the data were real-time then new data would appear to the right most place of the spectrogram and old data move (scroll) to the left. The frequency of the visualized radio-waves intensity is increasing from top to bottom of the spectrogram. Such an approach visualizes all solar events starting from the inner solar atmosphere and expanding outwards to have their frequencies changing for high to low and thus simulates the events from the bottom to the top of the spectrogram pretending the viewer is “sitting” on the solar surface.

Our instrument exhibited high enough time resolution (cadence of 120 ms) as per its current prototype. This time cadence establishes near fluent movement (scrolling) of the spectrogram from right to left as time passes while receiving real-time data in the web browser. The time lag due to web-server to data server communication is in the order of few tens of seconds but below 40 seconds assuring very consistent real-time data observations by viewers around the world.

The time of the horizontal axis is in UTC time format, while the vertical axis is marked with frequency in MHz. The spectrum is dynamic and is refreshed on each new data row (every 120 ms). It is most convenient to attach the spectrum to the right side of the spectrogram thus use the same vertical frequency axis. The spectrum consists of bars, each bar corresponding to three channels of the instrument. The current radioSolariz channel bandwidth is 45 kHz, but the spectrum and spectrogram use one graphical line to represent three channels or 135 kHz, due to lack of screen real estate for show all the channels simultaneously. Having 1536 total channels the display of the spectrum and spectrogram requires 512 pixel rows. The width of the spectrogram is arbitrary and is chosen to be 1024 columns, but may be changed effortlessly per user basis. The spectrum width is 256 columns and is also arbitrary and does not depend on the nature of the visualized data.

The colour scheme is dark, not burdening the eye, further allowing higher contrast and better colour recognition by the viewer. The colour palette of the intensity gradient is depicted in two legends in the lower right corner of the visual interface – one colour palette for the spectrum and another

colour palette for the spectrogram respectively. Low intensity events are displayed using blue to cyan colours while medium intensity occupies the white colour. High intensity emissions are show using orange colour.

Conclusions

The need for solar radio-emissions data access constantly presented by the solar physics and space weather scientific communities motivates our team to continue the development of the radioSolariz project. We plan on further improving our software and the hardware. We also envision developing and deploying more stations on separate locations initially in Bulgaria preceding a future worldwide coverage.

References:

1. http://www.lofar.org/
2. http://www.e-callisto.org/
3. Zabunov, S., P. Getsov, G. Mardirossian, G. Sotirov (2019). Antenna System for Unmanned Aerial Vehicles, *Bulgarian Patent Office*, Patent reg. # 66831 / 04.02.2019.
4. Zabunov, S., G. Sotirov, G. Mardirossian, R. Miteva (2019). Circularly Polarized Antenna having a Streamlined Body Shape, *Bulgarian Patent Office*, Utility model reg. # 3230 / 07.08.2019.
5. Zabunov, S., G. Mardirossian, R. Nedkov (2020). RECENT INNOVATIONS IN CIRCULARLY POLARIZED ANTENNAS FOR DRONE RADIO COMMUNICATION, *Comptes rendus de l'Acade'mie bulgare des Sciences*, Vol 73, No9, pp.1286-1290.

МЕТОДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕМИСИИ С НИСЪК ИНТЕНЗИТЕТ В ДАЛЕЧНИЯ UV СПЕКТЪР ВЪВ ВИСОКАТА АТМОСФЕРА

Веселин Ташев, Венета Гинева, Ангел Манев

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

Ключови думи: *Ултравиолетови емисии, фотоелектронен умножител, броене на фотони*

Резюме: *В горната част на атмосферата се наблюдават няколко ултравиолетови емисии. Най-важните са емисиите в UVC: Lα при 121,6 nm и кислородните емисии OI 130,4 nm и 135,6 nm. Предлага се нов метод с използване на три независими канала за синхронно измерване на всяка от тези линии. Като сензор за измерване на такива слаби светлинни потоци се използва високоефективен фотоумножител (PMT) R10825. Методът за броене на фотони се прилага за усилване и обработка на много слаби светлинни сигнали. Интензитетът на светлината е пропорционален на измерения брой фотони.*

METHODS FOR MEASURING LOW INTENSITY EMISSIONS IN THE FAR UV SPECTRUM IN THE HIGH ATMOSPHERE

Veselin Tashev, Veneta Guineva, Angel Manev

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

Keywords: *ultraviolet emissions, photomultiplier, counting photons.*

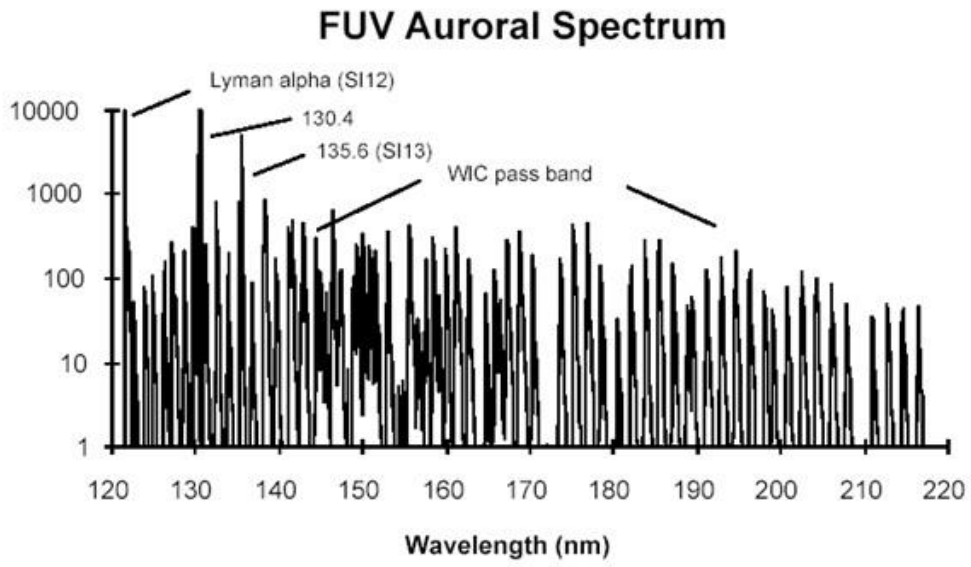
Abstract: *At the top of the atmosphere there several ultraviolet emissions are observed. The most important are the emissions in UVC: Lα at 121.6 nm and the oxygen emissions OI 130.4 nm and 135.6 nm. A new method with the use of three independent channels for synchronous measurement of each of these lines is proposed. As a sensor for measuring such weak light fluxes high performance Photomultiplier (PMT) R10825 is used. The photon counting method is used to amplify and process very weak light signals. The intensity of the light is proportional to the measured photons number.*

Въведение

В горните слоеве на атмосферата се наблюдават няколко ултравиолетови емисии. За по-задълбочен анализ на процесите, които протичат там, е необходимо да се измерва едновременно интензитета на няколко емисии. Използван е нов метод за измерване, който представлява система, съдържаща три независими канала за синхронна регистрация на всяка една от спектралните линии. Измерването на Lα емисията с дължина 121.6 нм, заедно с кислородните емисии OI 130.4 nm и OI 13.5.6 nm дава важна информация за протичащите физични и химични процеси във високата атмосфера на Земята. Като най-външен слой на атмосферата, геокороната е подложена на интезивна слънчева радиация и космически лъчения. Резонансният преход 2P-2S на атомния водород (Lα емисия с дължина 121.6 нм) е най-силната и открояваща се емисия в слънчевия FUV спектър. Измерването на емисиите в UVC (100-280 nm) може да е полезно при изучаване на връзката им с измененията в междупланетната и геомагнитна активност.

Спектрална характеристика на геокороната и общи изисквания за измерване

На фиг. 1 е показана като пример моделиран ултравиолетов авроралeн спектър на горните слоеве на атмосферата.



Фиг. 1. Авроралeн спектър на геокороната

Радиационният поток на Lα емисията се състои от директна Lα емисия от слънчевия спектър, както и от Lα, получена от резонансното разсейване от водородните атоми в атмосферата. Освен това значителен интерес предизвикват и излъчените от кислорода емисии на OI 130.4 nm и 135.6 nm. Едновременното наблюдение на трите емисии дава допълнителна информация за протичащите процеси в геокороната, както и възможност за моделиране на пространствено изображение. Целта на изследванията е да се разбере как заредените частици, магнитните и електрически области си взаимодействат едни с други и как това взаимодействие е промодулирано от външното влияние като например слънчевия вятър и магнитните полета.

Измерването на слаби потоци светлина, особено в ултравиолетовия диапазон, е свързано с решаването на много проблеми. Един от най-важните е разработването или намирането на висококачествен фабричен сензор за преобразуване на светлината в електрически сигнал. Този сензор трябва не само да е извънредно чувствителен, но в същото време тази чувствителност трябва да е разположена в ултравиолетовия диапазон. Внимателният подбор на подобен сензор е една много деликатна задача поради противоречивите изисквания към параметрите на прибора и високата му цена. Друг важен проблем е доставката на оптичен филтър за разделяне на емисиите OI 130.4 nm и 135.6 nm.

Уред за измерване на светлинни потоци с много нисък интензитет

Уредът съдържа 3 електронни фотоумножителя (photomultiplier tube), които се използват като сензори за първично преобразуване на Lα радиацията и емисиите OI 130.4 nm и 135.6 nm в електрически сигнал. Електронните фотоумножители (ФЕУ) са подбрани със спектрална чувствителност в диапазона 115 - 190 nm, която съответства на изброените по-горе спектрални емисии. На входа на всеки от електронните фотоумножители е поставен оптичен филтър за отделяне на съответните емисии.

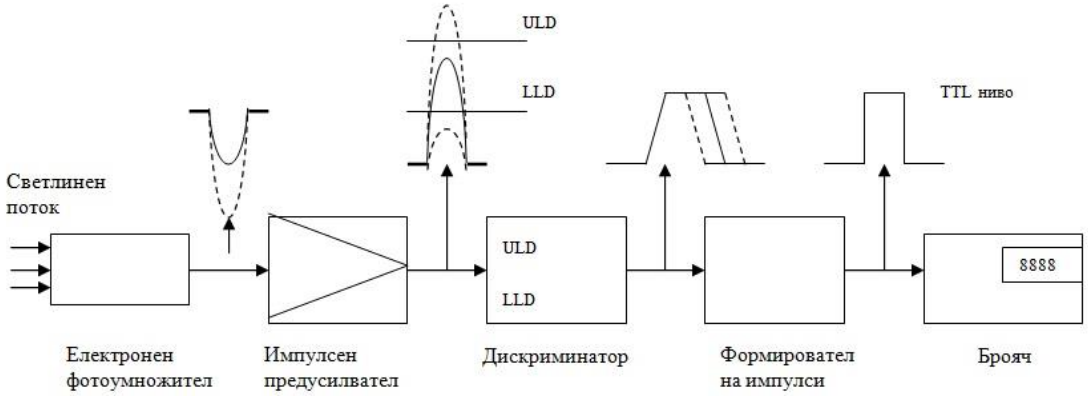
Подобни идеи са имали и авторите на проекта “TWINS-LAD mission” 2005 г.[6]. Тъй като доставката на оптични филтри с много тясна лента на пропускане е много трудна задача, в този проект са изпозвани 2 Лайман алфа детектора (LAD) за измерване на Лайман алфа емисията и спектрофотометър с микроканална пластина (MCP) за измерване на OI 130.4 nm и 135.6 nm. Днес обаче, високотехнологичните фирми проивеждат нови, по-модерни електронни компоненти и оптични устройства, при това на по-ниски цени, които позволяват по-ефективни решения в областта на измервателната техника.

Електронните фотоумножители се използват, за да превърнат светлинния поток в електрически сигнал – ток или напрежение. Когато светлинният поток е много слаб и върху

катода падат единични фотони, в изхода на ФЕУ се получават импулси, отдалечени един от друг. Тогава падащото количество светлина е директно пропорционално на броя на импулсите, получени в изхода на ФЕУ за единица време. Тази техника е известна като Метод на броене на фотони [5].

Един от най-важните параметри на ФЕУ, когато се използва метода за броене на фотони, е квантовата ефективност (QE). Това е вероятността определено количеството фотоелектрони да бъдат емитирани, когато на фотокатода попадне 1 фотон. При положение, че на фотокатода попадне един фотон, числото на емитираните първични фотоелектрони може да бъде само 1 или 0. Тогава квантовата ефективност се отнася за коефициента на средния брой на емитираните фотоелектрони от фотокатода за единица време, към средния брой фотони, попадащи върху фотокатода за същото време.

Амплитудата в изхода на електронния фотоумножител в режим на броене на фотони е извънредно малка. Това изисква усиването на изходния импулс да стане със специален усилвател – импулсен, с голямо усилване и нисък собствен шум. На фиг. 2 е показана блок-схемата за измерване на светлинни потоци с използване метода на броене на импулси.



Фиг. 2. Блок-смема за измерване на слаб светлинен поток по метода на броене на фотони

В края на всеки блок на фиг. 2 са дадени сигналите, които се получават в изхода му. Тъй като сигнала от изхода на електронния фотоумножител е много слаб, той трябва да се усили от импулсен предусилвател. Така усиления импулс се подава на Дискриминатор. Дискриминаторът сравнява входния импулс с две опорни напрежения и ги разпределя на две групи. Едната група импулси е с по-ниска, а другата с по-висока амплитуда от опорните напрежения. Импулсите с по-ниски амплитуди се елиминират от по-ниското референтно ниво на дискриминатора (LLD) и в повечето случаи импулсите с по-високи амплитуди се елиминират от по-високото референтно ниво на дискриминатора (ULD). Импулсите по-ниски от нивото (LLD) трябва да се отстранят, защото те са възникнали в резултат на шум. От компаратора, намиращ се в изхода на Дискриминатора излизат импулси с ниво TTL. Тези импулси допълнително се преобразуват от Формирователя на импулси като правоъгълни, за да бъдат правилно прочетени от брояча.

Изисквания към сензора за измерване на слаби светлинни потоци, използващ метода на броене на импулси

- **Спектрален отклик и квантова ефективност**

Спектралният отклик на електронния фотоумножител трябва максимално да съответства на дължината на вълната на светлинния поток, в случая 121.6 nm, 130.4 nm и 135.6 nm.

Квантовата ефективност трябва да бъде максимално висока, особенно при по-слабите сигнали.

- **Чувствителност на катодното излъчване**

Чувствителността на катодното илъчване влияее върху квантовата ефективност и затова тя трябва да е максимално висока.

- **Ефективност на събирането (CE)**

Тази характеристика е много важна, ако се използва метода на броене на фотони. Колкото величината е по-голяма, толкова е по-малка загубата на сигнал. Ефективността на събирането зависи от формата на фотокатода, динодната структура и разпределението на напрежението между самите диноди.

- **Шум**

В електронния фотоумножител могат да възниктат различни шумове, дори когато той се намира в пълна тъмнина. Могат да се предприемат различни мерки, така че тези шумове да се минимизират.

- **Избор на Електронен фотоумножител**

За първичен преобразовател на светлина в импулси избираме електронния фотоумножител R10825, производство на фирмата Hamamatsu. Той се използва за измервания на ултравиолетова радиация. Електронният фотоумножител R10825 има следните по-важни характеристики:

- Sprectral Response от 115 до 195 nm,
- Maximum Response 130 nm,
- Quantom Efficiency при 121 nm 23,5%,
- Усилване 4x106,
- Anode Dark Current 0.3 nA,
- Operating Temperature from -30 to + 50 oC,

Електронния фотоумножител R10825 отговаря на всички изисквания съгласно посочеените по-горе параметри.

Избор на предусилвател

Усилвателят C5594, производство на фирмата Hamamatsu, е разработен като най-подходящо устройство за усилване на сигнали от електронен фотоумножител, работещ в режим на броене на фотони. Той е от неинвертиращ тип, има усилване от 36 dB или 63 пъти, а широчината на честотната лента е от 50 kHz to 1.5 GHz.

Избор на устройство за броене на фотони

Устройството за броене на фотони C3866, производство на фирмата Hamamatsu е проектирано да преобразува единичните фотонни импулси от електронния фотоумножител в импулси с амплитуда 5 V подходящи за работа с ТТЛ логика. В самото устройство има вградени схеми на усилвател и дискриминатор, формировател на импулси и делител на честота. Изходът на устройството за броене на фотони, което притежава високо съотношение на сигнал/шум може директно да се присъедини към стандартен брояч, работещ с ТТЛ логика.

Захранване

- **Високоволтово захранване**

Устройството C4900-51, производство на фирмата Hamamatsu, представлявава модулен високоволтов блок, предназначен за захранване на електронни фотоумножители. Той осигурява изходно напрежение, променящо се от +200 V до +1250 V и изходящ ток – 0.5 мА.

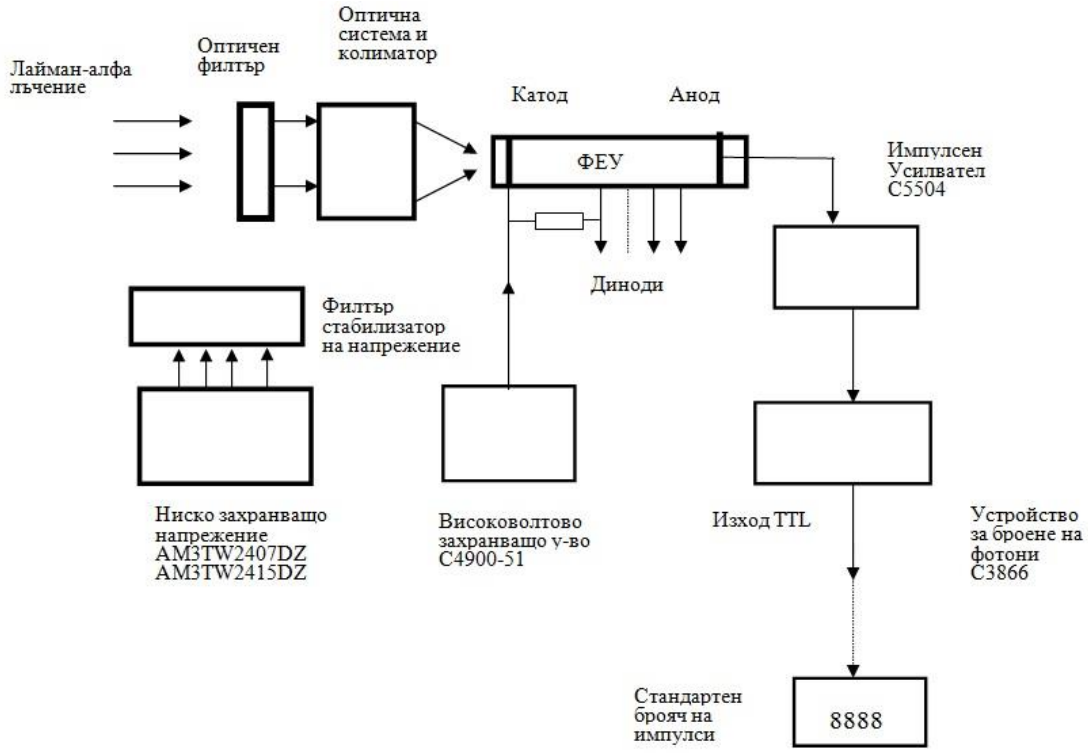
- **Нисковолтово захранване**

Уредът се захранва с напрежение от 28 V, чийто източник е бордовата батерия. Отделните модули се нуждаят от нисковолтово захранване, както следва: +12V / 95 mA, +5.2 V / 150 mA и -5V / 300 mA.

За получаване на тези захранвания се използуват чиповете от типа DC/DC на фирмата AIMTEC. Те преобразоват напрежението от 28 V, чийто източник е бордовата батерия, във вторично, като са избрани чиповете AM3TW2407DZ и AM3TW2415DZ. Чиповете съдържат в корпуса си високочестотни трансформатори с високо изолационно съпротивление, които развързват входното и изходното напрежение.

Разчет на електрическата схема на уреда за измерване на лъчението Lα

Блок схемата за един канал на уреда е показана на фиг. 3.



Фиг. 3. Блок схема на канала за измерване на лъчението Lα

От спектъра в ултравиолетовата част на геокороната знаем, че на височина от около 100 км спектралната линия Lyman alpha е много тясна, а освен това, близо до нея има и други спектрални излъчвания с кореспондиращ интензитет. Поради тази причина Лайман-алфа лъчението влиза в колиматор през оптичен интерференчен филтър с лента на пропускане около 10 nm (FWHM), центрирана приблизително на 120 nm. Колиматорът е направен от почернен алуминий със шестоъгълни клетки материал (порест) с дължина 2.54 см и стъпка на клетката 1.53 мм, определяща почти цилиндрично зрително поле. След това Лайман-алфа лъчението се детектира с електронен фотоумножител (ФЕУ) и се усилва от предусилвател. Същата схема се използва и за другите 2 канала на 130.4 nm и 135.6 nm.

Използването на предусилвател се налага поради ниския изходен сигнал от ФЕУ и съгласуване на импеданса. Изходния сигнал от фотоумножителя в режим на броене на фотони се пресмята по следния начин:

Единичния фотоелектрон, който се емитира от фотокатода има заряд q= 1.6×10^{-19}[C]. Тъй като усилването на ФЕУ е μ = 4×10^6 , анодния изходен заряд се дава от:

(1) $$Q = q \times \mu = 1.6 \times 10^{-19}[C] \times 4 \times 10^6 = 6.4 \times 10^{-13}[C]$$

Ако широчината на изходния импулс на изхода на ФЕУ е t=100 ns тогава за пика на изходния ток Ip се получава:

(2) $$Ip = \frac{q \times \mu}{t} = \frac{6.4 \times 10^{-13}[C]}{100 \times 10^{-9}[s]} = 6.4 \times 10^{-6}[A]$$

Като се вземе в предвид посоката на потока от електрони, получаваме Ip = -6.4×10^{-6} [A].

Ако товарното съпротивление или входният импеданс на прилежащия усилвател е 50 Ω, то входният импулс има пиково напрежение :

(3) $$Vin = Ip \times Rin = -6.4 \times 10^{-6}[A] \times 50[\Omega] = -320 \times 10^{-6}[V]$$

При коефициент на усилване на импулсния предусилвател 30 (максималният е 63), получаваме в изхода му:

(4) $$Vout = -320 \times 10^{-6}[V] \times 30 = -9600 \times 10^{-6}[V] = -9.6[mV]$$

Дискриминаторът в броячното устройство работи с нива на дискриминация от -0,5mV до -16 mV. Изходното напрежение на предусилвателя е -9.6 mV, и се намира точно в необходимия диапазон. От изхода на броящото устроство на фотони излизат формирани импулси с ТТЛ ниво, подходящи като вход на всеки стандартен брояч.

Изходната честота, която се определя от брояча на цифрови импулси, е пропорционална на интензивността на светлинното лъчение.

Заключение

Съвременните технологии дават на разположение на дизайнерите все по-модерни елктронни елементи с нови физически характеристики и нови принципи на работа, което улеснява до голяма степен решаването на трудните задачи в измерителния процес. По този начина става възможно едновременното измерване и на трите емисии, което дава допълнителна информация за протичащите процеси във високата атмосфера. Освен това може да се разбере как заредените частици, магнитните и електрически области си взаимодействат едни с други и как това взаимодействие е промодулирано от външното влияние като например слънчевия вятър и магнитните полета.

Литература:

1. Guineva, V., Witt G., Gumbel J., Khaplanov M., Werner R., Hedin J., Neichev S., Kirov B., Bankov L., Gramatikov P., Tashev V., Popov M., Hauglund K., Hansen G., Ilstad J., Wold H., Lyman-alpha Detector, Designed for Rocket Measurements of the Direct Solar Radiation at 121.5 nm, International Symposium on Recent Observations and Simulations of the Sun-Earth System (ISROSES), Varna, Bulgaria, September 17-22, 2006, Abstracts, p. 50
2. Thrane, E.V., I. Nyberg, B. Narheim, Measurements of the Extinction of Solar Hydrogen Lyman-α in the Mesosphere, Internal Report E-230, Norvegian Defense Research Establishment (FFI), Norway, 1974
3. Thrane, E.V., A. Johannessen, A Measurement of the Extinction of Solar Hydrogen Lyman-alpha Radiation in the Summer Arctic Mesosphere, JATP, v.37, pp. 655–661, 1975
4. Thrane, E.V., B.Grandal, O.Hagen, F.Ugletveit, Measurements of Lyman-α Extinction and Energetic Charged Particle Precipitation during the European Winter Anomaly Campain 1975-76, J.Geophys., v. 44, pp. 99–106, 1977
5. HAMAMATSU “Pfoton counting, using Photomultiplier Tubes.
6. H. U. Nass, J. H. Zoennchen, G. Lay, H. J. Fahr, The TWINS-LAD mission: Observations of terrestrial Lyman alpha – fluxes, Inst. for Astrophysics and Space Research, University of Bonn, Received: 6 December 2005

S E S 2 0 2 0
Sixteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
4 – 6 November 2020, Sofia, Bulgaria

АДВЕКЦИЯ И КОСМОЛОГИЯ - ВРЪЗКИ И ПОСЛЕДИЦИ

Красимира Янкова

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

Ключови думи: *адвекция; космология*

Резюме: *анализираме влиянието на самоиндуцираща адвекция върху преструктурирането на/в многообразието. Целта е да се изучи еволюцията на връзките, които адвекция формира в многообразието и в/към произхождащите от него вторични многообразия. Ние изследваме как нашата адвективна хипотеза се развива в космологичен контекст.*

ADVECTION AND COSMOLOGY - CONNECTIONS AND CONSEQUENCES

Krasimira Yankova

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

Keywords: *advection; cosmology*

Abstract: *We analyse the influence of the self-induced advection, over restructuring on/in the manifold. The aim is to study the evolution of the connections that advection forms in the manifold and in/to the secondary manifolds arising from it. We investigate how our advection hypothesis evolves in a cosmological context.*

Въведение

В процеса на изследване на активни космически обекти установихме по пълен вид адвекция, която работи еднакво добре като механизъм в класическата физика и в релативизма [7, 8]. Адвекцията в режим на самоиндукция има фундаментален характер, другите видове адвекция ще представляват само конкретни граници. Съответно разгърнахме полето на нашите проучвания и разширихме действието на механизма за да проследим възможните типове връзки, които се изграждат в процеса на еволюция на локално и глобално ниво [9, 10].

Дървета многообразия и връзките които адвекцията изгражда в тях и между тях

Как се заражда и реализира фундаментална адвекция в една наистина чисто времева среда е космологичен въпрос свързан с еволюцията и възникването на многообразията. Както посочихме [12] те са основно два типа: първични и вторични.

Първични многообразия възникват през фазов преход в термодинамиката на пространство-време. Когато времева компонента се самопресече и разруши симетрията по време, се ражда инстантон (пространствено-подобно многообразие), който генерира вторични многообразия в процеса си на еволюция (сродни обекти с различна размерност – вторични многообразия).

Необходимо условие за възникване на първично многообразие е то да не се върти, защото времевите измерения не се подчиняват на симетриите за въртене, но това не е ДУ.

Ако многообразието тунелира към “истински“ вакуум, то няма основно пространствено състояние. Тогава това твърдение е възможен кандидат за достатъчно условие, нашето многообразие да е първично.

Вторичните многообразия са резултат от критична нелинейност по някое измерение в първично многообразие. Тогава в първичното многообразие се появява полюс, който е зародиш и формира инстантон [1].

Когато една Вселена се върти това е ДУ да заключим, че принадлежи към вторично многообразие – породена Вселена.

Адвекцията като уравнение на едно-свързаност на многообразието и основен транспортен механизъм вътре и извън него, гарантира че в снабдяването на ново дърво при репродукцията на вселени доминира стабилен пренос на базисни физически качества (предпоставки за достигане на подходящи физически условия за развитие на себе-осъзнат разум, например) от матерното към дъщерното многообразие.

Естествено възниква въпроса в какъв тип многообразие се намира нашата Вселена.

Кратка хронология за развитието на многообразието към което принадлежи нашата собствена Вселена [11, 12]

1планк време – ражда се инстантона ($R_{in} \approx t_{pl} \rightarrow 10^{-43}$s; $R_{in} \equiv R_0$ – началната мащабна функция на многообразието) и се отделя гравитацията. Следва първичен термодинамичен ТД-откат възниква тъмната енергия (ТЕ) като собствена динамика на многообразието.

10^{-35}-10^{-32}s – !къса се пъпната връв с матерна вселена? И отделя се силното взаимодействие, ражда се материята! ражда се и тъмната материя (ТМ): (дуална на светлата, тъмните са частици с нулев спин – интегрална гравитационна сянка на лошо вътрешно отражение между слоевете на стратификацията); – следва вторичен ТД-откат инфлацията [12]. Едно ново изследване в университета „Джон Хопкинс" изказва подобна хипотеза за връзка на инфлацията с ТМ, но там природата (хронологията) на връзката е различна. Техният математически модел допуска, че тъмната материя би могла да е продукт на космическата инфлация [6].

10^{-10}s – появява се χ-бозона с което се случва последното разцепление в силата до момента: отделят се слабото и електро-магнитно ЕМВ.

С оглед на гореизложеното може да се изкаже хипотезата че всяко от тези взаимодействия е отделна каскада в първична ТД-сила съществувала в преходния стадии преди раждането на многообразието:

- Гравитацията е линейна, тя е глобалната скала.
- ЕМВ е квадратично, то е междинната скала.
- Силното взаимодействие е кубично. Когато температурата на адронния газ расте над масата на частиците се раждат нови частици и плътността расте като T^3 .
- Силното и слабото взаимодействия са локални скали. Обаче не е ясно защо слабото взаимодействие не спазва йерархията и е многоизмерно.

Разширението

Като собствена динамика на многообразието ТЕ предоставя две възможни опции на разширение на Вселената:

(1) ако $a = f(\Lambda)$ растяща и монотонна, разширението е експоненциално и ще причини фазов преход който ще доведе до необратими изменения в многообразието или до мигновеното му унищожение "внезапна смърт";

(2) или $a = \text{const}(\Lambda)$ разширението има степенен характер $v_\Lambda \sim v^n$;

като космологична константа [3, 4, 5, 12] обаче определя:

(3) $a_\Lambda \equiv \text{const} \geq 0$, тя е много малка, но е положителна, тогава

(4) $a_\Lambda \approx 0 + O(TE)$ и

(5) $v_\Lambda = v^{2+O_n(TE)}$

разширението е почти параболично с много малка поправка в степента, далеч след десетичната точка.

Заключение

Тази статия е част от нашето теоретично изследване за възникването, потенциала и стабилността на връзките, които механизма на фундаментална адвекция изгражда във многоизмерна среда. Адвекцията показва възможностите за естествен подбор – пренос на качествените характеристики в поредиците възникващи едно от друго многообразия. Тази разработка ще даде поле на по широко приложение на резултатите към повече от едно направления във физиката.

Литература:

1. Belavina, A. M. Polyakova, A. S. Schwartza, Yu. S. Tyupkina, Physics Letters B, Volume 59, Issue 1, Pages 85–87, 1975.
2. Giuseppe Frè P, 2013, Gravity, a Geometrical Course I
3. Peebles, P. J. E. and Ratra B., Cosmology with a time-variable cosmological “constant”, Astrophysical Journ., 325.L17-L20, 1988.
4. Peebles, P. J. E. and Ratra B. The Cosmological Constant and Dark Energy, (2003) https://arxiv.org/abs/astro-ph/0207347
5. Poulin, V., Smith T., Karwal T., Kamionkowski M., Early dark energy can resolve the Hubble tension, 2019, Phys. Rev. Lett. 122, 221301.
6. Tenkanen, T, https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.123.061302, 2019.
7. Yankova, Kr., 2015, Bulgarian Astronomical Journal, Vol. 22, p. 83. http://adsabs.harvard.edu/abs/2015BlgAJ..22...83Y http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56206009300
8. Yankova, Kr., 2016, SSTRI-BAN, Proceedings Eighth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, ISSN 2367–7570, http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2016Sunny/Proceedings2016.pdf
9. Yankova, Kr., Unified model of the AGN, SSTRI-BAN, Proceedings Ninth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, Sunny Beach, Bulgaria, May 30 - June 3, 2017, 77-82, ISSN 2367-7570. http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2017Sunny/Proceedings2017_V3.pdf
10. Yankova, Kr., SSTRI-BAN, Proceedings Tenth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, 2018, ISSN 2367-7570, http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2018Primorsko/Proceedings2018_V2.pdf
11. Yankova, Kr., 2018, Proceedings SES 2018, ISSN 1313-3888, 85–94.
12. Yankova, Kr., 2019, Proceedings SES 2019, ISSN 1313-3888, 62–65.

S E S 2 0 2 0
Sixteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
4 – 6 November 2020, Sofia, Bulgaria

ОПИСАНИЕ НА ОПИТНА УСТАНОВКА С ЦЕЛ ДА СЕ ОПРЕДЕЛИ ПОСОКАТА И СКОРОСТТА НА ДВИЖЕНИЕ НА ЗЕМЯТА В КОСМОСА

Димитър Стойнов, Дилян Стойнов

e-mail: dgstoinov@yahoo.com

Резюме: *Създадена е опитна установка и са проведени експерименти с цел да се определи посоката и скоростта на движение на Земята в космоса. Решена е най-важната задача – с голяма степен на достоверност е установена анизотропия на пространството по отношение скоростта на разпространение на светлинните вълни. Работи се по усъвършенстване на опитната установка, за да се реши и допълнителната задача да се определи и посоката и на движение.*

DESCRIPTION OF EXPERIMENTAL SET UP TO DETERMINE THE DIRECTION AND SPEED OF THE EARTH'S MOVEMENT IN SPACE

Dimiter Stoinov, Dilian Stoynov

e-mail: dgstoinov@yahoo.com

Abstract: *An experimental setup has been and experiments have been carried out to determine the direction and speed of the Earth's motion in space. The most important task has been solved - the anisotropy of space with respect to the speed of light wave propagation has been established with a high degree of reliability. Work is underway to improve the experimental setup in order to solve the additional task of determining the direction of its movement.*

Въведение

През 19 век голям интерес възникнал около въпроса, как движението на Земята влияе на оптичните явления. Основна цел в оптиката на движещите се тела била да се търси абсолютното движение на Земята т.е. нейното движение по отношение на етера [1]. През 1872 година Парижката академия на науките обявява конкурс, чиято тема е да се установи далии разпространението на светлината се влияе от движението на източника или наблюдателя. Наградата е присъдена въпреки, че авторът не е получил искания резултат [2]. През 1881 г. Майкелсон [3] слага началото на серия така наречени Майкелсон-Морли тип експерименти, чиято цел е да се търси има или няма етерен вятър. Този тип експерименти се провеждат от самия него, а също така и от други изследователи [4] в продължение на 100 години (Милър 1922, Кенеди и Торндайк 1926, Есен 1955, Таунс и сътрудници и 1964 и др.)

Специално трябва да се спомене Милър [5], който провежда и повтаря експерименти повече от 20 години. Като пример за титаничните му усилия може да се отбележи, че при един от своите експерименти той използвал интерферометър с тегло 1200 kg, който плувал във вана от живак с тегло 275 kg.

Поради противоречивите тълкувания на някои от резултатите, например тези на Майкелсон и Милър и за да се реши този спор, през 1927 г. в Маунт Вилсон САЩ [6] е проведена специална конференция. Мнозинството на тази конференция решава, че етерен вятър не е открит, а резултатите от опитите им са нулеви. Така започва ерата на релативизма във физиката. Но още от самото начало на възникването на Специалната теория на относителността много учени се съмняват в нея. Спорът продължава и до сега.

Ако читателят се интересува, в [7] може да намери изчерпателна информация за огромен брой експерименти по отношение този въпрос..

Тук даваме описание на опитни установки и експерименти, чиято цел е да се реши този вековен спор, включително такива, с които да се определи посоката и скоростта на Земята в космоса.,

Експерименти с опитна установка на база на електро-оптични модулатори

Според нас най-надеждни опитни установки за търсене на етерен вятър и за определяне посоката и скоростта на движение на Земята в космоса биха били такива с използване на електро-оптични модулатори [8]. Те обаче са дстатъчно скипи и бяха непосилни за нашия бюджет. Още в 2015 г. ние предложихме да бъдат проведени такива експерименти. За съжаление очакванията това наше предложение да бъде подкрепено и те да бъде проведени някъде не се случи. Очевидно все още битува мнението, че експеримент, да се открие етерен вятър, е невъзможен. Ето защо в 2018 г. сами се заехме с тази трудна задача. Успяхме да сглобим приемлива опитна установка. Получихме и насърчителни резултати например очаквана промяна на сигнала при промяна на посоката на антената в пространството, т.е. резултат, който показва, че пространството е анизотропно по отношение на разпространение на светлината. Но възникнаха трудности. Преценихме, че резултатите от тези опити не са достатъчно убедителни. Това е причината те да не бъдат публикувани.

Експерименти на база Мах-Зендер и Майкелсон интерферометри

В началото на 2020 г. се насочихме към по-достъпни за нас интерференчни опитни установки за търсене на етерен вятър. Най-напред успяхме да сглобим опитна установка на база на влакнесто оптичен Майкелсон интерферометър. Тя се състои от лазерен източник на светлина, детектор, оптичен куплер и две Фарадееви огледала свързани с оптични влакна. В случая за източник на светлина и детектор бяха използвани закупените още през 2018 г., такива за експерименти с оптични модулатори.

Опитът беше несполучлив. Поради това, че шумът беше прекалено голям. Виновен за неуспеха се оказа източникът на светлина. Той е с лазерен диод тип Фабри-Перо с малка дължината на кохерентност.

Като следваща стъпка се насочихме към опитна установка на база на влакнесто оптичен Мах-Зендер интерферометът. Предимство в случая беше фактът, че изискванията за дължина на кохерентност тук са по-малки в сравнение с Майкелсон интерферометър.

Опитите и с Мах-Зендер интерферометъра също беше несполучлив. Шумът макар и по-малък в сравнение с този при Майкелсон интерферометъра все още е голям. Стана ясно, че трябва да се използва източник на светлина с по-голяма дължина на кохерентоост, например такъв с DFB лазерен диод (Distributed feedback laser). Този тип източници на светлина обаче са значително по скъпи.

Експерименти на база хибриден Мах-Зендер интерферометър

Успяхме да избегнем употребата на по-скъпия източник на светлина с DFB лазерен диод. Осъшесъществихме работеща опитна установка с Фабри-Перо лазерен диод (Фиг. 1). Нарекохме я хибридна тъй като от една страна тя се основава на интерферометър от първи порядък, какъвто се явява Мах-Зендер интерферометъра, но от друга страна има елемент на интерферометър от втори порядък. Такива са възлите с навити в кръг оптични влакна между двата сплитера, където светлината се движи в две посоки. Очевидно тази комбинация води до снижаване изискването за дължина на кохерентност и се осигуряват условия за достигане на устойчива инрерференция и намаляване на шума.

С цел по-голяма сигурност и да се застраховаме от грешки при експериментите бяха сглобени още две опитни установки (Фиг. 3, Фиг. 4) с различни сплитери, адаптери и пач-корди. В процеса на експериментите бяха сменяни само светлинния източник и измерителя на оптична мощност.

Както може да се види, за осъществяване на този тип опитни установки са необходими 2 броя сплитери (splitters) 1x2, 50:50, PCL с дължина 1 m и SC/APC конектори (connectors), 4 броя SC, 9/125 адаптери (simplex adapters), 2 броя FC/APC - SC/APC, 9/125 пачкорд кабели (simplex patch cord) с дължина 1 m. Двата края на пачкорд кабелите с FC/APC конектори са съединени с лазерния източник на светлина и измерителя на мощност. Препоръча се двата сплитера да бъдат от една и съща партида!

И още нещо важно, което се отнася за измерителя на оптична мощност (Optical Power meter). Сега на пазар се предлагат преди всичко такива уреди с индикация в dBm, т.е. в

логаритмична скала. По рядко са уредите, които имат опция за индикация и в mW. Ние използваме и препоръчаме този тип уреди.



Фиг. 1. Хибриден Мах-Зендер интерферометър № 1



Фиг. 2. Хибриден Мах-Зендер интерферометър № 2



Фиг. 3. Хибриден Мах-Зендер интерферометър № 3

Как се провеждаха елспримептите?

Подобно на експериментите от типа Майкелсон Морли (М-М) тук при търсене на етерен вятър също се използва движението на Земята, с тази разлика, че докато при М-М експерименти се търси движение на опитната установка по отношение годишното и движение по орбита, ние търсим етерен вятър по отношение движението на Земята заедно със Слънцето, т.е. по отношение сумарната и скорост (векторна сума от денонощтно и годишно и движението на Земята плюс скоростта и на движение заедно със Слънцето). Доминиращо е именно движението на Земята заедно със Слънцето. А както се предполага сега, тази сумарната скорост е в границите 400 ÷ 600 км/сек.

Най-прост е случай, когато опитната установка се поставя в хоризонтално положение, с ориентация север-юг, неподвижно, така че при денонощното въртене на Земята проекцията на сумарна скорост по отношение опитната установка да се променя, респективно да се променя скоростта на етерния вятър.

В допълнение беше използвана специална въртяща се стойка, на която се закрепя опитната установка с цел тя да може да заема различни направления в пространството (Фиг. 3). По този начин се създава възможност да се определи посоката на движение на Земята, т.е. екваториалните и коотдинати (деклинация и ректасцензия).

Дилемата Френел-Айнщайн или как да се тълкуват резултатите от експериментите

През 1818 г. при обяснение на звездната аберация Френел [9] извежда следната формула за скоростта на разпространение на светлината в оптичните среди

$$u = u_0 \pm V\left(1-\frac{1}{n^2}\right) \qquad (1)$$

където $u_0 = c/n$ е скорост на разпространение на светлината, ако дадената оптична среда е в покой по отношение на етера (ние изхождане от хипотезата на Френел за неподвижен етер), *c*

е скоростта на светлината във вакуума, *V* е скоростта на средата (Земята) в пространството, а *n* е показател на пречупване

Формула (1) е била потвърдена опитно от Физо [10] и др., включително и от Майкелсон в 1886 г. [11]. Въпреки това, след 1905 г. Айнщайн и неговите последователи се отказват от етера игнорират формулата на Френел и твърдят, че тя се явява, като следствие от преобразованието на Лоренц, докато скоростта на разпространение на светлината е постоянна и не зависи от движението на Земята.

Фактически, ако се изхожда от преобразуванията на Лоренц [12], се достига до следната формула;

(2) $$u_A = \frac{c}{n} \pm V\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) - \frac{V^2}{cn}$$

Както може да се види формулите (1) и (2) са почти идентични. Разликата се състои в допълнителното събираемо в (2), което в някои случаи може да се пренебрегне, например при обяснение на опита на Физо. Но има съществена разлика в тяхното тълкуване. В това се състои именно дилемата Френел – Айнщайн;

- гледната точка на Френел, че формула (1) води до реално изменение на скоростта на разпространение на светлината при движение на дадената оптичната среда.

- гледната точка на релативистите, че формула (2) не води до реално изменение на скоростта на разпространение на светлината, тъй като в този случай възниква противоречие с принципа на относителността на Айнщайн, който гласи, че скоростта на разпространение на светлината в дадена оптична среда, в покой и при праволинейно равномерно движение, трябва да е еднаква във всички направления.

Следователно при тълкуване резултатите от експериментите следва, че ако в течение на денонощието при въртене на Земята, т.е. при промяна посоката на интерферометъра в пространството измерваният сигнал се изменя, истината е на страната на Френел и обратно, ако измерваният сигнал не се променя истината е на страната на Айнщайн.

Накрая трябва да се отбележи, че при изчисление на нашите опитни установки ние използваме формулата на Френел.

Резултати при опитна установка с хибриден Мах-Зендер интерферометър

Първите експерименти с интерферометър № 1 бяха проведени в края на месец Юни 2020 г. Оказа се, че в продължение на едно денонощие границитте, в които се изменя оптична мощност са между 14 и 70 μW , т.е. в отношение около 5 пъти.

Експериментите с интерферометър № 2 бяха проведени около 10 Юли. Границите, в които се изменя оптична мощност тук са между 14 и 50 μW , т.е. в отношение около 3,5 пъти.



Фото 1. 30 юни 2020 9:12



Фото 2. 30 юни 2020 9:26 AM



Фото 3. 30 юни 2020 10:04 AM

Експериментите с интерферометър № 3 бяха проведени около 10 Октомври. Границите, в които се изменя оптична мощност бяха между 20 и 50 μW , т.е. в отношение около 2,5 пъти. За разлика от експериментите с опитни установки № 1 и № 2, при които те бяха разположени в хоризонтална равнина, в този случай интерферометъра № 3 беше закрепен на вртяща се стойка (космически компас) с цел да заема различни направления в пространството (Фиг. 5). Отчетените резултати в този случай се отнасят за движение на опитната установка в равнина успоредна на екваториалната равнина. Шумът тук се оказа най-малък.

Някои от резултатите отчетени на 30 Юни с интерферометър № 1 са показани на фотосите 1 – 3.

Заснети са и голям брой видеоклипа в различни дни и различни часове на денонощието. Установено е – при денонощното въртене на Земята измерваният сигнал се изменя непрекъснато.

Изводи

От проведените експерименти с голяма степен на достоверност е установено, че при промяна на посоката на интерферометра, т.е. при промяна на скоростта, с която той се движи в пространството измервания сигнал се променя. Изводът е, че пространството е анизотропно по отношение на скоростта на разпространение на светлината.

Следователно - истината е на страната на Френел: Има абсолютна отправна система! Има етерен вятър! Специалната теория на относителност е грешна.

Заключение

Вече 150 години хората се питат как се движи Земята в космоса. Има или няма етерен вятър. Но повече от 100 години в една от основополагащите теории на съвременната физика, каквато е Специалната теория на относителност (СТО) се твърди, че механичен етер няма, че движение на Земята по отношение на етера не може да бъде открито, че абсолютна отправна система не съществува. Истина ли е това твърдение?. Още от самото начало на възникването и много учени се съмняват в твърдения на СТО. Спорът продължава и до сега. Според нас този спор най-ясно се изразява в дилемата Френел-Айнщайн (виж по-горе). Една срещу друга стоят две почти еднакви формули (1) на Френел и (2) на последователите на Айнщайн, но с различно тълкуване.

- гледната точка на Френел, че формула (1) води до реално изменение на скоростта на разпространение на светлината при движение на дадената оптичната среда през етера.
- гледната точка на СТО, че формула (2) не води до реално изменение на скоростта на разпространение на светлината в дадената оптична среда.

В резултат на проведените експерименти е решена най важната задача. С голяма степен на достоверност е установено, че истината е на страната на Френел: Има абсолютна отправна система! Има етерен вятър! Специалната теория на относителност е грешна!

Не е решена допълнителната задача да се определи посоката и скороста, с която Земята се движи в космоса. Тя може да се реши след усъвършенстване на опитните установки, например при използване на източници на светлина с DFB лазерен диод и аналогови уреди за

измерване на оптична мощност. Пътят е открит. Астрономите ще имат абсолютна отправна система и уреди, с които да определят тази скорост.

С хибридния Мах-Зендер интерферометър може да се решава единствено най-важната задача, т.е. дилемата Френел - Айнщайн. Неговивите предимства се състоят в това, че е много прост и може лесно да се осъществи дори в домашни условия. Компонентите му са широко достъпни и евтини. Заедно с комплекта светлинен източник с Фабри-Перо лазерен диод и измерителя на оптична мощност той може да се реализира за не повече от 300 лв. Всеки, който се интересува, дори със скромни технически умения, било последовател на Айншайн или дисидент може сам да установи, на коя страна е истината.

Литература:

1. Франкфурт, У. И., Оптика движущихся сред и специяльная теория относительности. Стр 1, Айнштейновский сборник 1977. “Наука” Москва (1980)
2. Fizeau, H., Grand Prix des Sciences Mathematiques. – C. r., 1874, 79, p. 1534
3. Michelson, A. The relative motion of the Earth and the luminieterous aether. Amer. J. Phys.,1881, 22, p. 120–129
4. Франкфурт, У. И., Френк А.М., Оптика движущихся тел. Стр 77, “Наука” Москвя, (1972)
5. Miller, D. Ether-drift experiments at Mount Wilson. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1925, 11, p. 306–314
6. Conference on the Michelson-Morley experiments. Astrophys. J., 1928, 68, p. 341-402
7. Roberts, T., Siegmar S.,
http://math.ucr.edu/home/baez/physics/Relativity/SR/experiments.html#Experiments_not_consistent_ith_SR
8. Stoinov, D., A New Experiment to Determine the Galaxy Speed of Earth in Space. Aerospace Research in Bulgaria, 27 Sofia, (2015)
9. Fresnel, O., „Sur l’influence du mouvement terrestre dans quelques phenomenes d’optique” An Chim. et phys., 9, 57 (1818).
10. Fizeau, H., Grand Prix des Sciences Mathematiques. C. r., 1874, 79, p. 1534
11. Michelson, A. A., “Influence of motion of the medium on the velocity of light “. Amer. J. Sci., 1886, 31 (3), p. 337-386
12. Угаров, В..А., Специальная теория относительности, „Наука” Москва, Стр. 92 (1977)

ПРАИСТОРИЧЕСКИ КАЛЕНДАРНИ ЗАПИСИ В ПЕЩЕРИТЕ МАГУРА И БАЙЛОВО

Мина Спасова[1], Алексей Стоев[2], Пенка Стоева[2]

[1]Институт по философия и социология – Българска академия на науките
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: mina.stoeva@gmail.com, stoev52@abv.bg, penm@abv.bg

Ключови думи: *праисторически календар, монохромни* рисунки*, астрономически символи*

Резюме: *В България са проучени две големи находища на праисторически монохромни рисунки - в пещерата Магура, община Белоградчик и в пещера № 2961 край село Байлово, Софийска област. Богатият списък от пещерни рисунки включва антропоморфни и зооморфни изображения, митологични сюжети, ритуални сцени, математически, астрономически и календарни символи, пиктографски записи. Пещерната монохромна живопис и в двете находища си кореспондира семантично, композиционно и структурно. Документацията и чертежите са направена в периода 1988 - 1994 г. чрез изработване на естампажи и мащабна фотография на всички изображения в двете пещери, с помощта на мултиспектрални филтри. Оценяват се и интервалите от време, отразени в пещерната монохромна живопис, свързани с положението на небесните тела, дневното и годишното движение на Земята, редките астрономически явления и др. Направен е опит да се определят хронологичните граници на съществуването на монохромната живопис, както и практическата ѝ връзка със стопанските сезони, културните церемонии и ежедневието на обществото в праисторическата епоха.*

PREHISTORIC CALENDAR RECORDS IN THE MAGURA AND BAYLOVO CAVES

Mina Spasova[1] , Alexey Stoev[2], Penka Stoeva[2]

[1]Institute of Philosophy and Sociology – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: mina.stoeva@gmail.com, stoev52@abv.bg, penm@abv.bg

Key words: *prehistoric calendar, monochrome paintings, astronomical symbols*

Abstract: *In Bulgaria, two large deposits of prehistoric monochrome paintings have been studied so far - in Magura Cave, Belogradchik Municipality and in Cave № 2961 near the village of Baylovo, Sofia region. The rich corpus of cave paintings includes anthropomorphic and zoomorphic images, mythological plots, ritual scenes, mathematical, astronomical and calendar symbols, pictographic records. The cave monochrome painting in both localities corresponds semantically, compositionally and structurally. The documentation of the drawings was made in the period 1988 - 1994 by making stamps and large-scale photography of all images in the two caves, using multispectral filters. The time intervals reflected in the cave monochrome painting, related to the position of the celestial bodies, the diurnal and annual movement of the Earth, rare astronomical phenomena, etc. are also evaluated. An attempt has been made to determine the chronological boundaries of existence of the monochrome painting, as well as its practical connection with the economic seasons, cult ceremonies and everyday life of society in the prehistoric era.*

Въведение

Времето е една от най-универсалните категории за всяка култура и се отнася към най-важните елементи на общите представи за света. Категорията време, заедно с такива категории на човешкото съзнание като пространство, причина, число и др. се отнася към основния семантичен „инвентар” на астрономията в културата на праисторическите общества. Ето защо е очевидно, че изследването на разбирането за време и неговото измерване

позволява да се приближим към най-пълното разбиране на особеностите на най-ранните цивилизации. Още повече, че измерването на времето на определен етап от общественото развитие и заедно с това създаването на календара е една от най-важните сфери на дейностти в архаическите общества. Времето може да бъде представено още като физическо, индивидуално и колективно (историческо). Физическото време се явява предмет на изучаване от физическата наука, която изучава безкрайно дълги периоди от време, включително и това, което отстои до момента на раждането на Вселената. Индивидуалното време има релации с биологията и физиологията. Колективното време включва в себе си календарни, политически и религиозни аспекти. В праисторията съществува и обобщето време (включващо митологични, исторически и индивидуални вектори) и календарно мреме, включващо години, сезони, месеци, седмици и дни като времени периоди. Понякога в културата на праисторическите общества се говори за циклично и линейно време. При тях, цикличния образ на времето е основан на повтаряемостта на едни ли други природни явления (сезони, изгреви, залези, кулминации и др.), а линейното – на събития, които не се повтарят в „света на човека" [1].

Терминът „календар" е възникнал от ланитския термин „календи" (calendae), които е свързан с първия ден на месеца в системата за времеизмерване в Древен Рим. Съществуват дузина дефиниции за календар, но според нас най-подходяща за анализ и разбиране на времето в древните цивилизации е следната: „Календара е способ за пресмятане на времето, основан на последователни периодични събития в природата и служещ за подреждане на човешките възприятия за тези събития". За част от праисторическите общества, които на определен етап не използват писменост, се наблюдава достигането на високи технологични нива на развитие, включително и използването на броячи на времето и календари. За тези, достигнали до използването на писменост, но в същото време различно развити като общочовешка култура и религия, са се оформили различни представи за времето, различни системи на времеизмерване и календари.

Астрономия и календар на древния свят

Астрономическата дейност и знания в най-ранните цивилизации - в Месопотамия, Египет, Китай, Индия; в цивилизациите на американските индианци както знаем са изключително древни. В този смисъл, организацията и целите на астрономическите дейности в праисторията представляват интерес за историята на астрономията и археоастрономията. Най-древните исторически документи (започвайки от 3-то хилядолетие пр. н. е.) се отнасят до Месопотамия, Египет и Китай. Астрономическата дейност във всички тези региони очевидно има приложен и култов характер [2].

Тя е била дейност, развивана предимно в двора на владетеля. В първите два региона и сред маите водещата роля е била на свещениците-астрономи, под чийто надзор са работели наблюдатели и писари, а храмовете са служили като астрономически наблюдателни площадки. В Китай тези задачи се изпълняват от придворни астрономи-чиновници, като през 1 хилядолетие пр. н. е. са били създадени специални астрономически институции. Тяхната основна задача е била да се определят промените в положението на движещите се по небето светила като Слънцето, Луната, планетите спрямо звездите. Особено внимание е било обърнато на най-ярката планета Венера, главно сред шумерите и във Вавилон, както и сред маите. Шумерите още през 3 хилядолетие пр. н. е. установават, че често наблюдаваната като утринна и вечерна ярка звезда са една и съща планета. На тази основа са били направени подходящи прогнози относно икономически дейности и събития в обществено-икономическия живот на държавата, както и на управляващите [3]. Във Вавилон и Китай, очевидно и сред маите, първостепенно значение се придавало на службата за наблюдения и предсказване на лунни и слънчеви затъмнения (според някои съвременни анализи и публикации, най-ранното наблюдение на лунното затъмнение от астрономите на маите датира от 16. 02. 3379 г. пр. н. е.). В Китай са били предсказвани и наблюдавани предимно слънчеви затъмнения, като предсказванията за тях се извършват още от 3 хил. пр. н. е., а във Вавилон - систематично от 763 г. пр. н. е.).

Измерване на времето и Календари

С оглед на ранното откриване на несъизмеримостта на две очевидни астрономически времеви единици - слънчевата година и лунния месец - една от основните задачи на приложната астрономия във всички региони в праисторията е търсенето на методи за хармонизиране на лунния и слънчевия календар (съвпадение на началото на слънчевата година и началото на първия месец от по-късия лунен години, чрез вмъкване на 13-ия месец) и по този начин, подобряване на комбинирания лунно-слънчев календар.

В Египет, наред с използването на лунния календар в астрономията свързана с култа, още през 3 хил. пр. Хр. е била разпределена сотичната слънчева (или по-скоро звездно-слънчевата) година - началото на която е определяно от първия хелиакален изгрев на най-ярката звезда в северното небе наречена Сотис (гръцкото й име е Сириус). И тъй като това служи като сигнал за наближаващия разлив на Нил и началото на селскостопанските работи, това събитие е определяло началото на календара. В същото време съществувал граждански чисто слънчев календар с цяло число дни в годината (365) и 12 30-дневни месеца, без допълнителни интеркаларни дни. Всеки месец е бил разделен на три 10-дневни периода (реликт от ранното изобретяване на десетичната система за броене). Началото на сотическата година в този календар се движел във времето постепенно през всички месеци в рамките на слънчевата година. С течение на времето египетските жреци - астрономи обърнали внимание на факта, че четири сотични години (по същество слънчеви, по 365,25 дни всяка), правят точно 1460 дни, който период е равен на същия брой (1461) граждански слънчеви години с включените в тях интеркаларни денонощия. В последствие е установен „сотически период“ за въвеждането на най-древната сотическа година (когато хелиакалният изгрев на Сириус е ставал на първия ден от първия месец на гражданския календар) – около 3 хил. пр. н. е.

В процеса на усъвършенстване на лунно-слънчевия календар е бил открит най-удобният 19-годишен луно-слънчев цикъл на периодични вмъквания на 13-и месец, за да се стигне до съвпадение (на всеки 19 години) на началото на годината едновременно в слънчевия и лунния календар. Този цикъл е открит и използван и от астрономите през 595 г. пр. н. е. в Китай, а след това и през 499 г. пр. н. е. - във Вавилон. Интересно е, че той е бил преоткрит през 433 г. пр. н. е. от Метон в Гърция, с чието име цикълът влиза в историята и достига до днес – т. н. Метонов цикъл.

Деление на денонощието и седмицата

Приликата и разликата при разделяне на денонощието и седмицата се е проявило в най-древното деление на денонощието. В Египет то е разделено на 24 часа (по 10 часа за светлина и тъмнина и два часа за полумрак сутрин и вечер), във Вавилон и Китай - на 12 двойни часа. Продължителността на часа първоначално зависи от климатичния сезон, а по-късно е въведен единен "равноденствен" час. В цивилния живот на Вавилон денят и нощта са били разделени на трима "стражи", с по-нататъшното им разделяне на половинки и четвъртинки.

Най-старото и често срещано за всички гореизброени региони е било въвеждането на седемдневна (синхронизирана с движенията на Луната и лунните фази) седмица, като правило, с имената на дните според движещите се светила - Слънцето, Луната и петте планети. Преброяването по изгрева на „звездите на времето“ и чисто конвенционалното наименование на дните от седмицата постепенно придобива мистично значение - възприемането на звездите и планетите като покровители на човека, определящи съдбата му в зависимост от изгрева и разположението на звездите в часа на раждането му (оттук възниква и хороскопът, буквално - „наблюдател на часът [на раждане]”, от гръцки).

Така постепенно се ражда математическата или изчислителната астрономия, която възниква през I-во хилядолетие пр. н. е. Във Вавилон тя се основава на ранното развитие на изчислителната математика – наречена още аритметика. В Египет, където (както впрочем и във Вавилон), в допълнение към аритметиката, се развива практическата геометрия, те заедно се превръщат в основа на математиката. Това отчасти се проявява в астрономическата ориентация на египетските пирамиди. От друга страна, за да се опише неравномерното движение на Слънцето и Луната във Вавилон, е измислена „линейна зигзагообразна функция“ [5]. С нейна помощ промяната в скоростта на движение на звезда по небето е изобразена като стъпаловидна графика, базирана на аритметична прогресия - с възходящи и низходящи клонове на графиката. В същото време в Индия още през II хил. пр. н. е. (в религиозно-философските космогонични химни Ригведа) и в Китай през I хилядолетие пр. н. е. се появили тенденции за заместване на антропоморфните образи в космогоничните конструкции с по-абстрактни образи на сили и състояния на материята и пространството. В това направление се усложнявала и идеята за развитието на всичко като борба на противоположностите. Особено значимо е било въвеждането от индийските натурфилософи на концепцията за първоначалната неразделена материя - „авякта“ и материализирана материя, която се оформи в конкретните неща – обикновенно телата от наблюдавания свят - „вякта“. В Китай вече през VII век. пр. н. е. идеята за съществуването на „набор“ от сдвоени елементи на материалния свят - „ци“: активни - „ян-ци“ и инертни, пасивни - „ин-ци“, както и други подобни двойки. Както вече споменахме, основната особенност на древната китайска наблюдателна астрономия е била регистрацията на всички небесни явления, както периодични (затъмнителни явления), така и нестационарни

(нови звезди, комети, звездни дъждове, метеорити. Най-ранното от тях е регистрирано през 3000 г. пр. н. е. [5].

Праисторически календари на територията на България

По време на Неолита и особено на Халколита в различни места от Балканския полуостров наред със смесената система на смислообразуване, се оформят и същински писмени системи от знаци, съставени от идеограми, а не от букви. Те са по-трудни за разбиране, тъй като биха могли да съдържат и голямо количество условни знаци [6]. Семиотичната система на халколита е изградена от изображения, символи, знаци и смислово значими форми, съчетани по най-разнообразен начин в „идеограмни текстове“ от художествен тип. Тези „текстове“ не се състоят от точно определени понятия, които могат да бъдат сведени до думи, а от идеи, които съставят сложни, включително и мирогледни представи. Анализът на образния език на неолитната и халколитната култури изисква да се намерят смисълът и взаимовръзката между различните му съставящи. Това най-вече се отнася до запазените до наши дни идеограмни фризове от монохромна живопис в няколко български пещери, част от които имат недвусмислен календарен характер. Представените в тях астрономически явления и обекти указват са систематични наблюдения на Слънцето, Луната, ярки звезди и служат като репери в тогавашната система за времеизмерване.

Едно от тях е скалното светилище до с. Байлово, Софийско. Светилището се намира на 5 км от селото по долината на р. Смолска. Представлява бигорен масив с образувани в него 4 плитки пещери и площадка за наблюдения, обработена върху най-високата точка на масива. Масивът доминира над околния терен и от това място удобно могат да се наблюдават лунните изгреви и залези. Древни послания са запазени в една от четирите пещери край Байлово. В нея всички вътрешни повърхности - от тавана до пода, са запълнени с изображения на различни фази на Луната. Някои от тях са частично запечатани от дебелата калцитна кора на пода. Това позволява на изследователите да определят възрастта на използването на байловските пещери, като са приложени прецизни физическо-химически методи за анализ на възрастта на калцитната кора. Така те са успяли да датират с голяма точност самия паметник, който според тях е съществувал още през VI – V хил. пр. Хр. Освен това, анализа на лунните изображения и по-късно нанесените върху тях монохромни рисунки (календарен фриз) показват еволюцията на календара от лунен, през лунно-слънчев към слънчев [7].



Фиг. 1. Скални изображения на Луната и лунни фази по стените на една от пещерите на територията на пещерния комплекс край село Байлово



Фиг. 2. „Антропоморфно” слънце, направено с прилепно гуано, което е част от календарния фриз в пещера № 2961от същия пещерен комплекс край село Байлово

По стените на две от пещерите и върху 5 скални откоса са регистрирани общо 236 отделни изображения на последователните изменения на лунния диск. Те са изпълнени в три техники - контурни, вкопани и барелефни и са с диаметър от 24 до 88 см (Фиг.1). Много от изображенията са свързани в групи и представляват графични регистрации на определени времеви интервали. Вероятно наблюденията и записите на лунните фази тук са били извършвани в продължение на около 350 години. В пещера № 2961 от същия скално – пещерен комплекс, върху лунните изображения в по-късен период е бил нанесен фриз - монохромна живопис, рисувана с гуано и отпечатъци от пръсти, направени с лилава минерална боя. Фризът започна с решетка – календар, след който следват изображения на итифалически мъжки

фигури, танцуващи жени, животни, дървета, соларни знаци и пр. (Фиг.2), които представят един общ разказ за последователно изпълнявани ритуали в продължение на една календарна година, като в тях се съдържа и времетраенето на отделни климатични сезони, вегетационни цикли, времето между отделни културни празници и др.. Направените изчисления показват, че годината е съдържала 365 дни разположени в 73 малки седмици. Пещерната живопис – календар кореспондира смислово, композиционно и стрктурно с рисунките от пещерата Магура, датирани през ранна бронзова епоха. Хронологически периода на създаване на календарния фриз е оценен чрез археоастрономически анализ в ранна до средна бронзова епоха (III - II хил. пр. Хр).

Друга оригинална находка на енеолитно образно писмо с определено съдържание (включително астрономически изображения и календар) на територията на България се намира в пещерата Магура край с. Рабиша, Община Белоградчик. В нея са открити енеолитни монохромни рисунки по стените и тавана на една от пещерните галерии [8]. Те са уникално творение на човека от праисторическата епоха**,** и са оригинални за Югоизточна Европа. Рисунките са правени през различни исторически периоди, като максималнотото количество е направено в епохата на енеолита, някои са рисувани до края на бронзова епоха, останалите – до края на желязната епоха.

Композиционната структура на рисунките съдържа 1031 на брой рисунки, които се разпределят в осем групи, сред които има 55 женски, 23 мъжки, 11 животински фигури и 16 знака. Сцените са посветени на култа към плодородието, а знаците представляват символи, свързани с магическите обреди, които обитателите на пещерата изпълнявали, за да измолят помощ от божествата в трудната борба за оцеляване. Рисунките са изпълнени със светлокафява охра и прилепно гуано и са от различни периоди - неолит, енеолит (максималното количество рисунки), бронзова и късно бронзова епоха. При семантичния анализ на действията описани чрез рисунките, сме приели те да се четат от дясно на ляво (виж прочита на рисунките в пещера № 2961 от Байлово). Това създава възможност да се сравняват символите и да бъдат подредени небесни обекти и явления, човешки културни действия, предмети и инструменти, логически свързани в общо повествование. Анализа показва, че повече от 95% от рисунките имат символен характер, като понякога една или няколко от тях има/т двойно значение [9]. В този смисъл, изкуството на енеолита се различава от това на палеолита със своите по-абстрактни характеристики. То не е така жизнено като предшестващото го, формите не са толкова натуралистични, а са предимно условни. Въпреки това, то се характеризира с абстрактна и условна красота и има изключително разнообразие. Образите в него придобиват символично значение и се разчитат като знаци. Понякога, някои от нарисуваните символи могат да се прочетат по няколко начина. Известна част от символите се използват често и в различна комбинация един с друг, като променят изразната си сила и посока на действие (Janson, J., 2011). Това показва наличието на абстрактно мислене у авторите на рисунките, което им позволява да записват различни познания, включително и не много сложни философски концепции [10].

Енеолитен слънчев календар

В досегашните ни изследвания е показано, че рисунките отразяват ритуали, свързани с плодородието, културни практики в точно определени моменти от годината, които са фиксирани по време от добре структуриран слънчев календар. При анализът на т. н. „слънчева група“ рисунки, с поредица от астрономически и календарни символи (Фиг.3), са открити данни за наличието на слънчев календар [11]. Композиционната група е изрисувана в т. н. Слънчева зала на пещерата, една от най-голямите по обем и площ на стените. Използвайки функционална схема за разделяне на общата група рисунки на слоеве, е структуриран календар в границите на тропическата (слънчева) година. Постепенния им прочит и натрупването на наблюдателни данни в календара, ги свързва с екстремни позиции на Слънцето (слънцестояния и равноденствия) по време на изгрев, залез и кулминации. Открита е връзка между броя на радиалните лъчи в антропоморфното „Слънце” и разгънатата и сегментирана лента, разположена в съседната, ляво разположена композиционна група (Фиг.4). Открита е геометрична особеност на лентата, която се състои в затвореност в нейният десен край и отвореност в левия й край. Това позволява да повторим прочита от „слънчевата сцена” в посока от дясно на ляво. При направеното предположение, че продължителността на един сегмент е един сидеричен месец (27 денонощия), се получава отново повторение в продължителността на годината от 13,5 сидерични месеца, прекъснати по време на зимното слънцестоене. Лентата на месеците в рамките на тропическата година е отворена от ляво, което можем да бъде интерпретирано като връзка с по-долу лежащите символни знаци в композицията [11].



Фиг. 3. Рисунки „Слънчева група“, с поредица от астрономически и календарни символи от галерията с рисунките в пещерата Магура край село Рабиша и композиционната група вляво от нея с геометрична лента на месеците, свързани с продължителността на тропическата година

Прочитът на календара започва от първата група рисунки, съставена от централното Слънце и символите на четирите годишни времена, чието начало е свързано със равноденствията и слънцестоянията. Впоследствие, идеята за годишните сезони се развива в следващи по-малки времеви интервали – месеци. Следващата група включва изображения с шахматна структура, символизиращи продължителността на сидеричния период на Луната – 27 денонощия. В календара са включени символи за аритметични и логически операции (включително събиране, изваждане, умножение по 2, повторение, логически действия за ход напред/назад, разбиране за цялост, действия за пресмятане на продължителността на годината в брой дни – 365). Освен това, в записите се открива, че един символ има множество концептуални значения (принципът „минимум символи – максимум информация). В третата група антропоморфното Слънце със специфична лъчева структура. Символът е кръгъл, което значи циклична повтаряемост, като 13-те лъча са интерпретирани като 13 лунни месеца – период близък до общия брой на дните в слънчевата тропическа година ~ 13,5 сидерични месеца. Този определен графично цикъл с 13 периода, след това многократно може да се повторя. При анализа се открива интересен факт, свързан с взаимната заменяемост на Земята и Луната, които в рисунките понякога се изобразяват по един и същ начин. При въвеждането на специфичен логически знак за втори, трети и т. н. прочит, се показва другото небесно тяло. При този подход, системата Земя – Луна се проявява единствено в своята цялост. Най-вероятно, целия ред на символи на Земята и Луната са различни степени на стилизация на образа на Великата Богиня – Майка.

Литература:

1. Авени, Э., Империи времени: Календари, часы, культуры. Киев: "София", 1998., 382
2. Щеглов, П. В., Мифы о Земле, отраженные в небе. М .: Наука, 1996. 3-е изд.
3. Куртик, Г. Е., Космология Древней Месопотамии., Исследования по истории физики и механики., М., 1999. С. 60–75.
4. Janson, J., History of Art: The Western Tradition, Prentice hall., London, 2011г.
5. Ван дер Варден, Б., Пробуждающая наука. II Рождение астрономии / Пер. с англ. Г. Е. Куртка. Под ред. А. А. Гурштейн. М .: Наука, 1991.
6. Тодорова, Х., Каменно-медната епоха в България, София, 1986, с. 202.
7. Stoev, A., Muglova P., “Moonarium” in the Caves near the village of Bailovo – Art Gallery devoted to the Moon God or Moon Callendar. – European Conference on Speleology, Belgique, 1992.
8. Stoychev, T., 1994, Eneolithic images from the Magura cave, Bulgaria, Yearbook of the Department of Archeology - New Bulgarian University, Vol. 1, pp. 307–319.
9. Герасимова-Томова, В., Стойчев Т., Стоев А., Астрономическа символика при наскалната пещерна живопис. – Интердисциплинарни изследвания, XVIII, София, 1991., 203–213.
10. Maglova, P., Stoev A., Stoeva M., 1997, Research on drowings representing celestial phenomena and cosmological elements from cave sanctuary from the Neolithic.- Proceedings of the 12-th International Congres of Speleology, Switzeland, vol. 3, p. 95–96.
11. Maglova, P., Stoev A. and Spasova, M.2018, Eneolithic solar calendar in the Magura cave near the village of Rabisha, Belogradchik municipality, Bulgaria, Synopsis of scientific contributions 26th Annual meeting of the European Society for Astronomy in Culture (SEAC), August 27 - September 1, 2018, Graz, Austria, Sonja Draxler & Max E. Lippitsch Editors, pp. 200–202.

Session 2

Aerospace Technologies and Biotechnologies

Chairman: Corr. Member Petar Getsov
Secretary: Assoc. Prof. Zoya Hubenova

ВЛИЯНИЕ НА ИЗБОРА НА ПАРАМЕТРИ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ МНОГОРОТОРНИ БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ ВЪРХУ ОСНОВНИТЕ ИМ ЛЕТАТЕЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Димо Зафиров[1], Ванг Бо[2], Петър Гецов[1]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Нингбо Технологичен Институт
e-mail: zafirov@space.bas.bg; bo305@hotmail.com; getsovp@mail.space.bas.bg

Ключови думи: *параметри, многороторни безпилотни летателни апарати, летателни характеристики*

Резюме: *Разгледан е алгоритъм за определяне на параметрите при концептуалното проектиране на електрически многороторни безпилотни летателни апарати при зададени основни летателни характеристики*

IMPACT OF THE CHOICE OF PARAMETERS ON AN ELECTRIC MULTI-ROTOR UNMANNED AERIAL VEHICLES ON THEIR MAIN FLIGHT CHARACTERISTICS

Dimo Zafirov[1], Wang Bo[2], Petar Getsov[1]

[1]Institute for Space Research and Technology – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Ningbo University of Technology
e-mail: zafirov@space.bas.bg; getsovp@mail.space.bas.bg

Keywords*: parameters, multi - rotor unmanned aerial vehicles, flight characteristics*

Abstract: *An algorithm for determining the parameters in the conceptual design of electric multi-rotor unmanned aerial vehicles with given their main flight characteristics is considered*

Свидетели сме на бързото развитие на електрическите многороторни летателни апарати (еБЛА) и използването им в различни области на икономиката [1, 2]. В повечето случаи не се използват стандартни решения, а се налага да се изпълняват специализирани поръчки със съответно проектиране.

При концептуалното проектиране на електрически многороторни летателни апарати (еБЛА) се определят основните им параметри, в зависимост от изискваните в Началното задание характеристики [3]. Често, по различни причини, това не могат да бъдат оптимални параметри и затова се приемат рационални параметри, които гарантират най-добри летателни характеристики.

Концептуалният математически модел на еБЛА дава зависимостите на летателните му характеристики от основните параметри [3, 4]:

(1) $$\boldsymbol{m} = \boldsymbol{m_b} + \boldsymbol{m_{bat}} + \boldsymbol{m_e} + \boldsymbol{m_p} + \boldsymbol{m_a} + \boldsymbol{m_{ae}} + \boldsymbol{m_{pl}}$$

(2) $$\bar{\boldsymbol{m}}_{\boldsymbol{b}} + \bar{\boldsymbol{m}}_{\boldsymbol{bat}} + \bar{\boldsymbol{m}}_{\boldsymbol{e}} + \bar{\boldsymbol{m}}_{\boldsymbol{p}} + \bar{\boldsymbol{m}}_{\boldsymbol{a}} + \bar{\boldsymbol{m}}_{\boldsymbol{ae}} + \bar{\boldsymbol{m}}_{\boldsymbol{pl}} = \mathbf{1}$$

(3) $$\boldsymbol{m} = \boldsymbol{m_{pl}}/\bar{\boldsymbol{m}}_{\boldsymbol{pl}}$$

(4) $$\boldsymbol{T} = \boldsymbol{gm}$$

(5) $$\boldsymbol{P = \frac{T}{\bar{T}_{prop}}}$$

(6) $$\boldsymbol{E_n = Pt_h}$$

(7) $$\boldsymbol{E_a = \bar{E}_{bat} m}$$

(8) $$\boldsymbol{E_n \geq 1,04 E_a}$$

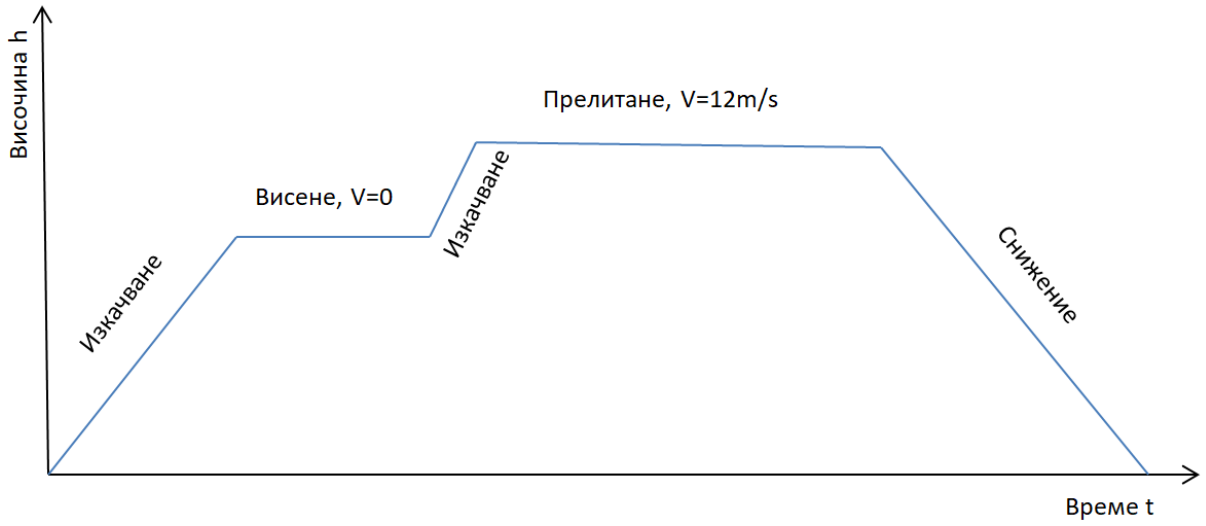
(9) $$\boldsymbol{m_{bat} = \frac{E_n}{\bar{E}_{bat}}}$$

(10) $$\boldsymbol{m_a \leq m - m_{bat} - m_{pl} = m_b + m_e + m_p + m_a + m_{ae}}\text{ ,}$$

където:
$\boldsymbol{m_{pl}}$ – маса на полезния товар
$\boldsymbol{t_h}$ – време на полета в режим на висене
$\boldsymbol{R_{max}}$ **–** максимален радиус на полета
$\boldsymbol{\bar{m}_{bat}}$ – относителна маса на батериите
$\boldsymbol{\bar{m}_b}$ **-** относителна маса на тялото
$\boldsymbol{\bar{m}_p}$ **-** относителна маса на движителите
$\boldsymbol{\bar{m}_e}$ **-** относителна маса на електрическата система
$\boldsymbol{\bar{m}_a}$ **-** относителна маса на авиониката
$\boldsymbol{\bar{m}_{pl}}$ **-** относителна маса на полезния товар
$\boldsymbol{\bar{m}_{ae}}$ **-** относителна маса на други елементи
$\boldsymbol{\bar{T}_{prop}}$ – специфична тяга на движителите
$\boldsymbol{T_{prop}}$ **–** тяга на движителя
$\boldsymbol{P}$ **–** мощност на движителя
$\boldsymbol{\bar{E}_{bat}}$ – специфична енергия на батериите
$\boldsymbol{E_n}$ **–** потребна енергия за изпълнение на мисията
$\boldsymbol{E_a}$ **–** разполагаема енергия в батериите

При концептуалното проектиране на електрически многороторни еБЛА (коптери) може да се работи по следния алгоритъм:

В началните изисквания се задават основните параметри на една, най-често изпълнявана от проектирания БЛА стандартна мисия (фиг. 1):



Фиг. 1. Стандартна мисия

- маса на полезния товар;
- времена, височини, скорости и разстояния на различните режими на полета;
- резервна енергия.

По статистически данни за проектирания клас коптери се определят в първо приближение:

- излетната маса $\boldsymbol{m^l}$**,** като процент от $\boldsymbol{m_{pl}}$;

- броят на движителите N_p;
- специфична енергия на използваните батерии $\overline{E}$;

Пресмята се работна тяга T_p на един движител за различните режими на полета.

Избира се тип и марка на движител с максимална специфична тяга $\overline{T}_{max}$ за работните обороти. От спецификацията на този движител се определят необходимото напрежение V на батериите, работната сила A на тока и потребната електрическа мощност P_n.

Пресмята се потребната за изпълнението на мисията енергия E_n:

(11) $$E_n = N_p \sum P_{n_i} t_i$$

Пресмята се разполагаемата енергия, която трябва да осигурят батериите за сигурно изпълнение на мисията:

(12) $$E_a = E_n + E_r,$$

като резервната енергия E_r се определя при планиране на полета.

Определя се в първо приближение и масата на батериите:

(13) $$m_{bat} = \frac{E_a}{\overline{E}}.$$

Избират се батерии, които могат да осигурят потребната за мисията енергия.

Осигуряването на висока степен на надеждност и безопасност на еБЛА, особено за тези, които изпълняват мисии в градски условия, изисква използването на парашути, движители и сензори, което увеличава излетната им маса и изискванията към софтуера и хардуера. За постигането на определена степен на надеждност и сигурност организацията JARUS е създала документи “Specific Operations Risk Assessment” SORA [5], които се основават на методики, използвани в пилотираната авиация [6, 7]

По предложения алгоритъм беше проектиран, изработен и изпитан прототип на многороторен еБЛА по проект финансиран от Националния иновационен фонд **9ИФ-02-4/28.11.2018 „*Иновативен дрон с удължено полетно време и високинен обхват“.***

Изискванията на Началното (изходното) задание, за които беше изпитван продукта бяха (Таблица 1):

Таблица 1

Изискване	Мярка	Стойност
1.1. Максимална дистанция на устойчива видеовръзка с наземната станция за управление (при пряка видимост) над	km	15
1.2. Максимално време на полета с 2 kg полезен товар над	min	60
1.3. Максимална скорост на полета не по-малка от	km/h	50
1.4. Маса на полезния товар над	kg	2
1.5. Максимална излетна маса не по-голяма от	kg	25
1.6. Статичен таван на полета над	m	3 000
1.7. БАС да може да се превозва в лек автомобил		

Резултатите от направените изпитвания показаха, че всички изисквания на заданието са изпълнени.

Заключение

В процеса на концептуалното проектиране се определят основните параметри, които оказват значително влияние върху летателните характеристики на многороторни еБЛА. При изпълнение на различни мисии са важни различни характеристики, респективно и различни основни параметри, което налага е БЛА да се проектират и произвеждат в малки серии или единично за всяка конкретна поръчка.

Благодарности

Направеното изследване, описано в тази статия, е за проект по Договор КП-06-Китай/3 от 20.12.2018 „Разработване на нисколетяща платформа на базата на безпилотни летателни апарати с цел изграждане на интелигентна транспортна система в градовете“, финансиран от Фонд научни изследвания към Министерството на образованието и науката на Република България.

Литература:

1. Nawaz, H., Ali, H.M. y Massan, S.U.R. (2019). Applications of unmanned aerial vehicles: a review. 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme. Edición Especial, Noviembre 2019, 85–105. doi: http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2019.specialissue3. pp. 85-105.
2. Загорски, Н. Развитието на авиацията с общо предназначение и бизнес авиацията – устойчиво бъдеще за въздушния транспорт в Европейския съюз, Международна научна конференция Хемус-2012 „Решения и технологии за интелигентна отбрана“, 31.05.-01.06.2012 г., гр. Пловдив
3. Зафиров, Д. Проектиране на летателните апарати. (Концептуален подход). ISBN: 978-954-8932-68-4, Автоспектър, Пловдив, 2014
4. Гецов, П. Ванг Бо, Светослав Забунов, Гаро Мардиросян. Иновации в областта на безпилотни летателни апарати, Aerospace Research in Bulgaria, p-ISSN 1313-0927, 29, 2017, pp. 111–119.
5. http://jarus-rpas.org/sites/jarus-rpas.org/files/jar_doc_6_sora_sts_02_edition1.0.pdf
6. Загорски, Н., Приближени модели за оптимизация на параметрите за експлоатация и техническо обслужване на авиационните системи с оценка на точността и достоверността на получаваните резултати, Международна научна конференция „Техника, технологии и системи” ТЕХСИС 2009, Технически университет – София, филиал Пловдив, 29-30 май 2009 г., Journal of the Technical University – Sofia, Plovdiv Branch, Bulgaria Vol. 14 (2) 2009, стр. 359–364.
7. Petrov, N., Sv. Asenov, D. Ginchev, N. Zagorski, An. Chozhgova, Assessment of the rate of increase of the legally defined technical resources to the aviation system, International J. of Math. Sci. & Engg. Appls. (IJMSEA), Vol. 7 No. VI (November, 2013).

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА ТЕХНИЧЕСКОТО ОБСЛУЖВАНЕ НА АВИАЦИОННИТЕ РАДИОЕЛЕКТРОННИ СИСТЕМИ

Георги Сотиров

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

Ключови думи: *продължителна експлоатация, авиационни радиоелектронни системи, самолети, вертолети*

Резюме: *При продължителната експлоатация на самолети и вертолети съществуват сериозни трудности при решаване на задачата за оптимален избор и изпълнение на сроковете за профилактика на всяка подсистема в детерминирана постановка и в случай на голямо количество на подсистеми. Това в значителна степен се отнася до серийни образци авиационни радиоелектронни системи, при експлоатацията на които възникват редица трудности, свързани с ниското ниво на технологично съвършенство на елементната база и блоковата структура.*

RESEARCH ON THE POSSIBILITIES OF IMPROVING THE MAINTENANCE OF AVIATION RADIO ELECTRONIC SYSTEMS

Georgi Sotirov

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

Keywords: *continuous operation, aviation-electronic systems, airplanes, helicopters*

Abstract: *With long-term operation of airplanes and helicopters, there are serious difficulties in solving the problem of optimal choice and meeting the deadlines for the prevention of each subsystem in a deterministic setting and in the case of a large number of subsystems. This applies to a large extent to serial samples of aviation radio-electronic systems, during which a number of difficulties arise due to the low level of technological perfection of the element base and the block structure.*

Въведение

В края на миналия век започна техническото и технологично обновяване на българските ВВС, като бяха въведени в експлоатация вертолети Bell 206. В последствие бяха усвоени и във ВВС бяха въведени в летателна експлоатация самолети С 27J Spartan и вертолети AS 532 AL Cougar, а в авиацията на Военноморските сили (ВМС) – вертолети Eurocopter AS532 Panther.

През 2019 г. беше сключен договор с Правителството на САЩ за доставката на 8 бр. самолети F-16 блок 70 (6 бр. едноместни и 2 бр. двуместни). В началото на април 2020 г. беше обявен договорът на ВВС на САЩ за възлагане на производството на самолетите на компанията Lockheed Martin, съгласно който първите два самолета трябва да бъдат доставени в средата на 2023 г., а последните два – през първото тримесечие на 2024 г. След доставката започва тригодишен период на поддръжка на оборудването и системите, който трябва да приключи в началото на 2027 г.

Понастоящем във ВВС, освен посочените по-горе, се намират в летателна експлоатация и самолети МиГ-29 и Су-25, както и вертолети Ми-17 и Ми-24, произведени в Русия през 80-те години на миналото столетие. До постъпване на въоръжение и усвояване на новите самолети, възниква общата задача за поддържане на изправността и профилактичното обслужване на

сложните системи, състоящи се от автономни подсистеми, обединени структурно и функционално. Съществуват сериозни трудности при решаване на задачата за оптимален избор и изпълнение на сроковете за профилактика на всяка подсистема в детерминирана постановка и в случай на голямо количество на подсистеми.

Това в значителна степен се отнася до серийни образци авиационни радиоелектронни системи, при експлоатацията на които възникват трудности, свързани с ниското ниво за контрол на обектите за измерване на информационни параметри, сравнително ниска точност на датчиците-преобразователи на информацията за контрол на параметрите и др.

1. Определяне на оптимална периодичността на проверки на авиационни системи

Необходимо е да се изследва и установи оптималната периодичност на пълните проверки в различните режими на резервираните елементи на авиационните системи от радиоелектронно оборудване (РЕО), по време на които отказалите елементи подлежат на задължителна замяна. Като критерий за оптимизация ще бъде използван коефициентът за оперативна готовност. За да бъде решен такъв клас задачи ще бъде използван подход с използване на резултати от теория на възстановяване, вариационни изчисления и в крайна сметка – гладка оптимизация [2,4].

Да разгледаме резервирани еднотипни елементи, обединени конструктивно и функционално (по общото си предназначение), от които в основна (работна) позиция се намират ***m***-елемента (където ***m < n***), а (***n – m***) елемента се намират в натоварен или в ненатоварен резерв.

При нивото на технологиите, при които са изработени елементите, влизащи в състава на сложните системи, резервираният елемент може да бъде изпълнен като отделен модул, съдържащ и устройство за автоматично включване на резервните елементи на мястото на отказалите основни такива. Ще считаме, че модулът отказва, ако при отсъствието на резервни елементи възниква отказ на поне един от ***m*** основни елементи. При това, модулът може да бъде възстановен чрез замяна на отказалите в него елементи.

По нататък ще се разглежда продължителната експлоатация на резервиран елемент.

Като цяло резервираният елемент притежава монотонно нарастваща във времето интензивност на отказите, то може да бъде изведен израз за коефициента на оперативна готовност на резервиран елемент.

(1) $$p(x,\tau) = \frac{\int_0^{\tau}[1-F(t+x)]dt}{\mu},$$

където ***F(t)*** е функция за разпределение на времето до отказа на резервирания елемент, ***μ*** е математическото очакване за интервала между две замени на резервирания елемент, а ***x*** е зададеното време за оперативна работа на резервирания елемент в системата.

В този случай интервалът ***τ*** се разглежда като наработка на резервирания елемент, след която той подлежи на замяна (ремонт), състоящ се в замяна на отказалите елементи и мероприятия за възстановяване на изправността (например, регулировки на новите вложени елементи и др.).

Поради тази причина

(2) $$\mu = p_0(\tau)T_0 + p_1(\tau)T_1 + \cdots + p_n(\tau)T_n \ ,$$

където $p_i(\tau)$ за $i = \overline{0,n}$ е вероятността към началото на възстановителните работи системата да има ***i*** на брой отказали елементи, а T_i за $i = \overline{0,n}$ е средното време за пълно възстановяване на резервирания елемент при изпълнение на такива работи при условие, че в него има ***i*** на брой отказали елементи.

Очевидно, е че

$$\sum_{i=1}^{n} p_i\,(\tau) = 1.$$

По такъв начин, след заместване на (2) в (1) ще получим, че

(3) $$p(x,\tau) = \frac{\int_0^{\tau}[1-F(t+x)]dt}{p_0(\tau)T_0+p_1(\tau)T_1+\cdots+p_n(\tau)T_n} \ .$$

По нататък, за всеки вид резервиране се определят функциите $p_i(\tau)$ за $i = \overline{0,n}$ и от условието

(4) $\frac{\partial p(x,\tau)}{\partial \tau} = 0$

при съществуването на единствен (или глобален) максимум на функцията $p(x,\tau)$ може да бъде намерен оптимален период на възстановителните работи за всеки тип резервирани елементи.

Резултатите от проведените разчети на величините $\tau_0^{(2)}, \tau_0^{(3)}, \tau_0^{(4)}$ за случаите, когато резервираният елемент се състои от два, три и четири елемента (резерв за ненатоварване), при най-често срещаните [2,5,6] в авиационната практика стойности на $\lambda, \mathrm{T}_0, \mathrm{T}_1, \mathrm{T}_2, \mathrm{T}_3$ и T_4 са представени в Таблица 1.

Таблица 1

№ по ред	$\boldsymbol{\lambda}$, [отк., час]	Време за възстановителни работи, [час]					Оптимална продължителност за изпълнение на възстановителните работи [час]		
		T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	$\tau_0^{(2)}$	$\tau_0^{(3)}$	$\tau_0^{(4)}$
1.	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	5,21	9,03	13,8
2.	0,02	0,2	0,4	0,8	1,1	1,2	11,9	21,0	28,6
3.	0,01	0,3	0,5	0,9	1,3	1,7	21,7	40,3	60,6
4.	0,004	*0,6*	0,9	1,4	1,9	2,5	50,4	96,8	148,1
5.	0,002	0,8	1,2	2,0	2,6	3,4	87,5	174,6	273,1
6.	0,0012	1,2	1,8	2,6	3,2	4,0	140,8	285,8	460,5
7.	0,001	1.3	2,0	2,8	3,4	4,2	163,2	334,7	545,6
8.	0,00084	1,5	2,2	3,2	3,9	4,6	192,1	394,7	641,8
9.	0,00015	1,9	2,6	3,4	4,2	5,0	647,2	1514,7	2749
10.	0,00005	2,5	3,2	3,8	4,9	6,0	146,7	3678,0	7003

2. Оптимизация на периодичността на проверки на сложните авиационни системи

Различно е положението с по-сложните устройства, влизащи, например, в състава на бордовите радиоелектронни комплекси (такива, като: навигационни, локационни, свързочни и др.), които като правило са конструктивно оформени автономно. При отказ тези системи не се заменят напълно, а се възстановяват като се заменят само отказалите елементи. Ако в процеса на експлоатация се установи, че средния брой откази (възстановяване) на всяка от изследваните системи за единица време представлява нарастваща функция на времето, то съществува оптимален (по коефициента на готовност) период за изпълнение на мероприятия, които трябва да се осъществяват (по пътя на замяна, регулировки, проверки и т.н.) по такъв начин, че авиационната система напълно да възстанови своите свойства.

Да разгледаме как може да бъде определена оптимална процедура за избор на периоди за пълни възстановявания на системата. Нека да положим $\boldsymbol{\tau}$ да бъде времето между две последователни пълни възстановявания на системата, $\boldsymbol{T_{п.в.}}$ – времето за нейното пълно възстановяване, $\boldsymbol{M(\tau)}$ – математическото очакване на сумарното време, което се изразходва за частично възстановяване на системата между две пълни нейни възстановявания. По-нататък ще приемем, че $\boldsymbol{\Theta}$ е времето за едно частично възстановяване на системата.

За намиране на оптималния период от време за възстановяване на системата се въвежда уравнение

(5) $\Theta h(\tau).(\tau + T_{\text{п.в.}}) = \Theta \int_0^{\tau} h(t)\,dt + T_{\text{п.в.}},$

където $h(t) = H'(t)$.

В уравнение (5) $h(t)$ е функция на плътност на възстановяване (честота на отказите), или функция на параметъра на потока откази, която се определя като средния брой откази, предизвикващи частични възстановявания на системата за единица време в периода за нейното пълно възстановяване.

Величината $\boldsymbol{T_{п.в.}}$ може да се счита за зададена, а $\boldsymbol{\Theta}$ се определя статистически, като средния брой от всички налични значения на времената за частични възстановявания на системата.

Функцията $h(t)$ се определя от опита на експлоатация. Ако тази функция е монотонно нарастваща [7,8], то съществува единствено решение на уравнение (5).

Нека

$h(t) = p + q.t.$

Тогава от (5) имаме, че

$$\tau^2 + 2\tau T_{\text{п.в.}} + \frac{2}{q}\left(p.T_{\text{п.в.}} - \frac{T_{\text{п.в.}}}{\theta}\right).0,$$

откъдето следва, че

(6) $$\sigma_0 = T_{\text{п.в.}}\left[\sqrt{1 + 2\frac{1-p\theta}{q\theta T_{\text{п.в.}}}} - 1\right].$$

Процедурата за статистическа оценка на функцията за възстановяване ***H(t)*** – среден брой възстановявания на системата, зависи от разглеждания период ***[0,t]***, поради което се явява функция на времето [3,8].

Очевидно е, че

$$H(t) = \int_0^t h(t)\,dt.$$

Функция ***H(t)*** може да бъде определена съгласно закона за големите числа, като средноаритметична от ***n*** на брой функции $\mathrm{H_j(t)}, (\mathrm{j} = 1, 2, \ldots, \mathrm{n})$, всяка от които има откази в интервала ***[0,t]*** в ***n*** независими опити.

Съгласно закона за големите числа при $n \to \infty$ функцията

$$\bar{H}_n(t) = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} H_j(t)$$

При всяко ***t*** се доближава по вероятност до функцията ***H(t)***.

Отклонението на $\bar{H}_n(t)$ от $H(t)$ може да се извърши по следния начин [7,9]. Ако $H(t)$ е непрекъсната функция, то за всяко ***T*** и ***x > 0*** при $n \to \infty$ ще следва, че

(7) $$P\left\{\max_{0\le 1\le T}|\bar{H}_n(t) - H(t)| < x\sqrt{\frac{\bar{H}_n(t)}{n}}\right\} \to L(x) = \int_0^x \left[\frac{4}{\sqrt{2\pi}}\sum_{k=0}^{\infty}(-1)^k(2k+1)e^{\frac{(2k+1)^2x^2}{2}}\right]dx.$$

По такъв начин, ако е необходимо при определяне на функция ***H(t)*** в интервала ***[0,T]*** с вероятност ***p*** грешката да не превишава стойност ***α***, то трябва да бъде определено значението на x_p от уравнението $L(x_p) = p$ и след това последователно да се изследва функцията $\bar{H}_n(t)$ (при нарастване на ***n***) до момента, в който бъде изпълнено неравенството

$$x_p^2\frac{\bar{H}_n(t)}{n} \le \alpha^2.$$

Функцията $\bar{H}_n(t)$ при големи стойности на ***n*** се явява практически достатъчна апроксимация за функция ***H(t)***. Но за да бъде получено добро приближение на функция $\bar{H}_n(t)$ към ***H(t)*** е необходим значителен брой изпитания ***n***, тъй като сходимостта в (7) протича твърде бавно.

За намиране на функцията ***h(t)*** е необходимо $\bar{H}_n(t)$ да се апроксимира с крива, която по възможност се описва с прост аналитичен израз.

В таблица 2 са показани резултати от данни, получени с помощта на изчислителна техника [7,9] за грешката при определяне на функция ***H(t)*** в някакъв фиксиран интервал ***[0,T]*** за различни стойности на ***p***, ***α*** и ***n***.

Таблица 2

p	0,8			0,9			0,95			0,99		
α / $\bar{H}_n(t)$	0,05	0,1	0,2	0,05	0,1	0,2	0,05	0,1	0,2	0,05	0,1	0,2
0,1	108	27	7	156	39	10	200	50	12	316	79	20
0,5	544	136	34	790	192	48	1008	252	63	1580	395	99
1,0	1092	273	68	1580	385	96	2020	505	126	3160	790	197
5,0	5500	1365	341	7700	1925	481	10100	2525	631	15800	3950	987
10,0	10920	2730	682	15800	3850	962	20200	5050	1262	31600	7000	1975

Например, ако в интервала ***[0,T]*** функцията $\bar{H}_n(t)$ = 1 при ***n*** = 273, то при определяне на функцията ***H(t)*** с вероятност ***p*** = 0,8 грешката не е по-голяма от 0,1 (***α*** = 0,1).

3. Оптимален срок за експлоатация на системи от РЕО с функционален излишък

Появата на бордови цифрови навигационни комплекси, в които липсват традиционно измервани аналогови изходни параметри, определи необходимостта от нова организация за техническа експлоатация на сложни системи с функционален излишък, на основата на изходна бинарна информация за надеждността на съставящите елементи (работа – отказ) [1,6].

Да разгледаме сложна авиационна техническа система с различни форми на излишък. Такива системи се явяват устойчиви на откази (по отношение на откази на групата елементи). При отказ на някои елементи в тези системи или въобще не се наблюдава понижаване (загуба) на ефективността (при включване на резервите), или се допуска някакво понижаване на тази ефективност.

Да разгледаме авиационна техническа система с функционален излишък, която се състои от ***n*** елемента. Да предположим, че поведението на системата се описва от двоичен вектор

$$X(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)],$$

$$x_k(t) = \begin{cases} 0, & \text{ако } k- \text{ я елемент е изправен в момент } t, \\ 1, & \text{ако } k- \text{ я елемент е отказал в момент } t, \ k \le n. \end{cases} \quad (8)$$

Ако във всеки момент от времето ***t*** е известна наработката на ***k***-я елемент (1 ≤ k ≤ n) и я означим като $\boldsymbol{\Theta_k(t)}$, то за общия случай процесът ***X(t)*** може да бъде записан като

$$X(t) = [x_1(t), \theta_1(t), x_2(t), \theta_2(t), \dots, x_n(t), \theta_n(t)]. \quad (9)$$

В този случай трябва да се отчита, че разглежданият елемент може да се включва в работа с прекъсвания и тогава наработката му няма да съвпада с календарното време.

Важен момент за анализа в разглежданите авиационни технически системи е определяне на понятието „отказ“. Системата ще се счита за отказала, ако при отказ на елемента системата или напълно ще престане да функционира (нейната ефективност става равна на нула), или функционира така, че ефективността ѝ е по-ниска от зададено функционално ниво.

Да разделим цялото множество състояния на процеса ***X(t)*** на две непресичащи се подмножества

$$X = X_+ \cup X_-, \ X_+ \cap X_- = \emptyset. \quad (10)$$

Тогава, ако $X(t) \in X_+$то системата се счита за изправна, ако $X(t) \in X_-$ то системата се счита за отказала. Моментът на прехода на процеса $X(t)$ от множество X_+ в множество X_- е моментът на отказ на системата.

Да приемем, че процесът $X(t)$ е наблюдаван в моменти $t_k = k.\Delta t$, $k = 0, 1, \dots$, където Δt е стъпката за наблюдение. Наблюдението на процеса се извършва без грешки. Ако се означи $X(t_k) = X_k$, то в моментите t_k (за $k = 0, 1, 2, \dots$) ще наблюдаваме последователност от случайните вектори $X_0, X_1, X_2, \dots, X_k, \dots$, и във всеки момент от време t_k ще имаме информация за цялата траектория на процеса:

$$(X_0, X_1, X_2, \dots, X_k) = \bar{H}_k.$$

Естествено е да се предположи, че в момент t_k $(k = 0, 1, 2, \dots)$ по известната траектория $\bar{X}_k$ може да се вземе едно от двете решения: да се продължи наблюдението до момент t_{k+1} или да се спре и да се върне функцията в състояние X_0.

Ако в момент t_k $(k = 0, 1, 2, \dots)$ е възникнал отказ на системата, т.е.

$$X_0 \in X_+, \dots, X_{k-1} \in X_+, \dots, X_k \in X_-,$$

то винаги се взема решение да се върне системата в изходно състояние X_0.

Да въведем функцията за специфичните загуби:

$$y_k = \begin{cases} \frac{c_1}{t_k}, & \text{ако към момент } t_k \text{системата не е отказала}, \\ \frac{c_2}{t_k}, & \text{ако към момент } t_k \text{системата е отказала}, \end{cases} \quad (11)$$

където $\boldsymbol{C_1}$ са средните загуби за възстановяване на системата (за замяна на неизправни елементи) при условие, че системата е изправна в момента на спиране, $\boldsymbol{C_2}$ са средните загуби за възстановяване на системата в случай, че тя е отказала.

Необходимо е да се опишат процесите и състоянията, които определят спирането на системата. Спиране на системата ще наричаме загубата на функционалност [2,6], която представлява случайна величина ***v***, приемаща стойност 1, 2, 3, …, k и определена в пространството на траекторията на процеса $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k)$. Решението за спиране на процеса в момент t_k трябва да се определя от траекторията $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k)$.

По-прецизно правилото за спиране се определя по следния начин. Да означим с

$$X_k^+ = \underbrace{X_+ * X_+ * \dots * X_+}_{k}$$

декартово произведение на ***k*** еднакви пространства X_+.

Тогава правилото за спиране (случайната величина) ν е моментът на първия резултат на крайната траектория $\bar{X}_k$ извън множеството $A_k \subset X_k^+$. Очевидно е, че

$$P\{\nu < \infty\} = 1.$$

Ако ***v*** е определена, то средните специфични загуби могат да се запишат като:

(12) $$y(\nu) = \sum_{k=1}^{\infty} P\{\nu = k\} y_k,$$

където y_k се определя от (11).

Правилото за спиране (случайната величина) ν е се явява оптимално, ако

(13) $$y(\nu^*) = \min_{\nu} y(\nu).$$

За намиране на правилото ν^* е необходимо да бъде намерено разпределението на величината ν при произволни множества $\boldsymbol{A_k}$, след това да се намери минимума на величината $y(\nu)$. В общия случай не е възможно да се намери оптимално правило за спиране, поради това минимума на $y(\nu)$ може да се намери като се варира последователно с множествата $\boldsymbol{A_k}$.

В същото време е в сила спецификата на разглежданите системи [3,7,9] с функционален излишък (монотонни структури), като вероятността за отказ на системата между моментите на съседни наблюдения (t_{k-1}, t_k) нараства с увеличаване на стойността на t_k.

Това обстоятелство за монотонните структури позволява да се намери оптимално правило за спиране, определяно от следното стохастично неравенство:

(14) $$1 - P\{X_k \in X_+ / \bar{X}_{k-1}\} \le \frac{C_1}{A(k-1)},$$

където $A = C_2 - C_1$.

Ако k^* е най-малкото k, за което се изпълнява неравенството (14), то оптималното правило за спиране е $min(t_{k^*}, t_s)$, където t_s е моментът на прехода на $X(t)$ от X_+ в X_- (моментът на отказ на системата).

Заключение

В заключение могат да бъдат направени следните изводи:

При наличие на необходимата обобщена статистическа информация за интензивността на отказите на елементите от авиационното радиоелектронното оборудване, съчетана с евристични оценки и приемливи инженерни допускания, могат да се изработят инженерни приложения за предупредителна замяна на „стареещите“ елементи в сложните технически системи.

Предложеният метод дава научно обоснована възможност за удължаване на ресурса на бордовото РЕО на въздухоплавателните средства, което е особено актуално в този момент.

Подготвена е теоретична основа за решаване на задачата за оптимална експлоатация на група еднородни системи при ограничение на средствата за обслужване.

Предложеният метод може да бъде развит и реализиран и при експлоатацията на авиационни газотурбинни двигатели с модулна конструкция.

Подготвена е теоретична основа за разработване на софтуерни инженерни продукти, подпомагащи работата за техническо обслужване и експлоатация на системите от авиационното радиоелектронното оборудване на въздухоплавателните средства, тъй като дава възможност за замяна при предупреждението за внезапни откази на основните функционални елементи.

Литература:

1. Асенов, Св., Н. Загорски, Сравнителен анализ на продължителността на техническото обслужване и ремонт на въздухоплавателните средства, експлоатирани по планово-предупредителната система и експлоатация по техническо състояние, SCIENTIFIC CONFERENCE on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies БулТранс-2011, September 27-30, 2011 Sozopol, Bulgaria, Proceedings, 26–29 стр.
2. Барзилович, Е. Ю., Ю. В. Лончаков, И. В. Прокопьев. Статистическое оценивание параметров безопасности и надежности транспортных систем по ограниченной исходной информации // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции „Проблемы повышения эффективности функционирования и развития транспорта“, г. Москва. РАН 14 октября 2002 г. М., 2002. С. 3.
3. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей, 10-е издание, стереотипное. „Академия*“.* М. 2005. 573 стр.
4. Загорски, Н., Изследване на възможността за автоматизиране на процеса на анализ на видовете, последствията и критичността на отказите на въздухоплавателните средства, Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY SES 2010.
5. Загорски, Н., Определяне на нивото на безопасност на полета в усло-вията съхраняване на летателната годност на въздухо-плавателните средства, Eight Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY SES 2012.
6. Загорски, Н., Приближени модели за оптимизация на параметрите за експлоатация и техническо обслужване на авиационните системи с оценка на точността и достоверността на получаваните резултати, Международна научна конференция „Техника, технологии и системи” ТЕХСИС 2009, Технически университет – София, филиал Пловдив, 29-30 май 2009 г., Journal of the Technical University – Sofia, Plovdiv Branch, Bulgaria Vol. 14 (2) 2009, стр. 359–364.
7. Belyaev, Yu. K., T. N. Dugina, N. V. Chistyakova, “Estimation of the reliability of a system with multiple failures on the basis of incomplete data”, Autom. Remote Control, 53:2 (1992), 299–305
8. Brandt, S. Data analysis, Statistical and Computational Methods for Scientist and Engineer, Third Edition. Springer-Verlag. New York. 2003. 687 p.
9. Fisz, M. Probability Theory and Mathematical Statistics. Wiley. New York. 1993. 298 p.

DEVELOPMENT OF TOOLS FOR MODELS' DESIGN OF SYSTEMS OF MULTI-SATELLITE SYSTEMS

Atanas Atanassov[1], Liliya Atanasova[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Medical University – Sofia
e-mail: At_M_Atanassov@yahoo.com

Keywords: *space mission analysis and design, multi-satellite systems, system of systems, models, computer simulation, program object creation*

Abstract: *An approach to create a multiphysical system for simulation of space missions based on multi-satellite systems is considered. Some basic models devoted on structurally and functionally complex space systems simulation are considered. At this stage, models of multi-satellite systems, space debris, models for calculating parameters of environmental elements, situational tasks can be created.*
Further, models of solar arrays and rechargeable batteries, memory for data storage have also been developed.

РАЗРАБОТКА НА СРЕДСТВА ЗА СЪЗДАВАНЕ НА МОДЕЛИ НА СИСТЕМИ ОТ МНОГО-СПЪТНИКОВИ СИСТЕМИ

Атанас Атанасов[1], Лилия Атанасова[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Медицински университет – София
e-mail: At_M_Atanassov@yahoo.com

Резюме: *Обсъжда се подход за създаване на мултифизична система за симулация на космически мисии основани на много-спътникови системи. Разгледани са някои основни модели въз основа на които могат да се симулират структурно и функционално сложни космически системи. На този етап могат да се създават модели на многоспътникови системи, космически отломки, модели за изчисляване на параметри на средата, ситуационни задачи.*

Разработват се също и средства за създаване на модели на слънчеви и акумулаторни батерии, както и на памет за запазване на данни.

Introduction

Advances in space technology have led to the development of concepts and their implementation related to the launch of satellite systems into outer space [1]. The concepts of satellites and space missions are evolving. Expensive satellites, equipped with a lot of scientific equipment, give way to small (mini, nano-, pico-, femto-, chip), cheap, specialized platforms [2, 3]. Concepts based on separate modules and systems not located on one platform, moving freely and cooperating to solve common problems – fractionated or partitioned spacecraft [4], are in the process of research. Satellite systems can connect with both ground stations and communication satellite systems for information exchange and control. Thus, there are systems with different structural elements (homogeneous or heterogeneous), organized in different hierarchical template.

Life cycle simulation of multisatellite systems at the stage of their analysis and design is possible by computer mutiphysics applications. Creation of some classes of models for space mission simulation is exposed in this article.

Previous work

The development of a software system for space mission simulations was initiated [5]. Initially, it included tools for defining models of motion of the multi-satellite systems and an integrator of equations

of motion [6]. In addition, tools have also been developed to describe the definition of situational tasks and to determine the time intervals in which various orbital events take place (based on specific parameters and constraints). The developed parallel processor for situational analysis includes computational models for different situational conditions [7]. Models and computing tools have also been developed to visualize 3D scenes involving the Earth and satellite systems [8]. Other tools, useful in developing multiphysical simulation applications, have also been developed [9, 10].

Statement of the problem

Each model represents a set of parameters, some of which play the role of initial conditions for the described system. A description of the behavior or functionality of the system is also required. An example of a satellite system model is the/a set of initial conditions for all satellites along with some form of equation of motion, including different perturbations. This is essentially a mechanical model. The individual satellite subsystems and instruments are represented by mechatronic models. These include geometric descriptions, related to the location and orientation in the satellite's coordinate system (for optical instruments), and functional behavior, which may include descriptions of mechanical movements, execution of specific commands, power consumption and data generation. The purpose of the models is to describe the behavior and changes in the state of the described object over time. The different models describe individual aspects of the object under consideration.

The different models, describing a system, are interconnected and the results of one can be the input parameters for another. Some models may use results from more than one model. For example, the model of satellite motion in a multi-satellite system provides the coordinates of objects at successive points in time. These results are used by model(s) to calculate environmental parameters. The coordinates of the objects and the parameters of the environment can be used in situational analysis, to determine the time intervals in which to perform relevant satellite operations. The results of the situational analysis are used in planning the satellite operations and simulation of the functional behavior of the satellite subsystems. Development of some models and linking their implementations in appropriate computational tools in a multiphysical application is the subject of this paper.

Development of some basic models

Satellite constellations. The multi-satellite system models are based on various parameters. Wertz [11] consider different types satellite constellations. So far, only Walker-Mozhaew multi-satellite systems are considered in our work. The satellites of the considered constellation type are distributed in several orbital planes. The number of the both, satellites and orbital planes are basic parameters of constellation model. The large semi-axes and inclinations of the orbits are also important for solving of the tasks. The eccentricities of the orbits must have values close to zero. A certain phase shift is required for perigee arguments of the satellites located in two adjacent orbital planes. The shapes of satellite constellations are determined by specific values of orbital parameters. At the end, each multi-satellite system model has private name.

Based on these parameters, for each of the satellites, the initial conditions (coordinates and velocities) for integrating orbital motion are calculated. The choice of the motion model also implies the indication of a model of the disturbing forces. To use the parallel integrator of satellite movements [6], the number of calculation threads for the specific calculation task is also indicated. Models of more than one satellite system, each marked with its own name, can be created within a project.

Space debris. The developed model of space debris has as its main parameter the number of particles N. The orbits are evenly distributed in an area of space limited by the minimum and maximum height above the earth's surface. An interval (0 – 180°) is specified for the inclination ***i*** of the orbits. A random number generator is used to determine the orbital parameters of each particle.

Within one simulation project, different space debris models can be created, each of them characterized by various additional parameters – masses and dimensions, areas of space, disturbing forces. Each model is characterized by a name.

The velocity vectors and coordinates for the initial moment (initial conditions for the integration of the equations of motion) are determined, based on the orbital parameters of the particles. When creating the model of space debris ensemble, a model of motion is chosen, indicating the forces disturbing the movement. The number of threads for the parallel integrator could also be chosen.

Observer. This model allows dynamic scenes to be rendered [8]. One or two objects of type **Observer** could be created. Parameters of this model determine the direction in which the Observer is looking and the size of window in which the dynamic scene is displayed. This program object uses different calculation instruments based on a single thread. In addition, each object of this type can be attributed to different data - to depict the Earth, different satellite constellations, space debris and others.

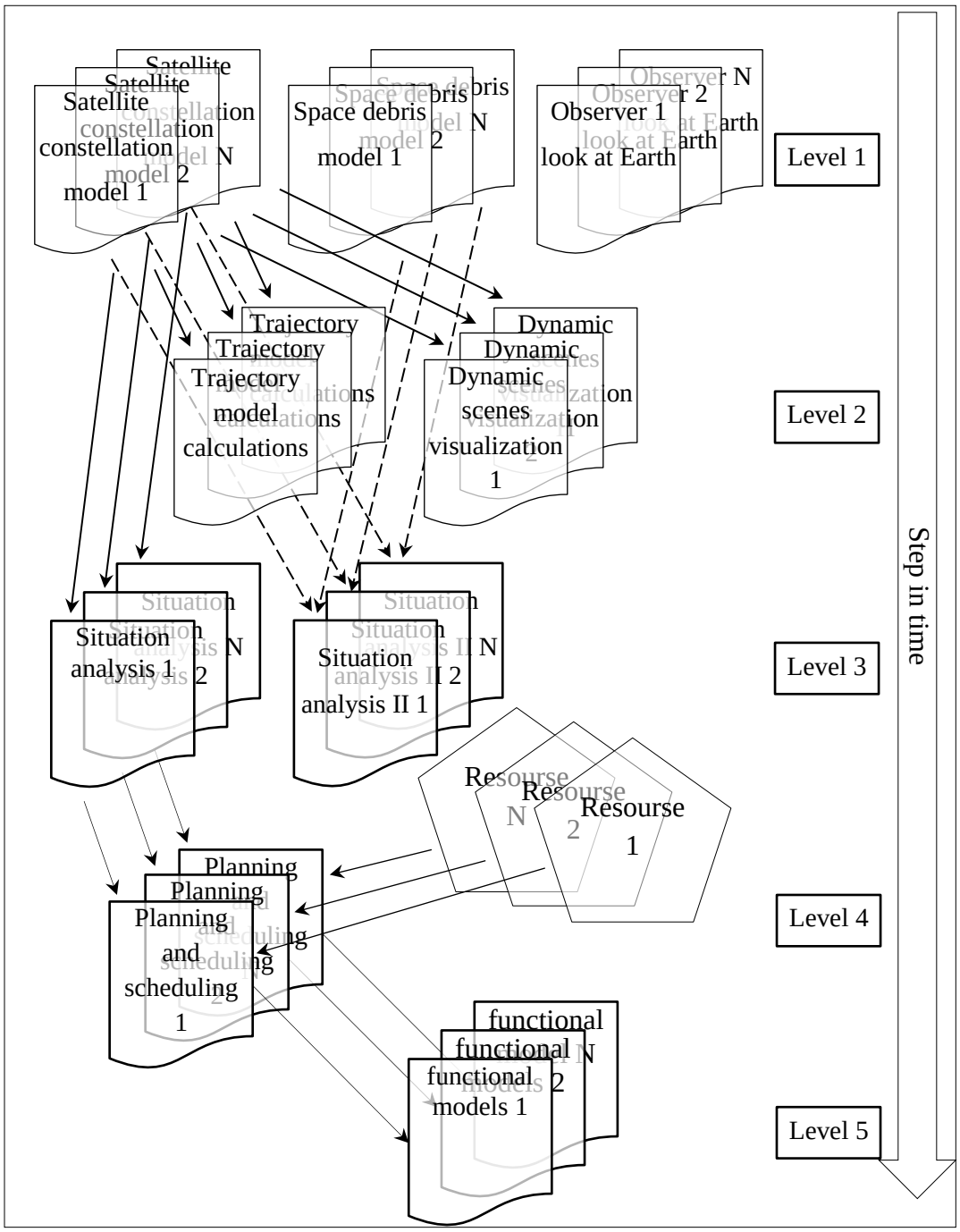


Fig. 1. Developed models, distributed by levels, with connections between them, are shown (some of the models shown are not considered)

Environmental models. Calculation of model values of various parameters of the environment, at points on the trajectory of the satellites, is used in solving of various tasks – situational analysis, simulation of an active experiments or measurements. As an example, we can mention the parameters of the neutral atmosphere, ionosphere, and magnetosphere.

Dialog tools allow specifying – to calculate the same or different environmental parameters for individual satellites of the constellation.

Situational tasks models. In the analysis of multi-satellite missions, the situational tasks for all satellites are the same. Therefore, the means of dialogue provide an opportunity to choose when defining the parameters of a situational task whether to apply to one satellite or to all of the constellation. At this stage, we are working on situational tasks related to a multi-satellite system. There may be a need to solve tasks related to satellites from different multi-satellite systems.

In the analysis of multi-satellite missions, the situational tasks for all satellites are the same. However, the dialogue tools provide an opportunity to choose, when defining the parameters of a

situational task, whether to apply them to one satellite or to the entire constellation. At this stage, we are working on situational tasks related to a multi-satellite system. There may be a need to solve tasks related to satellites from different multi-satellite systems.

Solar array model. Solar array model includes some attributes as: number of panels of the solar array, area of the solar panels, efficiency and other. The model of functioning of satellite solar arrays includes a mode of orientation relative to satellite platform and orientation relative to the Sun (variable or not in the time outside Earth's shadow). A possibility to choose a law of ageing as result of the hostile space environment (charged particles, vacuum, electro-discharging) is insured. The dialogue tools provide an opportunity to choose, when defining the parameters of a solar array model, whether to apply them to one satellite or to the entire constellation.

Rechargeable battery model. The model of battery comprise the next set of parameters: number of modules, maximal capacity, lower and upper voltage limits, charging mode, maximal number of cycles and ageing model. Ageing of battery is result of the hostile space environment. The developed dialogue tools provide an opportunity to choose, when defining the parameters of a battery model, whether to apply them to one satellite or to the entire constellation.

Data storage model. The main parameter in the memory model is its volume S, set in Mb. Another important parameter, that can be used in analyzes of changes in the functionality of satellite systems, is the coefficient of storage ageing, result from degradation process ka [$\Delta S / \Delta t$]. Due to the influence of cosmic factors, memory is damaged and the volume decreases linearly over time.

The operation of the satellite instruments generates data that is stored in memory. When it is possible for a specific satellite to communicate with a ground station or a communication satellite, the data is transmitted and the memory is freed. Memory is a passive element of the satellite system. It is a resource that determines the feasibility of the other satellite operations, related to the other instruments and systems.

Program object descriptors

Space missions are presented by different objects. When we analyze the processes, associated with a space mission, we consider the objects included in it and their motions and functioning. Computer simulation can be performed based on a model, based on program objects (object-oriented programming). Different type's objects are created on the base of respective above discussed classes.

```
AI_pool_par%AI%num_threads   = NumThreads         ! number of integrator threads
AI_pool_par%AI%  ha_race     = AI_handler_addr    ! handler of integrator pool                (a)
AI_pool_par%AI%counter_adr   = AI_GlbCount_addr ! address of the global counter
AI_pool_par%AI%thread_par_adr= PoolParam_addr    ! address of the array containing pool's parameters
AI_pool_par%AI%granulation   = Granularity        ! task partitioning parameter

CALL add_object(num_AIs,AIs_descriptor_adr,AIs_descriptor_adr,AI_pool_par)



IVP_par_SatCon%kind              = 1              ! type of the task to be solved             (b)
IVP_par_SatCon%name              = s_const_name ! satellite constellation name
IVP_par_SatCon%IVP%integ_index       = num_AIs; ! serial number of the integrator for this initial values problem
IVP_par_SatCon%IVP%num_objects     = Numsat     ! number of satellites in the constellation
IVP_par_SatCon%IVP%t_adr             = LOC(t);    ! address of time variable t
IVP_par_SatCon%IVP%dt_adr            = LOC(dt);  ! addres of variable containing time step Δt
IVP_par_SatCon%IVP%xvn_adr           = xvn_adr;   ! velosities of satellites at the begining of step Δt
IVP_par_SatCon%IVP%xvk_adr           = xvk_adr;   ! velosities of satellites at the end of step Δt
IVP_par_SatCon%IVP%eps_adr           = eps_adr;   ! tolerans for numerical integration
IVP_par_SatCon%IVP%adr_Grv_model  = adr_perturbations;! model of perturbation forces
IVP_par_SatCon%IVP%len_Grv_model  = len_Grv_model   ! size of array containing perturbation force model [in byts]
IVP_par_SatCon%IVP%transfer_data_adr= transfer_adr !  workspace for the integrator
IVP_par_SatCon%IVP%work_data_adr   =     work_adr !  workspace for the integrator

CALL add_object(num_IVPs,IVPs_descriptor_adr=IVPs_descriptor_adr, &
                         IVPs_descriptor_adr_new=IVPs_descriptor_adr, &
                                  level__1=IVP_par_SatCon) !
```

Fig. 2. Creation of the descriptors and saving/store them in special arrays. (a) Descriptor of integrator pools AI_pool_par. (b) Descriptor of initial value problem about motion of satellites in the constellation IVP_par_SatCon. The add_object subroutine adds new members to the appropriate levels.

```
type     level_0
 UNION
  MAP                    ! for pool of threads program model
   type (pool_par) AI
  END MAP
  MAP                    ! for single thread program model
    type(OneThread_type) OneTh
  END MAP
 END UNION
end type  level_0

type     level_1          ! level_1 combines IVP and 3D_Earth vizualization
 integer    kind          ! kind of task
 character  name*25
 UNION
  MAP                   ! IVP%t1
   type(IVP_par) IVP
  END MAP
  MAP                   ! 3D_Earth%t2      - for vizualization
   type(type_addr_3D_p) Earth
  END MAP
 END UNION
end type  level_1

type     level_2          ! level_1 combines environment parameters calculation or drawing satellites
 integer    kind          ! kind of task
 character  name*25
 UNION
  MAP                   ! Model parameters
   type(TrajParam) TrPar
  END MAP
  MAP                   ! Painting satellite & space debris
   type(ObsObject) ObsObj
  END MAP
 END UNION
end type  level_2

type     level_3
 integer    kind
 character  name*25
  type(SitProblems) SitProb
end type  level_3
```

Fig. 3. Description of different levels, containing descriptors of different program objects

Different calculations are performed in a certain sequence within one step of the system time in computer simulation, reflecting the processes that are performed with a separate object from a space mission.

For example, the coordinates of the satellites at the end of the interval Δt are determined by numerical integration. For various analyzes model calculations are performed, and parameters of the environment are calculated based on respective models. The appropriate time intervals to perform satellite operations are obtained through situational analysis. The operation of satellite systems and instruments can then be simulated. The solution of the listed computational problems is performed by specific methods. The data corresponding to each task and the method implemented programmatically represent an object in terms of object-oriented programming.

Figure 1 illustrates the placement of different models at different levels and the relationships between them. Descriptors represented by different types can be grouped at one level. This is a polymorphism and involves a different interpretation of the data according to the type of program object.

Figure 2a illustrates the assignment of parameter values to a program object descriptor for calculation instruments, based on thread models. Figure 2b illustrates assigning parameter values to a program object descriptor for solving initial values problems. All object descriptors are saved through subroutine **add_object** in special arrays according to approach developed in [10].

Figure 3 presents description of different levels – **level__0**, **level__1**, **level__2** and **level__3**. These types are compiled through inheritance of other types, described elsewhere.

The order of execution of calculations in a simulation model (within one step of the system time) depends on the created program objects, whose descriptors are located at different levels. The execution of the solvers for each of the program objects is done sequentially by levels, which reflects the connections between them.

Conclusion and future work

Dialogue tools, approaches for creation of connections between models, and a concept for synthesis of simulation models have been developed. The models can describe different types of objects –multi-satellite systems of different types, service systems and scientific tools; sets of space debris with different characteristics. The developed classes of models will be further developed by adding other variants, as well as by refining the individual parameters.

Work is underway to create tools for modeling some optical devices for remote sensing. These tools include dialog forms that determine the basic parameters of the instruments, as well as the orientation of the satellite platform.

References:

1. Selva, D., A. Golkar, O. Korobova, I. L. I. Cruz, P. Collopy, & O. L. de Weck, Distributed earth satellite systems: What is needed to move forward?. *Journal of Aerospace Information Systems*, *14*(8), 2017, pp. 412-438.
2. Barnhart, D. J., T. Vladimirova, & M. N., Sweeting , Very-small-satellite design for distributed space missions. *Journal of Spacecraft and Rockets*, *44*(6), 2007, pp. 1294–1306.
3. Barnhart, D. J., Vladimirova, T., Baker, A. M., & Sweeting, M. N. (2009). A low-cost femtosatellite to enable distributed space missions. *Acta Astronautica*, *64*(11-12), 1123–1143.
4. Brown, O., P. Eremenko, & P. Collopy, Value-centric design methodologies for fractionated spacecraft: Progress summary from Phase I of the DARPA System F6 Program. In *AIAA Space 2009 Conference & Exposition,* 2009, p. 6540.
   Available on: https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1263&context=smallsat
5. Atanassov, A. M., Program System for Space Missions Simulation – First Stages of Projecting and Realization. Proceedings of SES 2012, 2013, pp. 209–214.
6. Atanassov, A. M., Parallel, adaptive, multi-object trajectory integrator for space simulation applications, Advances in Space Research, v. 54, 8, 2014, pp. 1581–1589.
7. Atanassov, A. M., Parallel satellite orbital situational problems solver for space missions design and control, Advances in Space Research, v. 58, 9, 2016, pp. 1819–1826.
8. Atanassov, A, Atanasova, L., Development of New Functionalities for a Space Missions Simulation Program System, Proceedings SES 2019, 2019, pp. 70–74.
9. Atanassov, A., Method of Thread Management in a Multi-Pool of Threads Environments, *Proceedings of SES,* 2014, 2015, pp. 241–246.
10. Atanassov, A. M., Development Classes of Objects' Descriptors for Space Missions Simulation. Proceedings SES 2015, 2016, pp. 51–55.
11. Wertz, J. R., Orbit & Constellation Design & Management: Spacecraft Orbit and Attitude Systems. Microcosm Press. 2001.

AN ACOUSTIC DRONE RECONNAISSANCE SYSTEM

Svetoslav Zabunov

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

Keywords: *BAT Vision system (Beamforming Acoustic Tracker Vision system), acoustic drone detection.*

Abstract: *BAT Vision (Beamforming Acoustic Tracker Vision system) is an acoustic drone detection, identification and tracking system that uses passive acoustic technology to maintain security over an area vulnerable to malicious drone attacks or forbidden for drone trespassing.*

The BAT Vision system was conceived in 2017 by the author and since then has been in constant research and development phase. The current stage of the project is aiming at the completion of several prototype modules with the expectation of a forthcoming test phase.

The acoustic reconnaissance system is passive (does not emit any signals) and employs an array of microphones organized in a hierarchical two level structure. The signals from the microphones are amplified, digitized and processed digitally in software. By means of digital beamforming a 3D video stream of the observed volume is generated with cadence of a few milliseconds. The system is foreseen to employ deep learning techniques for drone acoustic identification, determination of physical and technical properties and consequent classification.

АКУСТИЧНА СИСТЕМА ЗА СЛЕДЕНЕ НА ДРОНОВЕ

Светослав Забунов

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

Ключови думи: *Система BAT Vision (Beamforming Acoustic Tracker Vision system), акустично откриване на дронове.*

Резюме: *Настоящият доклад разглежда акустична система за контрол на дронове – BAT Vision (Beamforming Acoustic Tracker Vision). Системата служи за откриване, идентификация и следене на дронове, използвайки пасивен звуков метод. Целта е гарантиране на сигурността в определен обект/територии, която е застрашена от нападения с дронове или е забранена за прелитане.*

Системата BAT Vision е замислена през 2017 г. от автора на тази публикация и е в процес на изследване и разработка. Тя е пасивна акустична система и не излъчва сигнали. Състои се от масив от микрофони, организирани в йерархична структура на две нива. Сигналите от микрофоните се усилват, дигитализират и обработват цифрово в софтуер. С помощта на цифрово лъчеформиране се генерира 3D видео изображение на наблюдавания обем. Очаква се системата да прилага дълбоко обучение с цел акустична идентификация на дроновете, определяне на техните физически и технически характеристики и последваща класификация.

Introduction

The fast advent of unmanned aerial vehicles (UAVs) technologies in the past few years imposes a risk of their malicious use. Such use may involve attacks on targets with drones carrying bombs and guns or other weapons, intelligence by means of drones observation and reconnaissance, transport of illegal goods, trespassing over forbidden territories or borders, etc. Such attacks might be counteracted if the attacker drone is detected and identified as a culprit. The development of drone detection systems in the recent years followed due to the strong demand for anti-drone systems. A

new major technological approach has been established – the acoustic method. A few companies are offering detection, identification and tracking systems involving the acoustic approach. Such a system is SafeSky Drone Detection and Neutralization System (http://www.detectdrones.com/#system) by Advanced Protection Systems. Their acoustic array detects drones at up to several hundred meters. Furthermore, this system is a combination of proprietary X-band radar, acoustic array, camera for visual detection, and RF sensors.

The most contemporary technological method for acoustic drone control is a further development of the acoustic array detection system leading to the acoustic camera drone detection method. Companies that have large experience in acoustic cameras intended for other applications are trying to adapt their products and knowledge and create drone control acoustic cameras. Testing is carried out by the Swiss company Distran (https://www.distran.ch). The company has been developing ultrasonic acoustic cameras like Ultra M used for ultrasonic examination and detection of mechanical faults in industrial equipment. Distran was able to detect drones with a modified version of their camera from 300 meters distance.

Other manufacturers of acoustic cameras, though not yet specialized in drone detection, are Acoustic Camera (https://www.acoustic-camera.com/en.html), Cae-Systems in Germany (https://www.cae-systems.de/en/products.html), Microflown (http://www.microflown.com/), NLA Acoustics (http://www.nlacoustics.com/), Norsonic (https://web2.norsonic.com/product/324/), etc.

The advantage of acoustic cameras over other acoustic methods for detection is the generation in real-time of acoustic pseudo-colour visualization of the observed volume and visual signalling of the operator about the position and other characteristics of the detected and tracked drones.



Fig. 1. BAT Vision uses microphones for its two-level hierarchical acoustic array

BAT Vision system

The current report elaborates on the BAT Vision project (BAT Vision stands for Beamforming Acoustic Tracker Vision). BAT Vision is a system under development that is used for acoustic drone detection, identification and tracking through passive means of acquisition of air transmitted sound waves. This technology is implemented in the maintenance of security over areas vulnerable to malicious drone attacks or forbidden for drone trespassing.

The BAT Vision system was conceived in 2017 by the author of this article and since then has been in constant research and development phase. The current stage of the project is aiming at the completion of several prototype modules that are to be employed in a forthcoming test phase.

The acoustic reconnaissance system is passive (does not emit any signals) and is based on an array of microphones organized in a hierarchical two level structure. The microphone signals are

amplified, digitized and processed in software. By use of digital beamforming a 3D image of the observed volume is generated with cadence of a few milliseconds. A 3D video stream is output based on pseudo-colours available for observation. Further features of the BAT Vision system include a deep learning technique for drone acoustic identification, determination of major physical and technical UAV properties and consequent classification. BAT Vision is foreseen to be able to track hundreds of targets simultaneously while the data stream would be available remotely through the Internet.

The system design

The BAT Vision system, as earlier mentioned, is based on microphones to receive sound signals coming from drones through air. The hierarchical structure of each BAT Vision unit establishes two levels of sensors employing 1024 microphones in total (Fig. 1). These are structured in 16 modules (Fig. 2) organized in a 4x4 planar array (Fig. 3). Each module uses 64 microphones and has four channels of acoustic information by grouping the 64 microphones into 4 sub-squares, 16 microphones each. Due to the used upper limit of acquired sound frequencies of approximately 4 kHz, the size of one square of 16 microphones has smaller dimensions than the wavelength at those frequencies thus not impeding the beamforming efficiency and beam maximum declination angle of the whole module. Each of the four channels of a module employs a low noise audio preamplifier and preconditioner that feeds the signal to a four channel analogue to digital converter with 24 bits of resolution and 390 kHz sample rate. The module also includes auxiliary electronics for filtering the power supply and regulating its voltage.

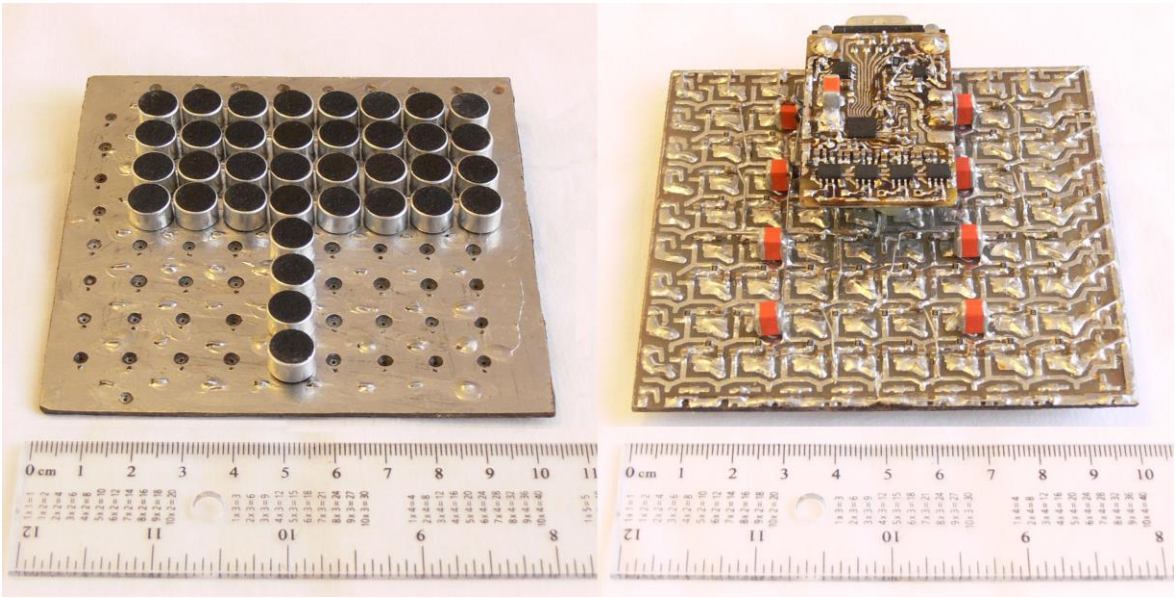


Fig. 2. A BAT Vision module (work in progress): microphones side (left) and components side (right)

All 16 modules in one unit send their digital signals over a serial bus to a computer dedicated to the BAT Vision unit. All the processing of digitized information is carried out by the dedicated computer. There is a large computational demand by the implemented algorithms, such as beamforming computation, clutter removal, drone identification and its properties evaluation, etc. While this computer may employ high performance processors in order to cope with the high computationally intensive algorithms, it is expected that a parallel processing unit would provide significant parallel processing power with lower electrical power requirements than central processing units (CPUs). The implementation of modern graphical processing units (GPUs) for this purpose is a preferred option.

The dedicated computer to each BAT Vision unit maintains real-time network communication with a central computer, the latter acting as a server. The server may be connected to several BAT Vision units located at different sites or observing the same site but from different positions and angles. Network communication is applicable through wired LAN or Wi-Fi networks. This approach permits the server to be connected to the units over the Internet.

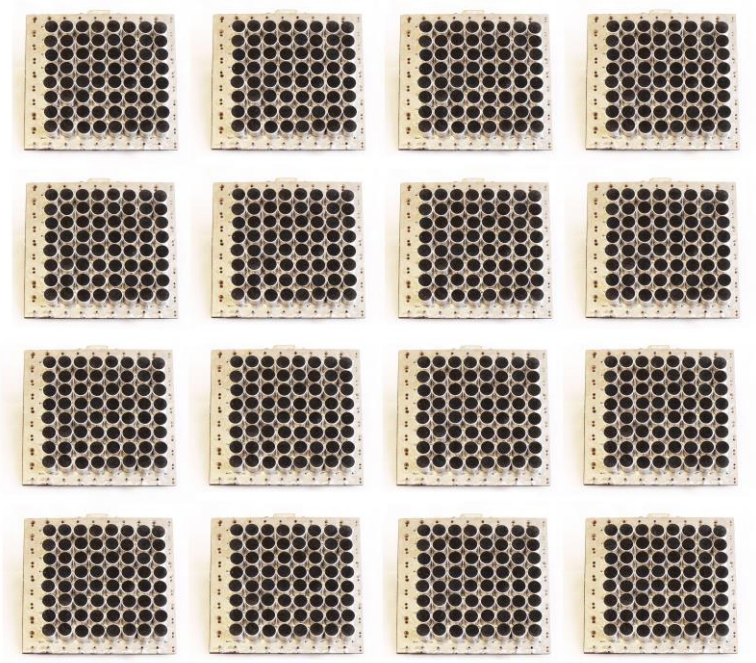


Fig. 3. One BAT Vision unit consists of 16 modules, 64 microphones each

Conclusions

There is a strong demand in the recent years for protection of people and facilities against drone attacks. In order to guard from malicious drone usage the UAVs must first be detected and identified. Further countermeasures require tracking of the targets. All these tasks are well solved by acoustic anti-drone systems and their further innovative development is justified. Hence the author is continuing his work on the subject towards the testing phase of the BAT Vision prototype modules.

References:

1. C. Buratti and E. Moretti (2010).Traffic Noise Pollution: Spectra Characteristics and Windows Sound Insulation in Laboratory and Field Measurements, *Journal of Environmental Science and Engineering*, ISSN 1934-8932, USA, Dec. 2010, Volume 4, No.12 (Serial No.37).
2. Solodov, A., Williams, A., Al Hanaei, S. et al. (2017). Analyzing the threat of unmanned aerial vehicles (UAV) to nuclear facilities, *Secur J*, https://doi.org/10.1057/s41284-017-0102-5.
3. Truls Gjestland (2008). Background noise levels in Europe, *SINTEF ICT*, June 2008.
4. Thomas, F. Brooks, William M. Humphreys (2006). A deconvolution approach for the mapping of acoustic sources (DAMAS) determined from phased microphone arrays, *Journal of Sound and Vibration*, 294 (2006) 856–879.
5. Jieming Ma, Kerem Karadayi, Murtaza Ali, and Yongmin Kim (2013). Software-based Ultrasound Phase Rotation Beamforming on Multi-core DSP, *Ultrasonics* 54(1), DOI: 10.1016/j.ultras.2013.03.016.

MALICIOUS DRONES INTERCEPTION AND NEUTRALIZATION – LATEST TECHNOLOGIES OVERVIEW

Svetoslav Zabunov, Garo Mardirossian

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mails: svetoslavzabunov@gmail.com, garo.mardirossian@gmail.com

Keywords: *Anti-drone technologies, drone safety and security, malicious use of drones.*

Abstract: *The unmanned aerial vehicles innovations bring those high technological devices to the access of almost every individual around the world. Drones provide many benefits and capabilities, but these features may be utilized for illegal and ill-natured purposes. Such scenarios include flying over non-trespassing zones, smuggling of materials over borders, spying, carrying out weaponized attacks by drones carrying munitions and explosives and many others.*

Because of that the advance of drone technologies requires a similar catch up advance of the anti-drone systems and measures.

The current article is a concise overview of the latest technologies and approaches employed to counteract malicious drones.

ПРИХВАЩАНЕ И НЕУТРАЛИЗАЦИЯ НА ЗЛОНАМЕРЕНИ ДРОНОВЕ – ПРЕГЛЕД НА НАЙ-НОВИТЕ ТЕХНОЛОГИИ

Светослав Забунов, Гаро Мардиросян

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mails: svetoslavzabunov@gmail.com, garo.mardirossian@gmail.com

Ключови думи: *Anti-drone technologies, drone safety and security, malicious use of drones.*

Резюме: *Иновациите при безпилотните летателни апарати дават възможност на почти всеки човек по света да има достъп до тази технология. Дроновете предлагат много предимства и възможности, но тези характеристики могат да бъдат използвани за незаконни и злонамерени цели. Такива сценарии включват прелитане на забранени за полети зони, контрабанда, шпиониране, осъществяване на въоръжени атаки от дронове, пренасящи муниции и експлозиви и много други.*

Поради това напредъкът на технологиите, свързани с дроновете изисква подобен догонващ напредък на анти-дрон системите.

Текущата публикация е кратък преглед на най-новите технологии подходи за противодействие срещу злонамерени използване на дронове.

Introduction

The fast advance of drone technologies imposes a risk of their ill-natured implementation in different attacks by growing number of potential user parties. Major threat from malicious use of drones is towards facilities engaged in air transport such as airports. Unmanned aerial vehicles (UAVs) when flown in the vicinity of airports may endanger the airplane flights through causing destructive failure of passenger and cargo aircraft during take-off or landing manoeuvres. Such scenarios include both deliberate and unintentional collisions of drones and aircraft. The first drone-airplane collision is considered to be a 2017 incident in Quebec, Canada. Other threats of this kind include planned utilization of UAVs as flying weapons. This is achieved by loading drones with bomb and guns or other poisonous or dangerous materials and crashing the drones into targets. Such materials could be chemicals, radioactive substances, biological hazards, etc. Still another application of drones to illegal actions is the use of drones for spying.

For these reasons, anti-drone system are being constantly developed by companies or by state government agencies to counteract such threats. Due to the lack of one single winner technology in this field, there are many technological approaches under thorough development for detecting, tracking, identifying and neutralizing drones.

This report will not delve into exhaustive enumeration of commercial entities or trademarks related to anti-drone systems.



Fig. 1. Italian Army soldiers of the 17th Anti-aircraft Artillery Regiment "Sforzesca" with a portable CPM-Drone Jammer in Rome. Attribution: www.esercito.difesa.it

Detection, identification and tracking technologies

The following approaches are used for detection, identification and tracking of drones:

1. Radar
2. Visual, ultraviolet or near infrared light cameras
3. Thermal cameras
4. Acoustic methods
5. Drone radio emission receivers

Some of the above categories are active-only technologies such as the radar, passive-only ones like the acoustic methods, thermal cameras and drone RF emission receivers, or still active or passive like the IR, UV and visible light cameras.

An interesting novel method are the active cameras that measure time-of-flight of the emitted light thus acting as lidars. These cameras offer 3D view of the observed volume and are capable of measuring target distance without stereoscopic installations.

Another technological niche having intense research and development activity are the acoustic methods. The most innovative acoustic instruments are the acoustic cameras capable of generating 3D volumetric images of the guarded region using digital solid-state beamforming techniques and passive acoustic reception of the sound signals produced by the drones. Such a system is under development at the Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences and is designated BAT Vision system (Beamforming Acoustic Tracking Vision system).

While light cameras and acoustic systems show good results, thermal cameras are often incapable of detecting drones as the latter, if designed properly, will emit almost none thermal radiation.

Radars are effective, but being active systems and requiring extreme power to detect small targets at reasonable distances tend to be bulky, hard to disguise, power hungry, dangerous for people and animals in their vicinity and easily spotted by their RF signatures. Further, electronic counter measures might be used by more sophisticated drones to lower the detection range or completely disable the detection capability of the radar system.

The drone RF emissions are a potential technology for passively detecting drones, but still it is not universal as complex and advanced drones would seize RF emissions when approaching target or would resort to light-based data links.

Most modern systems tent to fuse some or all of the above technologies in a single system to increase the probability and quality of detection.

Drone neutralization technologies

Once a malicious drone has been identified and located a system for its neutralization should be employed. The following technologies are used:

1. Conventional weapons such as missiles, machine guns and mines.
2. Directed electromagnetic energy weapons such as lasers and RF guns.
3. Particle beams.
4. Plasma weapons.
5. Web throwing weapons.
6. Electric discharge weapons.
7. Jamming or hijacking of the hostile drone through interfering with its communication data link.
8. Employment of a specialized drone that hunts and destroys enemy drones.
9. Use of animals to counteract drones such as eagles.

Conventional weapons show effectiveness against small sized enemy drones. As the Moscow TASS agency reported, a small-sized anti-drone missile has been developed in Russia designated Tor-M2. The commander-in-chief of Russia's ground forces, General of the Army Oleg Salyukov, stated in an interview published in Rossiyskaya Gazeta:

> *"Currently the air defense system Tor-M2 is the most effective means against tactical drones. The cost of one guided air defense missile is way above the cost of a small-size drone. For this reason a relatively inexpensive small missile is being developed for this system."*

Directed electromagnetic energy weapons are effective. Lasers (Fig. 2) are capable of knocking down a small UAV in seconds. They are bulky though and require enormous amounts of power to be run. RF guns are also bulky and power hungry and in many cases of engaging off-the-shelf drones they burn certain electronics in the drone avionic thus disabling the attacker.

Particle beams haven't been developed yet, but work is in progress. Plasma weapons and electric discharge weapons are in their infantry.

Web throwing weapons are effective against small sized and slow flying drones, still short range should be maintained and the web is generally aimed manually towards the hostile drone.

Jamming and hijacking RF emitters are also useful (see Fig. 1). These are light weight and in most cases handheld. They jam drone communication systems and make it uncontrollable by an operator. Another approach is to hijack the drone by overpowering the operator's radio remote control. Thus such an approach is ineffective with sophisticated drones.

Employment of a specialized drone that hunts and destroys enemy drones is a complex task, nevertheless competition for proposals of such systems was issued by the USA government recently.

Use of animals to counteract drones is feasible approach, but at the harm caused by the drones to the animal. We find this method unacceptable.



Fig. 2. AN/SEQ-3 Laser Weapon System (LaWS) aboard USS Ponce

Conclusions

The anti-drone systems are a fast developing branch of drone related technologies. The authors find that acoustic methods are of top importance in the detection and tracking procedures and a sophisticated and novel high-tech approach to acoustic cameras is a promising future solution for realizing successful anti-drone systems. Hence, attention has been allocated towards the development of the BAT Vision system. The project research and development continues.

References:

1. Dent, Steve (2017). Drone hits a commercial plane for the first time in Canada. *Engadget*.
2. https://www.parliament.bg/pub/PK/172275%D0%BE%D1%82%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%80554-05-27.pdf
3. Kloet, N., Watkins S. and Clothier R. (2017). Acoustic signature measurement of small multi-rotor unmanned aircraft systems, International Journal of Micro Air Vehicles, 2017, Vol. 9(1) 3–14 DOI: 10.1177/1756829316681868.
4. Zabunov, S., Mardirossian G., Getsov P. (2018). Acoustic Anti-Drone Reconnaissance System Based on Tethered Aerostat, Bulgarian Patent Office, Utility model #2872/15.02.2018.

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИЗВЕЖДАНЕ НА НАНОСПЪТНИЦИ С МиГ-29

Димитър Йорданов, Павел Пенев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: dimitar.v.jordanov@gmail.com; *penevpb@gmail.com*

Ключови думи: *Специфичен импулс, ефективност, динамика на полета.*

Резюме *Изследването представлява габаритно-масово изчисление на ракетните модули за извеждане на наноспътници по схемата на въздушен старт от самолет МиГ-29УБ и моделиране на полета за проверка на възможностите на самолета да извърши маньовъра в рамките на експлоатационните ограничения.*

AIR LAUNCH OPTIONS FROM MiG-29 AIRCRAFT

Dimitar Yordanov, Pavel Penev

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: dimitar.v.jordanov@gmail.com; *penevpb@gmail.com*

Keywords*: specific impulse, efficiency, flight dynamics*

Abstract *: The research is about the calculation of rocket modules for air launch of satellites from MiG29 aircraft and modeling of the trajectory of the aircraft.*

Цел на изследването: теоретична проверка на възможностите самолет МиГ-29 да осигури платформа за извеждане на малки спътници (до *10kg*).

Ограничителни условия: окачените външни модули да се вписват геометрично и масово в конструктивните възможности на самолета: по габарити да не превишават външно окачените горивни резервоари, а по маса да не са повече от снетото въоръжение и оборудване.

1. Ракетен модул

Основен изчислителен алгоритъм: масата на всеки елемент от многостепенната ракетна система се определя по методика, базирана на трудовете на Циолковски с приближено отчитане на загубите в скорост за реални условия.

За конкретните цели е създаден алгоритъм, реализиран в програмен продукт "*Microsoft Excel"*, по който се изчислява ракетната система, която се подкачва външно на самолета. В този алгоритъм по зададена маса на наноспътника, основни параметри на конструкцията и използваните горива, както и оптимизирано разпределение на скоростния диапазон, който следва да покрие ракетната система, се изчислява общата маса на системата и нейните габарити. Времето за работа на двигателите от всяка степен се определя по закона за съхранение на импулса за системи с променлива маса [2].

Методологията за изчисление на масата при всеки елемент от многостепенната ракетна система е известна и в разработения алгоритъм е заимствана от проектирането на самолети в раздела за въздушно-космически летателни апарати (Бадягин А.А., С. М. Егер, В. Ф. Мишин, Ф. И. Склянский, Н. А. Фомин *Проектирование самолетов,* изд. "Машиностроение", Москва 1972г. стр.210....220). Загубите от скорост в реални условия са от същия литературен източник.

Основната формула за приближено определяне на масата в използвания алгоритъм [1], [3] е следната:

$$m_i = \left(\frac{\overline{m}_{RF}}{\overline{m}_{RF} - 1 + \frac{1}{e^{\frac{\Delta V + \Delta V_{L_{i_i}}}{J}}}} - 1 \right) m_{L_i}$$

m_i – маса на "i" степен kg

$\overline{m}_{RF}$ – относителна маса на ракетното гориво на "i" степен

m_{L_i} – маса на натоварването на "i" степен kg

ΔV – диапазон от скорост, реализиран от "i" степен (m/s)

$\Delta V_{L_{i_i}}$ – загуби от скорост на "i" степен (m/s)

J – специфичен импулс на "i"степен (m/s) по ISO

…….(1)

Загубите на скорост се определят по следните формули, представляващи апроксимация с достатъчна за практиката точност на приведени в [1] данни:



$$\Delta V_{L_i} = 1800.e^{-(\frac{Vst_i}{1800})} \quad \text{.....(2)}$$

$$\Delta V_{L_3} = 1800.e^{-(\frac{Vst_3}{1800})}$$

$$\Delta V_{L_2} = 1800.e^{-(\frac{Vst_2}{1800})} - \Delta V_{L_3}$$

$$\Delta V_{L_i} = 1800.e^{-(\frac{Vst_i}{1800})} - \Delta V_{L_2} - \Delta V_{L_3}$$

Фиг. 1. Загуби от скорост при извеждане на космически обекти $\Delta V = f(V_{старт})$

Схема на извеждане на наноспътници: От рекламни материали за изчисленията е приета проверена в практиката схема за извеждане на КБ "Южное" (Украйна), която за конкретния случай се предвижда да се реализира чрез свръхзвуков въздушен старт от МиГ-29УБ на височина *H=15km* и истинска скорост *500 m/s (M=1.7*):

- Първата степен работи до скорост *2878 m/s* и на височина *30 km* се отделя.
- Втората степен работи в скоростния диапазон от *2878m/s* до *5775m/s* и на височина *113km* се отделя.
- Третата степен работи в скоростен диапазон *5775m/s* до *8025m/s* и на височина *125 km* извежда наноспътник с маса от *5* до *10kg*.

Космическите модули са с ракетни двигатели с твърдо гориво. Основните резултати за 10kg полезен товар (наноспътник) са сведени в табличен вид:

ВАРИАНТ – 10 kg наноспътник

"I"степен на косм.модул - тип двигател	**РДТГ 3 ст.**	**РДТГ 2 ст.**	**РДТГ 1 ст.**
Скорост, която трябва да достигне "I" степен (m/s)	8025	5774.91	2878.4
Височина при старта на съответната степен (m)	113000	30000	15000
Скорост на звука (m/s) a=20sqrt(T_K)	348.1379	302.98515	295.296
Число M на старта на съответната степен	16.588	9.5	1.7
Скорост на старта на съответната степен	5774.91	2878.36	499.05
Загуба на скорост реалните условия на полета (m/s)	72.6193	290.759	1000.5
НАТОВАРВАНЕ (за трета ст. маса на спътника) kg	**10**	31.325	176.02
Относителна маса на горивото	***0.82***	***0.82***	***0.82***
Специфичен импулс на двигателя (m/s по ISO)	***2844.9***	***2844.9***	***2844.9***
Диапазон скорост, който трябва да постигне "i" ст. (m/s)	2250.09	2896.55	2379.3
Маса "i" (kg)	21.325	144.692	982.45
	3 ст.	***2+3 ст.***	***1+2+3 ст.***
Сума от масите (kg)	**31.325**	**176.02**	**1158**
ПРИМЕРНИ РАЗМЕРИ (диаметър и дължина) m			
Диаметър Di(m)	0.65	0.65	0.65
Дължина Li(m)	0.06466591	0.438764857	2.9791931
Сумарна дължина L(m)-с 20% увеличение			**4.1791**

За 5 kg наноспътник при същите двигатели и разпределение на скоростния диапазон между степените на ракетния модул се получават следните габаритно масови параметри:

ВАРИАНТ: 5 kg наноспътник

"I"степен на косм.модул - тип двигател	**РДТГ 3 ст.**	**РДТГ 2 ст.**	**РДТГ 1 ст.**
НАТОВАРВАНЕ (за трета ст. маса на спътника) kg	**5**	15.6625	88.009
Относителна маса на горивото	***0.82***	***0.82***	***0.82***
Специфичен импулс на двигателя (m/s по ISO)	***2844.9***	***2844.9***	***2844.9***
Диапазон скорост, който трябва да постигне "i" ст.	2250.09	2896.55	2379.3
Маса "i" (kg)	10.6625	72.3462	491.23
	3 ст.	***2+3 ст.***	***1+2+3 ст.***
Сума от масите (kg)	**15.663**	**88.009**	**579.2**
ПРИМЕРНИ РАЗМЕРИ (диаметър и дължина) m			
Диаметър Di(m)	**0.5**	**0.5**	**0.5**
Дължина Li(m)	0.05464269	0.370756304	2.5174181
Сумарна дължина L(m)-с 20% увеличение			**3.5314**

Възможни са и други габарити според мястото за окачване.

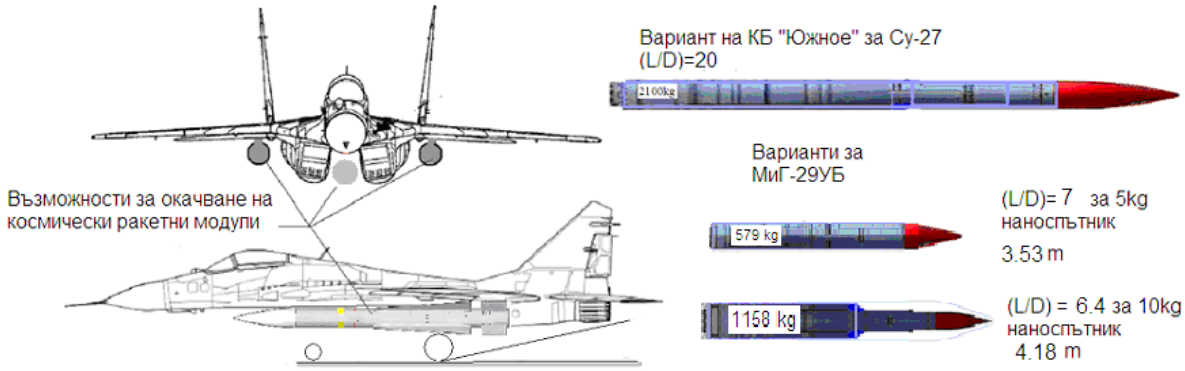
В предварителното проучване на възможностите за използване на самолет МиГ-29 са изследвани различни варианти, които служат като основа за предлагане на решение.

Анализът на резултатите в горните таблици показва, че ако схемата за извеждане се запази една и съща за всички варианти (разпределение на скоростния диапазон между степените), ако специфичният импулс на ракетните двигатели и относителната маса на горивото са еднакви за вариантите, то заграденият в скоби израз пред масата на сателита във формула 1 не се променя по стойност за всички варианти, Тогава масата на ракетния модул за произволен наноспътник може да се изчисли направо като произведение на този (вече известен за класа ракетни системи) множител по масата на сателита. Например, по изчислените

варианти следва, че наноспътник с маса *20kg* може да бъде изведен в орбита по същата схема с ракетен модул с двойно по-голяма маса от 10 *kg*: *(20kg/10kg)x1158 kg =2316 kg.* Отношението на полезния товар (наноспътника) към пълната маса на системата е ефективност и в конкретните схеми тази ефективност е 0.86%. Обратната величина на ефективността е масата на ракетния модул за извеждане на *1kg* полезен товар *(1/0.0086=116.28*). При ракетните системи с висока ефективност този показател е значително по-малък. Например за системата "Pegasus" ефективността е около *2.5%,* масата на ракетния модул за извеждане на *1kg полезен* товар - *40kg,* общата маса на ракетния модул за *10kg* наноспътник би била *400kg* и съответно размерите близо три пъти по-малки от изчислените в таблицата (по схемата на КБ"Южное"), което е показателно за високите технологии на системата "Pegasus". Но за ракетните системи, особено за въздушен старт, освен масово-габаритни изисквания има и изисквания за сигурност и безопасност [3] (да се намали до възможния минимум вероятността от взривяване на ракетата при работа на двигателите). Балансът между висока ефективност и минимален риск е трудна конструкторска задача, особено за малогабаритни ракети.

Приетата при анализа схема за извеждане на спътника на КБ "Южное" може да бъде разгледана като една възможност за реално използване. Но в нея съществуват резерви за повишаване на ефективността. При запазване схемата на КБ"Южное" (за разпределение на скоростния диапазон) и увеличаване само на $\overline{m}_{RF}$ от *0.82* до *0.86* се получава ефективност *1.45%.* При увеличаване на относителната маса на горивото $\overline{m}_{RF}$ от *0.82* до *0.86* и друго разпределение на скоростния диапазон между степените (от *500m/s* при свръхзвуков старт на *15km* от самолета до *8025m/s* на височина *125km*) ефективността може да се увеличи до *1.495%.* При такава ефективност (*1.495%*) размерите на космическите модули са съизмерими със съществуващите варианти на окачвания на МиГ-29 (подвесни баки, 2 ракети Р27ЕР), а за *5kg* наноспътник масата е *334kg*, размерите са: *D=0.4m L=2.6m…3.16m.* При моделирането на маньовъра се разглежда вариант на МиГ29-УБ с две ракети Р27ЕР, които по размери и маса са подобни на изчислените високоефективни ракетни космически модули (*334kg* за *5kg* наноспътник). Достигането на число *M =2* е в режим снижение от *13000m* до *10000m*.

При дозвуков старт (M=0.9 от самолета на *H=15km*) ефективността се намалява от *1.495%* до *1.17%* и масата на модул за *5kg* наноспътник е *426kg* при размери диаметър *D=0.4m* и дължина *L=3.4m* до *4m.* Увеличението от *92kg (334+92=426kg)* е само от дозвуковия старт.



Фиг. 2. Възможности за външно окачване на ракетни модули и примерни габарити по схемата за извеждане на КБ "Южное"

2. Моделиране на маньовър със самолет МиГ–29 (МиГ-29УБ)

За проверка на възможностите за извеждане на космическия модул с наноспътник е проведено моделиране в *"Matlab-Simulink"* и анализ на потенциалните усложнения в устойчивостта и управляемостта на стратосферния полет в маньовър за пускане на ракетния блок при *M=1.7* и *H=15km* .

Специфични особености на самолети МиГ-29 (МиГ-29УБ):

Самолетът е надлъжно неустойчив при ъгли на атака над 12^0 .

Това накратко означава, че аеродинамичният фокус в цитирания диапазон от ъгли на атака се разполага пред центъра на тежестта и за нормалното пилотиране е необходима работеща система за подобряване на устойчивостта и управляемостта (АПУС).

Важни ограничения (по методическо пособие за обучение в курса за МиГ-29):

- Еволютивна скорост на *H>15000m 350 km/h*.
- Максимален ъгъл на атака 13^0 с окачен под тялото резервоар (ПТБ) или ракетен модул на неговото място.
- Приборна скорост *900...1100 km/h*. (*1500 km/h* без окачвания).
- Максимално число *M =1.5* с окачен под тялото резервоар (ПТБ).
- Максимално претоварване с ПТБ *+4* (стр.8).
- На трансзвукови скорости *(M=0.9..1.1*) при намаляване на скоростта има неустойчивост по скорост от преместването на аеродинамичния фокус напред по средната аеродинамична хорда (САХ) и е много чувствителен на теглещи усилия (стр. 51и 64, 65 от методическото пособие в курса за МиГ-29).

Това са границите, около които теоретично са възможни усложнения в устойчивостта и управляемостта на стратосферния полет с МиГ-29УБ в маньовър за пускане на ракетния модул при *M=1.7* и *H=15km* **.**

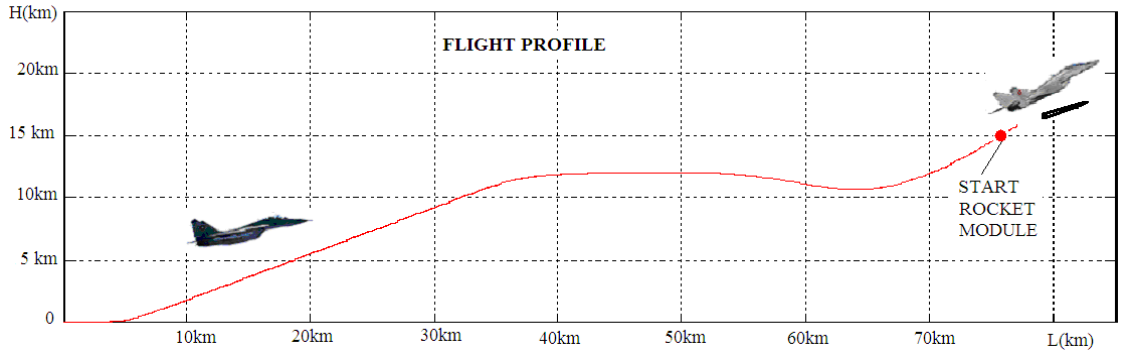
Основна хипотеза на моделирането и анализа

При моделирането се приема като основна хипотеза, че АПУС ще осигури потребната за пилотаж надлъжна устойчивост в диапазона на ъгли на атака над 12^0 - до критичния ъгъл на атака. При критичен ъгъл на атака (около 30^0) самолетът се "сваля на крило".

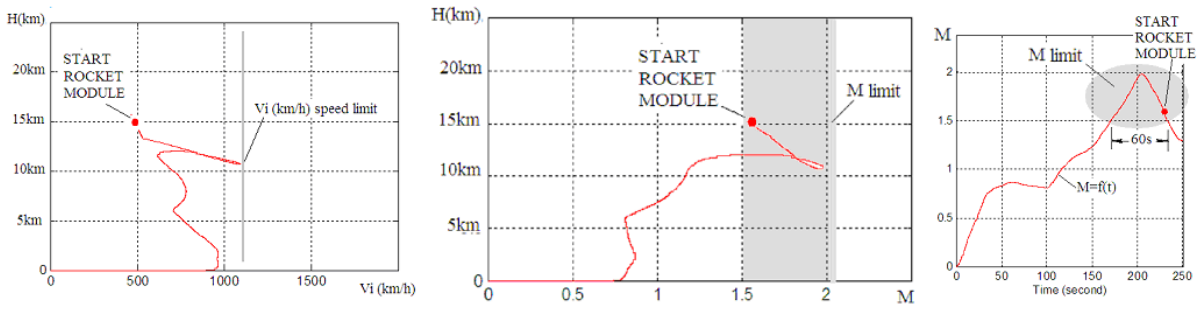
По данни от моделирането в конкретния случай до критичен ъгъл на атака самолетът може да достигне след грешка на пилота, изразяваща се в стремеж на височина около *15km..20km* да създаде ъгъл на тангажа по-голям от 35^0 при пусковия режим на ракетния модул [4].

Резултати от моделирането

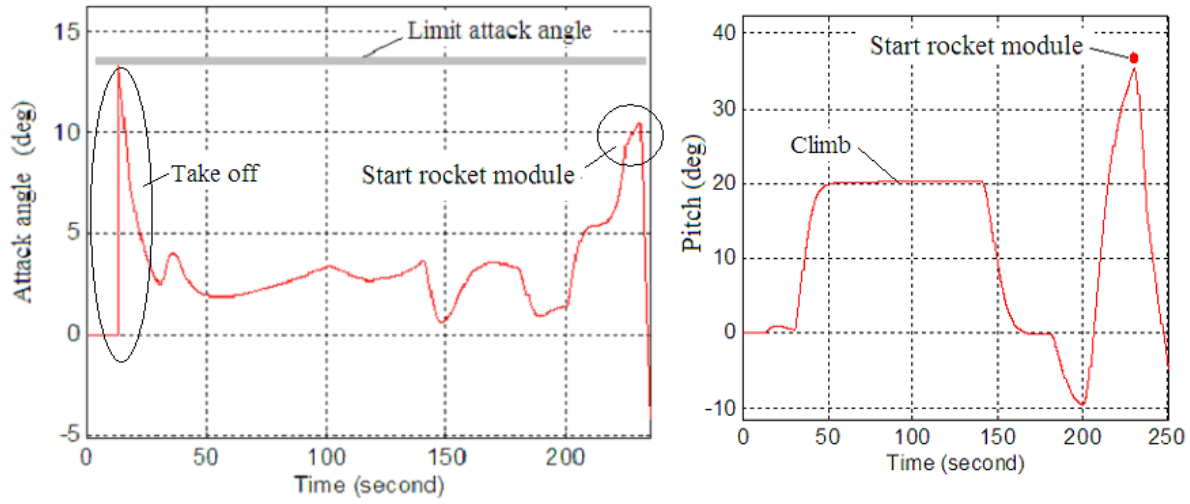
Стартът на космическия ракетен модул става при *M=1.7* след изпълнение на "горка" до 30^o-35^o**.** Профилът на полета за пусковия маньовър е показан на фиг.3, а на фигури 4 и 5 са показани ограниченията на самолета, съпоставени с данни от моделирането.



Фиг. 3. Профил на траекторията



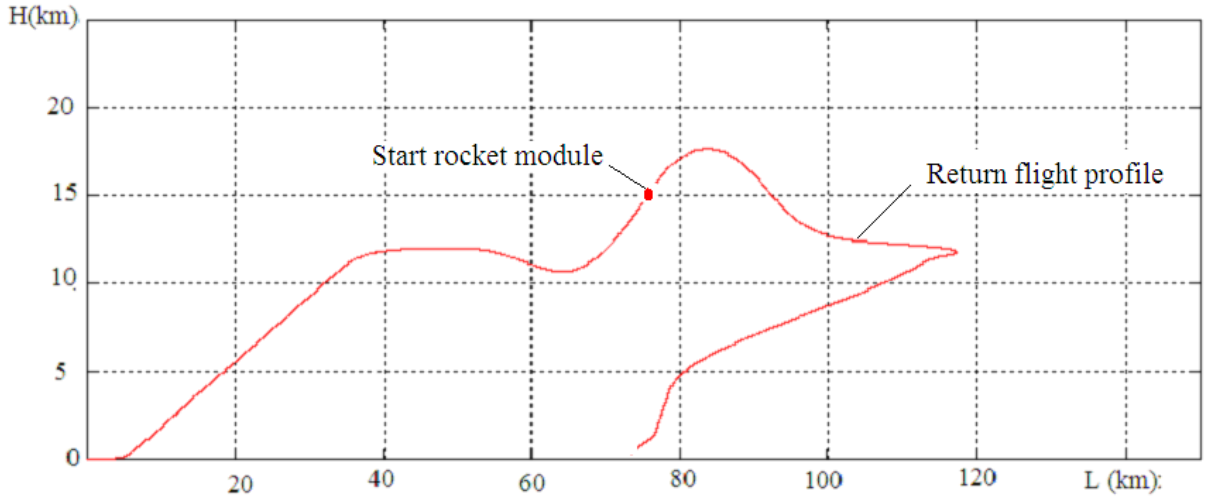
Фиг. 4. Съчетания от приборна скорост и число M с височината на полета по траекторията



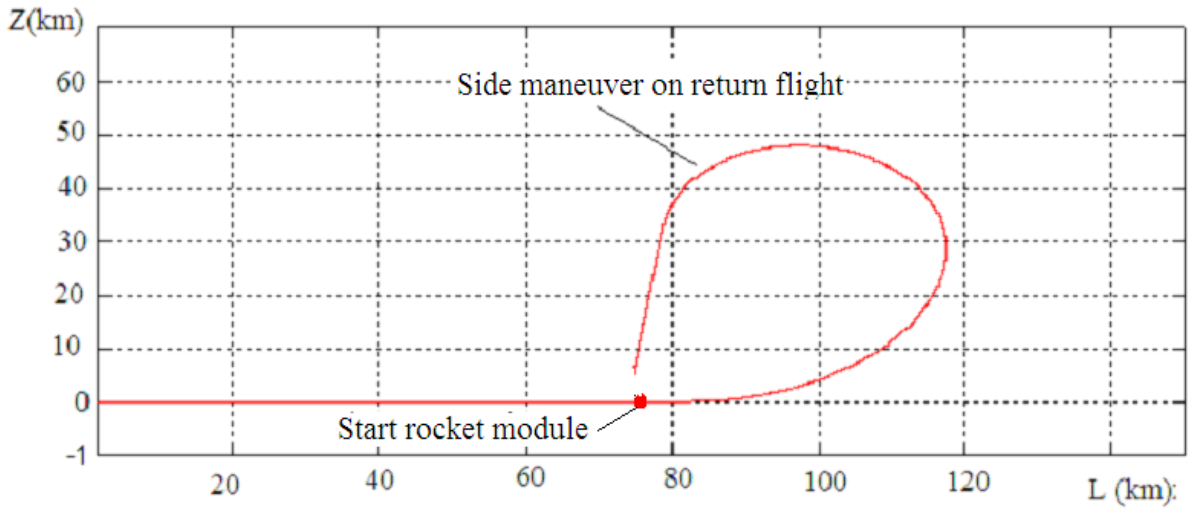
Фиг. 5. Изменение на ъглите на атака и тангажа по време на маньовъра

Максималното претоварване през време на маньовъра на превишава *+4*. Това е и ограничението с външни окачвания - ракетен модул или ПТБ. (нормално за траекторията ускорение до *4g* при влизане в горка преди старта на ракетния модул).

Завръщането на самолета след старта на ракетния модул условно е моделирано чрез страничен маньовър с ляв наклон (крен) от 30^0 и снижение до *1000m* (фигури 6 и 7). При завръщането по моделирания маньовър няма превишаване на ограниченията за самолета без външни окачвания.



Фиг. 6. Профил на полета до извеждането на космическия модул и завръщане на самолета към условно летище (проекция във вертикална плоскост)



Фиг. 7. Страничен маньовър на полета след извеждането на космическия модул и завръщане на самолета към условно летище (проекция в хоризонтална плоскост)

Особености на полета при дозвуков старт за космическия модул

При дозвуков старт на космическия модул *(M=0.9, H=15km)* профилът на полета се различава от моделирания по схемата за свръхзвуков старт *(M=1.7, H=15km).* Отсъства снижението преди кабриране и ускоряването до число *M=2* (т.н. "гмуркане" от *13km* до *10km*). Кабрирането преди старта на космическия модул започва от хоризонтален полет или близък до него на *M=1.5*, което е в рамките на допустимото от ограниченията при МиГ-29УБ с ПТБ. Този профил има следните недостатъци от гледна точка на безопасност на полета:

- Стартирането на модула с наноспътник става по време на намаляване на скоростта в целия трансзвуков диапазон (*M=1.1..0.9*), където самолетът има неустойчивост по скорост и може да попадне в "скоростен подхват", ако пилотът не реагира своевременно с преместване на лоста за управление напред (по данни от моделирането при *M=1.1* в началото на "скоростния подхват").
- Потенциално е възможно "скоростният подхват" на трансзвукови скорости да премине в „сривен подхват" на големи ъгли на атака и самолетът бързо да излезе на критичен ъгъл на атака. По-безопасно е в дозвуковия старт при кабриране да се ограничи крайният ъгъл на тангажа до 20^0-25^0.
- Налага се полетът да бъде изпълняван от двама пилоти (на МиГ-29УБ). Единият следи за развитието на проблемите с неустойчивостта по скорост в трансзвуковата зона, а другият извършва стартирането на ракетния космически модул [4].

Заключение

- Анализът на резултатите от габаритно-масовите изчисления и моделирането потвърждават теоретичната възможност за използване на самолет МиГ-29УБ като носител на космически ракетен модул за извеждане на наноспътници. Масата и габаритите на този модул зависят от схемата за извеждане и нивото на технологиите. Поради габаритни и масови ограничения е възможно подкачването на космически модули с тристепенна схема за ускоряване и маса от порядъка на 600...1200kg, дължина не повече от 4..4,5m. По-реалистични са космически модули за 5 kg наноспътници. В разгледаните варианти дължината е изчислена с условна специфична маса на конструкцията 994kg/m^3, което е характерно за реални ракети (например американската AIM-54).

- Ефективността на космическия ракетен модул (отношение на полезен товар към обща маса) за схемата на КБ "Южное" е от порядъка на 0.86%. Увеличаването на ефективността на ракетната система (например над 1,2...2,5 % както е при системите на проектите "ASAT" и "Pegasus") може да се постигне от двигатели с по-висок специфичен импулс (например около 4000 m/s по ISO, което е скоростта на изтичане на газовете от соплото) и относителна маса на горивото от порядъка на 0.86 (86%) и повече, а също и чрез по-рационално разпределение на скоростния диапазон между отделните степени на ракетата, което теоретично е проверено в

изследването. Това е за сега трудна задача и няма открити публикации за малки ракети с такива показатели. Възможно е да са постигнати при най-новите разработки в Русия и САЩ.

- Дозвуковият старт е неизгоден, както от масова ефективност, така и от безопасност на полетите. Може да се практикува от самолети-изтребители с по-малка тяговъоръженост (например МиГ-21) с най-малките космически модули, каквато практика има при балистични експерименти в САЩ (suborbital sounding rockets). За тежки космически модули по-подходящи за дозвуков старт са модифицирани транспортни или пътнически самолети.

Литература:

1. Бадягин, А. А., С. М. Егер, В. Ф. Мишин, Ф. И. Склянский, Н. А. Фомин Проектирование самолетов, изд. “Машиностроение”, Москва, 1972 г.
2. Джанколи, Д. Физика - том1 (превод от английски) издательство”Мир”1989 г. стр.246....247 (Douglas C. Giancoli GENERAL PHYSICS Prentice-Hall Inc. 1984)
3. Загорски, Н., Св. Асенов, Система за управление на авиационната безопасност: изисквания, функции, отговорности, XVI Международна научно-техническа конференция по транспортна, строително-пътна и подемно-транспортна техника и технологии, trans&MOTAUTO'09, стр. 100–103.
4. Загорски, Н., Човешкият фактор – основен елемент при декомпозиция на модела 5xM за причините за авиационни произшествия, Шеста научна конференция с международно участие Космос, Екология, Безопасност SES 2013, стр. 174–180.
5. Инженерный справочник по космической технике, ВИ, Москва, 1969 г.
6. Йорданов, Д. В., Възможности на транспортните самолети като платформи за извеждане в орбита на космически обекти, Юбилейна научна сесия „10 години космически проект „Шипка“. Сборник с доклади, С. 1999. стр. 245–250.
7. Йорданов, Д. В. Извеждане на малки изследователски спътници по многостепенна схема от самолет носител, списание “Аерокосмически изследвания в България” бр.12 1996 г., ИКИ-БАН, София.
8. Йорданов, Д. В., П. Гецов, Ст. Гецов. Моделиране и изследване на системата пилот-самолет изд. “Автопринт”, Пловдив, 2019 г.
9. Пенев, П. Б. Космос и сигурност, ИК “Витал”, Велико Търново, 2014 г.
10. Интернет
    https://hicomm.bg/space/nanospytnici-politat-kym-drugite-planeti.html
    https://bg.wikipedia.org/wiki/CubeSat
    https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%A1-172
    https://en.wikipedia.org/wiki/Sounding_rocket
    https://en.wikipedia.org/wiki/NASA_Sounding_Rocket_Program
    http://www.svengrahn.pp.se/histind/ASAT/F15ASAT.html

S E S 2 0 2 0
Sixteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
4 – 6 November 2020, Sofia, Bulgaria

ДРАМАТИЧЕН МОМЕНТ ОТ ИЗПИТАНИЯТА НА ЕДИН МиГ
(Моделиране на версия за аварийна ситуация)

Димитър Йорданов

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: dimitar.v.jordanov@gmail.com

Ключови думи: *безопасност на полетите, моделиране, контур за управление, динамика на полетите.*

Резюме: *Моделирана е хипотеза за колебателна неустойчивост на контура за управление при полет с експериментален образец на МиГ-19 от периода на неговото създаване.*

DRAMATIC MOMENT FROM THE TEST ON A MiG

Dimitar Yordanov

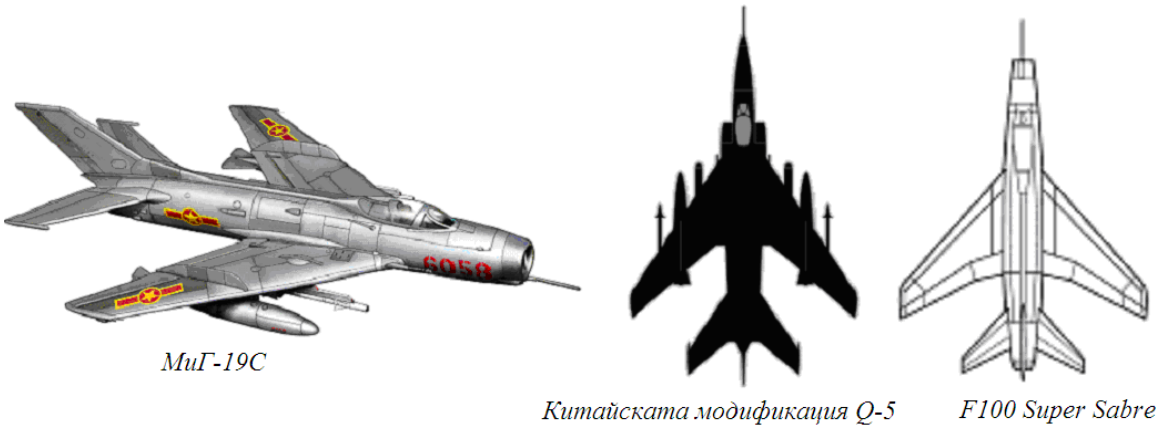
Space Research and Technology Institute-BAS, Sofia, Bulgaria
e-mail: dimitar.v.jordanov@gmail.com

Keywords: *safety, modeling, control loop, flight dynamic*

Abstract: *A hypothesis is modeled based on "overcontrol" with an experimental version of MiG-19 from the period of its creation.*

1. Въведение в историята и проблемите на МиГ-19

В средата на 20 век е премината звуковата бариера, но бариерата на управляемостта все още не е преодоляна. В конструкцията на самолетите се появяват управляемият хоризонтален стабилизатор, хидроусилвателят и първите устройства-автомати, чрез който управлението на самолета става с нормативно зададените усилия върху лоста за управление, и потребното качество на преходните процеси. Усилията на пилота за отклонение на стабилизатора се имитират с пружинни механизми, а хидроусилвателят "поема" реалния шарнирен момент. Наглед това просто устройство (пружина) позволява да се имитира така нужното за пилота усещане за отклонението на органа и правилното дозиране на командите, но това не става реалност веднага. В Русия изпитателите Г. А. Седов, К. К. Коккинаки, Г. К. Мосолов, В. П. Васин, С. А. Микоян, В. С. Котлов, А. Ф. Николаев и други в периода 1952 г.....1954 г. с труда си и с риск за живота си постепенно довеждат експерименталния образец на бъдещия МиГ-19 до възможностите на редовите пилоти. Основните проблеми на този самолет са свързани с двата двигателя (склонност към самоизключване, ненадеждна автоматика) и управлението (няколко случая на опасна надлъжна разкачка след като въвеждат управляемия стабилизатор като орган за надлъжно управление). При изпитания на свредел, например, е установено, че винаги след влизане в свредел се самоизключват и двата двигателя. Самоизключването на два двигателя, дори и при надеждна система за запуск във въздуха, създава проблеми и в управлението, свързани с работата на хидроусилвателя. Това налага да се предвиди вариант за електрическо аварийно управление, но то е бавно и не гарантира съответствие на характеристиките на нормална управляемост.



Фиг.1. Китайски варианти на самолет МиГ-19 (J-6), модификация Q-5 и американският им аналог и противник от първото поколение свръхзвукови самолети North American F-100 Super Sabre

МиГ-19 се произвежда в заводите на бившия СССР, останали на територията на днешна Русия и по лиценз в Китай и бивша Чехословакия. Китайското производство е над 4000 машини. МиГ-19 е сравнително бавен със своята максимална скорост от 1540 км/ч, но е забележително маневрен, лесен за управление на малки височини и има учудващо голяма скороподемност (по-голяма от тази на North American F-100 Super Sabre.), което го прави ефективен за близък въздушен бой и затова е оценяван от пилотите. За Китай и за азиатския свят МиГ-19 е легенда. Той е усъвършенстван, съществено модифициран и успешно продаван от Китай. Само в Китай е създадена версия на учебно-тренировъчен самолет. През 2010г. в Китай е проведена специална церемония за прощаване с легендата, която реално създава авиационната им промишленост. Днес вероятно някъде още летят самолети от модификацията Q-5, която е с променена форма на носовата част.

От 1957г. до 1978г в българските ВВС е имало 92 самолета МиГ-19 от различни модификации. Той беше самолетът на нашето поколение. От аварии и катастрофи загубихме 30% от самолетите и 16 летци загинаха. За самолет МиГ-19 се счита, че е с висока аварийност и неговата история обикновено се сравнява с тази на F-104 в Германия и Канада (Германия-30% загуби при 6630 часа среден нальот на един разбил се самолет, над 100 загинали пилоти, а в Канада общият брой разбили се самолети F-104 са 46% от целия парк).

2. Основна хипотеза за конкретните случаи на колебателна неустойчивост (разкачка) и модел на контура за управление

Цел на моделирането е проверка на хипотеза за причините на надлъжната разкачка при полетите на пилотите-изпитатели К. К. Коккинаки и Г. К. Мосолов.

Способи за постигане на целта: Моделиране в *“Matlab-Simulink”* на контур за управление ”пилот – самолет” с имитация на усилия върху лоста за управление от пружинно-натоварващ механизъм. Моделирането е в стандарт ГОСТ 20058-80.

За правилното моделиране е нужна информация от предпоставките за тежки произшествия. Намира се в книгата “Артем Микоян” от М.Арлазоров изд. “Молодая Гвардия” 1978г.–стр.202: «....*Работата беше нова и в третия полет на един от режимите Коккинаки изпадна в крайно неприятна разкачка. След прибиране на задкрилките и колесника възникват самопроизволни автоколебания с голяма честота и тежки за пилота претоварвания. ....»*

Основна хипотеза за аварийната ситуация: усилията, формирани изкуствено чрез пружинен механизъм не осигуряват на лоста за управление потребната за устойчивост на контура т.н. приведена коравина – $C_в$ *(N/m).*

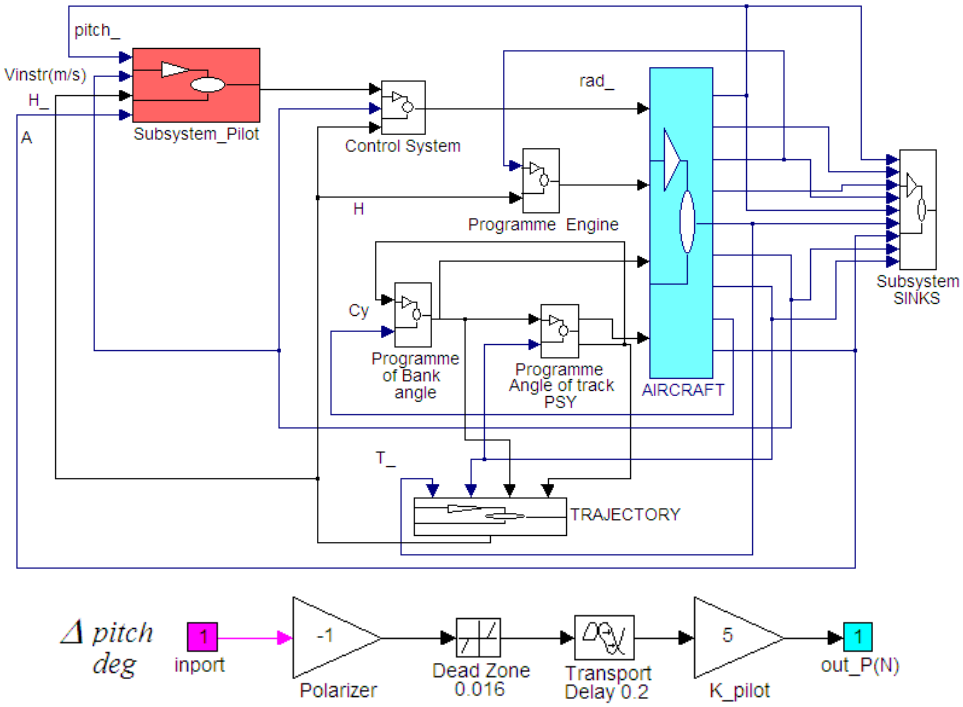
Приведената коравина е условна коравина на пружината и зависи както от реалната коравина на пружината $C_{пр}$, така и от предавателното отношение *“к”* между ръкохватката на лоста за управление и реалния механизъм, монтиран някъде по лостовата верига на управлението $C_в = \kappa^2 . C_{пр}$.

В зависимост от маниера на пилотиране и външните смущения, разкачката може да се развие или не, защото контурът на управление е на границата на устойчивост.

В *“Simulink”* общият вид на модела и моделът на пилота са показани на фиг.2.

Самолетът (блок*"AIRCRAFT"*) е моделиран по пълната система диференциални уравнения. Системата за управление (блок *"Control system"*) е моделирана по два начина:

- Първи вариант е с предавателна функция на усилвателно звено ($W(p) = \frac{k_в}{C_в}$) с опростена имитация на усилия за пилотиране, където $k_в$ е предавателното отношение на системата за управление между ръкохватката и стабилизатора;
- Втори вариант - с модел на автомат за регулиране на приведената коравина по режима на полета.



Фиг. 2. Общ вид на контура за управление "пилот-система за управление - самолет " (в групиран вид) и модел на пилота

Моделът на пилота, заедно с програмата на полета е разработен в подсистема *"Subsystem_Pilot"*. Моделирано е излитане, което завършва на около 30...50m и след прибиране на задкрилките и колесника – набор на височина до 600...650m и преминаване в хоризонтален полет. Моделът на пилота работи по ъгъл на тангажа (този начин на пилотиране е за малки скорости и режими на излитане и кацане). Видът на модела на пилота в *"Simulink"* е показан на фиг.2 – под модела на контура.

Вход в модела на пилота е разликата между зададения тангаж при излитане (разработен със средствата на *"Simulink"* като "ментален" модел на полета) и реалния тангаж в градуси. Изход от модела на пилота е усилието, което прилага върху лоста за управление в нютони. Закъснението (*Transport Delay*) и зоната на нечувствителност (*Dead Zone*) са настроени по данни от инженерната психология [2] за среден пилот, в действителност те са случайни величини. Важна е стойността на коефициента на усилване в модела на пилота *K_pilot=5(N/deg)*.

Коефициентът на усилване на пилота за управление по тангаж се разглежда като произведение $K_{пилот} = |P_в^{n_y}| . n_y^{\alpha(\deg)}$, където $|P_в^{n_y}|$ е нормативната характеристика на управляемост по абсолютната стойност, а $n_y^{\alpha(\deg)}$ - производната на претоварването по ъгъл на атака в градуси.

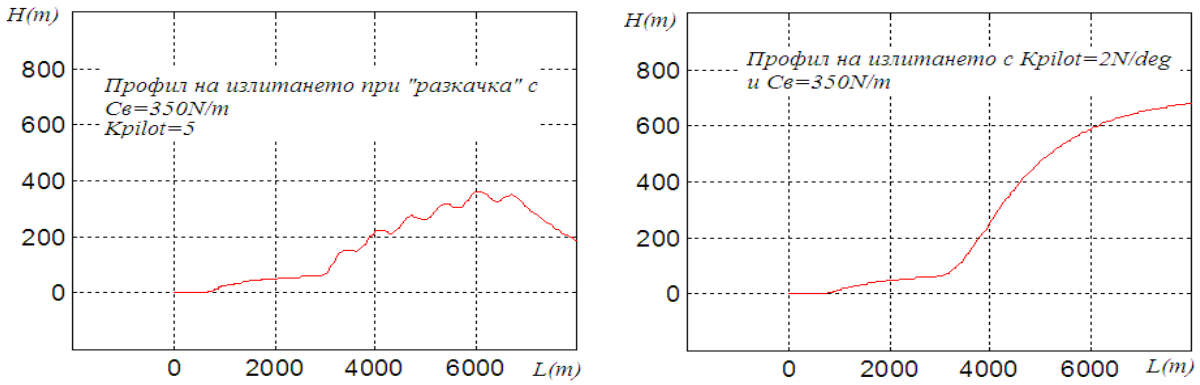
$K_{пилот} = \frac{|\Delta P_в(N)|}{\Delta \vartheta} = \frac{|\Delta P_в|}{\Delta n_y} . \frac{\Delta n_y}{\Delta \vartheta} \approx |P_в^{n_y}| \, n_y^{\alpha}$, защото може да се докаже, че $\lim_{t \to 0} (\frac{\Delta \vartheta}{\Delta n_y}) = \frac{1}{n_y^{\alpha}}$.

Коефициентът на усилване на пилота в реален пилотаж е случайна величина разпределена, според изследователи по логаритмично-нормален закон (случайна величина,

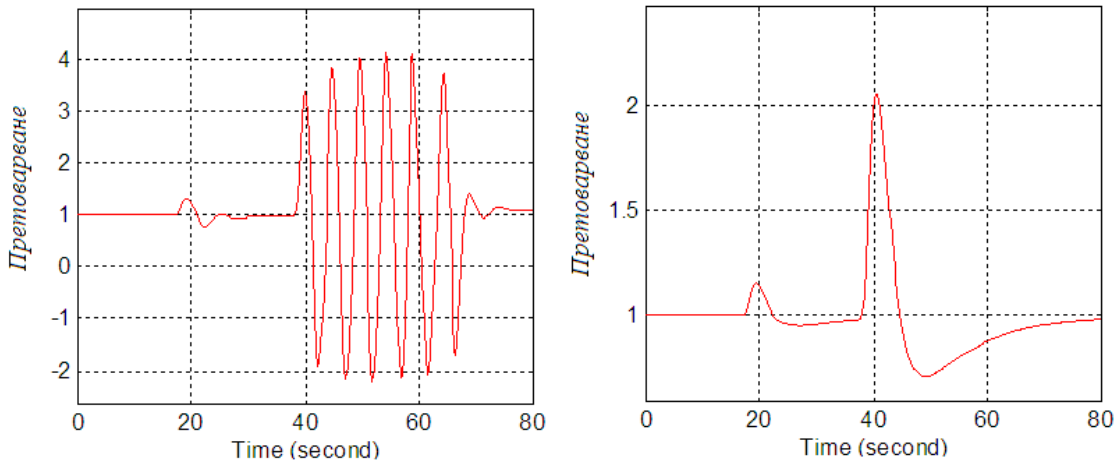
чийто логаритъм е с нормално разпределение, характеризира се с асиметричност). На разглеждания режим $n_y^{\alpha(deg)} \leq 0.15$. Диапазонът на препоръчителните нормативни характеристика на управляемост за маневрени самолети е $|P_в^{n_y}| \approx 15N...40N$. При такива данни, за управление по тангаж диапазонът на изменение на $K_{пилот} \approx 2$ *N/deg....6 N/deg*. В теорията това е величина, по която може да се характеризира стилът на пилотиране. Ако "пилотът е много опитен и внимателен", то при моделиране *K_pilot* може да бъде 2...3 *N/deg*.

3. Резултати от моделирането

На следващите фигури са показани резултати от моделирането с различни настройки на модела на пилота.



Фиг. 3. Траектория на полета във вертикална плоскост



Претоварване при "надлъжна разкачка" с Kpilot=5 Св=350N/m

След намаляване на скоростта от 500km/h на 480km/h в 65s "разкачката"се прекратява

Претоварване при излитане с Kpilot=2N/deg и Св=350N/m

Фиг. 4. Изменение на претоварването

4. Анализ на резултатите и изводи

1. Моделирането показва, че при малки, постоянни значения на приведената коравина на пружинния механизъм $C_в$ ***(N/m)***, управлението от пилота с по-голям коефициент на усилване създава условия за колебателна неустойчивост на контура за управление. Самолетът е много чувствителен на по-резки команди, както в случая с преминаване към набор на височина след прибиране на колесника и клапите и увеличаване на скоростта. Доколкото коефициентът на усилване на пилота в реалността е случайна величина, то и проявлението на колебателната

неустойчивост няма постоянен характер, а се проявява при “по-енергично” пилотиране и е провокирано от недостатък на системата за управление.

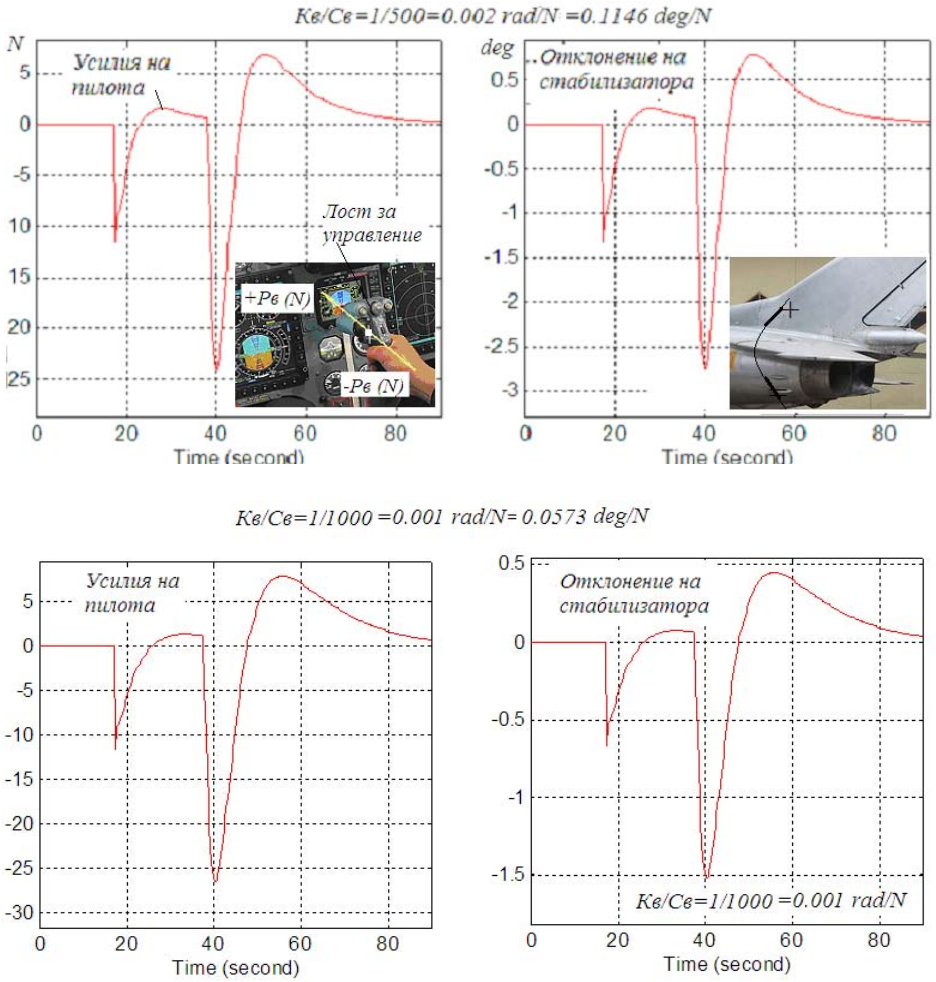
2. Колебателната неустойчивост се прекратява при намаляване на скоростта или при фиксиране на лоста за управление. Това се обяснява с факта, че критичният коефициент на усилване на пилота (при него системата се намира в автоколебателен режим) рязко намалява с увеличаването на скоростта и при нормално излитане след ускоряване може да се получи надлъжна разкачка, защото целият контур за управление (с постоянно отношение $\frac{k_в}{C_в}$) отива постепенно на границата на устойчивост, ако пилотът не намалява усилията, с които движи лоста за управление. При фиксиране на лоста, пилотът се изключва от контура за управление и самолетът сам се успокоява.

3. Проведено е изследване за управление на моделирания самолет чрез кормило за височина на дозвукови скорости. Резултатите показват, че шарнирният момент на кормилото за височина, което удовлетворява всички препоръчани норми за управляемост, за моделирания хипотетичен самолет има абсолютна стойност на производната $|M_ш^{\delta_в}| \approx 161\ Nm$ в режим на излитане. Приведената коравина $C_в$ от шарнирния момент на кормило за височина към ръкохватката в кабината се определя по формулата: $C_в = \kappa_в^2 |M_ш^{\delta_в}|$. Предавателното число за управление с кормило за височина на моделирания самолет е $\kappa_в \approx 2.5\ rad/m$, а приведената коравина $C_в$ от шарнирния му момент върху ръкохватката на лоста е от порядъка на *1000 N/m.* Тяхното отношение $\frac{k_в}{C_в}$ е най-важно за устойчивостта на контура за управление и то при такива данни е *0.0025 rad/N*.

Замяната на кормило за височина с управляем стабилизатор увеличава съществено ефективността на управлението ($M_z^{\varphi} \approx 2M_z^{\delta_в}$ - примерно около два пъти по-голям тангажен момент M_z и съответно реакцията на самолета е два пъти по-голяма при едно и също отклонение на органа за управление)**.** При използването на управляем стабилизатор за устойчивост на контура в режим на излитане е нужно около два пъти по-малко отношение $\frac{k_в}{C_в}$ (от порядъка на *0.0010..0.0012 rad/N).* Устойчивостта на контура при промяната на системата за управление, може да се постигне с имитираща пружинна система за усилия, която осигурява приведена коравина на лоста за моделирания самолет около *1000 N/m* и предавателно отношение $k_в=1$. Само това обаче не е достатъчно, защото с увеличаване на скоростта след излитане бързо се променят свойствата на самолета и е нужно за устойчивост на контура тази приведена коравина да се увеличава с увеличаване на приборната скорост. Затова се поставя автомат за регулиране на управлението – АРУ. Този автомат спомага да се имитира естествения характер на усилията за пилотиране и запазва целия контур “пилот-система за управление-самолет” устойчив на всички режими на полета.

За експерименталния МиГ-19 най-вероятно при подбора на пружинните механизми и кинематиката на веригата за управление в първите варианти на системата за управление (след замяната на кормилото за височина с управляем стабилизатор) е допуснат голям коефициент на усилване на системата за управление (отношение $\frac{k_в}{C_в}$), което пилотът можа да компенсира само с намаляване на собствения си коефициент на усилване. Ако пилотът не намали K_{pilot}, това провокира условия за колебателна неустойчивост на контура.

За пилота водещи характеристики на управляемост са усилията. В процеса на изследването е проведено моделиране за един и същи модел на пилота ($K_{пилот}=2N/rad$) и еднакво предавателно отношение в системата за управление $\kappa_в=1$, но различни пружинни механизми ($C_в=500\ N/m$ и $C_в=1000\ N/m$). Регистрирани са усилията и отклонението на стабилизатора –фиг.5.



Фиг. 5. Усилия на пилота (*нютони)* и отклонение на стабилизатора (*градуси)*

Моделирането на двата случая показва, че при практически еднакви усилия от модела на пилота с коефициент на усилване $K_{пилот}=2(N/rad)$, за пружинния механизъм с приведена коравина $C_в=500\ (N/m)$ преместването на лоста за управление и отклонението на стабилизатора е съществено по-голямо (около два пъти), което е причината за колебателна неустойчивост при действия на пилота с по-голям коефициент на усилване $K_{пилот}=5\ (N/rad)$.

Литература:

1. Бюшгенс, Г. С., Р. В. Студнев, Динамика продольного и бокового движения, изд. “Машиностроение”, Москва, 1979 г.
2. Денисов,В. Г, В. Ф. Онищенко, Инженернаяпсихологияв авиации и космонавтике изд. ”Машиностроение”, Москва, 1972 г.
3. Internet:

https://wartools.ru/vvs-usa/lockheed-f-104-starfighter/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Lockheed_F-104_Starfighter
http://airwar.ru/enc/fighter/f104.html

ДИНАМИЧНО МОДЕЛИРАНЕ НА РАЗВИТИЕ НА СЪБИТИЯ С ПОВИШЕН РИСК ПРИ КАЦАНЕ НА ВЪЗДУХОПЛАВАТЕЛНО СРЕДСТВО В РЕЖИМ „2-РИ КРЪГ“

Павел Пенев[1], Светлозар Асенов[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Българско астронавтическо дружество – клон Пловдив
e-mail: spsbyte@space.bas.bg; bad_plovdiv2015@abv.bg

Ключови думи: *събития с повишен риск, авиационни произшествия, самолети, опасности*

Резюме: *В авиационната безопасност класическата теория на надеждността изисква да се извърши и приложи вероятностен анализ на функциониране на отделните елементи. В настояще време се препоръчва за прилагане идеологията за нов, проактивен подход за управление на риска, като показател за опасностите в системи с редки рискови събития.*

DYNAMIC MODELING OF EVENTS INCREASED RISK IN LANDING OF AIRCRAFT IN 2-ROUND MODE

Pavel Penev[1], Svetlozar Asenov[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Bulgarian Astronautical Society – Plovdiv Branch
e-mail: spsbyte@space.bas.bg; bad_plovdiv2015@abv.bg

Keywords: *high-risk events, aviation accidents, airplanes, hazards*

Abstract: *In aviation safety, the classical theory of reliability requires that a probabilistic analysis of the functioning of the individual elements be performed and applied. It is now recommended to apply the ideology of a new, proactive approach to risk management as an indicator of hazards in systems with rare risk events.*

Въведение

В процеса на захода за кацане на въздухоплавателно средство (ВС) в редица ситуации на навигационната, включително метеорологичната обстановка, се налага след прелитане над пистата за излитане и кацане (ПИК) на летището изпълнение на маньовър за преминаване на втори кръг. Това се осъществява на т. н. „височина на вземане на решение” чрез използване на съответния режим на навигационния комплекс на ВС. Факторите, от които зависи височината на вземане на решение за преминаване на втори кръг, са от различен физически характер (визуален контакт с ориентирите и ПИК, положение на ВС в пространството и др.) и са свързани със събития с повишен риск [5].

Процедурата за управление на полета на ВС в режим „Минаване на 2-ри кръг“ при кацане е описана в редица документи за различните типове ВС и е регламентирано в документите за летателна експлоатация. Така например, във FCOM (Flight Crew Operations Manual) са представени всички методически и технически средства, необходими за обучението на персонала от различни специалности. Въпреки това, оценявано по критериите на риска на ICAO (International Civil Aviation Organization) [10], нивото на авиационна безопасност в този режим на полета не е достатъчно високо [3]. Това е свидетелство за наличие на определени проблеми при изпълнението на този режим на полета на ВС. Документите на ICAO посочват възможните фактори за опасности, които са от ключово значение при реалните сценарии на развитие на

събитията. Посочва се необходимостта от отделното разглеждане на първостепенните въпроси, отнасящи се до повишаване на авиационната безопасност и усъвършенстване на процедурите на взаимодействие на летателните екипажи със службите за Ръководство на въздушното движение (РВД) при полети на ВС в режим „2-ри кръг“ при кацане.

За решаване на посочените проблеми могат да бъдат използвани методи на динамичното моделиране по способи, препоръчани от ACAST (European Commercial Aviation Safety Team) [9], предназначени за идентифициране на опасностите и рисковете за възникване на неблагоприятни последствия (злополуки) в „дървото на сценариите“ за последователността на протичане на събитията в полет, свързани с отклонение на параметрите на реалната технология (протокол, процедура) на управление на ВС от номиналната (стандартно препоръчана от конструктора).

Препоръчваният метод за динамично моделиране може да бъде приложен за изследване с помощта на инструментариума на FMEA (Failure Mode and Effects Analyses) [1]. При анализа на дървото на събитията [7] се извършва оценка на критичността на резултатите по нивото на риска (опасността) и след като се отчетат препоръките и на другите документи на ИКАО [7,10].

В настоящия материал се извършва анализ на правилата за проверка на условията за съществуване на функционалните свойства на изследваните процеси в препоръчваните технологии (процедури) за управление на ВС. Използват се подходи във вид на точна или размита логика без вероятностни показатели. Последното е приложимо с достатъчна степен на достоверност, ако изследваните системи могат да се считат за високонадеждни [1,7], в смисъла на класическата теория на надеждността [1].

1. Постановка на задачата

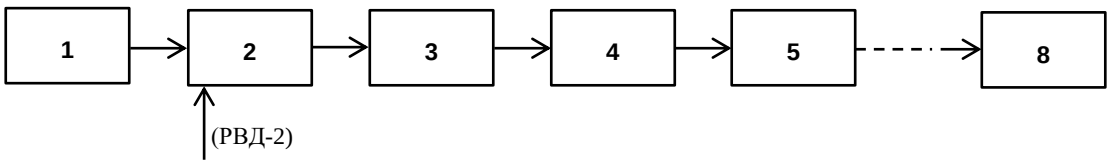
На основата на анализа [3] могат да бъдат определени две основни категории опасни фактори, определяни с методите на динамичното моделиране за ситуации LOC-I/CFIT (Loss Of Control In-flight/Controlled Flight Into Terrain) [7]:

- категория № 1- отклонение от установените схеми под формата на неизпълнение на подадените от РВД команди и възникване на временни забавяния при изпълнение на процедурите;
- категория № 2- недостатъчен професионализъм и допускане на грешки от служители на РВД.

Като се има предвид изложеното, може да бъде изработена типова схема на множество модули за последователността на смяна на дискретните състояния на системата за управление на ВС от типа на B-737 по достъпна в мрежата информация [4].

Типовата (хипотетична) схема за възникване на различни събития при функциониране на сложната транспортна система „Екипаж – ВС – Външна среда – РВД“ е показана на фиг. 1 с разшифроване на същността на работните операции при типовите протоколи за управление на ВС с използване на модули от процедури и команди с номера от 1 до 8.

В съставения модел се приема, че е налице схема от последователно свързване на няколко функционални звена – елементи на надеждността, осигуряващи функциите на цялата верига за постигане на стандартен благополучен изход от полета.



Фиг. 1. Типова схема на технология за управление на полета на ВС в режим „2-ри кръг“

Посочената типова схема е съставена съгласно FCOM (Boeing 737 Flight Crew Operations Manual) [10]. Един от важните модули е № 4, който определя вида управление на ВС с използване на инструментариум от вида:

(1) $< \alpha_1 - \text{автопилот №1};\ \alpha_2 - \text{автопилот №2};\ \beta - \text{ръчно управление} >.$

Цялата верига модули на фиг.1 определя сценарий на полета по стандартна процедура, съгласно FCOM. Но в полет е възможно да възникнат отклонения от типовите процедури. При това, в FCOM за самолет B-737 са изброени възможните изменения в сценария на полета и са посочени последствията, които могат да възникнат при неизпълнение на стандартните процедури от схемата на фиг.1.

От схемата се вижда, че дадената верига се състои от физически последователно свързани функционални елементи $\boldsymbol{e_i}$, принадлежащи на ограниченото множество E ($e_i \in E$), което от своя страна показва, че множество E е точно подмножество. Поради това, може да бъде прието за универсално множество на физически функционални елементи на системата със своите точни признаци. Приема се, че на всяко $e_i \in E$ на фиг.1 съответства дискретно състояние $q_i \in E$, което с методите на точната логика описва същността на състоянията чрез логически променливи от вида: „0“ – „*функционира*“, „1“ – „*функционален отказ*“. Това може да бъде записано по следния начин:

(2) $$e_i \in E \Rightarrow q_j(i) \in Q \rightarrow \{L_k\} \Rightarrow H_k,$$

където (⇒) – „следствие“; L_k – веригата състояния в моделите на динамическо моделиране; H_k – загубата, или „*цената*“ на риска.

При идентификация на опасностите по ACAST [9] с помощта на моделите на динамично моделиране се предлага да бъде приложен предикативния метод, посочен в Annex-19 на ICAO [7,10], за определяне на критичността на отделните пътища в различните сценарии, водещи до авиационни произшествия. За да се постигне това е необходимо да се определят някои рискови събития и в схемата на фиг.1 да се посочат точките на възможни разклонения (преходи) на технологичния процес с възможните негативни последствия. Понятието за авиационна безопасност ще бъде разглеждано съгласно изискванията на Annex-19 [2,4], като състояние на авиационната система с приемливи рискове за възникване на опасности. Очевидно е, че не са известни вероятностите за възникване на редките рискови събития в отделните авиационни произшествия. Но при методите за динамично моделиране това няма значение, тъй като чрез размера на загубата (стойността на щетата) лесно се определя цената на риска в размитите множества на състоянията $\{q_i\}$ от Q [1,8].

2. Определяне на нивото на функционалност на системата

В съответствие с формулираната задача е необходимо да бъдат определени веригите от събития, образуващи пътища до критически събития. Вижда се, че прогнозният физически резултат на типа авиационно произшествие със сериозни последствия зависи само от последователността (реда и последователните номера) на сменящите се събития. Вероятността за такива критически събития няма значение в единичните (конкретни) опити по изпитване на системите с висока надеждност.

Надеждността на системите не е еквивалентна на нивото на функционалност, доколкото нивото на надеждност зависи от степента на резервиране. В същото време качеството на функциониране не зависи от броя на функционалните връзки в системата [7].

Във всеки модул на схемата на фиг.1 съществуват вътрешни връзки и елементи на надеждността, които могат да бъдат разглеждани като физически ключове (изключватели), които пропускат или задържат сигнали $q_i \in \mathrm{E}$.

На фиг.1 са показани 8 отделни елементи от типа $q_i \in \mathrm{E}$ от зададеното множество E. Очевидно е, че системата като цяло функционира, ако всички елементи работят, т.е. една система със зададена функционална технология, като цяло, „не отказва“, докато има елементи със свободни (ненатоварени) функционални връзки. При това, функцията на работоспособност Φ и уравнението на функционалност на всички $q_i \in \mathrm{E}$ на фиг.1 в логическа форма (в полето на точната логика) може да бъде зададена като функция на логическата алгебра:

(3) $$\Phi\left(q_{j1}, q_{j2}, \dots, q_{jm} \middle| \Sigma_0\right) = \bigvee_{r2} \bigwedge_{jr1} q_{jr1(r2)},$$

където Σ_0 са условията, при които започва и успешно завършва процедурата „2-ри кръг“; $\bigvee_{r2}$ е дизюнкция на конюнкцията; $\bigwedge_{jr1}$ е конюнкция на признаците на състоянията, характеризиращи последователността за функциониране на елементите.

Схемата показва, че отделните елементи са последователно съединени, поради което отказ в което и да е звено означава прекъсване на технологичната верига. Съгласно авиационните стандарти за FCOM [2,4,10], не са допустими никакви случайни прекъсвания във функционирането на всеки от елементите. Само в такъв случай се осигурява необходимото ниво на безопасност на системата. Поради тази причина, полет с отклонения в режим „2-ри кръг“ трябва да бъде прекратяван във всяка неразчетна точка с преминаване по напълно определен способ в резервен режим за да не бъде допуснато авиационно произшествие.

В същото време, в FCOM са посочени критичните елементи: това са $e_4(q_4), e_5(q_5), e_6(q_6)$ и др. при това e_4 и q_{4j} представляват управлението на полета на ВС с помощта на автопилота или ръчно управление. Само в този случай се извършва преход в състояние e_5 и q_5, e_6 и q_6 и т.н. Съгласно FCOM в тези състояния е възможно да възникне допустимо, но опасно разклоняване на процеса (което на схемата на фиг.1 не е показано, но е посочено в FCOM). Като се отчитат тези обстоятелства могат да бъдат намерени разклонения в технологичния процес на схемата на фиг.1. Тук могат да възникнат алтернативни линии, водещи или към „*стандартно приземяване*“, или „*към авиационно произшествие*“. По-горе в (1) беше посочено, че съгласно FCOM самолет B-737 разполага с два автопилота и резервен режим за управление с щурвал (ръчно управление). На това основание, изходният резултат за критичния момент № 4 на схемата на фиг.1 може да бъде представен в конкретна логическа форма с помощта на логическата променлива γ, задаваща функцията на логическата алгебра чрез $q_j(i) \in Q$:

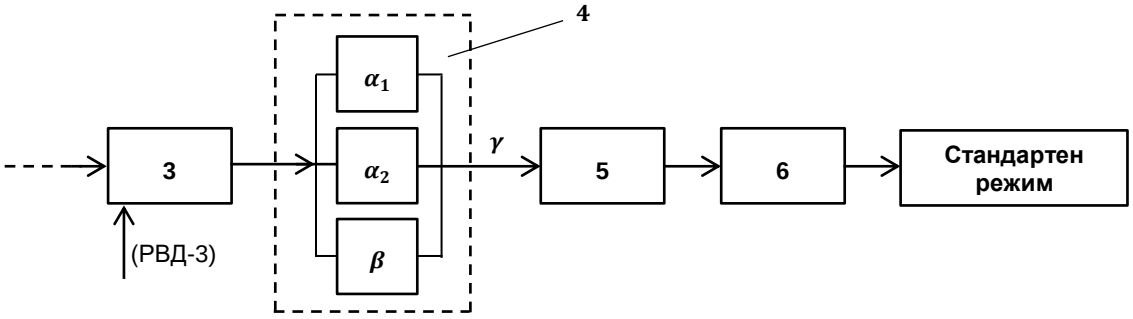
(4) $q_0 = \alpha_1 \wedge \alpha_2 \wedge \beta;\ q_1 = \bar{\alpha}_1 \wedge \alpha_2 \wedge \beta;\ q_2 = \alpha_1 \wedge \bar{\alpha}_2 \wedge \beta;\ q_3 = \bar{\alpha}_1 \wedge \bar{\alpha}_2 \wedge \beta;$
$q_4 = \alpha_1 \wedge \alpha_2 \wedge \bar{\beta};\ q_5 = \bar{\alpha}_1 \wedge \alpha_2 \wedge \bar{\beta};\ q_6 = \alpha_1 \wedge \bar{\alpha}_2 \wedge \bar{\beta}.$

Функцията на логическата алгебра γ за множеството алтернативи ще има вида:

(5) $\gamma = \Phi(\vee q_i) = \Phi(\alpha_1 \wedge \alpha_2 \wedge \beta) \vee (\bar{\alpha}_1 \wedge \bar{\alpha}_2 \wedge \beta),$

където знакът $(\overline{\ldots})$ представлява отрицание на функционалността.

Като се използва (4) и инструментариума в (1) може да бъде построена сложна структурна схема на елемента на надеждност e_4 с излишък на функционалност. Възможни са осем комбинации, което определя стойността на вероятностния показател на надеждност (работоспособност). Такава схема е представена на фиг. 2.



Фиг. 2 . Схема на свързване на елементите на надеждност в модул 4

От друга страна, представеният излишък на функционалност няма отношение към показателя на безопасност, тъй като съгласно методологията на ICAO всеки показател на авиационна безопасност винаги се определя чрез последствията на отказите. Изходният логически резултат на фиг.2, дефиниран като изходна логическа променлива γ от модул 4 (фиг.1) с инструментариума (1) във вида „γ“ = „*има функция, сигналът преминава*“, ще има следният вид като функция на логическата алгебра:

(6) $\gamma = (\alpha_1 \wedge \bar{\alpha}_2) \vee (\bar{\alpha}_1 \wedge \alpha_2) \vee (\bar{\alpha}_1 \wedge \bar{\alpha}_2) \vee \beta \Rightarrow \gamma = 0$ („няма отказ“);
$\gamma = (\bar{\alpha}_1 \wedge \bar{\alpha}_2) \wedge \bar{\beta} = 1$ (пълен функционален отказ на e_4),

където $\wedge$ е знак за конюнкция; $\vee$ - за дизюнкция; $(\overline{\ldots})$ - отрицание.

Както е известно, с помощта на такива схеми традиционно се оценява вероятността за съществуване на дадено състояние. Но от така формулираната задача следва, че от това няма никакъв смисъл, тъй като основната цел в конкретната схема е проактивно да се определи само физическия резултат от вида: „*има отказ*“ или „*няма отказ*“ („*функционира*“).

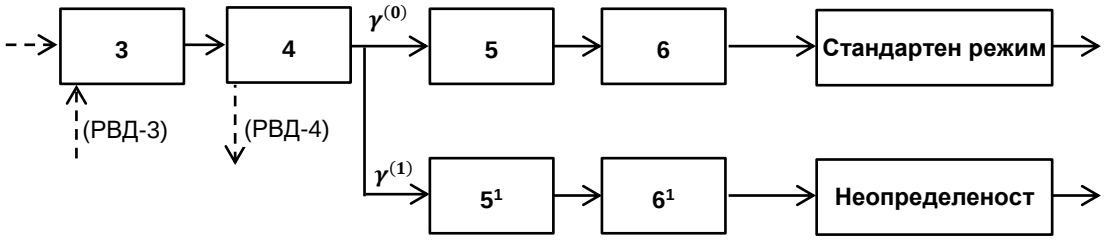
Както беше отбелязано по-горе, излишък от този вид повишава надеждността, но по никакъв начин не влияе върху качеството на функциониране. Поради това, от схемата на фиг.1 следва, че („рано или късно“) може да възникне отказ на целия функционален елемент e_4. В този случай трябва да разглеждаме само два варианта на функциониране от типа: „*сигналът протича*“ (няма отказ) или „*сигналът не протича*“ (отказ).

От това следва, че структурата на функционалния елемент с излишък e_4 на фиг.2 може да бъде опростена. Съгласно теоремата на Де Морган, функционалната схема на фиг.1 може да

бъде преобразувана с помощта на функциите на логическата алгебра. Като бъде отчетено свойството идемпотентност на логическите елементи $e_i, q_j(i)$. След преобразувания по теоремата на Де Морган ще получим израза [8]:

(7) $\gamma = \left(\gamma^{(0)}, \gamma^{(1)}\right)$: $\gamma^{(0)} = 0 -$ норма; $\gamma^{(1)} = 1 -$ "отказ".

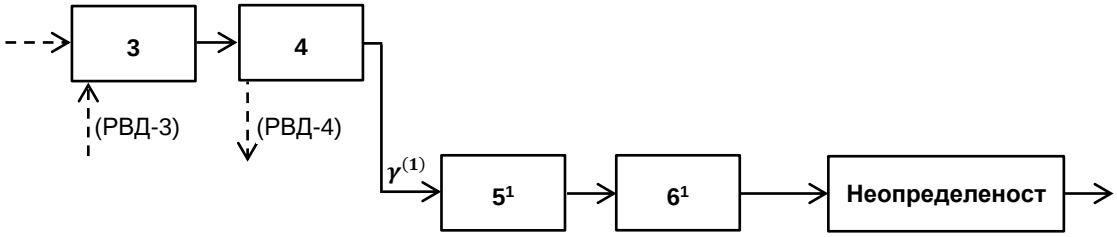
Като резултат, след използване на (5) и (6) модул 4 (схемата на фиг.1) от формата на фиг.2 се преобразува в разклонената схема, показана на фиг. 3.



Фиг. 3. Еквивалентна схема за управление „*извън стандарта*“ с разклонения в модул

Физически $\gamma^{(1)} = 1$ в (5) означава липсата (отсъствие) на пилотиране на ВС, т.е. несработване на модул 4 от схемата на фиг.1. От това следва, че е открита точка на непредвидено разклоняване на процеса. Това представлява системна грешка в стандартната технология (протокол) на процеса на кацане при отказ на двата автопилота на ВС. Системната грешка е в резултат на негативното последствие на Човешкия фактор, под формата на „*отказ*“ на Командира на ВС да (изключи автопилота и да) премине към ръчно управление (т.е. към β, по правилата на схемите на фиг.1 и фиг.2).

Реалната схема на технологията за управление на ВС има вида, първоначално представен с разклонението на фиг.3 и е показана последователността на събитията към авиационното произшествие, преминавайки през модул 4 на фиг. 4.



Фиг. 4. Вариант на неприложено ръчно управление при кацане на ВС в режим „2-ри кръг“

Технологичната схема на фиг.4 съвпада с версията за катастрофата на 17.11.2014 г. на самолет Boeing 737 на международното летище на гр. Казан, Руската федерация [4].

Подобен анализ може да бъде извършен и на другите модули от стандартната схема на фиг.1, ако бъде налична достоверна информация от FCOM (Boeing 737). Стойностите на нивото на риска могат да бъдат намерени с помощта на матрицата на NASA (National Aeronautics and Space Administration) за оценка на риска [3,7,9].

Получените резултати също така показват, че съществено понижаване на риска от авиационни произшествия не може да бъде постигнато без активна, широка и функционална намеса на РВД в процеса на контрол на полета. Така например, възможното проактивно управляващо въздействие U_4 в модул 4, съгласно препоръките на ICAO и NASA, може да бъде намерено в кода на състоянието на този модул:

(8) $U_4 = f\left(d\left(\gamma^{(1)}\right)\right)$,

където $d\left(\gamma^{(1)}\right)$ е кодът на функционалното състояние на модул e_4 по булевата променлива $\left(\gamma^{(1)}\right)$, която в дадената технология определя („*разрешава*“, за съжаление) недопустимото, съгласно процедурата за функциониране и по изискванията за авиационната безопасност, критично разклоняване на процеса „ръчно управление“ в приетата технологична схема „*2-ри кръг*“.

Смисълът на предикативното управление U_4, установено при анализа на системните грешки в технологията „*2-ри кръг*“ за дадения тип ВС, се състои в необходимостта от прекъсване на първично регламентираната процедура за преминаване на „*2-ри кръг*“ и за привеждане на неконтролируемия опасен полет на ВС в резервния безопасен режим. Този режим трябва да бъде предвиден (*проектиран и конструиран*) предварително в схемата на фиг.1.

Необходимото управление U_4 се състои в предварително модифициране на цялата технология (процедура) за управление на ВС, чрез прилагане на функциите на модул e_4 по „*код* $d(\gamma^{(1)})$“, който автоматично се формира на борда на ВС при новата зададена типова технология, съгласно FCOM. Този код също така може автоматично да бъде предаден в (изпратен на) стационарната (на земята) част на системата за РВД по канала за вторична радиолокация. При това се създава възможност екипите от РВД своевременно да се намесят в работата на екипажа на ВС. Резервни канали за подобни операции могат да бъдат намерени, ако бъде използвана системата за авиационни комуникации от типа “ACARS-380” [6]. Така трябва да се отбележи, че информационното поле на „черните кутии“ на ВС от типа на B-737 е толкова обширно и съдържа достатъчно „*свободни*“ (неангажирани) области, че не е сложно да бъдат намерени още няколко канала за връзка за осъществяване на допълнителни резервни операции със системата за РВД.

Заключение

Представена е схема за оценка на авиационната безопасност [7] в рамките на методологията на размитите множества (Fuzzy Sets) на основата на анализа на физическите възможности за съществуване в системите от функционални свойства (функционалност на каналите за обработване и пропускане на сигналите по линиите за връзка на всички процедури от стандартната технология за управление на полета на ВС). За тази цел не е необходимо използването на вероятностен анализ и показатели за безотказност на отделните елементи. Необходимо е само да се извърши анализ на функционалните свойства на комплекса и интегрираните подсистеми на ВС. На практика, това представлява идеологията за управление на риска, който е показател за опасностите в системите с редки рискови събития.

Препоръките на Annex-19 за прилагане на нов подход към управление на риска по способите „*проактивни*“ и „*предикативни*“ процедури очевидно са много по-ефективни от преди прилаганите процедури. В този случай, без прилагане на вероятностен анализ на безопасността, както това е прието в класическата теория на надеждността, може точно, т.е. без неопределеност, да се определят „*възловите критически елементи*“ (в които може да протече разклоняване на технологичната верига) в протоколите за управление на полета на ВС, построени в рамките на точната логика.

Литература:

1. Загорски, Н., Външната среда – основен елемент при декомпозиция на модела 5xM за причините за авиационни произшествия, Ninth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY SES 2013.
2. Загорски, Н., Човешкият фактор – основен елемент при декомпозиция на модела 5xM за причините за авиационни произшествия, Ninth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY SES 2013.
3. Информация по совещанию в Брюсселе по факторам риска в отношении безопасности полетов «При уходе на второй круг» в 2013 г. Брюссель. [Электронный ресурс].:http://shpls.org/labour-2/safe-aviation/1508-aevt-2013-835zapiska-gn-matveeva-ob-analize-mirovoj-praktiki-intsidentov-pri-ukhode-na-vtoroj-krug
4. Катастрофа ВС Boeing 737-500 (53A), с държавен и регистрационен знак VQ-BBN (Бермуда), Експлотант: ОАО „Авиокомпания „Татарстан“- Руска федерация. [Електронен ресурс]. https://mak-iac.org/rassledovaniya/17-noyabrya-boing-737-500-vq-bbn/
5. Пенев, П., Недялков, Д. Справочник по тактическа навигация. С., ВИ, 2000.
6. De Florio Filippo. Airworthiness. An Introduction to Aircraft Certification and Operations. Third Edition.2016. Elsevier Ltd. Oxford OXS 1GB, United Kingdom.
7. Doc. 9859, AN/474. Safety Management Manual (SMM). Second Edition. 2009. [Електронен ресурс]. https://www.icao.int/safety/fsix/Library/DOC_9859_FULL_EN.pdf
8. Flynn, Ed (1995). Understanding ACARS – Aircraft Communications Addressing and Reporting System (3rd edition) [Електронен ресурс] https://openlibrary.org/books/OL12145382M/Understanding_Acars
9. IATA Controlled Flight Into Terrain Accident Analysis Report 2008-2017 Data 2018 Edition, [Електронен ресурс]. https://www.iata.org/contentassets/06377898f60c46028a4dd38f13f979ad/cfit-report.pdf
10. 737-8/-9. Flight Crew Operations Manual. The Boeing Company. [Електронен ресурс]. http://www.b737.org.uk/fcom.htm

ФОРМИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИНТЕЛИГЕНТНА ИНТЕГРИРАНА МОБИЛНА СИСТЕМА ЗА МОНИТОРИНГ НА КРИТИЧНА ИНФРАСТРУКТУРА

Георги Сотиров, Евгений Хубенов, Зоя Чифлиджанова

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
*e-mail: GSotirov@mail.space.bas.b*g

Ключови думи: *критична инфраструктура, информационно-комуникационни системи, мониторинг, Интернет*

Резюме: *Темповете и посоката на съвременния научно-технически прогрес изискват нови съвременни идеи в методологията на изграждане на интегрирани системи за дистанционен контрол на критична инфраструктура (КИ). Те трябва да са съобразени и с новите поколения информационно-комуникационни системи, призвани да осигурят мобилност на абонатите и гъвкавост в използването на различни скорости на предаване в конкретните приложения. Целта е в статията да се предложи съвременно решение за интелигентна система за мониторинг за защитата на критичната инфраструктура на база мобилна комуникационна-информационна система за събиране, агрегиране, обработка и презентиране в реално време на потоци от информационни обекти в Интернет среда на база формирана безпилотната авиационна система (БАС) с IP транспорт на управлението на БЛА и телеметрични данни от БЛА.*

FORMATION AND RESEARCH OF AN INTELLIGENT INTEGRATED MOBILE SYSTEM FOR MONITORING OF CRITICAL INFRASTRUCTURE

Georgi Sotirov, Evgeniy Hubenov, Zoya Hubenova

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
*e-mail: GSotirov@mail.space.bas.b*g

Keywords: *critical infrastructure, information and communication systems, monitoring, Internet*

Abstract: *The pace and direction of modern scientific and technological progress require new modern ideas in the methodology of building integrated systems for remote control of critical infrastructure (CI). They must also be in line with the new generations of information and communication systems, designed to provide subscriber mobility and flexibility in the use of different transmission speeds in specific applications. The article aims to propose a modern solution for an intelligent monitoring system for the protection of critical infrastructure based on a mobile communication and information system for collecting, aggregating, processing, and presenting in real-time streams of information objects in the Internet environment based on unmanned aerial vehicles (UAV) with IP transport of UAV control and telemetry data*

Въведение

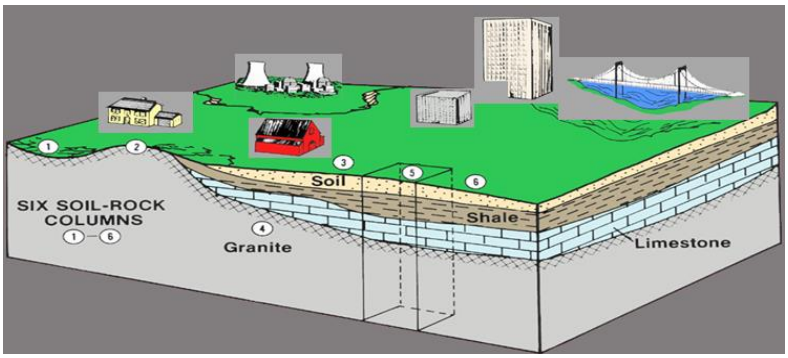
Според Закона за защита при бедствия в Република България [1] и документи на Европейската комисия [2] „критична инфраструктура” (КИ) е система, елемент или части от нея, които са от основно значение за поддържането на жизненоважни обществени функции, здравето, безопасността, сигурността, икономическото или социалното благосъстояние на населението и чиито нарушение или унищожение би имало значителни негативни последици за Република България или страна членка в резултат невъзможността да се запазят тези функции.

При решаване на редица основни задачи, произтичащи от комплексната безопасност и мониторинга на КИ в България съществуващата тенденция е да се използват платформи със сензори, или платформи за агрегиране на данни от стационарни и мобилни сензори, които са мобилни – монтирани на превозно средство или на безпилотни летателни апарати (БЛА) [3].

Мониторингът на критична структура на базата на подобни технически решения се налага при необходимост от доставка и анализ на данни от спешно инсталирани сензори по повод на конкретна ситуация, например пожари и ограничаването им в отдалечени местности, химически замърсявания в голям обем и с висока динамика с опасност за живота и здравето на хората, при необходимост от спешен оглед и експертна оценка на щети в обекти от КИ.

В определенията за инфраструктура се очертават две множества от елементи изградени от човека на местността [4]:

1. Обекти и съоръжения изградени и предназначени за цялостния мирновременен живот.



Фиг. 1. Критична инфраструктура [4]

2. Обекти, създадени и предназначени за управление на кризи и военна инфраструктура.

Анализът на изпълнението на функции в интерес на сигурността на страната и на гражданския сектор показва, че с помощта на БЛА могат да се реализират две задачи – превантивна и активна [5, 6]. Превантивната задача предполага събиране и анализиране на изпреварваща и достоверна информация за различни кризисни процеси, а активната – информационно осигуряване на вземането на решение от оторизираните от държавата органи в процеса на разрешаване на конкретна кризисна ситуация.

Теоретична обосновка на проблема, подходи и методи

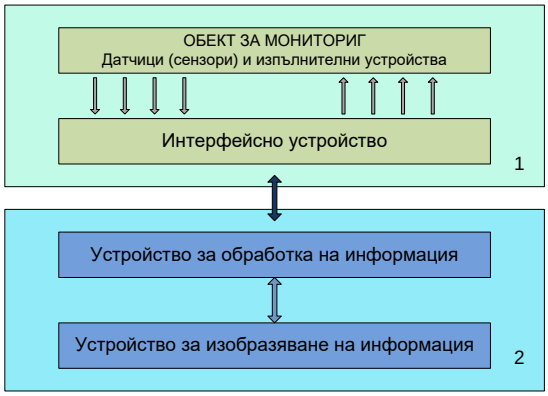
Защитата на КИ и действията при бедствия и аварии е задача на държавата, поради което подходът към подобни технически решения, които могат да бъдат разработени и да се ползват и от собственици, оператори на КИ или други оператори, трябва да е системен. Системните функции, необходими да изпълнение на задачите на системата, обусловени от нейните цели са:

- *Доставка и обработка на данните в реално време с висока скорост* – налага се от динамичния им характер на пространствени данни, които пряко или непряко указват специфично местоположение или географски район и на неотложността на задачите, които обслужват и предимството при спасяване на човешки живот при обслужване на бедствия и аварии;
- *Защита на данните* – от формирането им в сензорите, при транспорта им в мрежата, при формирането на информационни обекти с добавяне на метаданни, при обработката им със специфични приложения. Това се определя от принципа за поверителност, като достъпът да информацията да се предоставя по необходимост;
- *Гъвкаво форматиране на информационните обекти* с цел включването им в други информационни системи (предимно на държавата) във връзка с функциите и отговорностите им за КИ;
- *Класифициране на данните и информацията*, гъвкава класификация и управление на достъпа – налага се от едновременното действие на принципите за поверителност и публичност, когато информацията е от пряко значение за живота и здравето на хората;
- *Интеграция, обработка, форматиране презентиране на получените в резултат* на мониторинга резултати с цел максимално удобство за практическо използване в реално време и осигуряване на възможност за включване на резултати от мониторинга на Информационната мрежа за предупреждение за критична инфраструктура (CIWIN);

Осигуряването на публично достъпни данни от системата за мониторинг, основано на опита в държавите-членки на ЕС, е показало, че за успешното въвеждане на дадена

инфраструктура за пространствена информация е важно да бъдат предоставени безплатно минимален брой услуги на обществеността. Предоставянето на мрежови услуги следва да се извършва при пълно спазване на принципите, свързани със защитата на личните данни (съгласно Директива 95/46/ЕО на ЕП). Динамичните граници на обекти на КИ предполагат отсъствие на класически стационарни системи за мониторинг и липса на априорна информация за необходими сензори и датчици.

Класическите системи за мониторинг с канали за управление могат да бъдат представени чрез структурна схема, представена на фиг. 2. Групата от елементи 1 се определя от спецификата на обекта за наблюдение, а групата от елементи 2 се определя от спецификата на обработката и представянето на резултатите от мониторинга [7] .



Фиг. 2. Структура на мониторинговата система

Изискванията към мобилна система за мониторинг на КИ, които не са присъщи за съществуващите класически решения, са:

- Системата трябва да е мобилна и да осигурява мониторинг на параметри от пространствено разпределени мобилни сензори при висока динамика на данните в труднодостъпни или опасни за човек области и при необходимост от доставянето на данни в реално време;
- Системата за мониторинг да бъде интегрирана и да осигурява работа с датчици с различен интерфейс и сензори за различни физически величини. Интеграцията на данни предполага работа със сензори, осигуряващи данни от различни информационни клъстери, получени от сензори на мобилния носител или получени от други сензори през мобилен възел за събиране на данни;
- Системата трябва да бъде модулна поради ограничения обем и тегло на носителя, ако той е БЛА. Това се налага от изисквания за гъвкавост, породена от това, че едни и същи събития, свързани с КИ предполагат различни по тип сензори за мониторинг. Например: видеонаблюдение в реално време при възникване и гасене на пожар, термокамери за откриване на активни точки след овладяване на пожара, датчици за замърсяване на въздуха от различен тип в по-широка географска област;
- Системата да осигурява автоматизирано събиране или автоматично агрегиране на данни без необходимост от работа на оператор на място с използване на БЛА;
- Системата трябва да осигурява комплексен мониторинг на сензори в региона на интерес: 1) да осигурява в реално време автоматизирано събиране и агрегиране на потоци от данни от сензори от различен клас; 2) привързване на данните с пространствено-временната информация и класа на сензора в информационен обект; 3)експортиране на обектите в Интернет, където има достатъчен изчислителен ресурс за обработка и презентиране;
- Системата трябва да осигурява оперативен и удобен за работа мониторинг, който включва: обработка на резултатите от мониторинга и предоставяне на произволно избран носител с достъп до Интернет през мобилен телефон, таблет или персонален компютър в реално време в подходящ за устройството и състоянието на мрежовата връзка формат; да позволява въвеждане на оперативни препоръки, разпореждания и предложения от обслужващата системата организация;
- Системата трябва да осигурява интелектуален мониторинг, например обработка на изображения за насочване на вниманието на обслужващия персонал на терен, откриване и сигнализиране с прагови аларми на допустими величини, прогнозиране на трендове, генериране на метаданни за експорт към други информационни системи.

Оценката и анализът на състоянието на КИ са от изключителна актуалност, защото е пряко свързана с основния проблем за безопасността, сигурността, икономическото или социалното благосъстояние на населението. Усъвършенстването на технологията за изследване на рискови обекти от критичната инфраструктура трябва да е непрекъснат процес, обновяван в светлината на развитието на съвременните научни постижения и върхови технологии. Краткият хронологичен преглед на историята на защитата на критичната инфраструктура показва, че проблемът се разисква от няколко години насам, като акцентът пада върху заплахата от тероризъм.

Концепция за създаване на за интелигентна система за мониторинг на КИ на база безпилотната авиационна система

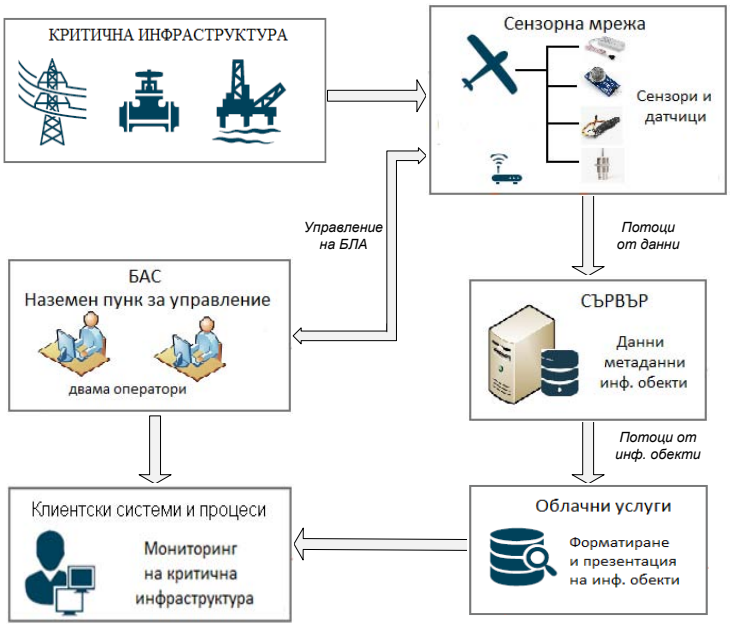
Целта на изследванията са да се предложат нови съвременни иновационни решения за интелигентна система за мониторинг за защитата на критичната инфраструктура на база мобилна комуникационна-информационна система за събиране, агрегиране, обработка и презентиране в реално време на потоци от информационни обекти в Интернет среда.

Разкриването на същността и съдържанието на понятието “инфраструктура” е продиктувано и от някои нови изисквания, стоящи пред органите за управление на риска:

- определяне на критичните елементи от инфраструктурата – жизнено важни за функциониране на националното стопанство и сигурността на държавата;
- осигуряване ръководителите от всички звена с оперативна информация, която се характеризира с голямо количество и плътност на обмена;
- документите трябва да съответстват на изискванията на системите за автоматизирана обработка.

Широкото разпространение на БЛА осигурява възможност за появата на нови комплексни научно-изследователски задачи. Като начало възникна необходимостта от изследвания и решения в областта на мрежите за БЛА и тяхното управление. Мащабното внедряване на безжичните сензорни мрежи и необходимостта от събиране на информация с тях в условия на труднодостъпни райони, водят до необходимостта от разглеждането на БЛА или мрежата от БЛА като елементи на мрежи с възможност за изпълнение на функции, които са в приложния слой на мрежовия модел. При това за събиране на информация със сензорни полета с използване на БЛА трябва да се използват протоколи на безжичните сензорни мрежи, а за предаване на информация – протоколи с общо използване и съвременни методи за тяхната идентификация и защита [8].

Технологичната последователност на етапите при решаване на задачите е показано на фиг.3.



Фиг. 3. Интегрирана мобилна система за интелектуален мониторинг на КИ

Концепцията за създаване на такава интелигентна система за мониторинг на КИ на база безпилотната авиационна система включва:

- Синтез на концептуален модел на системна комуникационно-информационна архитектура, избор на мрежови и информационни технологии, моделиране и разработка на структура и топология на мобилна мрежа и автоматизирана информационно-управляваща система с безпилотни летателни апарати и мобилни възли за интелигентен мониторинг и управление на критична инфраструктура и параметри на средата с обществена значимост;
- Формиране на безпилотната авиационна система (БАС) с IP транспорт на управлението на БЛА и телеметрични данни от БЛА. Оптимизация на мрежата и на системата за управление на БЛА за работа в мобилна мрежа за транспорт на данни 3G/4G. Създаване на пункт за управление на БЛА и за мониторинг с две работни места за оператор на БЛА и за оператор за интелигентен мониторинг с достъп през Интернет;
- Избор и обосноваване на информативни параметри, свързани с интелигентен мониторинг на критична инфраструктура, които отчитат динамиката на пространственото движение на датчиците и носителите, избор и обосновка на критериите за групиране и клъстеризация на сензорите по интерфейс на достъп до данните, по технология за отдалечен мобилен достъп и по предназначение. Обосноваване на структура и метаданни за формиране на информационни обекти от данните за мониторинг;
- Избор на технология и структура на мрежата за отдалечен достъп до сензорите и изпълнителните механизми, анализ и моделиране за оценка на възможностите за мрежата. Избор и обосновка на решенията за протоколни шлюзове към IP мрежа. Моделиране и оценка на техническите параметри и възможности на мрежовите решения. Разработка на конфигурации и практически решения за протоколните шлюзове и сензорите;
- Разработка на топология и структура на информационната система, избор на решенията за декомпозицията на данни от сензорите, които принадлежат към различни клъстери и на технологията им за експортиране в Интернет информационното пространство. Избор на начина на форматиране на данните и метаданните, на формите на презентиране и на управление на достъпа до тях в Интернет информационното пространство;
- Оценка на информационната сигурност на сензорната, комуникационната и информационната част от системата. Избор на решения за защита и за класифициране на данните и управление на достъпа в Интернет.
- Синтез, моделиране и разработка на структура и топология за IP виртуална частна мобилна мрежа със защита на данните и транспорт през мобилни мрежи за предаване на данни (3G/4G) с работни места за оператор за интелигентен мониторинг и както и интерфейси към протоколни шлюзове за други информационни подсистеми от сензори и към изпълнителни механизми с радиочестотен достъп и към Интернет.

Предназначението на мобилната комуникационна-информационна система е събиране, агрегиране и обработка в реално време на потоци от данни от клъстерно-организирани пространствено-разпределени сензори и към изпълнителни механизми, с последващо формиране на информационни обекти с необходимите метаданни и експортиране в Интернет за достъп, интегриране и ползване в състава на други информационни системи. Задачите, които система решава са осигуряване на двупосочен обмен на информация от мобилни и пространствено-разпределени, трудно достъпни или мобилни сензори и към изпълнителни механизми, свързани с мониторинг и управление на критична инфраструктура, както и агрегиране и обработка на данни и експортирането им като информационни обекти с Интернет достъп в реално време;

Предназначението на виртуалната мрежа е да осигури IP комуникационна свързаност в Интернет среда и с транспорт в мобилни мрежи за пренос на данни на безпилотни летателни апарати и други мобилни възли и елементите на безпилотната авиационна система – пункт за управление и мониторинг с работни места на оператор. Мрежата трябва да осигури високо ниво на системна автоматизация и автономност, транспорт на данни от и към Интернет, както и IP свързаност с протоколни шлюзове за други подсистеми на БАС, свързани с мониторинг, идентификация, проследяване, наблюдение и специфични функции на БЛА. На основание на избрана топология на мрежата да бъде направен избор на оборудване с икономическа обосновка и предложение за техническо решение по избрана топология и с очаквани технически параметри. Техническото решение трябва да осигури IP свързаност между елементите на БАС – БЛА и работни места за оператор, както интерфейси за шлюзове с други информационни подсистеми, свързани с управлението и функциите на БЛА;

Формирането на концепцията за Интернет на нещата (Internet of things), отчитайки технологичните особености на безпилотните летателни апарати, дава възможност да се създават нови приложения на тази концепция - летящи сензорни мрежи, които са тясно свързани и органично включени в комплекса от нови приложения на Интернет средата, споменати по-горе.

Заключение

С перспективата за превръщане на Република България в инфраструктурен възел на Балканите (енергиен, транспортен, ядрен – АЕЦ) нараства не само броят, но се променя и структурата на стратегическите обекти в страната. Увеличаването на дължината на нефтопроводите, газопроводите и пътните магистрали предполага използване на ефективни и евтини средства за наблюдение и контрол от въздуха каквито са БЛА. В това отношение нашата страна може да бъде лидер на Балканите. Създаването на интелигентна система за мониторинг на КИ, основан на приложение на летателна техника в реално време за мониторинг на елементи от критичната инфраструктура може да допринесе за реализация на широк спектър от научни и приложни изследвания в качеството им на услуга за оценка на безопасността и сигурността на КИ. Такива са:

- Анализ и прилагане на разработени и утвърдени методи за оптимизиране на мониторинга чрез използване на БЛА, свързани с Интернет с т.н. “целеви мрежи“ или „Ad-Hoc-мрежи“ за мониторинг в реално време на пространствени обекти;
- Метод и решение за обединяване на потоци от данни от сензори, разположени на динамични обекти, обработка и добавяне на метаданни и превръщането им в информационни обекти;
- Алгоритми и правила за работа на БЛА в условия на мобилни мрежи за транспорт на данни и за оптимизация на мрежата за подобряване на достъпността;
- Създаване на концепция за на БАС с изграждане на наземен пункт, като база за провеждане на експериментите и като място за развитие на тематиката;
- Създаване на база за иновационна модулна система за интегриран мониторинг като част от интегрирана система за сигурност с динамични „целеви мрежи”, автоматично събиране и анализ на данни с включване на елементи на изкуствен интелект – аларми, известявания, автоматичен анализ на исторически данни и превантивен прогнозен анализ.

Литература:

1. Закон за защита при бедствия, обн. ДВ. бр.102,2006г, ,изм. и доп. ДВ. бр.51,2016 г.)
2. Директива 2008/114/ЕО НА Съвета на ЕС от 8.12.2008
3. Националната система за мониторинг на околната среда (НСМОС)
4. Kellogg, Anita, Preparing You to Protect Critical Infrastructure ,9300 Lee Highway, Fairfax, VA 22031 USA
5. Гецов, П., Национална аерокосмическа система за мониторинг и защита от природи екокатастрофи, Издателство „М. Дринов”,2014.
6. Стойчев, К., Сигурност и защита на обекти от критичната инфраструктура (планиране на непрекъснатостта на дейността), [Монография, НВУ, 2013
7. Critical Infrastructure Systems: Basic Principles of Monitoring, Control, and Security, Editors: Elias Kyriakides, Marios Polycarpou, Springer, 2015
8. Mohammed, F.; A. Idries ; N. Mohamed; J. Al-Jaroodi; UAVs for smart cities: Opportunities and challenges, International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 2014

A TOOL FOR ESTIMATING SACCADE KINEMATICS

Konstantin Metodiev

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

Keywords: *eye tracker, pupil, OpenCV, saccade, fixation*

Abstract: *In the paper hereby, an algorithm is proposed for estimating amplitude and peak velocity of a saccade during directing eyes towards next fixation. Raw data are gathered by means of a mobile eye tracker. The non-linear least squares fitting is applied so as to minimize difference between measured and modelled values of a gaze point. A sigmoid function has been used to fit the data set best. In order to implement the algorithm, a software tool has been developed in C++ making the most of linear algebra methods available in OpenCV library.*

СРЕДСТВО ЗА ОЦЕНКА КИНЕМАТИКАТА НА САКАДА

Константин Методиев

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

Ключови думи: *окулограф, зеница, OpenCV, сакада, фискация*

Резюме: *В настоящия доклад е разгледан алгоритъм за оценка на амплитудата и пиковата скорост на сакада при движение на погледа към последваща фиксация. Данните са измерени посредством мобилен окулограф. Приложен е нелинеен метод на най-малките квадрати за минимизация на разликите между измерената и моделирана стойности на точката на взиране. Използвана е сигмоидна функция, която минава най-близо до измерените точки. За реализация на алгоритъма бе разработен софтуер на C++ с използване на методи по линейна алгебра, налични в библиотека OpenCV.*

Introduction

A saccade is recognized as the fastest motion that human body performs. It is a swift, lacking a steady rhythm movement of the eye ball performed between pauses for relaxation. The relaxation phase is commonly referred to as fixation. The act of sight directing along the saccade trajectory is expressed numerically by an angular variable called amplitude. The greatest rate of angular movement is denoted as peak velocity. As acknowledged, the saccade velocity cannot be altered through either practice or experience. Furthermore, a condition might be reached at which saccade peak velocity gets to a limit. The limit value (a.k.a. velocity saturation) is a distinctive attribute of large saccades.

Aforementioned quantities might be derived through infrared oculography. It is a non-invasive method of recording eye movement using an infrared emitter and a detector. The amount of reflected infrared light is proportional to the pupil position. This method has been employed by many eye tracker manufacturers, for instance Pupil Labs, and further implemented in supplied firmware.

Although Pupil Player makes available a number of data processing plug-ins, it lacks a tool for extracting saccades from raw data set. Making up for this shortcoming is one reason motivating to carry out current research. An attainable and feasible outcome is developing a software tool, yielding robust results, for estimating saccade amplitude and peak velocity. The widely known library of image processing OpenCV, [1], is quite useful for this purpose. C++ API provides methods in linear algebra as well as tools for image processing. Code development was thus facilitated to a certain extent.

The paper lays out project main stages in a sequence of cohesive paragraphs.

Problem statement

The eye tracker used in the current study is Pupil Labs Core, [2], Fig. 1.

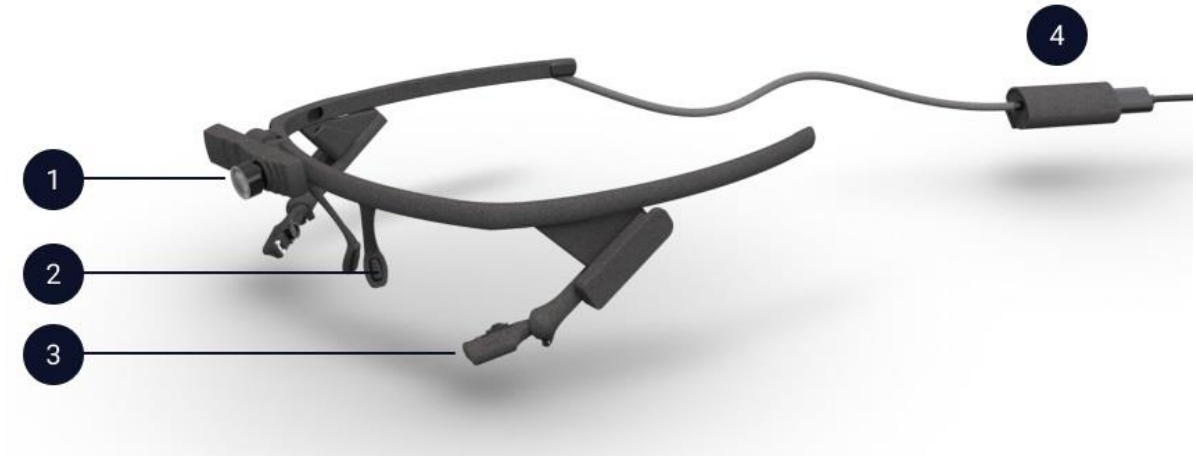


Fig. 1. Pupil Labs Core binocular headset: 1) world camera; 2) nose grip;
3) near infrared camera; 4) USB-C interface

A screenshot, taken by Pupil world camera and shown in Fig. 2, depicts the proposed study case. On the screen, two fixations appear in succession with radii computed with regard to fixation duration. The green circle depicts a fixation in progress whereas the red one portrays a fixation that follows. Looking into intermediate gaze points (small blue circles), which appear right between aforementioned fixations, is a matter of particular importance. These points are rejected by the algorithm of fixation identification. The entire set of gaze points appears like a saccade.

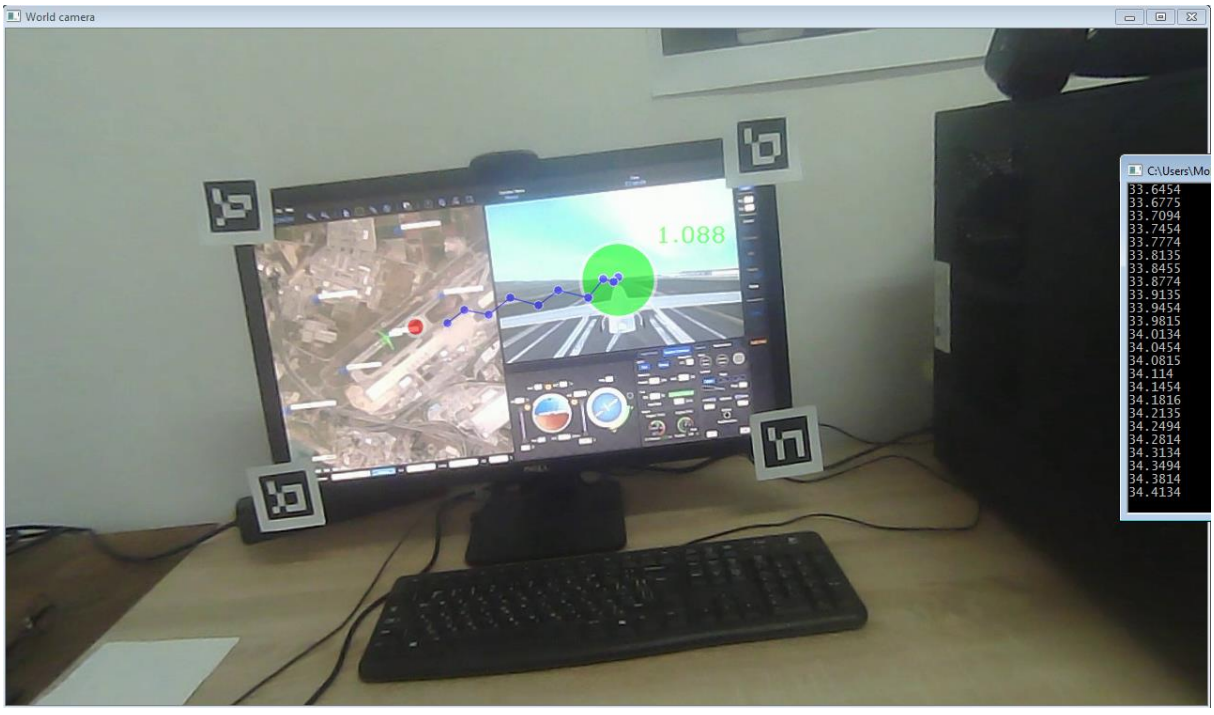


Fig. 2. A screenshot depicting two consecutive fixations and intermediate gaze points

The dispersion-threshold identification algorithm (I-DT), [3], is said to have been implemented by Pupil Player in order to identify fixation. It uses a moving window spanning over sequential gaze points. The dispersion is computed for all points within the window as follows:

(1) $$D = \max(x) - \min(x) + \max(y) - \min(y)$$

The window keeps on widening till requirement *0 < D ≤ threshold* is being met. As soon as dispersion exceeds the assigned threshold, a fixation is recorded. After resetting size, the window advances as toward next gaze point (following fixation) and the process repeats. In this way, certain gaze points are shown not to belong to fixation on either side of what is allegedly called a saccade.

Nonlinear Least Squares Fitting

The measured saccade points (x_i, y_i) presumably contain error. Hence, an analytic function $f(x, \lambda_j)$ depending on n parameters λ is to be found so as to minimize the residual

(2) $$d\beta_i = y_i - f\left(x_i, \lambda_1, \ldots, \lambda_n\right)$$

The solution scheme used in the current study is widely known. It borrows an algorithm thoroughly described in link [4]. Having made initial guess for a set of coefficients $\lambda_j^{(1)}$, a linearized estimate of disturbances $d\lambda_j$ minimizing $d\beta_i$ may be obtained by means of following series

(3) $$d\beta_i = \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial f}{\partial \lambda_j} d\lambda_j \Bigg|_{x_i, \lambda_j^{(1)}}$$

where index i ϵ [1; m] stands for the current measurement and j ϵ [1; n] denotes current coefficient vector. Equation (3) might be written down by means of matrix notation

(4) $$\begin{Vmatrix} d\beta_1 \\ d\beta_2 \\ \vdots \\ d\beta_m \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} \frac{\partial f\left(x_1, \lambda_j^{(1)}\right)}{\partial \lambda_1^{(1)}} & \frac{\partial f\left(x_1, \lambda_j^{(1)}\right)}{\partial \lambda_2^{(1)}} & \cdots & \frac{\partial f\left(x_1, \lambda_j^{(1)}\right)}{\partial \lambda_n^{(1)}} \\ \frac{\partial f\left(x_2, \lambda_j^{(1)}\right)}{\partial \lambda_1^{(1)}} & \frac{\partial f\left(x_2, \lambda_j^{(1)}\right)}{\partial \lambda_2^{(1)}} & \cdots & \frac{\partial f\left(x_2, \lambda_j^{(1)}\right)}{\partial \lambda_n^{(1)}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f\left(x_m, \lambda_j^{(1)}\right)}{\partial \lambda_1^{(1)}} & \frac{\partial f\left(x_m, \lambda_j^{(1)}\right)}{\partial \lambda_2^{(1)}} & \cdots & \frac{\partial f\left(x_m, \lambda_j^{(1)}\right)}{\partial \lambda_n^{(1)}} \end{Vmatrix} \begin{Vmatrix} d\lambda_1 \\ d\lambda_2 \\ \vdots \\ d\lambda_n \end{Vmatrix}$$

or simply

(5) $$d\beta_i = A_{i,j} d\lambda_j$$

Solution of equation (5) yields a disturbance vector $d\lambda_j$ value which must be added to vector $\lambda_j^{(prev)}$ available at previous iteration. Then, a new residual $d\beta_i$ is computed according to formula (2) and the process starts over. For the matrix of coefficients to get invertible, its transpose is applied to both sides of (5), id est:

(6) $$A_{j,i}^T d\beta_i = \left(A_{j,i}^T A_{i,j}\right) d\lambda_j$$

Provided that $\det(A_{j,i}^T A_{i,j}) \neq 0$, for the solution vector it may be written

(7) $$\left(A_{j,i}^T A_{i,j}\right)^{-1} A_{j,i}^T d\beta_i = I_{j,j} d\lambda_j$$

where $I_{j,j}$ stands for identity matrix.

Numerical solution computed by described iterative process is likely to converge to a local extremum than the global one, [5], depending on whether the model function is sensitive to initial

conditions or not. In case of a poorly performing system, it is reasonable for the initial conditions to influence the solution convergence. Proper selection of "good" initial conditions $\lambda_j^{(1)}$ is essential for the model function f(x, λ_j) to be "good of fit". A simple method of making initial guess might be devising a grid of values for each coefficient taking part in the model function. Then, for each set of initial values of coefficients, a solution is to be worked out followed by computing the residual standard deviation (RSD) according to formula:

$$RSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m} d\beta_i^2}{m-2}} \tag{8}$$

Vector of initial values $\lambda_j^{(1)}$ corresponding to the smallest RSD is to be chosen for initial guess.

Among variety of sigmoid functions applicable to the current study, it is rather preferable to choose one with as few coefficients as possible. To opt for a model function with large number of coefficients may result in poor algorithm performance in terms of convergence speed. What is more, numerical solution in this case is highly likely not to converge at all. In the current research, a sigmoid function with three coefficients is considered sufficient for the purpose.

A short note of developed source code

A solution to equation (7) is worked out by means of linear algebra methods available in OpenCV library. It takes the disturbance vector $d\lambda_j$ exactly one line of code to move on further to the next iteration step:

```
lambda += (a.t() * a).inv() * a.t() * beta; // delta lambda plus lambda
```

Methods ::inv() and ::t() provide a convenient way for developer to compute matrix inverse and transpose respectively.

Saccade model

A logistic function has been used to fit the measured gaze points between two consecutive fixations. It could be written down in following form:

$$\theta(t) = \frac{a}{1+e^{\frac{t_0-t}{b}}} \tag{9}$$

where scaling coefficients modify the graph as follows: coefficient "t_0" shifts the graph along abscissa, coefficient "b" affects tangent angle at the inflection point (scale along abscissa), and coefficient "a" scales the graph along ordinate. In current study, shifting graph along the ordinate is considered unnecessary, hence no relevant coefficient has been added. Exemplary logistic curve is shown in Fig. 3 alongside its first derivative (dashed curve, right ordinate).

Following derivatives in terms of model function coefficients λ_j are used in order to fill in the matrix in equation (4)

$$\frac{\partial\theta}{\partial a} = \frac{1}{1+e^{\frac{t_0-t}{b}}}; \quad \frac{\partial\theta}{\partial t_0} = -\frac{a}{b}e^{\frac{t_0-t}{b}}\frac{1}{\left(1+e^{\frac{t_0-t}{b}}\right)^2}; \quad \frac{\partial\theta}{\partial b} = \frac{a}{b^2}(t_0-t)e^{\frac{t_0-t}{b}}\frac{1}{\left(1+e^{\frac{t_0-t}{b}}\right)^2} \tag{10}$$

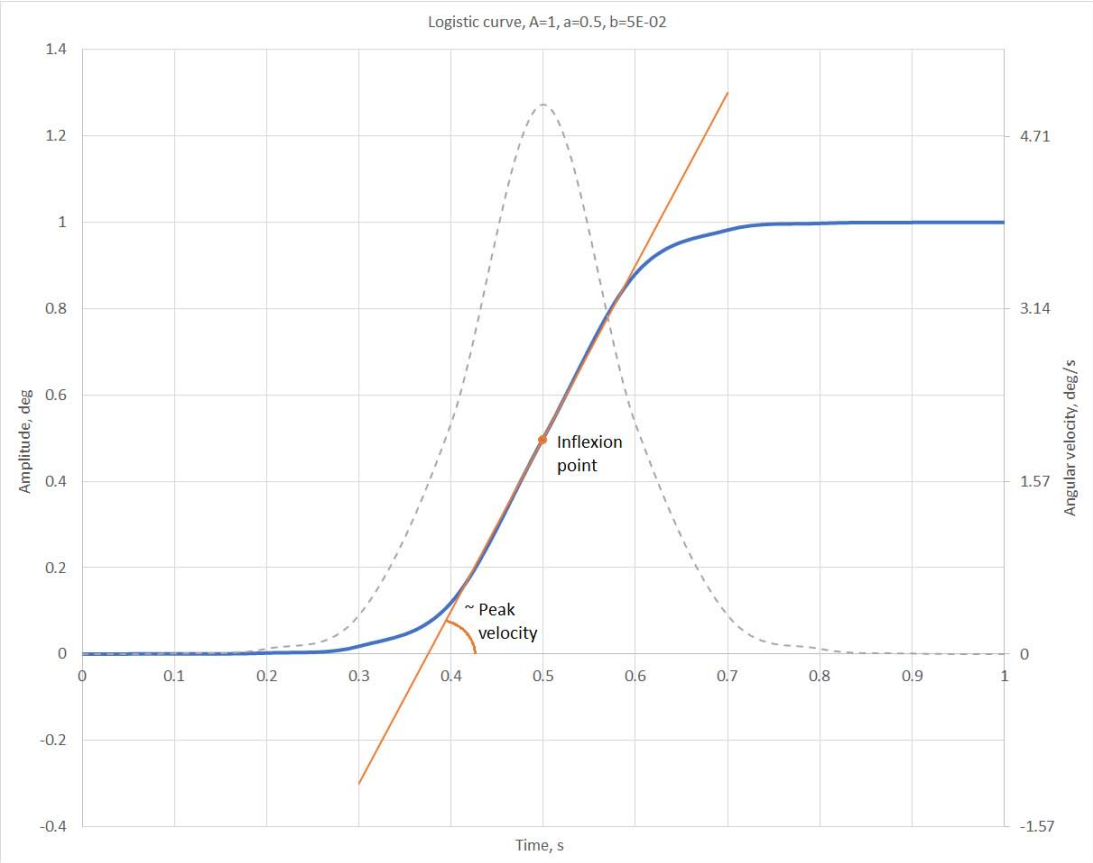


Fig. 3. A sigmoid function (logistic curve) used in the study

Results and discussion

In order to work out a solution to equation (7) for validation case shown in Fig. 2, following table was filled in with initial values of model function coefficients:

Table 1. Grid of initial conditions

	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
λ_0 = a	3.6	3.7	3.8	3.9	4	4.1	4.2	4.3
λ_1 = t_0	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
λ_2 = b	0	0.005	0.01	0.015	0.02	0.025	0.03	0.035

Considering table 1, distinct values of three coefficients are picked out of eight columns. Identical indices are permitted, for instance row 2, column 2. Since the order does matter, this is an example of a variation with repetitions allowed. The number of 3-element (rows) variations of 8 elements (columns) set with repetitions allowed is 512. The solution algorithm is run for each variation and obtained RSD values are compared. It takes one solution case approximately 15 iterations to converge. The iterative process stops as soon as following termination criterion is satisfied at k^{th} step

$$\left\| \mathbf{x}^{(k)} - \mathbf{x} \right\| \leq \varepsilon \tag{11}$$

where **x** is an exact solution vector and ||.|| stands for a vector norm.

In case of initial values found in cells (λ_0; 4), (λ_1; 2), (λ_2; 1), table 1, shaded cells, the RSD takes up the smallest value of 0.13178. Solution vector of the model function coefficients is λ = |4.300159809398955; 0.0248915584037846; 0.007667408511148778|^T. Another choice of initial coefficients (λ_0; 0), (λ_1; 3), (λ_2; 2) yields much about the same value of RSD, id est 0.13178. Both measured saccade amplitude and fitted logistic curve are shown in Fig. 4a. Distance between user's eye and the monitor is assumed 80 cm, hence the eye ball rotates within [0; 4] deg interval.

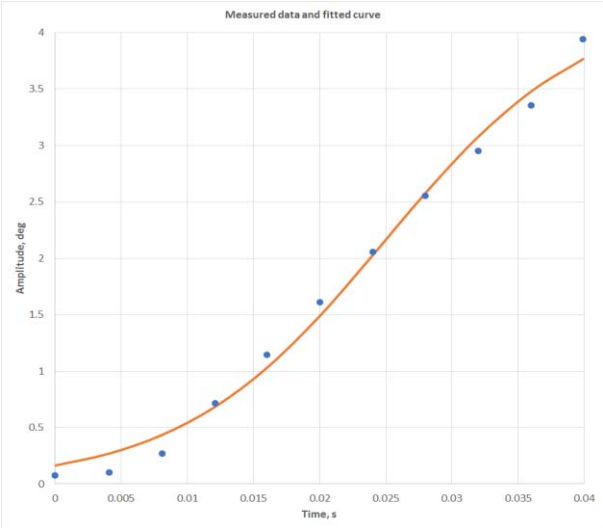


Fig. 4a. Measured data and fitted curve

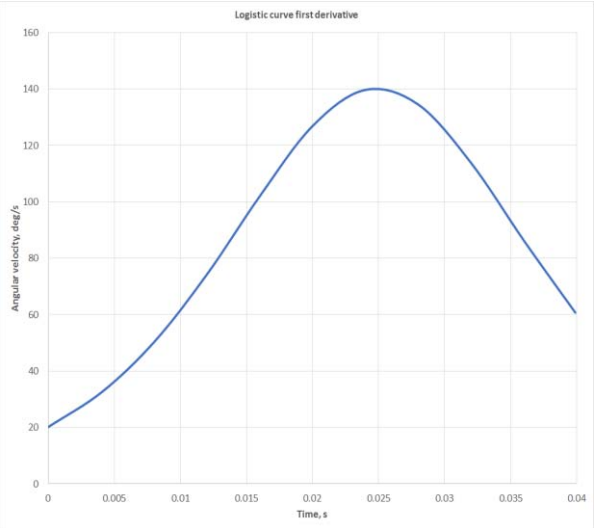


Fig 4b. First derivative of the fitted curve

Having obtained the logistic curve coefficients, it is possible to work out the peak velocity value by computing first derivative of the model function according to expression:

(12) $$\frac{d\theta}{dt} = \frac{a}{b} e^{\frac{t_0 - t}{b}} \left(1 + e^{\frac{t_0 - t}{b}}\right)^{-2}$$

A function plot of derivative dθ/dt is shown in Fig. 4b. Peak velocity value for this particular case is 140.202 deg/s achieved on the instant of 25 ms.

In Fig. 5a, a relation between saccade peak velocity and saccade amplitude is shown, so is saccade duration in terms of saccade amplitude, Fig. 5b. The experiment lasted for 150 seconds. All the way through the experiment, near infrared cameras were set to gather data at resolution of 800 x 600 pixels, hence the frequency dropped as low as 30 Hz. In Fig. 5a, weak correlation between input and output data might be accounted for by a small range within which the amplitude varies. Saturation of peak velocity value is solely expected at high saccade amplitudes.

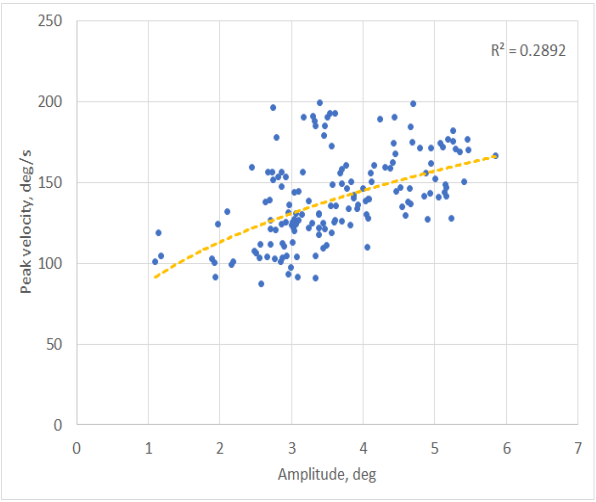


Fig. 5a. Peak velocity, deg/s, vs. saccade amplitude, deg

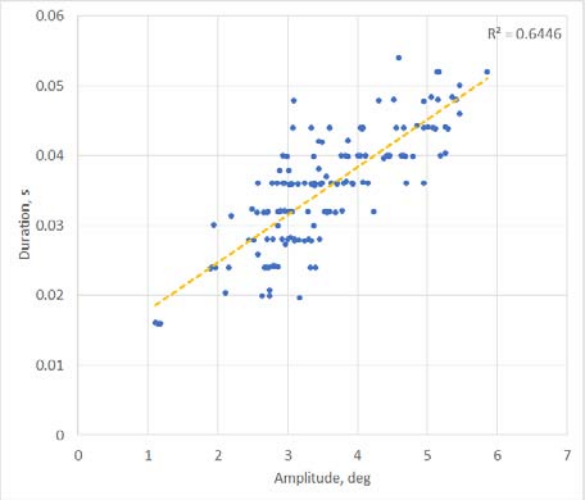


Fig 5b. Duration, s, vs. saccade amplitude, deg

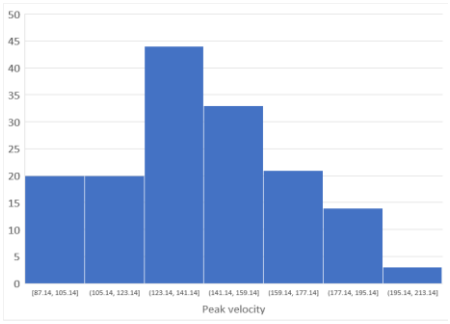


Fig. 6a. Peak velocity histogram, bin width 18 deg/s

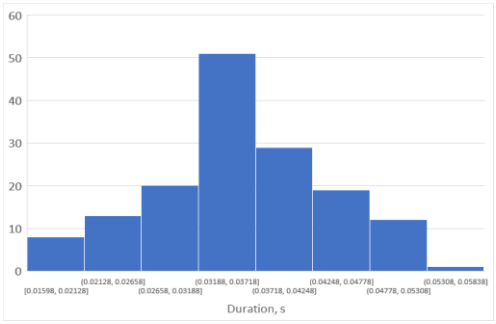


Fig 6b. Duration histogram, bin width 5.3E–03 s

Concluding remarks

In order to fulfil the project goals, following software was used: TDM64-GCC-9.2.0, OpenCV 4.4.0. The OpenCV project was configured by CMake 3.18.2 and binaries were built in Code::Blocks 20.03 IDE, [6 … 9]. A comprehensive tutorial on how to build the OpenCV binaries might be found in [10]. Apart from all configuration options described in the tutorial, following one is worth pointing out: WITH_TBB = ON which stands for enabling multicore CPU support.

The developed source code might be downloaded by following link [11].

Acknowledgements

This research has been supported by Bulgarian National Science Fund at the Republic of Bulgaria according to contract № КП-06/H27-10, 11th of December, 2018. The project title is “Human Factor in Remotely Controlled Aerial Systems – Analysis, Estimation, and Control.”

References:

1. Bradski, G., The OpenCV Library, Dr. Dobb's Journal of Software Tools, article id=2236121, 2000
2. Kassner, M., W. Patera, A. Bulling, Pupil: An Open Source Platform for Pervasive Eye Tracking and Mobile Gaze-based Interaction, arXiv:1405.0006v1 [cs.CV] 30 Apr 2014
3. Salvucci, D., J. Goldberg, Identifying Fixations and Saccades in Eye-Tracking Protocols, Proceedings of the Eye Tracking Research and Application Symposium, ETRA 2000, Palm Beach Gardens, Florida, USA, November 6-8, 2000
4. https://mathworld.wolfram.com/NonlinearLeastSquaresFitting.html
5. https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pmd/section6/pmd632.htm
6. https://jmeubank.github.io/tdm-gcc/
7. http://www.codeblocks.org/
8. https://opencv.org/releases/
9. https://cmake.org/
10. https://medium.com/@sourabhjigjinni/install-opencv-4-0-0-for-c-windows-7-10-code-blocks-tdm-gcc-64-dff65addf162
11. https://github.com/samolet4e

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЛИЯНИЕТО НА РЕАЛНАТА ТЕХНИЧЕСКА НАДЕЖДНОСТ ВЪРХУ ЕФЕКТИВНОСТТА НА РЕЗЕРВИРАНЕ НА ИНФОРМАЦИЯТА, НЕОБХОДИМА ЗА ФУНКЦИОНИРАНЕ НА ДИАГНОСТИЧНИ СИСТЕМИ

Светлозар Асенов

Българско астронавтическо дружество, клон Пловдив
e-mail: bad_plovdiv2015@abv.bg

Ключови думи: *въздухоплавателни средства, експлоатационната надеждност, достоверност на информацията*

Резюме: *Съвременните въздухоплавателни средства са практически резултат от продължителна и задълбочена научноизследователска и приложна дейност. В същото време, в авиацията на ВВС продължават да се експлоатират самолети и вертолети с изтичащ или с удължен общ технически ресурс. Това налага необходимостта да се търсят ефективни пътища за повишаване на експлоатационната надеждност на отделните елементи, блокове и агрегати на ВС, които имат функции с нарастване на интензивността на отказите във времето. Това налага повишаване на изискванията към оценка на достоверността на получаваната и обработваната за изпълнение на полета информация.*

RESEARCH OF THE IMPACT OF REAL TECHNICAL RELIABILITY ON THE EFFICIENCY OF REDUNDANCY OF INFORMATION REQUIRED FOR THE FUNCTIONING OF DIAGNOSTIC SYSTEMS

Bulgarian astronautical society, Plovdiv Branch
e-mail: bad_plovdiv2015@abv.bg

Keywords: *aircraft, operational reliability, reliability of information*

Abstract: *Modern aircraft are the practical result of a long and in-depth research and application activity. At the same time, aircraft and helicopters with expired or extended general technical resources continue to be operated in the aviation of the Air Force. This necessitates the search for effective ways to increase the operational reliability of the individual aircraft elements, units and units that have functions with increasing failure rate over time. This requires an increase in the requirements for assessing the reliability of the information received and processed for flight execution.*

Въведение

Съвременните въздухоплавателни средства (ВС) са практически резултат от продължителна и задълбочена съвместна научноизследователска и приложна дейност на авиационни изследователски центрове и големи авиационни корпорации. При проектирането и конструирането на съвременните ВС се предвижда двойно и тройно, а в някои случаи и четворно резервиране на отделните функционални системи. Изключително внимание се отделя на кабината за да бъдат създадени максимални ергономични условия за работа на екипажа [6]. Въвеждането и изпълнението на всички тези конструктивни изисквания водят до повишаване на надеждността на ВС като цяло и до повишаване на вероятността за безопасен край на полета.

Основните летища във Военновъздушните сили на Република България вече са оборудвани с комуникационни, информационни и навигационни системи, в съответствие с изискванията на ICAO (International Civil Aviation Organization) и на НАТО. Във ВВС вече се експлоатират следните съвременни ВС: вертолети Bell-206 и AS-532 AL Cougar, самолети Pilatus

РС-9 и РС-12, С-27J Spartan. В същото време, в авиацията на ВВС продължават да се експлоатират самолети и вертолети с изтичащ или с удължен общ технически ресурс. Това налага необходимостта да се търсят ефективни пътища за повишаване на експлоатационната надеждност на отделните елементи, блокове и агрегати на ВС, които имат функции с нарастване на интензивността на отказите във времето [1,4]. Това налага повишаване на изискванията към оценка на достоверността на получаваната и обработваната за изпълнение на полета информация.

1. Оценка за достоверността на информацията, получавана от бордови източници

Както е известно, за повишаване на достоверността на информацията се използва нейното паралелно резервиране [4,5], което се състои в използването вместо на един на няколко източника на информация. При това информацията, която се доставя на управляваната система от n на брой източника на информация се приема тогава, когато Q на брой от всички n източника (Q < n) потвърждават нейната достоверност. Такъв принцип на въвеждане на информация се нарича „мажоритарен“ [7,8], като Q определя индекса на мажоритарност (т.нар. „кворум“). Нека е даден някакъв фиксиран n-броя резервирани и еднакви източника на информация, то тогава вероятностните характеристики на такава система с мажоритарен принцип за приемане на информацията може да бъде описана с триноминално разпределение [3,8]:

(1) $$p(n-m, m-k, k) = C_n^{n-m}.a^{n-m}.C_m^{m-k}.b^{m-k}.d^k,$$

като $(a+b+d)=1$, където a е вероятността за достоверност на информацията от един източник на информация; b е вероятността за недостоверен сигнал за наличие на контролираното явление („лъжлива тревога“ за наличие на събитие); d е вероятността за неоткриване (нерегистриране) на контролираното явление.

Изразът (1) определя вероятността $p(n-m, m-k, k)$ за това, че от общо n източника на информация k на брой не откриват никаква информация, когато в действителност тя съществува, $(m-k)$ на брой сработват по „лъжлива тревога“, и само $(n-m)$ източника на информация подават вярна информация, като при това $(n > m > k)$.

Изразът (1) определя вероятностното състояние на резервирана система от n източника на информация, когато всички източници са технически изправни. При технически ненадеждна система броят n на резервираните източници на информация ще бъде случайна величина.

Вероятността $p(n)$ за наличие на n на брой технически изправни източници на информация в система от общо N на брой такива източника, може да бъде описана с биноминално разпределение:

(2) $$p(n) = C_N^n p^n (1-p)^{N-n},$$

където p е вероятност за техническа изправност на един източник на информация.

Съгласно закона за пълната вероятност [2,7], вероятността $P_Z(n,m,k)$ разпределение на случайната величина Z, която представлява сумата N на случайните величини (в цели числа), може да бъде описана със следния общ израз:

(3) $$P_Z(n,m,k) = \sum_{n=0}^{N} p(n)p(n-m, m-k, k).$$

Като се заместят изразите (1) и (2) в (3) ще се получи:

(4) $$P_Z(n,m,k) = \sum_{n=0}^{N} C_N^n p^n (1-p)^{N-n} C_n^{n-m}.a^{n-m}.C_m^{m-k}.b^{m-k}.d^k.$$

От (4) лесно могат да бъдат получени формулите за определяне на следните вероятности: $P_{1(Q)}$ – вероятност за вярно съобщаване на мажоритарна система с N на брой източника на информация; $P_{2(Q)}$ – вероятност за неоткриване на очаквано събитие от система с N на брой източника на информация, и съответно, $P_{3(Q)}$ – вероятност за „лъжлива тревога“.

(5) $$\begin{cases} P_{1(Q)} = \sum_{n=0}^{N} C_N^n p^n (1-p)^{N-n}\left[1 - \sum_{m=n-Q+1}^{n} C_n^{n-m} a^{n-m}(1-a)^m\right] \\ P_{2(Q)} = \sum_{n=0}^{N} C_N^n p^n (1-p)^{(N-n)} \sum_{n-N=0}^{Q-1} C_n^{n-m} a^{n-m} \sum_{m-k=0}^{Q-n+m-1} C_m^{m-k} b^{(m-k)d^k} \\ P_{3(Q)} = \sum_{n=0}^{N} C_N^n p^n (1-p)^{N-n}.\sum_{m-k=Q}^{n} C_m^{(m-k)}.b^{(m-k)}.d^k \end{cases}.$$

където Q е индексът на мажоритарност, като при това $P_{1(Q)} + P_{2(Q)} + P_{3(Q)} = 1$.

Например, при $Q=2$ вероятностите $P_{1(Q)}, P_{2(Q)}, P_{3(Q)}$ се определят от следните формули:

(6) $$\begin{cases} P_{1(2)} = \sum_{n=0}^{N} C_N^n p^n (1-p)^{N-n}[1-(1-a)^n - n.a.d^{n-1}] \\ P_{2(2)} = \sum_{n=0}^{N} C_N^n p^n (1-p)^{(N-n)}(d^n + n.b.d^{n-1} + n.a.d^{n-1}). \\ P_{3(2)} = \sum_{n=0}^{N} C_N^n p^n (1-p)^{N-n}.[(1-a)^n - d^n - n.b.d^{n-1}] \end{cases}$$

Индексът Q във формули (5) определя кворума при мажоритарна логика, т.е. информацията се приема само тогава, когато нейната достоверност потвърждават не по-малко от Q на брой източника на информация [2,3]. При Q=1 изразът (5) съществено се опростява:

(7) $$\begin{cases} P_{1(1)} = \sum_{n=0}^{N} C_N^n p^n (1-p)^{N-n}[1-(1-a)^n] = 1-(1-pa)^N \\ P_{2(1)} = \sum_{n=0}^{N} C_N^n p^n (1-p)^{(N-n)} d^n = (pd+1-p)^N = [1-p(1-d)]^N. \\ P_{3(1)} = (1-pd)^N - [1-p(1-d)]^N \end{cases}$$

Формули (7) леко се трансформират за система от източници на информация, с различни вероятностни характеристики a_i, b_i, d_i и различни вероятности p_i за безотказна работа за i-я източник на информация:

(8) $$\begin{cases} P_1 = 1 - \prod_{i=1}^{N}(1-p_i a_i) \\ P_2 = \prod_{i=1}^{N}[1-p_i(1-d_i)] \\ P_3 = \prod_{i=1}^{N}(1-p_i a_i) - \prod_{i=1}^{N}[1-p_i(1-d_i)] \end{cases}.$$

2. Теорема за оценка достоверността на информацията от бордови източници с различни вероятностни характеристики

Системата от N източника на информация с различни вероятностни характеристики a_i, b_i, d_i при индекс на мажоритарност $Q = 1$ винаги ще имат по-висока системна вероятност $P_{1(1)}$ за достоверно определяне на контролираното явление в сравнение със система от N на брой източника на информация, имащи еднакви усреднени вероятностни характеристики a, b, d, които изпълняват условията:

(9) $$\begin{cases} a = \sum_{i=1}^{N} \frac{a_i}{N}, \\ b = \sum_{i=1}^{N} \frac{b_i}{N}. \\ d = \sum_{i=1}^{N} \frac{d_i}{N} \end{cases}$$

Доказателство. Нека част от източниците на информация (N_1 на брой) имат характеристики $a_1 = a + \Delta$, а втората част N_2 имат характеристики $a_2 = a - \Delta$.

Тогава, съгласно (8), може да запишем:

(10) $$P_{1(1)} = 1 - (1-a-\Delta)^{N_1}.(1-a+\Delta)^{N_2},$$

където $N = N_1 + N_2$.

Необходимо е да се докаже неравенството:

(11) $$1 - (1-a-\Delta)^{N_1}.(1-a+\Delta)^{N_2} > 1-(1-a)^N,$$

което също така може да бъде записано във вида:

(12) $$(1-a)^N > (1-a-\Delta)^{N_1}.(1-a+\Delta)^{N_2}.$$

Нека да въведем променливите:

$x = (1-a-\Delta)^{N_1}$ и $y = (1-a+\Delta)^{N_2}$.

При това, $x + y = u$ и $0 \le x \le 1$, $0 \le y \le 1$, $0 \le u \le 1$.

За определяне на максималното значение на произведението $x.y$ ще използваме функцията на Лагранж [5]:

$L(x,y) = x.y;\ \gamma(x,y) = x + y - u.$

Тогава може да се запишем

$L_{max}(x,y) = L(x,y) + \lambda.\gamma(x,y).$

Съставяме система уравнения на Лагранж:

(13) $$\begin{cases} \frac{\partial L(x,y)}{\partial x} = y + \lambda = 0 \\ \frac{\partial L(x,y)}{\partial y} = x + \lambda = 0 \\ \gamma(x,y) = x + y - u \end{cases} \cdot$$

Единственото решение на тази система ще бъде $x_0 = y_0 = \frac{u}{2}$. Оттук следва, че $x_0 y_0 > xy$. След обратната замяна на променливите

$x_0 = y_0 = (1-a)^{\frac{N}{2}}$, $x = (1-a+\Delta)^{N_1}$ и $y = (1-a-\Delta)^{N_2}$,

Ще получим доказателство за неравенство (12).

По този начин теоремата е доказана.

3. Анализ на приложимите следствия от Теоремата за оценка достоверността на информацията

Следствие 1. Ако при определяне на вероятността $P_{1(1)}$, съгласно формула (8), се разположат в ред различните източници на информация по нарастване на стойностите на вероятностите a_i за достоверно съобщаване на информация от i-я източник:

(14) $$a_N > a_{N-1} > \cdots > a_2 > a_1,$$

и като се отчетат вероятностите p_i за безотказна работа на всеки източник и ги разположим в ред по нарастване на значенията на p_i:

(15) $$p_N > p_{N-1} > \cdots > p_2 > p_1,$$

то в съответствие с доказаната теорема, съгласно (7) и (8), може да бъде определено нарастването Δp_i на вероятността p_i на достоверното съобщение:

(16) $$\Delta P_1 = (1-pa)^N - \prod_{i=1}^{N}(1-p_i a_i),$$

където $p_i a_i$ са ранговани, съгласно (14) и (15).

Следствие 2. Ако предположим, че вероятностите P_i за безотказна работа са ранговани така, че за източниците с най-високи вероятностни характеристики a_i съответстват най-ниските стойности на вероятностите p_i така, че

(17) $$p_N < p_{N-1} < \cdots < p_2 < p_1,$$

то не е трудно да се покаже, че произведението от вероятностите $p_i a_i$ ще бъдат почти равни помежду си, и тогава нарастването $\Delta P_{1(1)}$ на вероятността за достоверно съобщение, което се определя по формула (16), ще бъде сведена до минимум.

Заключение

Ако източниците на информация бъдат ранговани така, че източникът с най-висока вероятностна характеристика a_i да съответства на най-високата вероятност p_i за безотказна работа, то системната вероятност $P_{1(1)}$ за достоверно разпознаване на контролираното явление ще има максимална стойност $P_{1(1)}^{max}$ в сравнение с другите варианти на ранговане.

Ако ранговката на източници на информация бъде извършена така, че източникът с най-висока вероятностна характеристика a_i да съответства на най-ниската вероятност p_i за безотказна работа, то системната вероятност $P_{1(1)}$ за достоверно разпознаване на контролираното явление ще има минимална стойност $P_{1(1)}^{min}$ в сравнение с другите варианти на ранговане.

Всякакви други варианти за използване на източници на информация в мажоритарна система с вероятностни характеристики $p_i a_i$ ще осигурят междинни стойности за системната вероятност $P_{1(1)}$ между $P_{1(1)}^{max}$ и $P_{1(1)}^{min}$, т.е. $P_{1(1)}^{max} > P_{1(1)} > P_{1(1)}^{min}$.

При реализацията на мажоритарна логика при вземането на решение за достоверността на информацията от N на брой източници, попринципа „поне един“ е необходимо да се въведе корекция с приоритет в полза на източниците с най-високи стойности на вероятностните характеристики p_i, a_i.

Във връзка с изложеното по-горе следва да се отбележи, че към източниците на

информация се предявяват изключително строги и трудно изпълними изисквания: висока надеждност p_i при високи функционални характеристики a_i.

Литература:

1. Велчев, В. Н., Основни изисквания, предявявани при прогнозиране на ТС на авиационната техника, Научно-тематичен сборник от доклади на научна сесия 9-10 октомври „85 години от участието на българската авиация в Балканската война“, ВВВУ „Г. Бенковски“, Долна Митрополия, ВВВУ, 1998.
2. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей, 10-е издание, стереотипное. „Академия“. *М. 2005. 573* стр.
3. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика, 12-е издание, переработаное. „Высшее образование*“. М. 2008. 480 стр.*
4. Загорски, Н., Възможности за определяне на нивото на безопасност на полета в условията на Система за управление на авиационната безопасност при съхраняване на летателната годност на въздухоплавателните средства, Международна научна конференция „Техника, технологии и системи” ТЕХСИС 2009, Технически университет – София, филиал Пловдив, 29-30 май 2009 г., Journal of the Technical University – Sofia, Plovdiv Branch, Bulgaria Vol. 14 (2) 2009, стр. 365–373.
5. Загорски, Н., Оценка на експлоатационната надеждност при експлоатацията на вертолети AS 332 Super Puma, Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY SES 2010, стр. 134–137.
6. Загорски, Н., Приближени модели за оптимизация на параметрите за експлоатация и техническо обслужване на авиационните системи с оценка на точността и достоверността на получаваните резултати, Международна научна конференция „Техника, технологии и системи” ТЕХСИС 2009, Технически университет – София, филиал Пловдив, 29-30 май 2009 г., Journal of the Technical University – Sofia, Plovdiv Branch, Bulgaria Vol. 14 (2) 2009, стр. 359–364.
7. Brandt, S. Data analysis, Statistical and Computational Methods for Scientist and Engineer, Third Edition. Springer-Verlag. New York. 2003. 687 p.
8. Fisz, M. Probability Theory and Mathematical Statistics. Wiley. New York. 1993. 298 p.

ОКУЛОГРАФСКИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ТЯХНОТО ИЗПОЛЗВАНЕ ЗА АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НА ЧОВЕШКИЯ ФАКТОР В ДИСТАНЦИОННО-УПРАВЛЯЕМИТЕ ЛЕТАТЕЛНИ СИСТЕМИ

Петър Гецов[1], Любомир Алексиев[2], Константин Методиев[1], Зоя Хубенова[1], Светла Димитрова[1], Димитър Недялков[1], Димо Зафиров[1]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Военномедицинска академия-НЦВМЕАММ – София
e-mail: getsovp@space.bas.bg

Ключови думи: *БЛА, окулография, човек-оператор, визуално внимание*

Резюме: *Работната среда за управление на БЛА е силно динамична и поставя специфични предизвикателства и изисквания към операторите – да работят продължителни периоди от време при постоянно търсене на информация за ситуацията на полета, като от него се очаква бърза оценка на ситуациите, избор на стратегии за управление и вземане на оптимални решения в бързо променяща се среда. Проблемът за правилното разпределение на визуалното внимание върху отделните прибори се оказва основен при определяне ефективността и безопасността при експлоатация на БЛА. Основната цел на статията е да покаже проведените окулографски изследвания, свързани с изучаването на особеностите на правилното разпределение на зрителното внимание на оператори на БЛА върху отделните прибори за управление и зони на интерес на екрана на симулаторите в процеса на тяхното обучение.*

EYE TRACKING RESEARCH AND POSSIBILITIES OF USAGE FOR ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE HUMAN FACTOR IN REMOTELY CONTROLLED AIRCRAFT SYSTEMS

Peter Getsov[1], Liubomir Alexiev[2], Konstantin Metodiev[1], Zoya Hubenova[1], Svetla Dimitrova[1], Dimitar Nedyalkov[1], Dimo Zafirov[1]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Military Medical Academy– Sofia
e-mail: getsovp@space.bas.bg

Keywords: *UAV, oculography, human operator, visual attention*

Abstract: *Working environment of UAV control is extensively dynamic and puts specific challenges and requirements for an operator to meet such as working on prolonged shifts while upgrading situational awareness at the same instant. The operator is expected to asses the situation quickly, choose an elaborate and systematic control plan, make the most favourable decisions within a rapidly changing environment. The issue of correct distribution of visual attention over the instruments panel appears to be fundamental in terms of assessment of both efficiency and safety during UAV operation. The paper main goal is to provide evidence for conducted eye tracking studies related to peculiarities of UAV operator's accurate visual attention distribution over instruments panel and zones of interest of simulator displays throughout course of training.*

Въведение

На настоящия етап използването на безпилотни летателни апарати е едно от най-перспективните направления в областта на новите технологии. Все повече се разширяват техните приложения в гражданската област:за наблюдение, прогнозиране, откриване и оценка на щетите при бедствия, аварии, техногенни катастрофи; патрулиране на държавната граница;

транспортни превози; наблюдение на високи сгради и съоръжения; охрана и контрол за състоянието на критична енергийна инфраструктура (електроцентрали, магистрални тръбопроводи, язовири и др.); контрол на пътния трафик; селско стопанство (контрол на посеви, горски масиви и др.); промишлен риболов; океанография; ретранслация на сигнали; участие в системата за управление на въздушното движение, изпълнение на различни научни задачи и др.

От тези позиции обучението на операторите на БЛА с използването на виртуални тренажори е в основата на формиране на професионални навици за управление на самолета. Очевидно, че организацията на обучението и подготовката на персонала в безпилотните авиационни комплекси (БАК) – пилоти-оператори, оператори на полезен товар, обслужващи специалисти съществено влияе на безопасността и аварийността при експлоатацията им [1]. Това налага необходимостта от разработването на единни изисквания и програми за обучение на операторите, единни изисквания към средствата за обучение и сертифицираното на центровете за обучение в съответствие със международните стандартите за подготовка на оператори на БЛА (например, ICAO (UAS),, STANAG 4670, CJCSI 3255.01, ASTM F 2635-07) [2, 3].

Работната среда за управление на БЛА е силно динамична и поставя специфични изисквания към оператора, което е свързано с възприемането и обработката на голямо количество информация. От него се очаква бързо да оценява тази информация и да реагира по съответния начин в зависимост от решаваните мисии и задачи. В същото време той трябва да комуникира и общува с други членове на екипажа. 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.

Зрителното внимание на оператори

Проблемът за правилното *разпределение на визуалното внимание* върху отделните прибори се оказва основен при определяне ефективността и безопасността при експлоатация на БЛА. Разпределянето на вниманието е важен елемент в когнитивните функции на операторите за изграждане на мисловни модели за окръжаващата среда и отразява способността на мозъка да реагира адекватно на различни стимули или задачи в наложен темп, дефицит от време и под въздействие на редица фактори от средата, в която се извършва определена дейност, а също така и на различни ситуации, възникващи в обкръжаващата среда. Тази когнитивна способност позволява да се обработват различни по вид източници на информация, което дава възможност да се изпълняват повече от една задача едновременно.

Вниманието се дефинира официално като механизъм, който се осъществява в мозъка, за да се гарантира, че предпочитаната входяща сензорна информация получава незабавна когнитивна обработка преди всички останали входни данни [4, 5]. Това определение предполага някаква предварителна когнитивна обработка, със или без внимание. Вниманието може да бъде разбрано по-добре, ако се счита за процес, който осигурява непрекъсната когнитивна обработка на избран сензорен вход. Човек трябва активно и непрекъснато да поддържа вниманието, за да поддържа високо ниво на когнитивна обработка на желания вход. Следователно, ако вниманието се прехвърли от един вход към друг, умишлено или по невнимание, когнитивната обработка на първия вход значително се намалява, а може и да се прекрати напълно.

Движението на очите е сложен процес, отразяващ възприемането на средата и е определящ фактор за качествата на зрителното внимание. Чрез измерими величини на зрителните движения и фиксации на зрението в голяма степен може да се интерпретира качеството на възприятие и адекватността на операторите на БЛА към ситуацията в момента, вземане на решения и изграждане на перспектива в бъдещо време за полета на безпилотния апарат.

Операторът на БЛА до голяма степен е лишен от редица сетивни стимули, необходими за възприемане на летателния апарат във въздушното пространство. При повечето апарати особено от по-високите класове е налице сензорен визуален глад, поради липсата на пряка визуална връзка, няма данни от органите за пространствена ориентация и положение на летателното средство в триизмерното пространство, липсват звукови и други стимули даващи информация за състоянието на БЛА [1].

Информацията за състоянието на БЛА се получава по сложен интерфейсен път изобразена върху плосък екран, което само по себе си е неестествена и не достатъчна информация за движението на тяло в пространството, изискващо специализирана подготовка на оператора, специфични качества на невропсихологичното възприятие на заобикалящата среда.

Изхождайки от разбирането за предимно визуалната информация от дисплей за състоянието и дейността на БЛА се поставя въпроса за обучението на операторите за възприемане и обработка на информацията от дисплейте съобразена с неврофизиологията на очния анализатор.

Методика на изследването

Окулографските изследвания се проведоха в Лаборатория за подготовка, обучение и контрол на оператори на БЛА към секция „Аерокосмически системи за управление" в ИКИТ-БАН. Лабораторията е оборудвана с тренажор C-Star, разработен от израелската фирма SimLat, [6]. Симулаторът C-STAR на израелската фирма SimLat дава възможност за обучение на екипаж от оператор и пилот в реално време. Тренажорният комплекс C-STAR симулира полет на БЛА с висока точност и същевременно дава възможност на инструктор да изменя полетната задача и работата на бордовите системи (например авария на агрегат по време на полет). Тези възможности създават динамична среда за работа на екипажа. Тренажорът C-STAR може да се конфигурира за всяка летателна платформа, полезен товар или мисия.

На тренажора са провеждани курсове за обучение на кандидати за оператори на БЛА от различни ведомства в страната (МО, МВР, ДА „Технически операции и др.). Тренажорът предлага виртуална среда за симулиране на полета, която до голяма степен наподобява реалната. Той регистрира и съхранява данни за динамиката на взаимодействие между членовете на екипажа.

За да се изучи разпределението на вниманието на оператора по време на полет, изследователският екип използва окулограф за регистриране и оценка на движението на очите. Главната задача на окулографското изследване е записване и предаване на данни за окуломоторната активност в реално време. Окулографията е изследователски метод, в който се използва устройство за проследяване на координатите на точката на гледане. Най-популярните окулографи използват метод, базиран на видео заснемане, за неинвазивно и безконтактно измерване на движението на очите.

Лабораторията разполага с два окулографа: мобилен окулограф Pupil Labs Core, Pupil Labs (Германия) и стационарен – GazePoint GP3HD (Канада).



а) б)

Фиг. 1. Налични окулографи: а) мобилен; б) стационарен

Беше проведено пилотно изследване, което се състоеше от две части, съответно с двата окулографа, на две работни места.



а) б)

Фиг. 2. Работни места: а) с мобилен окулограф; б) със стационарен окулограф

Експерименталната установка

I. Работно място. Експерименталната установка включва компонентите: тренажор C-Star (SimLat) с работна станция на пилота с компютър Intel® Core™ i7-4770K @ 3.5 GHz; мобилен окулограф Pupil Labs Core; таблет Samsung Galaxy Tab S5e. Данните да се събират посредством независимо мобилно устройство – таблет.

II. Работно място – включва управление на БЛА тип E-flite Apprentice STS на симулатор за радиоуправляеми летателни апарати RealFligt® 9, както и компонентите: Компютър Intel® Core™ i7-3770 @ 3.4GHz с видеокарта Nvidia® Quadro® 600, HD монитор 24 инча; RealFlight® 9 RC Flight Simulator, InterLink Elite Transmitter; Стационарен окулограф GazePoint GP3 HD.

Задачи на симулаторите за управление на БЛА

ЗАДАЧА-1. Полет с общо назначение на дистанционно управляеми летателни апарати (ДУЛА) в условен район (летище Палма де Майорка PMI, LEPA, полоса 06L) – излитане, полет в зоната на видимост, заход за кацане, кацане. Полетът с общо назначение е опознавателен полет за добиване на начална представа за действието с органите за управление на ДУЛС. Независимо от това той започва с излитане и спазване на изискванията за безопасно изпълнение на процедурите по излитането. Същото се отнася и за кацането, което задължително трябва да се извърши в посоката на излитането, предвид метеорологичните условия, задължаващи подобно действие.

ЗАДАЧА-2. Изпълнение на усложнена полетна задача по обозначен летищен кръг – полет по кръга на ДУЛА в същия район. Преди започването на самия полет се излиза на полосата за излитане и кацане, като разпределението на вниманието на оператора е насочено основно за заемане на означената централна ос на полосата, така че при начало на разбега той да започне в права посока. Преди самото простартиране трябва да проконтролира курса на ДУЛА, който трябва да съответства на този на летището.

На този етап на изследването препоръчителното разстояние до монитора е 70-80 cm, за монитор с размер 27” (68.58 cm), осигуряващ ъгъл на обзор 26º x 20º. Инструкторът извършва калибровка на апаратурата [7]

Въз основа на получените резултати се оценява качеството на пилотиране на участника в експеримента. Изискванията са зададени в „Матрица за оценка на изпълнение на полета”.

След приключване на експеримента избрани данни за движението на очите се извличат от записа на окулографа. Данните се спрягат по време със записа от обективния контрол и се обработват. За изследване разпределението на зрителното внимание се снемат следните параметри: координати на точките на взиране, брой и средна продължителност на фиксации в отделни области на интерес, брой премигвания, сакади, диаметър на зеницата, топлинна карта.

ЗАДАЧА-3. Управление на БЛА – излитане, полет в зоната на видимост, заход за кацане, кацане на RealFlight® 9 RC Flight Simulator с безпилотен самолет E-Flight Apprentice 15s. След анализ бяха избрани и ДУЛС за симулационните и летателни изследвания: самолет E-Flight Apprentice 15s и куадкоптер DJI Phantom 3 Advance.

Участникът се настанява удобно и стабилно на работното място. Препоръчи-телно е разстоянието на очите му до монитора да е на 70–80 см. Предварително се провежда обучение, за начина за изпълнение на задачата и целта на изследването. Обучението се провежда от инструктора и се повтаря индивидуално до придобиване на увереност от страна на участника. Инструкторът извършва калибровка на апаратурата [7]. Оценката на качеството на пилотиране се извършва по правоъгълен маршрут със зададени изисквания за оценка.

След приключване на експеримента данните от окулографското изследване се записват на компютъра. За последваща обработка се извличат избрани данни от съответните параметри. За изследване разпределението на зрителното внимание се снемат и анлизират следните параметри: Точка на фиксация; Общия брой фиксации; Брой фиксации в секунда; Средно време за фиксация на погледа на екрана на тренажора; Общия брой мигания; Брой мигания в секунда; Общ брой сакади; Топлинна карта

Пилотен експеримент с мобилният окулограф Pupil Labs Core, проведен във външни условия. В хода на работа по задачите беше проведен експериментален полет за определяне на възможностите на мобилния окулограф Pupil Labs Core при работа във външни условия. Поставената полетна задача се състоеше от следните етапи: излитане, произволен кратък полет в зоната на видимост, заход за кацане и кацане. При измерването с окулографа интересът беше насочен към последните два етапа. От оператора се изискваше да приземи дрона в предварително набелязана цел. По време на полета окулгорафът регистрира точката на взиране, фиксациите, премигванията и диаметъра на зениците на оператора.

След направените няколко експеримента бе установено, че окулографът не може да измерва в условията на силна светлина и висока температура на въздуха, тъй като в този случай инфрачервените камери не регистрират движенията на зениците. По тази причина

експериментите на открито се провеждаха привечер, когато естествената светлина е слаба, а температурата на въздуха по-ниска.

Предвидени експерименти с участници-доброволци за обучение за оператори на БЛА. Обучението се осъществява на тренажора при изпълнение на определени задачи за управление на БЛА и при отчитане на дадени параметри на полета. В една от сериите експерименти беше изследвано разпределението на вниманието на оператор-пилот при управление на БЛА на тренажора C-Star. Участие **взеха 9-ма доброволци**, като едната група *от 6-ма участника имаха опит при управление на БЛА (т. нар. обучени), а другите 3-ма бяха без никакъв или почти никакъв опит в тази сфера.* Всички бяха инструктирани на място и след придобиване на увереност в управлението, техните резултати бяха записвани с окулографите.

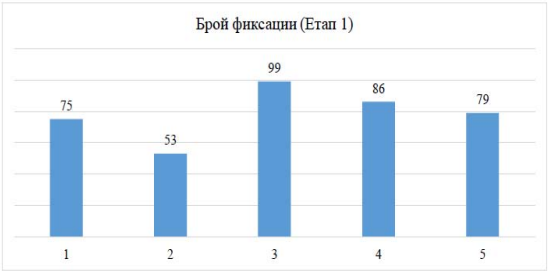
Резултати от изследването

От получените резултати и наблюдение може да се направят следните заключения, които поради ограничения брой изследвани, не могат да бъдат представени като изводи с определена обективност и достоверност.

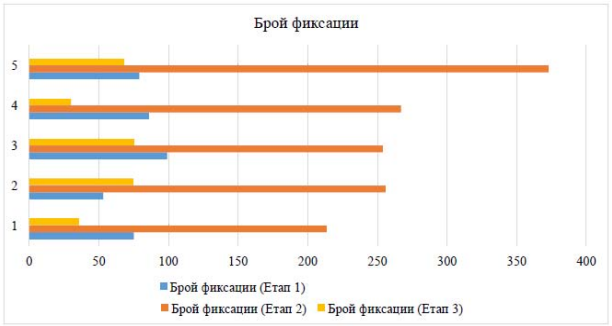
- Методиката на този етап за изследване на когнитивни функции на оператори на БЛА чрез използване на окулографски методи и разработване на експериментален модел на полет, включващ както визуално управление по външни ориентири така и определени параметри за поддържане на полета по наличните прибори, т.е. обективно изпълнение на поставената задача, е разработена и може да бъде усъвършенствана за целите на проучването.
- Налице е първоначален доказателствен материал за възможностите на окулографските изследвания в изучаването на ефективността на разпределение на зрителното внимание в процеса на обучение и усъвършенстване на операторските умения на операторите на БЛА.
- Прави впечатление от данните за фиксацията, че най-труден за изпълнение е етапът на кацане, където трябва да се съсредоточат усилията при подготовката и развитие на рефлекси, допринасящи за бързо и точно възприятие и качествени когнитивни функции, като предпоставка за безопасна и ефективна операторска работа.
- От регистрираните записи на неопитните доброволци на полет без маршрут се вижда, че тяхната честота на фиксации е съизмерима с тази на опитните доброволци. Фиксациите на неопитните доброволци са с увеличена продължителност при излитане и кацане. В сравнение с опитните оператори техните фиксации и на този етап са по-кратки и по-голям брой – опитните имат ситуационната осъзнатост в кой момент къде да концентрират своето зрително внимание, без да е нужно да покриват цялата зона на интерес с по-голям брой фиксации.
- От разпределението на сакадите на опитните оператори прави впечатление, че при повечето е налице в етапа на кацане намаляване на тяхната честота, което съответства на по-малкия брой и по-продължителни фиксации.
- При необучените се установяват по-чести и по-големи (дълги) сакади, както и по-голяма скорост на сакадите спрямо тези на опитните доброволци. Това е в резон с по-големия брой и по-краткотрайни фиксации на неопитните потребители. Опитните имат интуитивен опит кога къде да насочат своето внимание, докато неопитните нямат увереност кога къде да гледат и се стараят с цел по-добро изпълнение на задачата да покриват по-големи региони на интерес с по-висока честота.

N = 5	**Средна аритметична стойност**	**Медиана**	**Мода**	**Стандартно отклонение**	**Минимална стойност**	**Максимална стойност**
Брой фиксации (Етап 1)	78,40	79,00	53	16,876	53	99
Брой фиксации в една секунда, sec (Етап 1)	1,80	2,00	2	0,447	1	2
Средна продължителност, ms (Етап 1)	546,20	479,00	477	119,665	477	754
Стандартна грешка, ms (Етап 1)	70,80	60,00	48	31,220	48	125
Брой фиксации (Етап 2)	272,80	256,00	214	59,512	214	373
Брой фиксации в една секунда, sec (Етап 2)	2,40	2,00	2	0,548	2	3
Средна продължителност, ms (Етап 2)	394,00	393,00	312	64,881	312	485

Стандартна грешка, ms (Етап 2)	23,00	22,00	13	8,246	13	34
Брой фиксации (Етап 3)	57,00	68,00	30	22,226	30	76
Брой фиксации в една секунда, sec (Етап 3)	1,60	2,00	2	0,548	1	2
Средна продължителност, ms (Етап 3)	819,40	621,00	406	412,676	406	1436
Стандартна грешка, ms (Етап 3)	136,80	90,00	57	87,345	57	245
Забележка: **Медиана** – средата на разпределението с данни; **Мода** – най-често срещаната стойност в разпределението; **Стандартно отклонение** – отклонение на стойностите спрямо груповата средна аритметична						



Фиг. 3. Брой фиксации (N=5)



Фиг. 4. Брой фиксации по етапи (N=5)

Изводи

Проведените до тук изследвания показаха, че използването на методите на окулографията могат да се използват в различни перспективни области на развитие на БЛА като:

- Проектиране и дизайн на дисплеите за управление на БЛА. Особено внимание трябва да се отделя на информационните канали от приборите за управление;
- При изработване на модели на еталонни полети за прилагане на методически указания за обучение на оператори и оценка на придобити умения от обучението;
- Оценка при периодичен контрол на знанията и уменията на операторите;
- Подготовка и противодействие на екстремни въздействия при полет с БЛА;
- Установяване на неблагоприятни здравословни и психологични процеси при операторите;
- Въвеждане на други сензорни възприятия облекчаващи зрителното внимание при управление на БЛА;
- За целите на подбора при установяване на психологични индивидуални качества на бъдещи оператори на БЛА и изработване на селекционни стандарти.

БЛАГОДАРНОСТИ: *Представеното изследване е финансирано по договор КП-06/Н27-10/ 11.12.2018, сключен между Фонд „Научни изследвания“ и ИКИТ – БАН.*

Литература:

1. Dismukes, K., Young, G.; Sumwalt, C. R. “Cockpit Interruptions and Distractions”, ASRS Directline Issue 10. December 1998
2. ICAO: Human Factors documents, http://aviationknowledge.wikidot.com/ aviation:icao-human-factors
3. ICAO: Unmanned Aircraft Systems (UAS), Cir 328, AN/190, 2011
4. Goldstein, E. B. Cognitive Psychology: Connecting Mind, Research, and Everyday Experience, Belmont, California, U.S.: Thompson Wadsworth. 2005
5. Strayer, D. L.; Drews, F. A. “Attention.”In Handbook of Applied Cognition”, Druso, F.T. (editor). West Sussex, U.K.: John Wiley and Sons. 2007
6. Full Crew Training Systems (C-STAR); http://www.simlat.com/#!full-crew-solution/cnu3, 20.08.2020
7. Hubenova, Z., K. Metodiev, S. Dimitrova, L. Alexiev, Usage of Eye Tracker Technology in Examining Attention Distribution of Operators of Unmanned Aerial Vehicles, Aerospace Research in Bulgaria, Vol. 33 / 2020

АЙТРЕКИНГ ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ОЦЕНКА НА ЗРИТЕЛНОТО ВНИМАНИЕ НА ОБУЧАЕМИ ОПЕРАТОРИ НА БЛА ЧРЕЗ СИМУЛИРАН „ПОЛЕТ - ЕТАЛОН”

Любомир Алексиев[1], Деанна Александрова[1], Зоя Хубенова[2], Константин Методиев[2], Светла Димитрова[2], Димитър Недялков[3]

[1]ВМА - София, Катедра „Авиационна и морска медицина”
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[3]Военна академия „Г.С. Раковски“ – София
e-mail: aleksiev@vma.bg

Ключови думи: *Окулография, фиксации, внимание, оператори на БЛА, летателно обучение*

Резюме: *Важно условие за осигуряване на ефективна когнитивна дейност е правилното разпределение на вниманието - способността на мозъка да реагира адекватно и едновременно на различни когнитивни стимули от обкръжаващата среда. Тази познавателна способност позволява паралелно обработване на информация от различни източници и успешно изпълнение на повече от една задача в един и същ момент. В авиационната сфера правилното разпределение на зрителното внимание на авиатора върху отделните пилотажни уреди и дисплеи се оказва решаващ фактор за осигуряване на ефективна и безопасна летателна мисия. В пилотното проучване се демонстрира нивото и качеството на зрителното внимание, свързано с окулографско изследване на движенията на очите при изпълнение на полет с БЛА при предварително зададени параметри на симулиран полет на тренажор C-STAR на фирма SimLat.*

EYE TRACKING TECHNOLOGY FOR ASSESSMENT OF THE VISUAL ATTENTION OF TRAINED UAV OPERATORS THROUGH A SIMULATED "FLIGHT - PATTERN"

Lyubomir Aleksiev[1], Deanna Aleksandrova[1], Zoia Hubenova[2], Konstantin Metodiev[2], Svetla Dimitrova[2], Dimitar Nedialkov[3]

[1]Military Medical Academy – Sofia, “Military and Marine Medicine” Department
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[3]Military Academy G.S. Rakovski”” – Sofia
e-mail: aleksiev@vma.bg

Keywords: *Oculography, fixations, attention, UAV operators, flight training*

Abstract: *An important requirement for ensuring effective cognitive activity is the proper distribution of attention - the ability of brain to respond adequately and simultaneously to various cognitive stimuli from the environment. This cognitive ability allows parallel processing of information from different sources and successful completion of more than one task at the same time. In the field of aviation, the proper distribution of pilot's visual attention on the different instruments and displays turns out to be a decisive factor in ensuring an efficient and safe flight mission. The present study demonstrates the level and quality of visual attention associated with oculographic examination of eye movements during UAV flight at pre-set parameters of a simulated flight of a C-STAR simulator of SimLat.*

Въведение

Зрителното внимание е сложен конгломерат от процеси, които се активират при наблюдение на зрителни стимули. Отразява не само моментното възприятие на обекти от зрителното поле, но в същото време е важен елемент на когнитивната дейност, свързан с други

когнитивни функции като внимание, работна памет, бдителност, мислене, психомоторна координация, ориентация, планиране, преценка и оценка, вземане на решения.

Важно условие за осигуряване на ефективна когнитивна дейност е правилното разпределение на вниманието [1] - способността на мозъка да реагира адекватно и едновременно на различни когнитивни стимули от обкръжаващата среда. Тази познавателна способност позволява паралелно обработване на информация от различни източници и успешно изпълнение на повече от една задача [2].

Движенията на очите дават представа за зрителната перцепция и обработката на зрителната информация, което до голяма степен отразява човешкия мисловен процес [3]. Чрез измерване на определени зрителни параметри може да бъде оценявано зрителното внимание и качеството на възприятие на летателната информация в различните фази на полета [1], а също така да се интерпретира адекватността на оператора на безпилотния летателен апарат (БЛА) спрямо ситуацията в момента, включваща вземането на решения и проектирането на полета на летателното средство в бъдеще време [2].

Eye Tracking технология

Съвременната технология “Eye Tracking” е неинвазивен метод за регистриране и анализ на очните движенията. За измерване на очната активност се използват проследяващи устройства, наречени очни тракери, най-популярни от които са безконтактните оптични тракери, използващи инфрачервена светлина. Иновативната технология за проследяване на погледа се оказва отличен метод за оценка на човешките очни движения в различни ситуации. Параметрите на очната активност, измерени с окулографските техники, дават представа за зрителното внимание, обработката на полетната информация и степента на когнитивно натоварване на оператора при различни полетни режими и условия [3, 4].

Основните физиологични очни характеристики, които имат отношение към оперативните способности на пилотите при управление на летателните платформи, включват предимно фиксации, сакади и плавни очни движения при преследване на подвижен зрителен стимул. Фиксацията е моментът, в който погледът се задържа в определена позиция, а сакадите са бързите премествания на очите от една зона на интерес към друга. Получената поредица от фиксации и сакади очертава траекторията на погледа или пътя на сканиране (scanpath). Зрителната информация се извлича по време на фиксациите и при плавното преследване на движещ се обект, докато по време на сакадите перцепция липсва [3].

Пилотно проучване

В „Лаборатория за подбор, обучение и контрол на оператори на безпилотни летателни апарати“ към секция „Аерокосмически системи за управление“, Институт за космически изследвания и технологии – БАН (кабинет 208, блок 1) се проведе пилотно проучване с оператори при симулиран полет с безпилотен самолет.

Целта на научното изследване е с възможностите на окулографски метод да се регистрират и анализират данни за фиксациите при движение на очите при управление на БЛА, извършвано от оператори с различно ниво на подготовка и опит със симулатор.

Контингент

В пилотното проучване взеха участие общо 10 доброволци. Първата група беше съставена от седем участника с опит в управлението на БЛА, а втората - от трима начинаещи от колегиума на ИКИТ-БАН с никакъв или почти никакъв подобен опит.

Използвана апаратура

Експерименталната установка включва следните компоненти:

1. Тренажор C-Star на израелската фирма SimLat, който създава виртуална среда за симулиране на полети, до голяма степен наподобяваща реалната.

2. Мобилен окулограф. За регистриране на очните движения на участниците в изпитването е използван Мобилен окулограф Pupil Labs Core, на Pupil Labs, Германия (фиг. 1).



Фиг. 1. Бинокулярен мобилен окулограф Pupil Labs Core оборудван с:
1) World camera; 2) Nose support; 3) Eye infrared camera; 4) USB-C connector

3. Таблет Samsung Galaxy Tab S5e. Данните от окулографа се събират с мобилно устройство - таблет Samsung Galaxy Tab S5e, след което се експортират към програмата Pupil Player за по-нататъшна обработка.

4. Работното място на оператора в наземната станция за управление на полета е оборудвано с тренажор C-Star, мобилен окулограф Pupil Labs Core, таблет Samsung Galaxy Tab S5e за събиране на данни, компютър и апаратура за управление (фиг. 2).



Фиг. 2. Общ вид на работното място с тренажор C-Star, мобилен окулограф Pupil Labs Core, Таблет Samsung Galaxy Tab

Задачата за изпълнение в пилотното проучване е „Управление на БЛА по зададена траектория“ - полет по кръга на БЛА в условен район от летище Палма де Майорка PMI, LEPA, полоса 06L при прости метеорологични условия, условно разделена на три основни етапа – излитане, круизен полет (полет по кръга) и насочване към пистата с кацане. Операторът трябва да постигне определени параметри по отношение на скорост, височина, време, посока и ориентация на безпилотния самолет при предварително изграден летателен план със 7 контролни маршрутни точки, в които се отчитат данните от навигационно-пилотажните прибори – компас, скоростомер и висотомер, както и положението на БЛА върху картата на региона и полосата за излитане и кацане (Фиг. 3).



Фиг. 3. Зона на полета с маршрутните точки. Условни данни при провеждане на полета и данни от навигационно-пилотажните уреди.

Резултати и обсъждане

За оценка на зрителното внимание на човешкия оператор, по време на целия полет се регистрират фиксациите на очите и свързаните с тях зрителни параметри по отношение на честота, продължителност и време в трите етапа на полета.

Средното полетно време за седем от направените записа на опитните оператори по зададения маршрут е 207.4 секунди (3 минути и 27 секунди). Наблюдава се минимална разлика по отношение времевото изпълнение на трите проучвани фази на полета (Табл.1). Всеки от участниците успя да достигне определените контролни точки със зададени параметри за положение на лоста за управление на двигателя, курс, скорост и височина на полета. Три от записите бяха направени на полет без маршрут при неопитните участници с изображение на очните движения в трите етапа на полета (Табл. 2).

Данните от регистрираните фиксации по време на отделните фази на полета показват, че записите са с добро качество и позволяват обработка и анализ. Условното разделяне на полета на три части дава възможност за анализ на зрителното внимание чрез броя и продължителността на фиксациите в различните етапи от полетния процес.

Табл. 1. Данни за регистрираните фиксации при изследваните опитни оператори в различните етапи на полета по маршрут

Участник	Етап	Време на изпълнение	Продължителност, секунди	Брой фиксации	Фиксации за секунда	Средна продължителност ms	Станд. гр., ms
К1	Етап1	1 (до първи завой) 00:12-00:53	41	75	1.83	543.60	68.39
	Етап2	2 (до 4 завой) 00:54-02:29	95	214	2.25	420.24	27.80
	Етап 3	3 (до спиране) 02:30-03:08	38	36	0.97	1030.44	216.61
Общо К1			174	325	1.68	664.76	
М2	Етап1	1 (до първи завой) 00:08-00:50	42	53	1.25	754.31	124.96
	Етап2	2 (до 4 завой) 00:51-03:14	143	256	1.78	484.61	33.66
	Етап 3	3 (до спиране) 03:15-04:03	48	75	1.55	604.14	89.65
Общо М2			233	384	1.53	614.35	
П	Етап 1	1 (до първи завой) 00:16-01:06	50	99	1.97	478.76	48.01
	Етап 2	2 (до 4 завой) 01:07-02:54	107	254	2.36	393.32	21.75
	Етап 3	3 (до спиране) 02:55-03:44	49	76	1.54	621.47	75.17
Общо П			206	429	1.96	497.85	
А	Етап 1	1 (до първи завой) 00:10-00:51	41	86	2.06	477.27	52.54
	Етап 2	2 (до 4 завой) 00:52-02:32	100	267	2.69	360.36	17.71
	Етап 3	3 (до спиране) 02:33-03:18	45	30	0.70	1436.25	244.69
Общо А			186	383	1.82	757.96	
Р	Етап 1	1 (до първи завой) 00:10-00:50	40	79	2.00	476.89	59.81
	Етап 2	2 (до 4 завой) 00:51-02:59	128	373	2.88	311.95	12.90
	Етап 3	3 (до спиране) 03:00-03:34	34	68	2.03	406.42	56.87
Общо Р			202	520	2.30	398.42	
З	Етап 1	1 (до първи завой) 00:08-00:52	44	90	2.02	473.44	60.75
	Етап 2	2 (до 4 завой) 00:53-02:32	99	202	2.03	455.16	34.92
	Етап 3	3 (до спиране) 02:33-03:46	73	172	2.37	398.13	25.14
Общо З			216	464	2.14	442.24	
К2	Етап 1	1 (до първи завой) 00:10-00:39	29	80	2.70	240.40	19.87
	Етап 2	2 (до 4 завой) 00:40-01:54	74	154	2.06	401.38	31.02
	Етап 3	3 (до спиране) 01:55-02:40	45	62	1.36	703.32	113.00
Общо К2			148	296	2.04	448.37	
Средно за всички	Етап 1	1 (до първи завой)	41.00	80.29	1.97	492.10	62.05
	Етап 2	2 (до 4 завой)	106.57	245.71	2.29	403.86	25.68
	Етап 3	3 (до спиране)	47.43	74.14	1.50	742.88	117.30
Общо за всички			195.00	400.14	1.92	546.28	

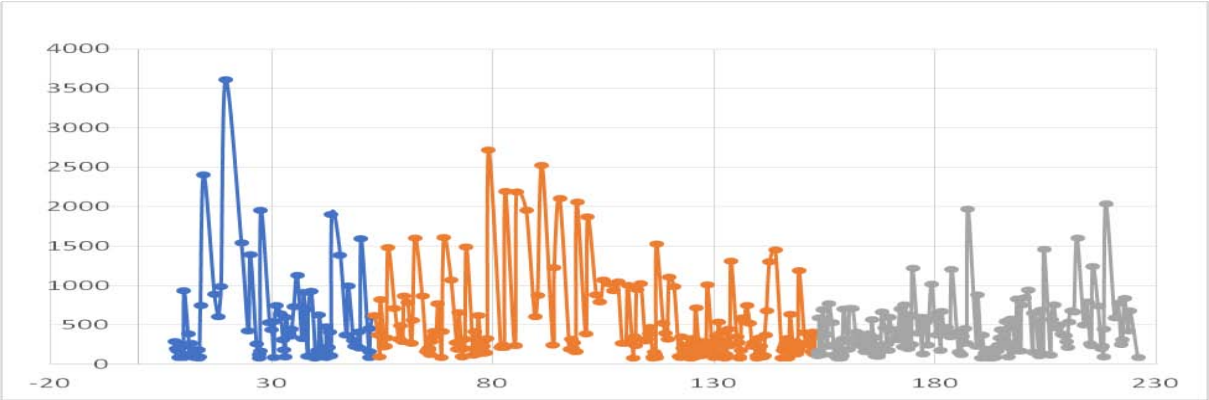
Табл. 2. Данни за регистрираните фиксации при изследваните оператори при полет без маршрут

Участник	Продължител-ност, секунди	Брой фиксации	Фиксации за секунда	Средна Продължител-ност ms	Станд. гр., ms
Д - неопитен, с очила (миопия)	260	505.00	2.08	317.55	17.60
И - неопитен	340	791.00	2.44	392.26	12.33
М-опитен, (с очила, миопия)	210	353.00	1.75	519.98	31.44

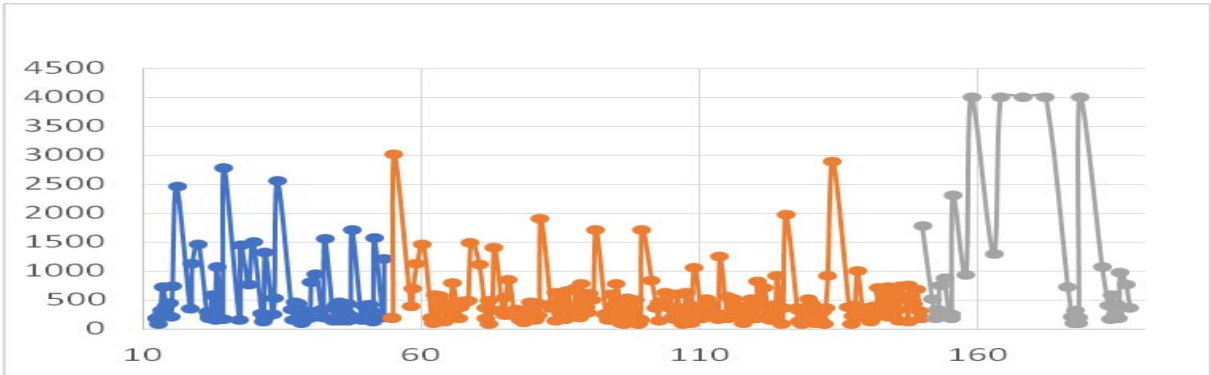
За демонстрация на получените резултати са показани записите от окулографските изследвания на четирима обучени оператора, на един необучен и на инструктора, провеждащ обучението - „полет-еталон“ (съответно фиг.4. фиг.5 и фиг.6).



Фиг. 4. Регистрирани фиксации при симулиран полет с БЛА при четирима опитни оператори. Изображенията на фиксациите са оцветени в различни цветове в отделните етапи на полета: фаза на излитане – в синьо ; фаза на круиз - оранжево; кацане – в сиво.



Фиг. 5. Регистрирани фиксации при симулиран полет с БЛА при неопитен оператор



Фиг. 6. Регистрирани фиксации при симулиран полет с БЛА при обучаващия инструктор - по този начин би трябвало да изглеждат фиксациите и разпределението на зрителното внимание при полета „ ЕТАЛОН“

При опитните оператори се наблюдава сходство по отношение на фиксациите в трите фази на полета. Налице е относително монотонен модел на сканиране по време на круиза. Прави впечатление характерът на фиксациите в етапа кацане: ниско честотни с високи амплитуди, което отразява по-голямата продължителност на фиксациите в тази фаза на полета. Свързва се с трудността на дейностите, изискващи продължително съсредоточаване на вниманието върху по-малко на брой, но важните за изпълнение на сложния процес на кацане източници на информация, а именно: екрана и пилотажните прибори, които са от решаващо значение за изпълнение на задачата за приземяване.

При неопитните оператори моделът на фиксациите се демонстрира с повишена амплитуда и по-ниска честота в първия и втория етап на полета – излитане и круиз. Обратно на този модел, в етапа на кацане се наблюдават фиксации с по-висока честота и по-ниска амплитуда (по-кратки фиксации). Липсата на летателен опит с предварително изградени модели за сканиране води до по-хаотично визуално търсене на източниците, което забавя и затруднява обработката на зрителната информацията, и води до изразходване на по-големи когнитивни ресурси.

Броят и продължителността на фиксациите дават представа как се разпределя зрителното внимание на оператора, кои са важните източници на информация за него и какви времеви ресурси са необходими за този процес, за да бъде ефективно управляван безпилотният самолет. Очевидно, подготвените оператори съумяват да насочат вниманието си върху обектите с ключова роля в зависимост от сложността на ситуацията. Необучените изразходват продължителни времеви ресурси за сканиране на по-големи региони на интерес и с по-висока честота почти през цялото време на полета, което говори за намалена избирателна способност поради липсата на опит и изградени модели на зрително поведение.

Изводи

Ако полетът на оператор с продължителен летателен опит (Фиг.6) бъде приет за еталон по отношение на разпределение на вниманието, базирано на фиксациите на погледа, могат да бъдат посочени с голяма достоверност времевите интервали, в които оператори с по-малко опит допускат ненужни пропуски и отклонения на зрителното внимание. Създаването на

”еталонни полети” на базата на обобщени данни от полети на добре обучени оператори дава възможност за анализ на постигнатото в процеса на обучение на начинаещите в няколко аспекта:

1. Времево разпределение на вниманието.
2. Определяне на зоните на интерес върху дисплея.
3. Способност за сканиране на средата, включваща както информация от екрана за пространственото разположение на БЛА, така и информацията от пилотажните уреди.
4. Анализ на психологични качества като време на реакция, съобразителност, наличие на моторни реакции, пространствена ориентация и др.
5. Начини за преодоляване на допуснати грешки и определяне на причините за тяхната поява.
6. Обективно решение за допълнително обучение.

Заключение

Важна насока при изследване на операторите при управлението на БЛА е да се направи оценка какъв умствен и физиологичен ресурс е използван за изпълнение на летателната задача. Разпределението на зрителното внимание на оператора е процес, за който се знае малко по отношение на човешките когнитивни ресурси, тъй като се приема като естествена даденост при извършване на даден вид умствена дейност, подчинена на стремежа за реализация на поставената цел. На този етап няма достатъчно информация как се постига при отделните индивиди и на каква цена, тъй като все още когнитивната дейност е трудно измерима чрез обективни критерии и количествен анализ. Необходими са допълнителни проучвания с Айтрекинг технологията, които да валидират резултатите относно зрителното поведение на операторите в полет и да дадат отговори на въпросите, свързани с управлението на БЛА.

Литература:

1. F. Frische & J.-P. Osterloh & A. Ludtke , OFFIS Institute for Information Technology and NASA. Simulating Visual Attention Allocation of Pilots in an Advanced Cockpit Environment https://ntrs.nasa.gov/citations/20110012085 NASA Technical Reports Server
2. Хубенова, Зоя, Константин Методиев, Светла Димитрова, ИКИТ–БАН, Приложение на айтрекинга за оценка на човешкия фактор при експлоатация на безпилотни летателни системи, XV Международна научна конференция Space, Ecology, Safety (SES), Sofia, 6-8 Nov, 2019 http://www.space.bas.bg/SES/archive/SES%202019_DOKLADI/2_Aerospace%20Technologies/3_Hubenova.pdf
3. Mackenzie, G. Glaholt, Eye tracking in the cockpit: a review of the relationships between eye movements and the aviator’s cognitive state, DRDC – Toronto Research Centre, Defence Research and Development Canada, Scientific Report; DRDC-RDDC-2014-R153, December 2014 https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc198/p801398_A1b.pdf
4. Kyle Kent, Edward Ellis, University of Iowa, Iowa Research Online, 2009Eye tracking metrics for workload estimation in flight deck operations http://smarteye.se/wp-content/uploads/2015/01/Ellis-Kyle-Kent-Edward.pdf

CORRELATION RELATIONS BETWEEN PULSE AND BLOOD PRESSURE AS A CHARACTERISTIC OF THE PATIENT'S CONDITION

Igor Shibaev[1], Yuriy Kuksa[2]

[1]IZMIRAN, Troitsk, Russia
[2]GEMRC IPE RAS, Troitsk, Russia
e-mail: ishib@izmiran.ru

Keywords: *Systolic arterial pressure, diastolic arterial pressure, pulse, correlation, frequency spectrum*

Abstract: *Usually the patient's condition is assessed by blood pressure values and heart rate. In previous works by the authors, the emphasis was on the analysis of long-period component of the series under study and their connection with geophysical / atmospheric phenomena. This work describes the patient's condition through the correlation of blood pressure and heart rate and, classifying assess the role of external factors in these "coordinates". Examines the correlation in the moments of the lunar apogee and perigee.*

The material for the study is the blood pressure and pulse readings taken from the patient's self-monitoring diary. Since April 1997, after outpatient treatment, daily (morning and evening) monitoring of blood pressure at home under the supervision of a doctor is carried out. Long-term and effective monitoring (more than 18 years) ensures the normal functioning of the patient and allows you to study the influence of external factors on the state of the body.

ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА ЧЕРЕЗ КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ ПУЛЬСА С АРТЕРИАЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Игорь Шибаев[1], Юрий Кукса[2]

[1]ИЗМИРАН, Троицк, Россия
[2]ГЦГЭМИ ИФЗ РАН, Троицк, Россия
e-mail: ishib@izmiran.ru

Ключевые слова: *Систолическое и диастолическое артериальные давления, частота сердечных сокращений, корреляция, частотный спектр*

Резюме: *Обычно состояние пациента оценивают по значениям артериального давления и пульса. Так как их величины достаточно изменчивы, то в предыдущих работах авторов упор делался на анализ длиннопериодных компонент исследуемых рядов и их связи с геофизическими / атмосферными явлениями. Данная работа предлагает описывать состояния пациента через корреляционные связи показаний артериального давления и пульса, классифицируя их, оценивать роль внешних факторов в этих «координатах». Исследуются корреляционные связи в моменты лунного апогея и перигея.*

Материалом для исследования служат показания артериального давления и пульса, взятые из дневника самоконтроля пациента. С апреля 1997 г., после проведенного амбулаторного лечения, осуществляется ежедневный (утром и вечером) контроль за артериальным давлением в домашних условиях под наблюдением врача. Длительный и эффективный контроль (более 18 лет) обеспечивает нормальную жизнедеятельность пациента и позволяет исследовать влияние внешних факторов на состояние организма.

Introduction

When assessing the patient's condition, it should be primarily based on indications of the blood pressure (BP) and pulse - heart rate (HR). Since their values are quite variable, there is no clear functional relationship between the BP and HR values. Slow pulse does not mean low blood pressure. And with a high pulse, the pressure can be not only normal, but also in some cases it is reduced (in

case of myocardial infarction or heart failure), because the high frequency of heart contractions does not leave the heart enough time to collect enough blood amount and such work will be ineffective. Based on long-term observations, it is possible to assess the nature and dynamics of the heart rate connection with the patient's pressure. The article [1] analyzed long-term observations of a number of physiological parameters (including pulse with blood pressure) of the eight subjects and emphasized the importance of such studies, although isolated cases. We share this view and make our contribution.

In the paper of the authors [2], an array of situations is presented where the connection between HR and BP can be compared with the patient's behavior or the manifestation of external conditions. During periods of increased activity (business trips, holidays, etc.), the pulse and BP could be increased. The moments of atmospheric pressure deviation from the annual average by more than ± 15 mm Hg are also considered. BP and HR variations are less pronounced on these days than when activity is increased, but the sign of variations in morning pulse and BP values coincides with the sign of variations in atmospheric pressure. The authors [3] in their earlier paper noted the manifestation of the ~ 27.35 days "lunar" period in the range of morning values.

This work describes and classifies the patient's condition through the correlations of the BP and HR values. The correlations at the lunar apogee and perigee moments are investigated.

Classification of heart rate and ABP correlations

A twelve-year interval (2000-2011, total 4383 days) was selected from long-term observations under the self-control of ABP program [2, 3]. This is an interval with more active patient behavior and stable pulse readings, SBP and DBP – systolic and diastolic blood pressure (from the pulse pressure analysis [4]). To describe the degree of coordination of the body and the comparison with the baseline characteristics it is reasonable use of the time dependence of the coefficients of linear correlation of medical parameters. In the time interval dT, for the corresponding fragments of series A and B, the linear correlation coefficient r = Corr(A&B/dT) is calculated. Scanning interval of dT along the time axis and finding the correlation coefficient at each point in time, we obtain the temporal dynamics of this factor r(t) – Corr(A&B/dT; t). With this approach, the entire variety of situations is mapped onto the interval of [-1; +1] and has an estimated character of the state of the body, but the temporal dynamics and synchronism of the change in correlation coefficients, as well as the degree of their smoothness, allow one to investigate the consistency of the readings and make a comparison with the behavior of other factors.

The following is an analysis of the correlation series for morning and evening data obtained by scanning interval of 5 days, from series HR, SBP and DBP, we move to correlation series K1 ÷ K3, where: K1(t) = Corr(HR&SBP/dT; t) – dynamics of the correlation coefficient between the of heart rate and SBP; K2(t) = Corr(HR&DBP/dT; t) – the correlation between HR and DBP; K3 (t) - between SBP and DBP. Examples of the relationship of correlation series with external factors are given in [2, 4].
Now the patient's condition is associated with a triple of numbers K1÷K3, which reflects the relationship between heart rate, SBP and DBP readings.

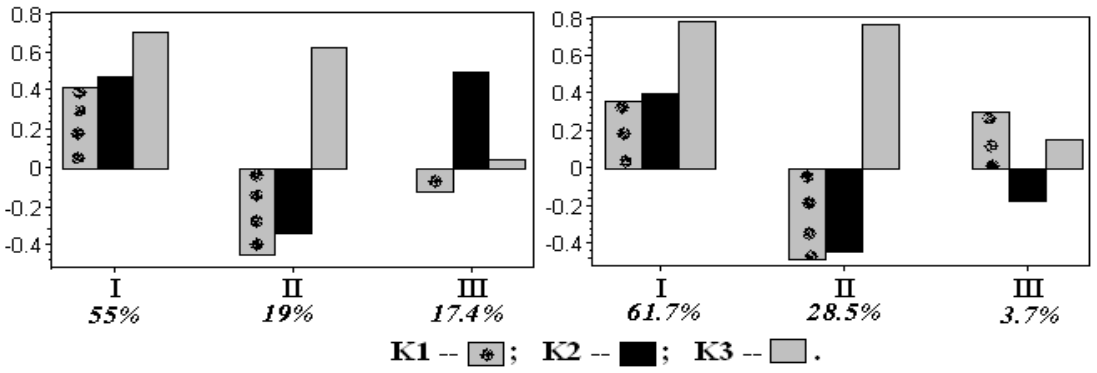


Fig. 1. The main groups of the patient's condition; the left plot - morning

Fig. 1 shows the characteristics of the three main morning and evening groups (clusters) of the patient's condition in these variables, the 0Y axis - the average values of K1 ÷ K3 for the group, several small groups are dropped ≤ 2% each.
The sizes of the three morning groups and the first two evening groups are comparable (91.4 & 90.2%), at the same time the structures of the morning and evening groups I / II are similar - the values of K1 ÷ K3 are changed slightly and the volume are changed more significantly (*55% => 61.7% ; 19% => 28.5%*).

Changes in BP (because of stress, physical exertion or other factors) are associated with changes in Systolic Blood Pressure (SBP) and Diastolic Blood Pressure (DBP) so that their difference varies within 40-60 mm Hg, since our arteries smooth out the shear stress after cardiac output. This concordance reflects K3 in groups I and II - 74% of conditions in the morning and 90.2% in the evening. At the same time, HR changes in phase with SBP / DBP in group I and in opposite phase in group II. Also in the morning the role of group III (17.4%) with a clear connection between HR and DBP (K2>0.5) is significant in the case of SBP "random" behavior (K1, K3≈0). It was noted in [2] that the morning HR / BP values are less balanced and the body is more exposed to external influence, the morning rows have more asymmetry; the distribution of evening parameters is closer to normal (kurtosis~3) in contrast to morning parameters with kurtosis~ 4; the "lunar" component is present in the morning data. The manifestation of group III in the morning, i.e. a wider range of conditions in the morning values reflects this fact.

Time characteristics of groups

Fig. 2 demonstrates splitting of the states of groups I / II by years. The morning states of group III are decomposed on Fig. 3 by years and months.

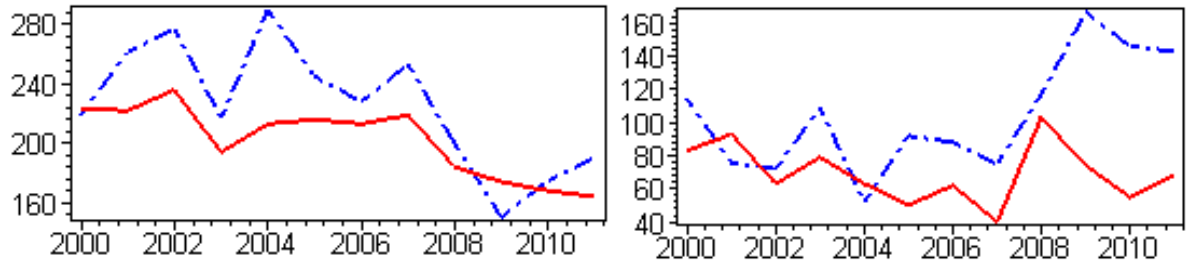


Fig. 2. Distribution of groups I (left) and II (right) readings by year.
Morning readings – solid line; evening – discontinuous.

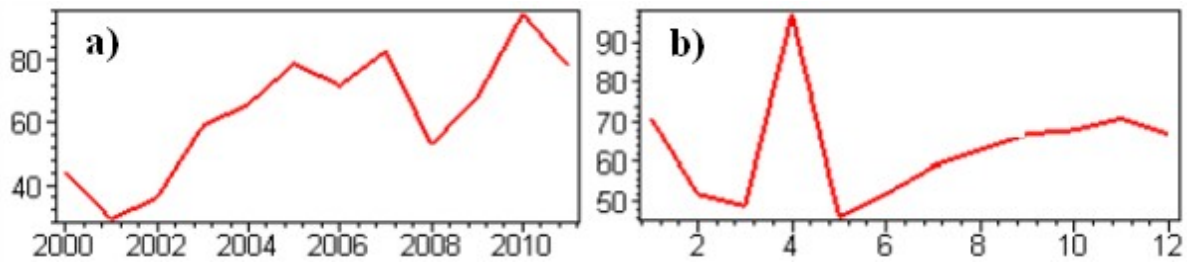


Fig. 3. Morning states of group III ; a) – distribution by year, b) – seasonal, by month

In the evening states (Fig. 2), the "transfer" over the years from group I to group II is apparent. This is also demonstrated by morning values, but with an active role of group III: I=>II, III. We can see a growing trend on Fig. 3a; Fig. 3b demonstrates the seasonal nature. A general tendency can be noted in the weakening of the links between HR/SBP/DBP and more frequent development of such situations with age. The body's sensitivity to seasonal changes is also increased. The given trends can be used to estimate the rate of these processes.

Assessment of the lunar factor by correlation series

The presence of 27.35 days harmonics in the morning values has already been noted. The presence of the variation from the gravitational effect in the morning readings is consistent with the possibility of synchronizing individual body functions with the lunar parameters [5, 6]. The allocation of the 27.32-days period in mortality and the incidence of heart attack in humans when analyzing data for 21 years is reported in the paper [7]. It is reasonable to compare fragments of correlation series at the Moon minimum and maximum distances.

Perigee/apogee was reached 159 times for 2000 ÷ 2011. Let us investigate the series K1 ÷ K3 by the epoch folding method, the zero day is the moment of perigee/apogee. On Fig. 4, the values are compared at the Moon minimum and maximum distance after sliding averaging over 3 points, the 0X axis is days. At the apogee, the connection between the pulse and SBP / DBP (K1/K2) locally weakens; at perigee we can see an increase in K1 in the morning/evening and in K2 in the evening. The splitting of states and their comparison was most clearly manifested in the K1 morning values. These results are obviously the matter of judgment (quality).

Conclusion

Such studies of long-term and regularly conducted medical observations, in spite of isolated cases, are of undoubted interest. The analysis of the dynamics of these readings both increases the effectiveness of treatment, and gives the opportunity to study the influence of external factors on the body. It is important to emphasize that fairly homogeneous series were analyzed in our case, since both time and conditions for taking daily readings were similar. Many researchers attributed the influence of the moon with its synodic period (29.5 days). In our case clearly evident sidereal moon period (27.3 days). Everyone reacts individually to the movement of the Moon. Statistical research on the effect of the Moon usually give less expressed picture than solo monitoring.

The authors thank A.I. Shibaev for his help in conducting cluster analysis.

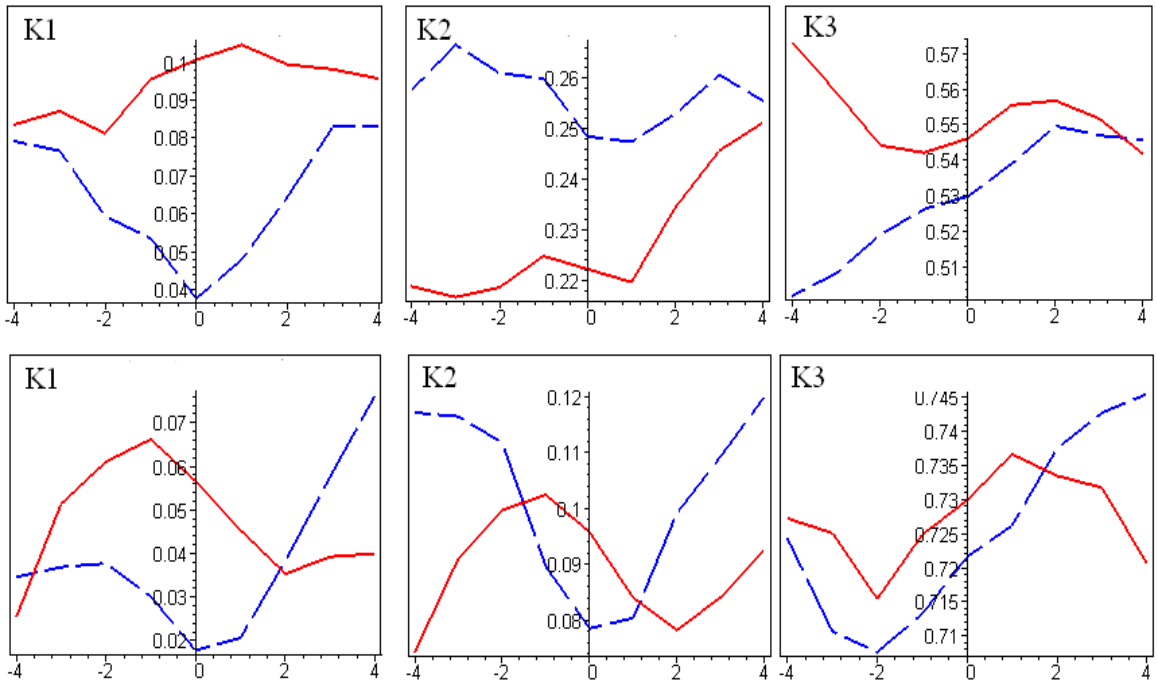


Fig. 4. Dynamics K1÷K3 in the vicinity of perigee/apogee, 0 – moment of the event; perigee–solid line, apogee–discontinuous; morning – top plot, evening - bottom

References:

1. Халберг, Ф., Ж. Корнелиссен, К. Отсука, И. Ватанабе, Л. Бити, Л. Гумарова, М. Ревилла, О. Шварцкопфф, Я. Сигелова, Р. Б. Сингх. Мониторинг хрононоосферы для познания человеком себя и окружающей среды. Геофиз. процессы и биосфера. Т. 12, № 4, с. 5–35, 2013.
2. Isaikina, O., Yu. Kuksa, I. Shibaev. Estimation of Stability of Arterial Pressure and Pulse at Changes of Geomagnetic Data and Atmospheric Pressure / Annual Research & Review in Biology 9(1): 1–11, 2016, Article no.ARRB.21656 ISSN: 2347-565X, NLM ID: 101632869
3. Isaikina, O., Yu. Kuksa, I. Shibaev. 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.
4. Исайкина, О., Ю. Кукса, И. Шибаев. Длительный мониторинг артериального давления и пульса: длиннопериодные компоненты корреляционных отношений показаний мониторинга / Proceed. of Tenth Scientific Conference with International Participation SES 2014, Sofia, 2015, p. 145–148.
5. Chertoprud, V. E, Gurfinkel Y. I, Goncharova E. E, Ivanov – Kholodny G. S, Kanonidi H. D, Mitrofanova T. A, T rubina M. A. The effect of lunar phases on the occurrence of acute cardiovascular diseases. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2012;48:793–809.
6. Sitar, J. The causality of lunar changes on cardiovascular mortality. Casopis Lekaru Cesych. 1990;129:1425–1430.
7. Штехмессер, Г. Цикл склонения Луны или компонент датчика времени до сих пор неизвестного длительно-временного ритма у животных и людей/Хронобиология и хрономед.: Тезисы докладов на 2-м симпозиуме СССР–ГДР, Тюмень, 1982, с. 26–27.

ICT FOR MENTAL HEALTH IN COVID-19 PANDEMIC

Malina Jordanova[1], Todor Uzunov[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences, mjordan@bas.bg
[2]Asklepios Clinic for Mental Health, Clinic for Psychiatry, Psychotherapy and Psychosomatics, Academic Teaching Hospital of the Goethe University Frankfurt am Main, Langen, Germany, to.uzunov@asklepios.com

Keywords: *ICT, mental health*

Abstract: *The outbreak of coronavirus disease (COVID-19) put a stress on mental health. Mental health problems, related to COVID-19, are observed on a population level, including depression, anxiety-driven panic buying and paranoia about attending community events, increased use of alcohol, tobacco and drugs, pandemic-related suicides, etc.*

The utilization of information and communication technologies (ICT) for a remote mental health support is one of the most interesting areas in contemporary psychology and psychiatry. The paper indicates the application of tele-mental health counselling and therapy as at present they help coping with part of the problems.

ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДКРЕПА НА ПСИХИЧНОТО ЗДРАВЕ В УСЛОВИЯТА НА COVID-19 ПАНДЕМИЯ

Малина Йорданова[1], Тодор Узунов[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии, Българска академия на науките, mjordan@bas.bg
[2]Клиника за психично здраве „Асклепиос“, Клиника по психиатрия, психотерапия и психосоматика, Академична болница за обучение на Университета Гьоте - Франкфурт на Майн, гр. Ланген, Германия, to.uzunov@asklepios.com

Ключови думи: *Информационни и комуникационни технологии, психично здраве*

Резюме: *Избухването на корона вирусната пандемия силно влияе на психичното ни здраве.*

Наблюдаваните проблеми, свързани с COVID-19, са в широка гама – от тревожност, растящо безпокойство за личното здраве и за здравето на любимите хора, паника от загуба на работа и финансови затруднения до промени в съня или режима на хранене; трудности в концентрацията; влошаване на хронични здравословни проблеми, включително психични заболявания; повишена употреба на алкохол, тютюн, наркотици и др., параноя относно присъствието на обществени събития и др.

Използването на информационни и комуникационни технологии (ИКТ) за дистанционна подкрепа на психичното здраве е една от най-интересните области в съвременната психология и психиатрия. Статията посочва прилагането на виртуалното консултиране и терапия, като начин за справяне с част от проблемите.

What is Mental Health?

Mental health is essential part of our health. It includes the emotional, psychological and social well-being and affects our way of thinking, coping with stress, building relationships and realizing our potential.

The importance of mental health is underline with its inclusion in the definition of health in the World Health Organization's (WHO) constitution: "Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity."

There are many different mental disorders, including depression and anxiety, conditions due to abuse of alcohol and other substances, severe disorders such as schizophrenia, dementia, bipolar

disorder, etc. Usually mental disorders are characterized by some combination of abnormal thoughts, emotions, behaviour and relationships with others. The following facts outline the global prevalence and importance of mental health disorders [1-4]:

- 1-in-7 people have one or more mental or substance use disorders;
- Mental and substance use disorders account for ~5% of global disease burden in 2017, but this reaches up to 10% in some countries;
- ~1 in 5 children and adolescents have a mental disorder;
- About half of the mental disorders begin before the age of 14;
- Depression is one of the leading cause of disability, affecting >264 million people. The global economy loses is ~ 1 trillion US$ per year in productivity due only to depression and anxiety;
- Suicide is an extreme, but not uncommon, outcome for people with untreated mental disorders. Approximately 1 person every 40 sec dies due to suicide;
- People with severe mental disorders die 10 to 20 years earlier that the general population.

COVID-19 Impact on Mental Health

The outbreak of coronavirus disease (COVID-19) put a stress on our mental health. The unpredictability of the situation, the uncertainty of when and how to control the disease and the seriousness of the risk are extremely traumatic. From the other hand, it is commonplace to refer to "Homo sapiens" as "the social animal". Being trapped in a closed space for a long time puts a great deal of pressure on humans as we have always interacted with one another. This led to the formation of communities and to the formation of the society. Actions that stop the grand flow of the past are unbearable stress for humans.

As per November 2nd, 2020, globally there are 46 166 182 confirmed cases of COVID-19, including 1 196 362 deaths, reported to WHO [5]. The wide distribution of COVID-19 and the new rules imposed worldwide such as the applied social distance and isolation, temporary unemployment, closed schools, lack of physical contact with other family members, friends and colleagues go along with an increasing fear and worry about once personal health and of the health of his/her beloved. This is often combined with a panic of job loss and financial difficulties, loss of community and religious contacts, intensive social and media influences. All these cause changes in the sleep or eating patterns; difficulty in concentration; worsening of chronic health problems, including mental health conditions; increased use of alcohol, tobacco, drugs, anxiety-driven panic buying and paranoia about attending community events, pandemic-related suicides, etc.

Mental health problems, relating to COVID-19, have already been observed, not as an exception, but on a population level, Let's cite some wide scale studies:

Cross-sectional, self-report surveys from the first half of 2020 revealed that in the general population:

- In India, clinically significant psychiatric symptoms were reported by 36% of adults. In addition, a 20% increase of mental illnesses was observed [6].
- Other cross-sectional surveys found a psychological distress (e.g., depression, hopelessness and nervousness) in 12 to 36% of the responding adults. The distress was greater in those who were aged 50 years and older, were divorced or widowed, and employed as health care workers [7-8].
- 20% of 2-6 grades students, quarantined at home for an average of 34 days, demonstrate anxiety and depressive symptoms [9].

Mental health disorders occur also in clinicians, exposed to COVID-19, too. Self-report, front-line surveys from Italy and China on 2500 participants, revealed anxiety in 12 to 20% of the respondents; depression in 15 to 25%; insomnia in 8%; traumatic distress in 35 to 49% [10].

Reports of psychiatric clinics showed a deterioration of patients with pre-existing mental health problems. The analysis of the health status of 1400 patients discovered deterioration, related to the pandemic, in 21% of the patients [10].

Patients, diagnosed with COVID-19, also develop mental health problems. 60 studies covering >2500 cases reported that 42% of these patients had insomnia; 38% had impaired attention or concentration; anxiety was found in 36%; memory impairment in 34% and depressed mood in 33% of the patients [10].

ICT for Mental Health in COVID-19 Pandemic

The above illustrated the need for urgent increase of mental health support. Unfortunately, this is not easy in the traditional way, as mental health services were always underfinanced. Less than <2% of the global median of the health budget is dedicated to curing mental health diseases and their

prevention. In addition to the limited financing, the human resources are limited. The rates of mental health workers per 100 000 vary from 2 per 100 000 population in low income countries to >70 per 100 000 population in high income countries. This is in contrast with needs, given that 1 in every 10 person is estimated to need mental health care at any one time.

Here is the role of ICT. The utilization of information and communication technologies (ICT) for remote mental health support is one of the most interesting areas in contemporary psychology and psychiatry. It is inevitable part of eHealth.

Tele-mental health counselling and therapy offer help to those who need it, no matter where they are and at what time of the day or night this happens. The technology is available and working [11-13]. It has proven its potential in a number of pilots and private practices as well as supporting participants of Arctic expeditions and space missions - both at the Mir space station and in the International Space Station (ISS) as well as during ground-based psychosocial isolation experiments as MARS-500 and Moon experiments [14 -15].

Current pandemic once again underlines the necessity to pay more attention of wide applications of virtual mental health services as they help coping with part of the problems. Unfortunately, virtual mental health consultations and support are not part of the accepted and regulated healthcare practice in most countries, including our country. The legislation and reimbursement issues have to be solved at a governmental level or at international level, when cross-border services are concerned.

From the other hand, the efforts of local and international professional communities and enthusiastic volunteers, revealed, once again, the effectiveness of ICT application in mental health support.

What is done so far? Three are the main aspects that flourished after the start of the pandemic.

1. Mental health workers proved their readiness to react and support the community during the pandemic. Psychiatry clinics adapt to the new reality and follow their chronic patients from a distance, if and when possible, adjusting the medications and offering consultations to the patients and families. Unfortunately, the hospital staff is not able to offer help to all – chronic patients, family members, new cases, etc. The focus remains on patients, not on prevention.
2. Psychology communities all over the world extend the online support that they offer, including free wide variety of free of charge consultations.
3. Both international organizations and professional communities prepare and distribute educational materials for citizens, medical staff and caregivers.

Are citizens ready to use tele mental health support? This is an important question. No doubt, there are many questions about tele-mental health services. Due to the limited amount of space, we are not going to discuss here its pros and cons.

Several publications and systematic reviews, published this year [16-17], underline that telemental health services, in the time of pandemic, are a “promising modality for increasing access to evidence-based mental health care for vulnerable patients across geographic regions. Its use, alongside appropriate in-person services, can help to close treatment gaps that contribute to disability, morbidity, and mortality” [18].

Our previous research confirmed that Bulgarian users are also ready to accept tele-mental health support, if and when available. The results were already discussed in details in other papers, yet, it is worth outlining them again.

The survey was online, anonymous, self-reporting with 375 respondents, 20-60 yrs. old and revealed that:

- 75,75% of participants are ready to use Internet to receive tele-mental health support or consultations;
- The preference of the communication with mental health specialist vary. 56,8% prefer email exchange; for 28% - Skype is the best choice; 16,7% would rely on video channels, 4,4% prefer only chat communication, while 11.4% would like to use a combination of several communication channels.

Participants, that had already experience with virtual mental health services, had the chance to estimate their practice. 44% were not satisfied from the remote service, while for 36,6% the service was acceptable. Only 19.5% were entirely satisfied.

Conclusions

What is next? The need for mental health care will increase and the number mental health workers will not be sufficient for a very long time. The technology for tele-mental health services is available. There is no reason not to continue developing and promoting virtual mental health support

widely, despite of the fact that now, virtual psychology and psychiatric counselling are not covered by insurance policies. As there is a movement to solve this problem, giving up tele-support is not a choice. That's why, raising the awareness of healthcare professionals, decision-makers, donors, providing references to good practice models, treatment protocols etc. is important.

Tele-mental health services are a promising way to deliver mental health support but is still underused. The COVID-19 pandemic may serve as an opportunity to promote, among healthy citizens and health service providers, healthcare professionals; patients, diagnosed with mental health disorders and their family members; vulnerable groups of the society – teenagers; citizens living alone, elderly, etc., the knowledge of the possibilities offered by the digital era.

References:

1. WHO Mental health, https://www.who.int/health-topics/mental-health#tab=tab_1; last visit 2.11.2020.
2. Steel, Z., C. Marnane, C. Iranpour, T. Chey, J. W. Jackson, V. Patel and D. Silove. The global prevalence of common mental disorders: a systematic review and meta-analysis 1980-2013. Int J Epidemiol. 2014 Apr;43(2):476-93. doi: 10.1093/ije/dyu038 Epub 2014 Mar 19. PMID: 24648481; PMCID: PMC3997379, last visit 2.11.2020.
3. Richter, D., A. Wall, A. Bruen and R. Whittington. Is the global prevalence rate of adult mental illness increasing? Systematic review and meta-analysis. Acta Psychiatr Scand. 2019 Nov;140(5):393–407. doi: 10.1111/acps.13083. Epub 2019 Sep 3. PMID: 31393996.
4. Ritchie, H. and M. Roser. Mental Health. Published online at OurWorldInData.org, 2018, Retrieved from: https://ourworldindata.org/mental-health, last visit 3.11.2020.
5. WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard, https://covid19.who.int/, Last visit 2.11.2020.
6. Krishnan, M. Mental illness, suicides rise in India during Covid-19 crisis, RFI, 2020, http://www.rfi.fr/en/international/20200514-mental-illness-suicides-on-the-rise-in-india-during-covid-19-lockdown, last visit 2.11.2020.
7. Tian, F. et al. Psychological symptoms of ordinary Chinese citizens based on SCL-90 during the level I emergency response to COVID-19. Psychiatry Res 2020; 288:112992.
8. American Psychiatric Association. New poll: COVID-19 impacting mental well-being: Americans feeling anxious, especially for loved ones; older adults are less anxious. Published March 25, 2020. https://www.psychiatry.org/newsroom/news-releases/new-poll-covid-19-impacting-mental-well-being-americans-feeling-anxious-especially-for-loved-ones-older-adults-are-less-anxious, Accessed on June 11, 2020.
9. Xie, X., Q. Xue, Y. Zhou, et al. Mental Health Status Among Children in Home Confinement During the Coronavirus Disease 2019 Outbreak in Hubei Province, China. JAMA Pediatr 2020.
10. Stein, M. B. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): Psychiatric illness. UpToDate, 2020, https://www.uptodate.com/contents/coronavirus-disease-2019-covid-19-psychiatric-illness, Last visit 3.11.2020.
11. Йорданова, М., Л. Василева, М. Рашева и Р. Божинова. Телепсихологията – част от електронното здравеопазване, Акад. Изд. „М. Дринов", 2009
12. Jordanova, M. and T. Uzunov. Mental Health in the COVID-19 Pandemic, New E-health Solutions to Combat Pandemics with ICT, ITU-D Study Group 2 Question 2/2 "Telecommunications/ICTs for eHealth", 6 July 2020.
13. Zhou, X., C. L. Snoswell, L. E. Harding, M. Bambling, S. Edirippulige, X. Bai, and A. C. Smith. The Role of Telehealth in Reducing the Mental Health Burden from COVID-19, Telemedicine and e-Health. Apr 2020.377-379. http://doi.org/10.1089/tmj.2020.0068, Published in Volume: 26 Issue 4: April 16, 2020.
14. Li, D. and Zhu Gang. Psychological interventions for people affected by the COVID-19 epidemic. The Lancet: Psychiatry, Comment, Volume 7, ISSUE 4, P300-302, April 01, 2020, DOI: https://doi.org/10.1016/S2215-0366(20)30073-0.
15. Vladzymyrskyy, A., Jordanova M., Lievens F. (Eds.) A Century of Telemedicine: Curatio Sine Distantia et Tempora. A World Wide Overview – Part I, 2017, Sofia, Bulgaria, ISBN 978-619-90601-2-4, https://www.isfteh.org/files/media/A_Century_of_Telemedicine_Part_I.pdf.
16. Connolly, S. L., C. J. Miller, J. A. Lindsay and M. S. Bauer. A systematic review of providers' attitudes toward telemental health via videoconferencing. Clin Psychol Sci Pract. 2020; 27:e12311. https://doi.org/10.1111/cpsp.12311.
17. Di Carlo, F., A. Sociali, E. Picutti et al. Telepsychiatry and other cutting-edge technologies in COVID-19 pandemic: Bridging the distance in mental health assistance. Int J Clin Pract 2020; 00:e13716. https://doi.org/10.1111/ijcp.13716.
18. Miller, C. J. Telemental Health via Videoconferencing: A promising method for improving access to evidence-based mental health care for bipolar disorder. Bipolar Disord, 2020, 22: 93–93. doi:10.1111/bdi.12824.

Session 3

Remote Sensing and Geoinformation Systems

Chairman: Assoc. Prof. Lachezar Filchev
Secretary: Assoc. Prof. Maria Dimitrova

РАЗВИТИЕ НА ДИСТАНЦИОННИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ, ПРОВЕЖДАНИ НА АЕРОКОСМИЧЕСКИТЕ ПОЛИГОНИ В БЪЛГАРИЯ

Евгения Руменина, Георги Желев

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

Ключови думи: *дистанционни изследвания, полигони, експерименти*

Резюме: *Основна цел на изследването е да се систематизират по време и тематика проведените полеви и самолетни експерименти на територията на аерокосмическите полигони в България и да се представят основните резултати, получени от тях за периода 1975 – 2020 г. От направения анализ на наличната информация се установи, че този период условно може да бъде разделен на две части в зависимост от типа проведени експерименти. Това са периодите от 1975 г до 1995 г. и от 2005 г. – до 2020 г. Първият е свързан с тестване на самолетен вариант на спътникова апаратура и оценка на данните, получени от нея по различни показатели, а вторият - с валидиране на спътникови данни и продукти. Представени са и основните дейности свързани с подготовката и провеждането на полевите и самолетни експерименти, използваната апаратура и резултатите получени от тях за двата разглеждани периода.*

DEVELOPMENT OF THE REMOTE SENSING STUDIES CARRIED OUT ON THE TERRITORY OF THE AEROSPACE TEST SITES IN BULGARIA

Eugenia Roumenina, Georgi Jelev

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

Keywords: *remote sensing studies, test sites, experiments*

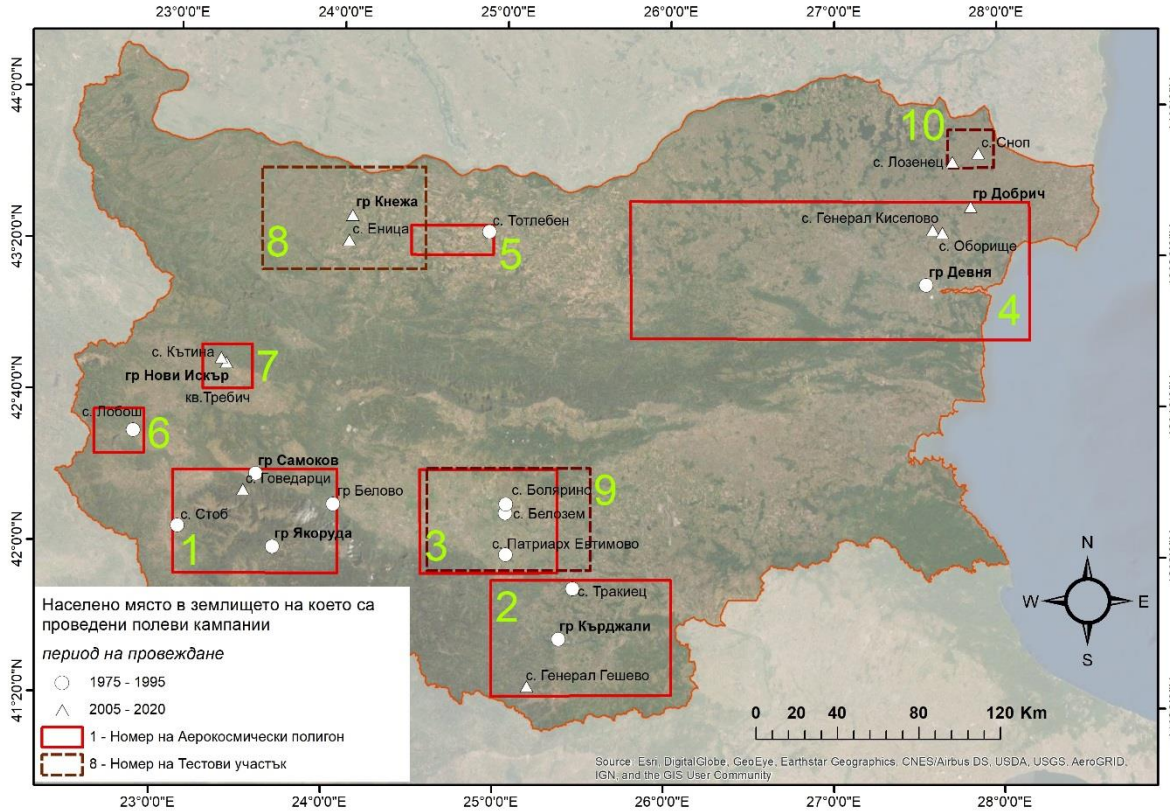
Abstract: *The main objective of the study is to systematize by time and subject the field and airplane experiments carried out on the territory of the aerospace test sites in Bulgaria and to present the major results obtained therefrom for the period 1975–2020. The performed analysis of the available information provided to establish that this period may be provisionally divided into parts depending on the type of the carried out experiments. These are the periods between 1975 and 1995 and between 2005 and 2020. The first period is related with testing of an airplane version of a satellite equipment and assessment of the data obtained therefrom by various indicators and the second one is related with validation of satellite data and products. The major activities related with the preparation and conduct of the field and airplane experiments, the used equipment, and the results obtained therefrom for both considered periods are also presented.*

Въведение

Тази година се навършват 45 години от първите самолетни експерименти в областта на дистанционните изследвания за граждански цели, реализирани на територията на тематичните аерокосмически полигони в България. Те са извършени в периода 28.10. - 05.11.1975 г. със самолет-лабораторията „АН-30” на Института за космически изследвания на Академията на науките на СССР. По предварително зададени маршрути са заснети част от полигоните „Рила”, „Източни Родопи”, „Пловдив” и „Шумен” с многоканалната сканираща система (МСС) „С-100" и камерата „АФА 39”. Полевите и самолетни експерименти са провеждани с цел тестване, калибриране и валидиране на спътникова апаратура и данните, получени от нея. Ръководството на тези експерименти се осъществява от учени от Централната лаборатория за космически изследвания при Българската академия на науките (ЦЛКИ–БАН), а сега – Институт за космически

изследвания и технологии (ИКИТ-БАН). Още през 1975 г. акад. Димитър Мишев създава в ЦЛКИ–БАН проблемна група „Дистанционни методи”, която през 1981 г. прераства в научно направление „Дистанционни аерокосмически изследвания” с три проблемни групи, свързани с: 1) разработката на апаратура – „Радиометрични методи и системи” с ръководител доц. д-р Тодор Назърски; 2) „Обработка на изображения” с ръководител доц. д-р Антон Стоименов и „Интерпретация на аерокосмически данни” с ръководител проф. д.г.н. Хернани Спиридонов, днес – секция „Дистанционни изследвания и ГИС” при ИКИТ-БАН. През 1987 г. научното направление е преименувано в „Дистанционни методи за изследване на Земята”, а понастоящем – „Дистанционни методи за изследване на Земята и планетите” към ИКИТ-БАН. Независимо от промените в наименованието и структурата, научноизследователската и проектно-конструкторската работа (до 1990 г.) е свързана с разработване на методи и средства за получаване, обработка и интерпретация на многоканални спектрални данни и изображения. В разработването на апаратурата са участвали и специалисти основно от ИТКР-БАН и ЦИИТ. В проведените експерименти и изследвания се включват учени от НГиФ, ГУГКК, ВТС, НИМХ-БАН, ИББГ- БАН, Географски институт - БАН и Института по почвознание и програмиране на добивите (ИППД), сега – Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията (ИПАЗР) „Н. Пушкаров” (В статията по-нататък ще се използва актуалното през тази година наименование на института).

Предпоставка за създаването на това направление е приемането на няколко документа, регламентиращи работата в областта на дистанционните аеро- и космически методи за изследване на Земята и приложението им в екологията и народното стопанство. През 1973 г. на техническо съвещание между представителите на Геодезичните служби на Русия и България в рамките на международната програма „Интеркосмос” са определени 5 полигона, на които да се провеждат експерименти в областта на дистанционните изследвания на земната повърхност. Това са: „Плевен”, „Шумен”, „Рила”, „Пловдив”, и „Източни Родопи”, [1-5]. По-късно към тях са добавени още два – „Язовир Пчелина” – през 1987 г. и „Нови Искър” – през 2005 г. [6] (Фиг. 1). Организацията на тази мрежа от полигони и реализирането на експериментите на тяхна територия е възложено на ЦЛКИ–БАН.



Фиг. 1. Местоположение на аерокосмическите полигони - 1 „Рила”, 2 „Източни Родопи”, 3 „Пловдив”, 4 „Шумен”, 5 „Плевен”, 6 „Язовир Пчелина“, 7 „Нови Искър“; тестовите участъци - 8 „Златия” 9 „Белозем“, 10 „Житен” и населени места в землищата, на които са провеждани полеви и самолетни експерименти в периода 1975 – 2020 г.

България е инициатор и съосновател на учредената през 1975 г. нова постоянно действаща „Работната група по дистанционни изследвания на Земята (РГДЗ)" към програмата за международно сътрудничество в изследването и използването на космическото пространство за мирни цели „ИНТЕРКОСМОС" [1, 7]. През същата година е сключена „първата двустранна спогодба между България и СССР за съвместни проучвания в областта на дистанционните изследвания на Земята от Космоса и със самолет-лаборатории" [1]. Подготвена е научна програма за нейното изпълнение на избрани полигони от територията на България. Разработен е и документ, който съдържа изискванията към определянето на полигоните и основният апаратурен комплес, необходим при провеждане на експериментите. Този документ по-късно е приет и от другите страни-членки на програмата „Интеркосмос".

Преди всеки експеримент, в зависимост от целта, методиката и плана за неговото изпълнение, предварително са осигурени:

- Самолет-лаборатория или безпилотен летателен апарат, оборудван с апаратура за дистанционни изследвания, наричан за по-кратко Самолетен измервателен комплекс;
- Полеви измервателен комплекс, съдържащ необходимата апаратура за тестване на дистанционно получените данни;
- Тестови участъци от полигоните, на които да бъдат извършени експериментите в съответствие с поставените цели;
- Паспорти на тестовите участъци;
- Комплекс за обработка и анализ на получената информация.

В литературата няма обобщена информация за дистанционните изследвания, провеждани на аерокосмическите полигони в България в периода 1975 – 2020 г. Има само една публикация [8], в която е дадена обобщена информация за датите на реализираните самолетни експериманти в периода 1975 г. – 1999 г., наименованието на използваната апаратура, полевите наблюдения и измервания. Липсва обобщена информация за периода 1999 – 2020 г., както и за получените резултати от тях. Ето защо основна цел на настоящото изследване е да се систематизират по време и тематика реализираните полеви и самолетни експерименти на територията на аерокосмическите полигони в България и да се представят основните резултати, получени от тях през 1975 – 2020 г. От направеното проучване се установи, че този период условно може да бъде разделен на две части в зависимост от типа на експериментите. В тази статия са отразени само тези експерименти, резултатите от които са публикувани в монографии, научни списания и сборници.

Основни дейности, извършвани през двата периода

През първия период (1975 – 1995 г.), във връзка с подготовката и изпълнението на самалетни експерименти в рамките на РГДЗ към програмата „Интеркосмос", с водещото участие на учени и специалисти от ИКИТ-БАН, са извършени следните дейности:

1) Съставени са паспорти на аерокосмическите тематични полигони от територията на България. Полигоните са сравнително големи територии от земната повърхност, които се опознават върху космическите и самолетните изображения [2-5, 9]. Те в много случаи се използват като природни еталони за съответния физикогеографски район и на тяхна територия се решават конкретни задачи изцяло свързани с дистанционните изследвания. Тъй като площта на полигоните е голяма и да се осигуряват наблюдения върху цялата територия е невъзможно, то върху тях се определят тестови (ключови, еталонни) участъци, които също е необходимо ясно да се разграничават върху спътниковите изображения. Всеки тестови участък включва един или няколко типа природни образувания или обекти, характерни за даденият полигон. Той е предназначен за провеждане на измервания за целите на тестване на спътникови и самолетни данни и продукти. Съставеният паспорт е документ, представляващ съвкупност от информация, включваща следните по-важни сведения за полигона и тестовите участъци: географски координати, списък на тестовите участъци с точните им координати, физикогеографско описание, информация за релефа, геологията, геоморфологията, почвите, растителността и водите, съответните тематични и топографски карти, климатични и хидроложки данни, класификация на задачите, които ще се решават с помощта на дистанционните изследвания, както и крайните резултати от проведените наземни, самолетни и спътникови измервания и експерименти. Този документ се обновява непрекъснато с оглед на настъпилите промени и получените данни за неговата територия [2].
2) Създаден е комплекс научна апаратура за дистанционни изследвания на земната повърхност и апаратура за полеви измервания [2]. Създадени са наземни и самолетни прибори за измерване на спектралните отражателни характеристики (СОХ) на земната

повърхност [2, 3, 10-17]. Разработена е аналогова система за преобразуване и интерпретация на аеро- и космическа видеоинформация [2, 3, 18, 19]. Оборудвана е и подвижна наземна станция за комплексни синхронни наземни и спътникови измервания [2, 3, 20-25]. За нея е осъществена и система за събиране на данни (предаване, приемане и регистрация) на цифрова информациа, получавана от провежданите измервания [26]. През 1981 г. е закупена и въведена в експлоатация канадската интерактивна система за обработка на аеро- и космически изображения „2 PAAC/300 B" с интегриран в системата специализиран скенер „Оптроникс". През този период в ИКИТ-БАН е създадена и спътникова апаратура за дистанционно наблюдение на Земята. Многоканалната спектрометрична система (МСС) „Спектър-15К" е разработена във връзка с изпълнението на Националната програма за космически изследвания за полета на първия български космонавт. Модернизираният вариант на тази система МСС „Спектър-15 МК" работи като щатна апаратура на Орбиталната станция „Салют 7" [2, 3, 27, 28]. Многоканалната спектрометрична система „СМП 32" [1, 2, 29, 30]. и микровълновият радиометър "РМ 1" са включени в комплекса научна апаратура „Тангра", проект "България 1300 II", монтиран на борда на ИСЗ "Метеор – Природа", изведен в орбита на 10.07.1981 г. [1, 2, 31-34]. Многоканалната спектрометрична система „Спектър 256" работи на борда на Орбиталната станция „Мир". Тя е създадена в рамките на научно-техническата програма на втория българо-руски космически полет - Проект „Шипка" [1, 35-37]. Свръхвисокочестотна двуполяризационна радиометрична система „Р-400" работи на борда на модула „Природа" в състава на орбиталния комплекс „Мир" [38-40]. На две от изброените по-горе спътникови апаратури (МСС „Спектър-15 МК" и микровълнов радиометър "РМ 1") са направени и самолетни варианти, които са тествани при експериментите, реализирани в периода 1982 -1995 г. [41-42].

3) Провеждане на полеви и самолетни експерименти за тестване на самолетни варианти на спътникова апаратура за дистанционно изследване на земната повърхност - многоканални сканиращи системи (МСС) „С 100" и „С 500", шестканална камера „МКФ - 6 МС", многоканална спектрометрична система „Спектър-15МС" и микровълнов радиометър "РМ 1 С" (λ = 4 cm).

Всички описани по-горе дейности са извършвани и финансирани в резултат от изпълнението на следните програми и проекти:

- ✓ Национална програма „Дистанционни аерокосмически методи за проучване на земните ресурси, екологията и народното стопанство", 1976 - 1980 г.
- ✓ Национална координационна програма "Дистанционни и аерокосмически методи за изследване на Земята и решаване на народностопански задачи", 1981 - 1985 г.
- ✓ Национална прог рама "Космос – Земя", 1986 - 1990 г.
- ✓ Програма „ИНТЕРКОСМОС", 1975 – 1990 г.:

Теми и проекти, изпълнявани от Работната група по дистанционни изследвания на Земята, 1975 – 1990 г. Основно е работено по темите: „Методични въпроси на дистанционните изследвания в интерес на географията, селското и водното стопанство и охраната на околната среда" и „Използване на аерокосмическа информация при определяне и контрол на замърсяването на околната среда" и проектите "Изучаване на динамиката на геосистемите с дистанционни методи" и „Вътрешни водоеми";

Научно-техническа програма за полета на първия български космонавт Георги Иванов, 1978 - 1979 г.;

Научна космическа програма „Интеркосмос - България1300", проект "България 1300 II", 1979 – 1983 г.;

Научно-техническа програма „Шипка" за полета на втория български космонавт Александър Александров, 1987 - 1990 г.;

Международен целеви комплексен проект „Природа" за дистанционни изследвания на Земята от борда на орбиталната станция „Мир" – 1988 - 1991 г.

През втория период (2005-2020 г.) в рамките на национални и международни конкурсни проекти и договори с водещото участие на учени от ИКИТ-БАН са извършени следните дейности:

1) Изграждане на инфраструктура за дистанционни изследвания. Създадени са: Научно-информационен комплекс с тематично разпределена база от спътникови и подспътникови данни за аерокосмическите полигони на територията на България [43] и Информационен комплекс за аерокосмически мониторинг на околната среда (ИКАМОС) [44]. За да може да бъде запазен и интерпретиран със съвременните средства на геоинформационните технологии, съхраненият в ИКИТ-БАН архив от самолетни и спътникови снимки, събран в периода 1975 – 2007 г. е сканиран и въведен в тематично-разпределена база данни,

допълнена със съпътстваща агрометеорологична информация от мрежата на НИМХ – БАН [6, 43, 45]. В рамките на проекта ИКАМОС е закупена нова апаратура за полеви измервания и лабораторно оборудване за дигитална фотограметрия и дистанционни методи за 5 работни места [44].

2) Допълнена е мрежата от полигони на територията на България с още един - „Нови Искър". Той е организиран с финансовата подкрепа на фонд "Научни изследвания" към МОН [46].
3) Планиране и провеждане на полеви експерименти за тестване на спътникови данни и продукти. Те са реализирани предимно в рамките на конкурсни проекти, финансирани от фонд "Научни изследвания" към МОН, Белгийското министерство за федерална научна политика (BELSPO), Правителството на Република България по договор с Европейската космическа агенция в рамките на Плана за европейските кооперирващи държави (PECS), бизнеса и други организации и ведомства.
4) Проектиране и изграждане на гео-бази данни на полигоните „Рила" [47]., Източни Родопи [48] и „Нови Искър" [46, 49-51], както и на тестови участъци, намиращи се на територията на землищата на с. Болярино, с. Белозем и част от полигон „Пловдив" [52], опитно поле на фирма „Corteva Agriscience" до гр. Добрич [53], полигон „Шумен" и ТУ „Златия" [54], полигон „Плевен". Всички гео-бази данни съдържат референтни данни, спътникови изображения, данни от проведените експерименти, както и резултатите от тяхната обработка, анализ и получените крайни резултати във вид на карти, графики и таблици. Разработена е и интерактивна система „PROAGROBURO" за уеб картографиране, базирано на спътникови данни за земеделски приложения за ТУ „Житен" (България) и ТУ „Фундуля" (Румъния) [55-57].

Използвана апаратура при провеждане на експериментите

Самолетни камери и многоканални сканиращи системи

В периода 1975 – 1995 г. самолет-лабораториите са оборудвани с камери, многоканални сканиращи системи и трасова апаратура за дистанционно изследване на земната повърхност. По-голямата част от нея представлява самолетен вариант на спътникова апаратура. В Таблица 1 са обобщени и класифицирани тестваните апаратури по място и време. Данните за нея са взети от публикация [8] и архива на ИКИТ-БАН. Планирането и резултатите от тези експерименти са представяни и дискутирани на ежегодни съвещания на РГДЗ към програмата „Интеркосмос" като за това са подписвани и съответните протоколи. Реализирането им е осъществявано и чрез получаване на съответни разрешения, изисквани от националното законодателство на България, действащо по това време. Значителна част от данните, получени от самолетните и наземните измервания, са представени в съответните научни отчети към ИКИТ-БАН**.**

Таблица 1. Тествана апаратура за дистанционно изследване на земната повърхност на територията на аерокосмическите полигони в България в периода 1975 – 1995 г.

Апаратура	Година	Полигон
МСС „С -100"	1975	Рила, Източни Родопи, Пловдив,
МКФ - 6 МС,	1977	Рила
МКФ – 6 МС, МСС "С -500"	1977,.1978	Пловдив, Източни Родопи, Шумен
Спектър 15 МС	1982	Плевен
Спектър 15 МС,, RM-1C, ИЧТ „Т-204"	1988, 1990	
RM-1C, ИЧТ „Т-204"	1994	
RM-1C, RM-3, ИЧТ „Т-204"	1983*	Пловдив
RM-1C, ИЧТ „Т-204"	1988	
Спектър 15 МС,, RM-1C, ИЧТ „Т-204"	1984, 1985, 1989	
Спектър 15 МС,	1990*	
RM-1C, ИЧТ „Т-204"	1995	
Спектър 15 МС, RM-1C, ИЧТ „Т-204"	1984,	Язовир Пчелина"
СПЕКТЪР-15 МС, RM-1C, ИЧТ „Т-204"	1989	

Първите експерименти са реализирани през 1975 г, 1977 г и 1978 г. със самолет-лабораторията „АН-30" на Института за космически изследвания на Академия на науките (АН) на СССР, съгласно съвместна българо-съветска спогодба за дистанционно изследване на Земята от Космоса в рамките на международната програма „Интеркосмос" [1, 2]. На борда на „АН-30" освен аерофотокамера е монтирана и тествана следната апаратура (Таблица 1):

- Многоканална сканираща система (МСС) „С-100". През 1975 от МСС „С-100" са получени първите самолетни многоканални спектрални скенерни изображения

(Таблица 2) на територията на България за граждански цели. Те са записвани на магнитни ленти и в ИКИ - АН СССР са визуализирани във вид на многоканални скенерни снимки, които са предоставени на българската страна.

- Многоканална сканираща система МСС „С-500”. С нея се заснема земната повърхност в пет спектрални диапазона (Таблица 2). На базата на МСС „С-500” е разработена многоканалната сканираща система „Фрагмент”, която успешно работи на спътника „Метеор-Природа” [58].
- Шестканална камера „МКФ - 6 МС”. Тя е самолетен вариант на спътниковата камера „МКФ 6 М”, работила на борда на Орбиталните космически станции „Салют 6” и „Салют 7”. Разработена е от съветски и немски специалисти и е изработена от фирмата „Карл Цайс Йена”, ГДР. Многоканалният фотографски комплекс се състои от 6 камери (Таблица 2) с фокусно разстояние на обектива f = 125 mm и размер на кадрите 55 x 81 mm с висока синхронизация на работата на затвора и устройство за компенсиране на изместване на изображението [59].

Таблица 2. Спектрални канали на МСС „С-100", МСС „С-500" и камерата „МКФ - 6 МС", които са тествани при провежданите експерименти със самолет-лабораторията „АН-30"

МСС/камера	Номер на канала					
	1	2	3	4	5	6
	Спектрален диапазон, дължина на вълната (μm)					
С-100	0.52–0.58	0.63–0.70	0.68–0.75	0.86–1.05		
С-500	0.49–0.55	0.56–0.63	0.62–0.71	0.80–0.90	0.90–1.06	
МКФ-6 МС	0.46–0.50	0.52–0.56	0.58–0.62	0.64–0.68	0.70–0.74	0.78–0.86

Трасова самолетна апаратура

При реализиране на експериментите в периода 1982 г. - 1995 г. (Таблица 1) са тествани две трасови апаратури за дистанционно изследване на земната повърхност, разработени от български специалисти с водещото участие на учени от ИКИТ-БАН – многоканална спектрометрична система „МСС „Спектър-15 МС” и микровълнов радиометър „РМ 1С”. Те многократно са монтирани на борда на самолет-лабораториите на БГА „Балкан” („АН-30” и „АН 14” и „L–410”). В по-голяма част от експериментите (Таблица 1) те са работили последователно като са летели на един и същи ключов участък в рамките на един ден по предварително зададени маршрути. Най-много експерименти са проведени на територията на землището на с. Болярино, полигон „Пловдив.

Във връзка с изпълнението на научната програма „България 1300” е разработен МСС „Спектър-15 МС” – самолетен вариант на многоканалната спектрометрична система „Спектър-15 КМ” [2, 3]. Системата се състои от оптико-електронен блок и блок за управление, регистрация в цифров вид на магнитна лента и захранване [41]. Тя има 15 спектрални канала (λ_{max} nm: 448, 473, 503, 525, 554, 578, 605, 634, 663, 686, 720, 751, 781, 817, 832). Чувствителността на МСС „Спектър-15 МС” [2, 3] се изразява в спектрална плътност на енергийна яркост (μw $cm^2nm^{-1}sr^{-1}$). Полетите на самолет-лабораториите са извършвани на височина 1 500 – 2 000 m при средна скорост 150 km/h, при което пространствената разделителна способност на МСС „Спектър-15 МС” е 5 m^2 [41].

„РМ 1С” е самолетен вариант на микровълновия радиометър “РМ 1”, включен в комплекса научна апаратура „Тангра”, проект “България 1300 II” [1, 3, 60].

Микровълновият радиометър „РМ 1С” е с работна дължина на вълната λ = 4 cm. Той се състои от рупурна антена, свръхвисокочестотен блок, нискочестотен блок, аналогов преобразувател, блок за управление на операции, блок за бордово управление, вторичен захранващ блок, термосензори, регистратор и магнитофон [42]. Допълнително от борда на самолета е измервана температурата на земната повърхност с безконтактен инфрачервен (8-12 μm) термометър „Т-204”. Полетите на самолет-лабораториите са осъществени на височина 200 m със средна скорост 200 km/h, при което разделителната спесобност върху земната повърхност на радиометъра е 65 m [42].

През 1983 г. в землището на с. Болярино, полигон „Пловдив”, учени от ИКИ-БАН и Института по електроника към АН СССР провеждат съвместен самолетен и наземен експеримент за тестване на радиометъра „РМ 1С” (λ 4 cm) и многоканалния радиометър „RM 3” (λ 2,5 cm, 18 cm, 30 cm) за определяне зависимостта „радиояркостна температура – влажност на земната повърхност” ($T_я$). Резултатите от този експеримент са много добри [61].

Полеви измервателен комплекс (ПИК)

Във връзка с провеждането на експерименти (Таблица 1) по време на полевите кампании през 1977 г. и 1978 г. в ЦЛКИ (сега ИКИТ) е създадена апаратура [2] за наземно измерване на:

температурни профили в приземния атмосферен слой и повърхностния почвен слой; градиента на проводимост на повърхностния почвен слой и сонда за експресно измерване на влажността в повърхностния почвен слой [62].

Разработената в ЦЛКИ апаратура за наземно измерване на спектрални отражателни характеристики (СОХ) на земната повърхност - ИСОХ 010 и ИСОХ 020 [2, 63] е използвана при всички национални и международни полеви кампании, реализирани в периода 1975 – 1995 г. както на територията на България, така и на територията на страните-членки на РГДЗ към програмата "Интеркосмос" [64-75].

ИСОХ 010 е първият полеви 10 канален спектрометър (λ_{max} nm: 414, 443,482, 513, 543, 596, 652, 710, 749, 795), разработен през 1975 г. [2], Зрителният ъгъл на оптичната система е 15^0. Той е използван при проведените през 1976 г. полеви измервания на територията на България. През същата година е конструиран и полеви 20 канален спектрометър ИСОХ 020. (λ_{max}, nm 402, 411, 425, 440, 464, 486, 501,546, 557, 597, 619, 662, 689, 702, 715, 725, 741, 753, 776, 802). Зрителният ъгъл на оптичната система е 13^0. И в двата прибора се използват интерференционни филтри [2, 3, 63]. За еталонен обект при провеждане на измерването с ИСОХ 020 се използва специално изработен екран с равномерна спектрална отражателна характеристика (95%±0,5%) в работния диапазон и индикатриса на отражение близка до тази на идеално дифузно отразяващо тяло. Всички измервания с прибора ИСОХ - 020 на спектралния коефициент на отражение (r_λ%) са извършвани в надир спрямо повърхността на изследваните обекти. СКО е физична величина, която силно се влияе от вида и състоянието на обекта. ИСОХ – 020 е използван при полевите кампании, реализирани през първия период.

В периода 2005 – 2020 г. за разлика от първия (1975 г. – 1995 г.) използваните прибори в полевите кампании са закупени във връзка с изпълнението на конкурсни проекти, финансирани от международни и национални източници. Към секция „Дистанционни изследвания и ГИС" е създадена лаборатория „Полеви подспътникови измервания". Значителна част от апаратурата на полевия измервателен комплекс на тази лаборатория е закупена по проекта „ИКАМОС" [44]. ПИК се състои от следните компоненти:

Въздушен компонент

Специализирана безпилотна система за въздушно картографиране „SenseFly eBee Ag". Тя включва безпилотен летателен апарат (БЛА), четири камери (Canon S100 RGB, NIR, RE и Parrot Sequoia със спектрален слънчев сензор) и софтуер за планиране на полета и обработка на изображения.

Полевият компонент се състои от 4 модула:

Модул за измерване на спектралните отражателни характеристики на обекти от земната повърхност. Той включва спектрорадиометър „Analytical Spectral Devices, FieldSpec 4 Hi-Res" и софтуер за обработка на получените данни. Спектрорадиометърът е с оперативен диапазон 350 – 2500 nm на електромагнитния спектър и спектрална разделителна способност 3 nm във видимия и близкия инфрачервен диапазон (VNIR), и 8 nm в късовълновия инфрачервен диапазон (SWIR). С него могат да се провеждат както полеви, така и лабораторни измервания.

Модул за измерване на различни параметри на системата „почва-растителност", включващ: Камера „Nikon" с обектив „Fish-eye" (Рибено око) за получаване на полусферични цифрови изображения; Инфрачервена камера „Infratec", Thermographic System VarioCAM hr inspect 480; Влагомер, PCE Instruments, TDR 100; AccuPAR PAR/LAI Ceptometer, Model LP-80, Decagon Devices, Inc. за измерване на: Индекс на листната повърхност (LAI) в m^2/m^2; Дял на абсорбираната фотосинтетично активна радиация (fAPAR) и Дял от повърхността на почвата, покрита с растителност (fCover); Хлорофилометър CCM-300 (OPTI-SCIENCES), с който се измерва съдържанието на хлорофила в листата на растенията.

Модул за измервания на пространствените координати на дадена земна точка.

GNSS система Leica GS08 plus и

Автоматична телеметрична МТО станция

Резултати от проведените експерименти

През първия разглеждан период (1975 - 1995) основните цели на провежданите експерименти са свързани с тестване на самолетни варианти на спътникова апаратура за дистанционни изследвания на земната повърхност и оценка на получените от тях данни по различни показатели и приложения. На територията на аерокомическите полигони в България са проведени общо 41 полеви кампании, за които има публикувани данни в научни издания и отчети по теми и задачи. Те са съгласно научноизследователския план на ИКИТ-БАН и отчети по договори, сключени между ИКИТ-БАН и други институции. По-голяма част от тях са реализирани от юни до ноември месец, което е свързано с обектите, които са изследвани – предимно земно

покритие, почви, земеделски култури и водни обекти (Таблица 3). Интерпретацията на многоканалните спектрални скенерни снимки, получени през 1975 г. от МСС „С-100" са извършени съвместно от учени от ИКИТ-БАН и лаборатория „Аерокосмически методи" към катедра „Картография" на Географския факултет при Московския държавен университет. Проведено е полево дешифриране на тези снимки в 14 тестови участъка, намиращи се на територията на полигоните „Рила", „Източни Родопи" и Пловдив". На базата на събраните данни е оценена ефективността им за изследване на различни природни и антропогенни обекти и тяхната област на приложение [76, 77]. Оценено е също тяхното качество [2, 3]. В резултат от съвместните изследвания е разработена методика за визуално-инструментално дешифриране на многоканални скенерни снимки [76, 77].

Таблица 3. Обекти, които са изследвани по време на проведените полеви и самолетни ксперименти на аерокосмическите полигони в България за периода 1975 г. – 2020 г.

Година	Месец												Обект на изследване	Полигон
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1975													Земно покритие	Рила, Източни Родопи, Пловдив
1977													Почва, Земеделска култура, Земно покритие	Рила, Източни Родопи, Пловдив, Шумен
1978														
1982													Почва, Земеделска култура	Плевен
1983													Почва	Пловдив
1984													Почва, Земеделска култура (зимна пшеница, царевица, люцерна), Гора, Воден обект	Пловдив, Язовир Пчелина
1985													Почва	Пловдив
1988													Земеделска култура (зимна пшеница), Почва	Плевен ,Пловдив
1989													Почва, Воден обект	Пловдив, Язовир Пчелина
1990													Земеделска култура, Почва	Пловдив, Плевен
1994													Почва	Плевен
1995													Почва	Пловдив,
2006													Хидрографската мрежа, Свлачище, Земно покритие, Гори, Природна забележителност	Нови Искър
2007													Земно покритие, Ландшафти, Гори, Природна забележителност	Нови Искър
2009													Гора, Свлачище, Земеделски парцели	Рила, Нови Искър
2010													Гора, Иглолистни ландшафти, Земеделски парцели	Рила, Нови Искър
2011													Земеделска култура (зимна пшеница), Земеделски парцели, Гора, Иглолистни ландшафти	Шумен, Рила, Нови Искър
2012													Земеделски парцели	Нови Искър
2014													Земеделскиа култури (зимна и пролетна)	Плевен, Нови Искър
2015													Земеделска култура (зимна пшеница, соя, царевица, слънчоглед)	Плевен, Нови Искър
2016													Земеделска култура (зимна пшеница), Почва	Плевен, Нови Искър
2017													Земеделска култура (зимна пшеница и зимна рапица)	Плевен, Шумен
2018													Земеделска култура (зимна пшеница и зимна рапица), Земеделски парцели	Шумен, Плевен, Пловдив
2019													Земеделска култура (зимна пшеница, зимна рапица, царевица, слънчоглед)	Шумен

Съвместно с учени от ИПАЗР „Н. Пушкаров” снимките от МСС „С-100” успешно са използвани за уточняване и допълване на едромащабната почвена карта, съставена с използване на класическата методика на територията на землището на с. Патриарх Евтимово, полигон Пловдив [78]. В резултат от проведените наземни измервания е определен броят на пробите, които е необходимо да се вземат за определяне на съдържанието на хумус и влажност на почвата от контролни участъци с предварително зададени размери. Изследвано е и измененението на СОХ в зависимост от съдържанието на влага в повърхностния почвен слой [78]. През месец октомври 1977 и август 1978 г. по предварително зададени маршрути самолет-лабораторията „АН-30” заснема всички полигони на територията на страната с изключение на „Плевен”. Тествани са шестканалната камера „МКФ 6МС” и МСС „С 500”. На два ключови участъка, намиращи се в землището на с. Белозем, полигон Пловдив, през двете години са проведени синхронни самолетни и наземни експерименти. Апаратурата (Таблица 1) е тествана за работа при височини на полета на „АН-30”: 4 300 m, 5 300 m и 6 300 m. Реализирани са експериментите „Огледало” и „Мира” [2, 3]. При първия са използвани плоски и сферични огледални повърхности за точна географска привръзка на получените самолетни спектрални скенерни изображения и определяне на предавателната функция на атмосферата. При втория е поставен еталонен обект за точно привързване на получените самолетни изображения и определяне на тяхната пространствена разделителна способност, както и отчитане на влиянието на атмосферата върху получените на борда данни. Експериментът „Селскостопански земи” е насочен към оценка на информативността на изображенията, получени от камерата МКФ -6М и МСС „С 500” за изследване и картографиране на почвени различия, растителна покривка и водни обекти [79]. Направена е класификация на земното покритие и земеделските култури на част от землището на с. Белозем, полигон „Пловдив”, и мътността на водата на яз. „Студен кладенец”, полигон „Източни Родопи”, по метода на максималното правдоподобие с използване на интерактивната система за обработка на аеро- и космически изображения „2 РААС/300 В”. Резултатите от тези изследвания са верифицирани със събраните данни от проведените експерименти. [79-81]. Доказана е високата информативност на получените от камерата МКФ 6МС и МСС „С-500” многоканални спектрални изображения за оценка на състоянието на земното покритие.

Разработени са и математически методи за класификация на спектралните отражателни характеристики на природни образувания. Определени са и най-информативните дължини на вълната за оптимизиране на броя канали, необходими при разработване на прибори за измерване на спектралния коефициент на отражение на природни обекти [82-84].

В периода 1983 – 1990 г. в землището на с. Болярино, полигон „Пловдив”, са проведени 23 синхронни самолетни и наземни измервания (Таблица 1) с цел тестване на режима на работа на МСС „Спектър 15 МС” и микровълновия радиометър „РМ 1С” и извеждане на емпирични зависимости между състоянието на изследваните обекти и тяхната СПЕЯ, включително радияркостната температура, измерена с двете апаратури. Планирането, реализирането на експериментите и обработката на данните са провеждани съвместно от учени от ИКИТ-БАН и ИПАЗР „Н. Пушкаров”.

Резултати от проведените синхронни експерименти са обобщени в публикациите [41, 42, 52]. Получени са следните резултати: 1) Установени са общите закономерности на изменение на СПЕЯ на излужени чернозем – смолници, влиянието на влажността и начина на предсеитбена обработка на почвата; 2) Изследвано е изменението на СПЕЯ и радияркостната температура в зависимост от фенологичното развитие на царевичен посев и смесена широколистна гора; 3) Предложени са оптималните срокове на заснемане на землището на с. Болярино, като е направена оценка на спектралната разделимост на земното покритие (царевица, зимна пшеница, широколистна гора, излужена чернозем – смолница и микроязовир); 4) Изведена е емпирична зависимост между радияркостната температура ($T_я$) при $\lambda = 4$ cm на излужена чернозем-смолница и нейната влажност (W_s%), с коефициент на корелация 0.93; 5) Изведена е и зависимостта на влажността на почвата като функция от радияркостната температура [42]. Проведени са изследвания и на зависимостта на измерената $T_я$ и температура на почвата и наземно определената влажност в повърхностния слой и в дълбочина на почвения профил на няколко типа почви, разпространени в землищата на селата Тотлебен, полигон Плевен, и Болярино, полигон Пловдив, с данни от експериментите, проведени през 1988 и 1990 г. [85].

По време на провежданите полеви кампании през този период в землищата на с. Белозем и с. Болярино, полигон Пловдив, и с. „Тотлебен, политон Плевен, започва събиране и обработка на данни за спектралните отражателни характеристики (СОХ) на различни типове почви [86-89], земеделски култури и техните състояния [90-93] и мътността на водата във водни обекти [94, 95]. Усъвършенствана е методиката на почвено-картографските проучвания чрез прилагане на дистанционни методи за изучаване на почвените ресурси [96, 97].

Изследвано е приложението на данните от МСС „С 500" и камерата „МКФ 6 МС", получени при реализирането на експериментите, проведени през 1978 г. и 1977 г. за съставяне на ландшафтни карти. Определен е комплекс от дешифровъчни признаци за оценка на въздействието на оловно-цинковия завод „Кърджали", полигон Източни Родопи, върху околната среда. Съставена е ландшафтно-геохимична карта на тестови участък (ТУ) „Кърджали" [98-101]. Тя е верифицирана с данни от полеви изследвания. По ландшафтни профили са събрани данни за замърсяване с тежки метали на почвата, растителността и водата в яз. Студен кладенец. [98, 102]. Сходни изследвания са провеждани и на ТУ „Девня", полигон Шумен [101, 103].

По-късно натрупаният голям брой панхроматични и многоканални снимки от проведените експерименти са използвани като източник на данни за: 1) Оценка на земното покритие [104, 405,], неговото изменение [106, 109]; 2) Едромащабно картографиране на състоянието на ландшафтите през 1977 г. на базата на аероснимки от многоканалната камера „МКФ-6МС" в два ключови участъка - „Богдая" и „Мальовица" в Рила планина. Създадените картографски продукти са използвани при проследяването и анализа на многогодишната динамика на ландшафтите в тези ключови участъци чрез архивни самолетни и съвременни самолетни и сателитни изображения. Най-дългият период на наблюдение достига 50 г. [47, 110]; 3) Изследване на настъпилите промени в земното покритие в района на големия пожар при х. Мальовица, полигон „Рила" (23 август 2000 г.), като са синтезирани, орторектифицирани и мозайкирани пет кадъра, заснети с МКФ-6МС. Създадена е карта със земното покритие за 1977 г. като е използвана номенклатура на проекта „Корине Земно покритие" на четвърто ниво [111].

В периода 2005-2020 полевите кампании са свързани с тестване и валидиране на спътникови данни и продукти (Таблица 4). Липсват данни за 2020 г. поради възникналата пандемиs от коронавирус COVID 19. По време на тяхното осъществяване са извършвани полетни мисии с безпилотни летателни апарати (БЛА) за получаване на многоканални спектрални изображения. Основните обекти на изследване са предимно гори и земеделски култури (Таблица 3). До 2011 г. полевите кампании са реализирани на територията на полигоните „Рила", Източни Родопи" и „Нови Искър" (Таблица 3 и 4). Основните им цели и получените резултати са следните:

- ✓ Изучавани са чисти и смесени гори от бял бор и смърч, различни видове ландшафти, земно покритие/земеползване и свлачища. Данните от полевите кампании (Таблица 3), осъществени в района на с. Говедарци, полигон „Рила", са използвани при изследване на корелационните зависимости и възможността за съставяне на регресионни модели за изчисляване на набор от дендрометрични показатели на базата на различни многоканални сректрални изображения, включително чрез спектрални данни и индекси от спътниковите мисии Terra-ASTER, ,4 и SPOT5 и текстурна информация от QuickBird. Установено е, че най-силни корелации на дендрометричните показатели се наблюдават с данните от близката инфрачервена област на спектъра, както и с индекса NDVI. Използвайки комбинация от данни от SPOT5 и QuickBird са разработени регресионни модели със сравнително ниска грешка – под 20% за показателите проективно покритие, доминираща височина и диаметър под 25% за показателите. Обемът и надземна биомаса са моделирани с относителна грешка от 32-33%. Картите, съставени на основата на моделите, могат да служат за мониторинг на промените и обновяване на данните в интервалите между провеждането на периодичната горскостопанска инвентаризация. ([112-118];
- ✓ Провеждани са теренни изследвания в землищата на гр. Нови Искър и с. Кътина. Събраните данни от тях са използвани за: 1) Разработване на методология за дистанционен и наземен мониторинг на територии с висока степен на антропогенизация в резултат от уранодобив и открит въгледобив. Тя е приложена при създаването на карта на интегрираните цели за териториално планиране на земеползването в землището на гр. Нови Искър, Столична община, и са изготвени предложения и препоръки към местните органи на самоуправление [119, 120]; 2) Създаден и апробиран е модел за разпознаване и оценка на абиотични стресови ситуации, причинени от добива на уран в иглолистни ландшафти за тестови участък „ИСКРА" във водосбора на р. Тайна чрез използване на наземни биогеохимични, биофизични данни и многоканални и спектрометрични спътникови изображения [121, 124]; 3) Разработен и апробиран е модел на организация на гео-база данни за целите на едромащабното картографиране и анализ на динамиката на конфликтите в земеползването на ниво *землище* на населено място с използване на дистанционни и наземни данни [119, 125, 128]; 4) Разработване на методология, основана на геоинформационните технологии, за мониторинг на ефекта от открит въгледобив върху водосборния басейн на р. Кътинска и природната забележителност „Кътински пирамиди" [49, 119, 129 -133].
- ✓ Проведените през 2009 г. теренни изследвания в землището на с. Генерал Гешево, полигон „Източни Родопи", са използвани при разработването на алгоритъм от четири стъпки за картографиране и количествена оценка на размера на хоризонталните свлачищни движения,

базиран на самолетни и спътникови изображения с висока и средна пространствена разделителна способност. Той е апробиран на голямото свлачище при с. Генерал Гешево, като е проследена неговата динамика за периода 1996-2008 г. [134-36].

През последните 10 години от втория период полевите кампании са планирани, ръководени и провеждани от учени от ИКИТ-БАН. През различни периоди от време в тях са участвали със своята експертиза и учени от 3 института – Националния институт по метеорология и хидрология при БАН (2011 г.), Института по царевицата – Кнежа при ССА (2015 г.) и Института по почвознание, агроекология и растителна защита „Н. Пушкаров" при ССА (2015 – 2018 г.).

Таблица 4. Година на реализираните полеви кампании и използвани данни от спътникови миси и от БЛА при проведените изследвания на територията на аерокосмическите полигони в България в периода 1995 – 2020 г..

Година	Полигон	Спътникова мисия/БЛА
2009	Източни Родопи	World View-1, Landsat-7 ETM+, аероснимки
2009, 2010, 2011	Рила	Terra-ASTER, SPOT-4 (HRVIR), SPOT-5 (HRG), QuickBird
2006, 2007, 2009, 2010, .2011, 2012, 2014, 2015, 2016	Нови Искър	Landsat 2-8 (MSS, TM, ETM+, OLI); Terra-Aster, EO-1 /Hyperion, SPOT-4 (HRVIR), SPOT-5 (HRG), QuickBird, RapidEye, Ikonos, Corona, аероснимки
2014, 2015, 2016, 2017, 12018	Плевен	PROBA-V, PROBA-V/S5 TOC 100 m, POT5/HRG2_XS (SPOT 5 Take 5), Sentinel 2/ БЛА SenseFly eBee Ag
2011, 2017, 2018, 2019	Шумен	Spot-Vegetation, Proba-V L2A/SD, MERIS (LAI и FAPAR продукти), WorldView-1 (PAN), QuickBird-2, SPOT-4 (HRVIR), SPOT-5 (HRG), Landsat-5 TM, EO-1/ALI, Sentinel 2/ БЛА SenseFly eBee Ag и DJI Phantom 3 Advanced

Разработен и приложен е подробен план за подготовка, реализиране и отчитане [54] на всяка една от полевите кампании, проведени през селскостопанските години 2016/2017 и 2017/2018 (Таблица 3), на 12 тестови полета, засети от зимна пшеница (Triticum aestivum L.), намиращи се на ТУ „Златия", полигон Плевен. Тя може да се използва при провеждане на теренни наблюдения и измервания, в предварително избрани полета, засети със зимна пшеница. В нея са описани подготовката, техническите изисквания и методите за: 1) Определяне на местоположението на елементарните площадки и субплощадки, в които ще се извършват измерванията; 2) Събиране на проби, необходими за извършване на комплексна оценка на състоянието на почвата и посева в основните фенологични фази от неговото резвитие; 3) Лабораторни анализи на събраните почвени и растителни проби 4) Измерване на биофизични параметри на посева с апаратурата AccuPAR PAR/LAI Ceptometer, Model LP-80, Decagon Devices, Inc. 5) Измерване на спектрални отражателни характеристики на почвата и посева със спектрорадиометъра „Analytical Spectral Devices, FieldSpec 4 Hi-Res"; 6) Измерване на съдържание на хлорофил в листата на растения с хлорофиломер CCM-300 (Opti-Sciences), 7) Определяне на точните граници на полетата, координати на контролни точки и елементарни площадки чрез GPS измервания; 8) Реализиране на полетни мисии със специализираната безпилотна система за въздушно картографиране „SenseFly eBee Ag" и обработка на получените изображения.

Събраните данни от полевите кампании, проведени в периода 2011 г. – 2018 г са използвани за тестване на множество вегетационни индекси с цел извеждане на регресионни модели с най-добри показатели за количествено определяне и картографиране на някои параметри на посеви от зимна пшеница (Triticum aestivum L.) като: "Количество свежа надземна фитомаса" (g/m^2), „Количество суха надземна фитомаса" (g/m2), „Съдържание на азот в растенията" (g/m^2), „Съдържание на хлорофил в посева" (g/m^2) „Индекс на листната повърхност" (m^2/m^2), „Дял на абсорбираната фотосинтетично активна радиация", „Дял от повърхността на почвата покрита с растителност". Разработена е методология за картографиране на общото състояние на посевите [54]. На базата на натрупания през годините опит е създадена интегрирана система за дистанционно определяне на състоянието на посеви на земеделски култури, приложима на локално ниво. Тя е експериментално тествана и патентно защитена [137]. Тестваните вегетационни индекси са базирани на данни и продукти, получени от: 1) спътниковите мисии Proba-V L2A/SD, Spot Vegetation S1 [55, 138-140], MERIS (LAI и FAPAR

продукти) [141];, RapidEye [142-145], SPOT5/HRG2_XS (експеримент „SPOT 5 Take 5”) [146], Sentinel-2 [54, 147, 148]; 2) многоканални спектрални изображения, получени от полетни мисии със специализираната безпилотна система за въздушно картографиране „SenseFly eBee Ag” [53, 146, 149].

В периода 2014-20219 г. (Таблица 3) са провеждани и полеви кампании с цел регистриране на вида и фенологичната фаза на културите, които се отглеждат върху земеделски парцели. Тези данни са използвани като референтни при оценката на резултатите, получени от използване на различни методи за автоматична класификация на времеви серии от спътникови изображения и продукти от мисиите: SPOT-4 (HRVIR), SPOT-5 (HRG), EO-1/ALI, Landsat-8/OLI, Terra-ASTER, QuickBird, QuickBird-2 и WorldView-1 [150-153], PROBA-V [154], PROBA-V/ 100 и 300 m S1 продукти [155-158]; Sentinel-2 [159] за идентифициране и картографиране на земеделски култури и мониторинг на земеделски територии. За по-ефективна работа на терена е разработена методика за полева проверка и валидиране на видовете култури, отглеждани върху земеделските парцели, базирана на геоинформационните технологии и мобилно приложение. Тя е апробирана при полевите кампании, проведени през 2018 г. на ТУ „Златия” и ТУ „Белозем” [159].

По време на полевите кампании през 2015 г. са проведени първоначални изследвания [160] за установяване на корелация между фотосинтетичната активност на посев от соя, измерена чрез газообменнен метод и вегетационни индекси, изчислени въз основа на спектралните отражателни характеристики на растенията.

Оценени са възможностите за приложение на параметрични и непараметрични регресионни модели [161-163], базирани на данни от спътниковата Мисия Sentinel-2 за количествено определяне на някои параметри на посеви от зимна рапица (B.napus oleifera biennis) [162-164,166] и зимна пшеница(Triticum aestivum L.) [163]. Моделите са обучени и валидирани със събраните данни от проведените полеви кампании в периода 2017 – 2019 г. в землищата на с. Оборище и с. Генерал Киселово, полигон Шумен. Предложени са регресионни алгоритми за определяне и картографиране на надземна свежа фитомаса (g/m2), надземна суха фитомаса (g/m^2), съдържание на азот (%), гъстота (Nb/m^2), височина (cm) и общо площно покритие на повърхността на почвата с растителност (%) на изследваните посеви преди и след презимуване и определяне продължителността на фенофаза цъфтеж на зимна рапица [164, 165].

Тематичните аерокосмически полигони на територията България имат своето място и при провеждане на съвременни международни спътникови експерименти. Тестови участък „Златия”, който обхваща и част от полигон „Плевен”, през последните пет години е включен в два експеримента. След подаване на проектно предложение [167], той става част от мрежата от 150 тестови участъка за заснемане по целия свят във връзка с изпълнение на експеримента „SPOT 5 Take 5”, който се осъществява по инициатива на „Националния център за космически изследвания” на Франция и Европейската космическа агенция (ЕКА). Резултатите от проведените изследвания показват, че високата пространствена и времева разделителна способност на получените от SPOT5/HRG2_XS (SPOT 5 Take 5) изображения повишават значително потенциала за извършване на мониторинг на земеделски култури и оценка на тяхното състояние на локално ниво. Вторият е изпълнен [155] в рамките на инициативата „PROBA-V 100 m „Научен експеримент”, организиран от Белгийското министерство за федерална научна политика (BELSPO), департамента по „Дистанционни изследвания” на „Фламандския институт за технологични изследвания” (VITO) - Белгия и ЕКА. Направена е оценка на PROBA-V 100 m S10 спътникови продукти за мониторинг на земеделските територии. Тази информация има съществено значение при определянето на характеристиките на бъдещи мисии на подобни спътници.

Заключение

Резултатите от проведеното изследване показват съществена разлика в тематиката на реализираните дистанционни изследвания на полигоните в България в периода 1975–1995 г. в сравнение с тези от 2005–2020 г. Първият е свързан с тестване на самолетен вариант на спътникова апаратура и оценка на данните, получени от нея по различни показатели, а вторият – с валидиране на спътникови данни и продукти.

Бързото развитие на технологиите за дистанционно наблюдение на Земята изисква на един от полигоните да се изгради локална система от сензори за непрекъснати измервания (in situ) на някои параметри на природната среда, както и да бъде дооборудван „Полевият измервателен комплекс” с нова апаратура. Те трябва да съответстват на изискванията за валидиране на данни и продукти, предоставяни от новите спътникови мисии, включени в програмата „Коперник” на Европейския съюз.

Литература:

1. Мишев, Д. 2004. Космическите изследвания в България. Хора, факти и документи. АИ „Проф. М. Дринов”. 247 стр.
2. Мишев, Д. 1981. Дистанционни изследвания на Земята от космоса, София. Изд. БАН. 206 стр.
3. Мишев, Д. 1985. Дистанционные исследования Земли из космосал Изд. Мир. 232 с.
4. Mishev, D. 1986. Spectral Characteristics of Natural Formations, Publishing House Bulgarian Academy of Sciences. 150 p.
5. Спиридонов, Х. 1986. Космос и природни ресурси. Изд."Наука и изкуство". 60 стр.
6. Roumenina, E., V. Naydenova, G. Jelev, V. Vassilev, L. Kraleva. 2009. Aerospace Test Sites in Bulgaria - State and Prospects. Aerospace Research in Bulgaria. Published by SRI-BAS. 23. pp. 59–69.
7. Серафимов, К. 1979. Космические исследования в Болгарии. Изд. БАН, 447 стр.
8. Руменина, Е. 2000. Полигонни подспътникови експерименти в България-състояние и перспективи. Сборник с доклади от „30 години организирани космически изследвания в България”. Изд. ИКИ – БАН, стр. 138–145
9. Мишев, Д., Г. Мардиросян. 1991. Комплексные синхронные и квазисинхронные измерения и наблюдения при дистанционном аэрокосмическом исследовании Земли, Аерокосмически изследвания в България. Изд. БАН. 7. стр. 31–38.
10. Стоименов, А., Д. Мишев, Ст. Ковачев. 1975. Електронно управляем сканиращ спектрофотометър. Авторско свидетелство за изобретение. 21, 762. Приоритет от 27.08.1975.
11. Мишев, Д., А. Стоименов. 1976. Многоканален сканиращ спектрофотометър. Авторско свидетелство за изобретение. 24, 169. Приоритет 29.12.1976.
12. Mishev, D., A. Krumov. 1977. Instrument for Measuring Spektral Reflective of Natural Formations of Remote Sensing. Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci. 30 (6). pp. 847–850.
13. Янев, Т., А. Стоименов. 1978. Многоканален спектрометър за дистанционни изследвания. Авторско свидетелство за изобретение. 39023. Приоритет 01.03.1978.
14. Mishev, D., A. Stoimenov, S. Kovachev. 1979. A new type programmable multichannel radiometer. Acta Astronautica. 6 (11). pp. 1433–1438.
15. Драганов, Г., Ст. Ковачев, Д. Мишев, А. Стоименов. 1980. Портативен спътников многоканален спектрометър. Авторско свидетелство за изобретение. Приоритет от 1980. №39423А.
16. Мишев, Д., П. Петров, Ст. Ковачев. 1982. Многоканална спектрометрична система. Авторско свидетелство за изобретение. Приоритет 28.09.1982.
17. Mishev, D., A. Krumov, D. Petkov, B. Tsenov, S. Zhivkov. 1985. New generation of spectrometers for measurement of spectral reflective characteristics. Acta Astronautica. 12 (11). pp. 973–975.
18. Mishev, D., B. Peev. 1978. Electron System for Image Transformation and Coding in Conventional Colours. Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci. 31 (11). pp. 1405–1408.
19. Мишев, Д., Х. Спиридонов, Е. Мишева, Б. Пеев. 1980.. Дешифриране на многозонални космически изображения на българския черноморски шелф. сп. Известия на БГД. 18. стр. 13–18.
20. Мишев, Д., Г. Мардиросян, Д. Инджева. 1982. Подвижна наземна станция за синхронни спътникови измервания. Списание на БАН. XXVII, N 3. стр. 23–29.
21. Мардиросян, Г., Д. Инджева. 1984. Универсальная мобильная лаборатория для синхронных и комплексных космических и геономических исследований. сб. Методические вопросы дистанционного зондирования в интересах географии, сельского и водного хозяйств, а также охраны окружающей среды. Изд. ЧСАН. Брно. стр. 47–51.
22. Мишев, Д., Г. Мардиросян, Д. Инджева, Д. Панчева. 1982. Приложение на подвижната наземна станция за синхронни спътникови измервания в географските изследвания. Проблеми на географията. 2. стр. 66–69.
23. Мардиросян, Г., Д. Мишев. 1984. Использование мобильной наземной станции для синхронных спутниковых измерений (ПНССИ) в сейсмологических исследованиях. Науки о Земле, т. XXXVII, N 3, Ереван. стр. 47–56.
24. Проект “Фитос”. Разработване и изработване на подвижна лаборатория за комплексни агрофизиологични изследвания. Договор 4/1982 между ЦЛКИ–БАН и ИППД “Н. Пушкаров”.
25. Мардиросян, Г., Р. Кънчева. 1993. Устройство для измерения индикатрисы отражения, Аерокосмически изследвания в България. 9. Изд. БАН. стр. 21–28.
26. Mishev, D.,A. Angelov, G. Mardirosyan, B. Tsenov, M. Fratev, A. Madjarov. 1990. Data acquisition system for complex and synchronous geonomic and spage investigations. Aerospace Research in Bulgaria. Published by BAS. 6. 40–44.
27. Мишев, Д., Ст. Ковачев. 1983. Многозональная спектрометрическая система "Спектр-15М". Научное космическое приборостроение, М., Металлургия. вып. 2. стр. 15–21.
28. Serafimov, K. 1984. Bulgarian space activity. Advances in Space Research, 3(10–12), Cospar, Published by Elsevier Ltd. 1–6. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/0273-1177(84)90052-8.
29. Mishev, D., P. Petrov, B. Bekyarov. 1985. Application of track spectrometric studies in image processing for remote sensing purposes. Acta Astronautica. 12 (11). pp. 941–947.
30. Mishev, D., P. Petrov. 1986. Complex data processing of “Bulgaria-1300-II” experiment performed simultaneously with multizonal video data from other reproducing systems for remote sensing purposes. Acta Astronautica. 13 (2). pp. 81–86.
31. Дистанционное зондирование Земли со спутника Метеор-Природа: советско-болгарский эксперимент Болгария-1300-II (A87-17651 05-43). Ленинград. Гидрометеоиздат. 1985.

32. Иванова, Т. 2012. 30 години спътници "България-1300". Сборник доклади от седма научна конференция с международно участие “Space, Ecology, Safety (SES 2011). Изд. ИКИ-БАН. стр. 9–16.
33. Макриденко, Л. С. Волков, А. Горбунов, В. Ходненко. 2015. Космический аппарат „Метеор – Природа” с комплексом научной экспериментальной аппаратуры. Программа „Болгария-1300”. Вопросы электромеханики. Шруды ВНИИЭМ. УДК 551.5. Т 145. стр. 57–66.
34. Мардиросян, Г. 2019. Българската академия на науките и космическите изследвания. НАУКА. Изд. Съюз на учените в България. 4. XXIX. стр. 24–29.
35. Mishev, D., S. Kovachev, D. Krezhova, Yu. Uzunov. 1989. Images and analysis of data obtained by “Spectrum 256” under the program ‘Georesource’. 40th Congress IAF, Malaga, IAF No 89-167. pp. 1–5.
36. Mishev, D., S. Kovachev, D. Krezhova. 1990. New Generation of Space Multichannel Spectrometric Systems. Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci. Published by BAS. 43 (1). pp. 53–56.
37. Мишев, Д., Ст. Ковачев. 1999. Многоканална спектрометричне система „Спектър 256” на борда на станция „Мир” и след това. Сборник с доклади от юбилейната научна сесия „10 години космически проект „Шипка”. Изд. ИКИТ-БАН. стр. 104–110.
38. Nazarsky, T., G. Dimitrov, Ch. Levchev, G. Mardirossian, Ch. 1994, Prodanov., Superhighfrequency twopolarization radiometric system „R-400” on board of the ,, Priroda " module constituting a part of the „Mir” orbita complex. Aerospace Research in Bulgaria. Published by SRI-BAS. 11. pp. 47–54.
39. Назърски, Т., Д. Мишев. 1988. Двуполяризационнен сканиращ радиометар. Авторска свидетелство за изобретение. 41091/22.11.1988. Патентно ведомство на РБ.
40. Назърски, Т., Г. Каменов, Н. Банков, Хр. Проданов, Ч. Левчев, Л. Кралева. 1999. Изследвания с микровълновата сканираща радиометрична система „Р 400” в рамките на международния научен проект „ПРИРОДА” за дистанционно изследване на Земята от Космоса. Сборник с доклади от юбилейната научна сесия „10 години космически проект „Шипка”. Изд. ИКИТ-БАН, стр. 98–103.
41. Спиридонов, Х., С. Ковачев, Т. Назърски, Вл. Колев, Е. Руменина, Л. Миленова, Вл. Вълчев, В. Николов. 1986. Спектральные и радиометрические характеристики некоторых компонентов геосистем. Сб. Определение состояния окружающей среды методом дистанционного зондирования земли. Изд. ГИ САН, Братислава. стр. 7–28.
42. Назърски, Т., Г. Димитров, Е. Руменина, Ч. Левчев, Н. Колев, Й. Киркова. 1992. Зависимост "радиояркостна температура-влажност на земната повърхност" при аеродистанционните и синхронни наземни измервания. Българско геофизично списание. Изд. БАН. 4. стр. 9–14.
43. Изграждане на научно-информационен комплекс за аерокосмически полигони на територията на Р България. Договор НИК-03/2007 (ДО1-829/16.10.07.) сключен между фонд "Научни изследвания" към МОН и ИКИ–БАН. 2007–2009.
44. Информационен комплекс за аерокосмически мониторинг на околната среда (ИКАМОС). Договор за безвъзмездна финансова помощ BG161PO003-1.2.04-0053-C0001, по ОП „Развитие на конкурентоспособността на българската икономика” 2007-2013, процедура BG161PO003-1.2.04 „Развитие на приложните изследвания в изследователските организации в България”, Европейски фонд за регионално развитие.
45. 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. Proc. of the Fourth Scientific Conference with International Participation “Space, Ecology, Nanotechnology, Safety (SENS’ 2008)”. Published by SRI-BAS. pp. 106–112.
46. Развитие на методическите основи на ландшафтно-екологичното планиране с използване на геоинформационни технологии. Договор НЗ-N 1507/05 между ИКИ и фонд "Научни изследвания" към МОН. 2005–2009 г.
47. Гиков, А. 2019. Картографиране и анализ на съвременните ландшафти в Рила планина чрез ГИС и дистанционни методи. Автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор”. 49 с.
48. Желев, Г. 2013. Изследване на вулканогенни структури в района на източни Родопи чрез дистанционни методи и ГИС. Дисертационен труд и автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор”, Акад. Изд. „Проф. М. Дринов”. 120 стр.
49. Найденова, В. 2009. Географска информационна система за дистанционен и наземен мониторинг на антропогенното въздействие във водосборния басейн на р. Кътинска. Автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор”. 35 стр.
50. Naydenova, V., E. Roumenina. 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, ISSN: 1896-1517. (electronic version http://www.versita.com/science/geosciences/cejg/)
51. Филчев, Л. 2012. Модел за разпознаване на стресови ситуации в иглолистни ландшафти с използване на многоканални и спектрометрични спътникови данни. Автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор”. 54 стр.
52. Руменина, Е. 2002. Мониторинг на земеползването и антропогенната преобразуваност на част от полигон Пловдив чрез многоканални изображения и ГИС". Автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор”. 52 стр.
53. Приложение на дистанционни методи и географски информационни системи в областта на прецизното земеделие (ДиАгро)”. Договор №7/01.03.2019 г. сключен между ИКИТ-БАН и Протос Агро ЕООД.
54. Testing Sentinel-2 vegetation indices for the assessment of the state of winter crops in Bulgaria (TS2AgroBg), Contract No. 4000117474/16/NL/NDe. Between the European Space Agency and Space Research &

Technology Institute-Bulgarian Academy of Sciences, under the Plan for European Cooperating States (PECS).
55. Testing PROBA-V and VEGETATION data for agricultural applications in Bulgaria and Romania (PROAGROBURO) Contract Ref. Nr CB/XX/16 between the SRTI-BAS and the Belgian Federal Science Policy Office (BELSPO), under the PROBA-V Preparatory Programme.
56. Methodological Requirements for Testing PROBA-V and VEGETATION data for agricultural applications in Bulgaria and Romania (PROAGROBURO) developed and published in two bi-lingual versions (English-Bulgarian) and (English-Romanian). 2011. Edited by: E. Roumenina, V. Kazandjiev, G. Stancalie. Prof. Marin Drinov Academic Publishing House. p. 148.
57. Craciunescu, V., G. Stancalie, E. Roumenina,V. Kazandjiev, G. Jelev, L. Filchev, E. Savin, S. Catana. 2012. Interactive Web-Ma pping System for Satellite Based Agricultural Applications in Bulgaria and Romania. Proceedings of 4th International Conference on Cartography and GIS. Published by Bulgarian Cartographic Association. pp. 429–438.
58. Малинников, В., А. Стеценко, А. Алтыно, С. Попов. 2008. Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами. Учебное пособие для студентов вузов. М.: УДК: 528.8; 528.914. Изд. МИИГАиК. 145 стр.
59. Книжников, Ю.Ф. 1980. Многозоналная аэрокосмическая съемка как метод изучения природных ресурсов. В: Космическая съемка и тематическое картографирование. М. стр. 5–9.
60. Макриденко, Л. С. Волков, А. Горбунов, В. Ходненко. 2015. Космический аппарат „Метеор – Природа" с комплексом научной экспериментальной аппаратуры. Програма „Болгария-1300". Вопросы электромеханики. Шруды ВНИИЭМ. УДК 551.5. Т 145. стр.57–66.
61. Научен отчет по задача 2.6 Тематична интерпретация на аерокосмическа информация. Тема 2. Методи и средства за използване на аеро и космически данни и изображения. Национална Координационна програма „Дистанционни и аерокосмически методи за изследване на Земята и решаване на народностопански задачи". 1980–1985 г. (архив на секция ДИ и ГИС при ИКИТ-БАН)
62. Мишев, Д., П. Петров. Сонда за експресно измерване на новърхноста на повърхностния почвен слой. Автарско свидетелство за изобретение. 39710. Приоритет от 1978 г.
63. Mishev, D., A. Krumov. 1977 Instrument for Measuring Spektral Reflective of Natural Formations of Remote Sensing. Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci. 30 (5).
64. Spiridonov, H., A. Kroumov, N. Katskov, S. Yovchev. 1980. Measurement Results and Conclusion on the Spectral Reflective Coefficient of Volcanites, Granitoides and Gneisses, Remote Sensing and Mineral Exploration, Pergamon Press Oxford and New York. pp. 157–163.
65. Spiridonov, H., A. Kroumov, N. Katskov, S. Yovchev. 1980. Measurement of Spectral Reflectance of Magmatic and Metamorphic Rocks, Comptes rendus de L'Academie Bulgare des Sciences. 33 (2). pp. 195–198.
66. Кацков, Н., Х. Спиридонов, М. Червеняшка. 1983. Спектрометрирование горных пород. Кн."Космическая информация в геологии", Изд. „Наука", М. стр. 98–101.
67. Spiridonov, H., A. Kroumov, N. Katskov, S. Yovchev. 1983. Measurement Results and Conclusion on the Spectral Reflective Coefficient of Volcanites, Granitoides and Gneisses. Space Research in Bulgaria. 4. BAS. pp. 59–69.
68. Спиридонов, Х., М. Червеняшка. 1984. Интерпретация результатов измерений козффициентов спектральннх яркостей (КСЯ) различных генетических типов горных пород. Кн. „Дистанционное зондирование". Т. 18. 27-й Международный геологический конгресс, Москва. стр. 31–36.
69. Spiridonov, H., R. Kancheva, Le Bach Yen. 1985. Spectrometric measurement on Test-Sites in Vietnam, „Preliminary 'Results in Space Research and Space Research Application in the SRV during the period 1980-1982", Hanoi, pp. 58–72.
70. Тулгаа, Х., Ж. Гарьдхуу, М. Ганзориг, Х. Спиридонов, Р. Канчева, П. Нагиев, 1986. Анализ спектральных характеристик некоторых природных объектов. кн. Научные эксперименты в космосе, Союз-39, Салют-6, Союз-Т4, Улан-Батор, стр. 182–189.
71. Лукина, Н., В. Лялько, В. Макаров, С. Скобелев, Х. Спиридонов, Ю. Шехтова, М. Червеняшка. 1991. Предварительные результаты спектрометрического исследования зон разломов Файзабадского и Фрунзенского полигонов (Международный аэрокосмический эксперимент „Тянь-Шань-Интеркосмос-88").Исследование Земли из космоса. 6. стр. 82–92.
72. Kancheva, R., M. Chervenyashka. 1988. Experimental Study of the Spectral Reflection Characteristics of Soils and Vegetation from Aerospace Experiment Gyunech-85. Remote Sensing Reviews. 3. pp. 145–152;
73. Илиев, И., Е. Руменина, Н. Пелова. 1991. Спектрална отражателна способност на почвите разпространени на ключов участък "Бокини" (Полша). Аерокосмически изследвания в България. Изд. БАН. 8. стр. 47–53.
74. Кънчева, Р. 1991. Спектрометрични и биометрични изследвания на зимна пшеница по време на международния експеримент "Телегео-87". Аерокосмически изследвания в България. Изд. БАН. 8. стр. 54–59
75. Мишев, Д., Р. Кынчева. 1988. Определение относительной площади, занимаемой посевом, по данным спектрометрических измерений. Исследование Земли из космоса. 5. стр. 71–75.
76. Кравцова, В., Х. Спиридонов, Е. Мишева. 1976. Дешифрирование многоспектральных сканерных снимков Болгарии. сп. Проблеми на географията. 4. Изд. БАН. стр. 27–34.

77. Кравцова, В., Х. Спиридонов, Е. Мишева. 1979. Експеримент по комплексному дешифрированию многозональных сканерных эроснимков Болгарии. Космическая съемка и тематическое картографирование. Под ред. на К. Салищева и Ю. Книжникова. Изд. Моск. Унив. стр. 159–180.
78. Мишев, Д., Х. Спиридонов, Т. Янев, Е. Мишева, А. Крумов, А. Хаджиянакиев, М. Йолевски, Н. Ачков, Р. Хименес, Г. Бейо. 1977 .Аерокосмически изследвания на еталонен участък "Патриарх Евтимово", Пловдивско. Проблеми на географията. 4. Изд. БАН. стр. 47–60.
79. Спиридонов, Х., А. Хаджиянакиев, Е. Мишева, Н. Ачков, Б. Пеев, М. Червеняшка. 1979. Оптимални спектрални зони при дистанционното изследване на почвената и растителна покривка. сп. Проблеми на географията. Изд. БАН. 2. стр. 59–66.
80. Kanchev, M., E. Roumenina, A. Stoimenov, D. Misev. 1989. Landwirtschaftliche Flachennutzung, Atlas zur interpretation von kosmischen skanner - Aufnahmen. Akademie Verlag, Berlin. p. 87.
81. Stoimenov, A., M. Kanchev, L. Milenova, N. Pelova, D. Mishev. 1989. Forschungen ah Stauseen - Atlas Zur Interpretation von Kosmischen Scanner – Aufnahmen. Akademie Verlag, Berlin. p. 101.
82. Yaney, T., A. Stoimenov. 1978. Optimizing the multispectral volume on terrestrial sludies of natural formations.-Compt.rend. Bulg. Acad. Sci., 31 (11)
83. Yanev, T., D. Mishev. 1978. Discriminant Analysis of Natural Formations Reflective Characteristics by a Minimal Number of Wavelengths. Aerospace Research in Bulgaria. Published by SRI-BAS. 1. pp. 36–46.
84. Yanev, T., D. Mishev. 1986. Mathematical/Statistical Methods for Classification of Objects by Means of Spectral Reflective Characteristics. Aerospace Research in Bulgaria. Published by SRI-BAS. 5. pp. 45–67.
85. Kolev, N., K. Penev, Y. Krustanov, T. Nazarski, G. Dimitrov, C. Levchev, H. Prodanov, L. Kraleva. 1998. Remote Sensing and Synchronous Land Surface :Measurements off Soil Moisture and Soil Temperature in the Field. Turkish Journal of Physics. 22 (1) pp. 77–82
86. Спиридонов, Х., Л. Миленова, Е. Руменина. 1984. Определение спектральных отражательных характеристик некоторых типов почв, распространенных в Северной Болгарии. сб. Методические вопросы дистанционного зондирования в интересах географии, сельского и водного хозяйств, а также охраны окружающей среды. Изд. ЧСАН. Брно. стр. 61–65.
87. Спиридонов, Х., Р. Кънчева. 1984. Основные факторы динамики свойств отражения почвенного покрова. сб. Методические вопросы дистанционного зондирования в интересах географии, сельского и водного хозяйств, а также охраны окружающей среды. Изд. ЧСАН. Брно. стр. 75–79.
88. Илиев, И., С. Недялков, Е. Руменина, Н. Пелова. 1994. Характеристика на спектралната отражателна способност на излужени чернозем-смолници в България. Почвознание, агрохимия и екология. 3. Изд. ССА. стр. 11–16.
89. Илиев, И., С. Недялков, Е. Руменина, Н. Пелова. 1992. Спектрална отражателна способност на някои почви от Плевенския район. Почвознание, агрохимия и екология. 1. Изд. ССА. стр. 18–21.
90. Spiridonov, H., P. Kuncheva, E. Roumenina. 1981. Results and Conclusions from Soil and Vegetation Reflection Coefficient Measurements. Proceedings of Adv. Space Res., Vol. 1, COSPAR. Printed in Great Britain. pp. 111–114.
91. Спиридонов, Х., Р. Кънчева. 1984. Наземные исследования свойств отражения растительности. сб. Методические вопросы дистанционного зондирования в интересах географии, сельского и водного хозяйств, а также охраны окружающей среды. Изд. ЧСАН. Брно. стр. 70–74.
92. Спиридонов, Х., Е. Руменина, Вл. Вълчев. 1984. Исследование оптических свойств системы ячмень-коричнего-лесная почва. сб. Методические вопросы дистанционного зондирования в интересах географии, сельского и водного хозяйств, а также охраны окружающей среды. Изд. ЧСАН. Брно. стр. 66–69.
93. Спиридонов, Х., Ю. Георгиева, С. Николова, В. Вълчев, 1984. Корреляция между спектро-метрическими и фотометрическими данными культурной растительности. сб. Методические вопросы дистанционного зондирования в интересах географии, сельского и водного хозяйств, а также охраны окружающей среды. Изд. ЧСАН. Брно, стр. 57–60.
94. Мишев, Д., Х. Спиридонов, Г. Гергов, Л. Петкова, Е. Мишева. 1982. Определяне мътността на водата във водохранилища чрез измерване на спектралния коефициент на отражение. Известия на БГД. 20. стр. 57–66.
95. Миленова, Л., Е. Руменина, А. Стоименов, М. Кънчев. 1986. Исследование динамики взвешенных наносов водоемов в районах с высокой степенью эрозии по самолетным и наземным данным. Гидрологические исследования. 1. Изд. РАН. М. стр. 65–68.
96. Технология за дистанционно сондиране и използване на данни за информационно осигуряване на решенията в растениевъдството, Договор N 563/89 г. между ИКИ-БАН и ССА, 1989 - 1991 г.
97. Усъвършенстване на методиката на почвено-картографските проучвания чрез прилагане на съвременни методи за изучаване на почвените ресурси. Договор № 241/88 между ИППД “Н.Пушкаров" и ИКИ–БАН, 1988 -1990 г.
98. Научен отчет по задача 2.7. Изучаване на антропогенното въздействие върху природната среда с използване на аеро и космическа информация. Тема 2. Методи и средства за използване на аеро и космически данни и изображения. Национална Координационна програма “Дистанционни и аерокосмически методи за изследване на Земята и решаване на народостопански задачи”–1980–1985 г. (архив на секция ДИ и ГИС при ИКИТ-БАН).
99. Разработка и внедряване на методика и програмно осигуряване за автоматизирана обработка на базови карти и аналитична информация за нуждите на екологията, оптимизация на природните

ресурси на моделна територия с помощта на системата за обработка на изображения 2 РААС/300 В, ЕИМ ЕС 1020 и чертожно устройства "Дигиграф 1208", 1984, Договор между КОПС при МС и ЦЛКИ - БАН.
100. Руменина, Е., В. Великов, М. Кънчев. 1984. Аэрокосмические и ландшафтно-геохимические исследования антропогенного воздействия на окружающую среду. сб. Методические вопросы дистанционного зондирования в интересах географии, сельского и водного хозяйств, а также охраны окружающей среды. Изд. ЧСАН. Брно. стр. 52–56.
101. Спиридонов, Х., Е. Руменина, В. Великов, Н. Данчева, Л. Петкова, Ю. Георгиева. 1983. Изследване замърсяването на някои техногенно натоварени райони в НРБ с помощта на дистанционни аеро и космически методи. Юбилеен сборник научни трудове на КОПС. 1 (5). Изд. ЗЕМИЗДАТ. стр. 151–161.
102. Spiridonov, H., E. Roumenina, L. Milenova. 1992. Complex Investigation of a System “Industrial Site-Environment” Using Remote Sensing and Landscape-Geochemical Methods. Proceedings of European ISY`92 Conference Environment Observation and Climate Modelling through International Space Projects. Munich. pp. 114–119.
103. Roumenina, E., N. Pelova, V. Velikov. 1991. Aerospace Remote Sensing and Landscape Geochemical Methods of Observation of the Antropogenic Factor in the Devnja Region. Proceedings of International Symposium on Hydro- and Aerodynamics in Marine Engineering. HADMAR '91. Proceed. 1. pp. 42-1 – 42-3.
104. Milenova, L., E. Roumenina. 1995. Land Ccover/Land Use Assessment of Bulgaria Using Remote and Ground Date - Main Results. Problems of Geography. 4. Published by BAS. pp. 22–29.
105. Milenova, L., E. Roumenina, T. Boyadjiev. 1997. Remote Sensing Application for Land Use Assessment of Belozem Area in Bulgaria. 48th International Astronautical Congress. Turin, Italy. Paper IAF-97-B.4.05.
106. Roumenina, E., L. Milenova. 1993. Airspace Monitoring of Part of Southern Bulgaria for the Purposes of Land Use. Proceedings of 25-th International Symposium on Remote Sensing and Global Environmental Change. Spectral and Plenary Sessions. Graz, Austria. pp. II-435 – II-445.
107. Jelev, G., E. Rumenina. 2001. Monitoring the Studen Kkladenets Reservoir Using Air and Space Images. Aerospace Research in Bulgaria. 16. Published by SRI – BAS. pp. 97–106.
108. Roumenina, E., R.Nedkov, G.Jelev. 1999. Earth observation of dynamics of land cover/ land use using multichannel aeroimages and GPS measurements. 50th Internat. Astronautical Congress. Amsterdam, Netherlands. Paper IAF -99--B.6.07.
109. Roumenina, E. 2003. Spatial And Temporal Analysis of the Land Use on Two Territories in Rakovski District. Aerospace Research in Bulgaria. 17. Published by SRI- BAS. pp. 97–106.
110. Гиков, А. 2000. Картографиране и анализ на развитието на растителността в ландшафтите чрез използване на разновременни аероснимки в ключов участък "Богдая" - Северозападна Рила. сб. доклади "Международна научна сесия 50 години ГИ - БАН”. Изд. БАН. стр. 190–198.
111. Гиков, А., П. Димитров. 2010. Приложение на геоинформационните технологии за оценка на щетите и последиците от големия пожар в района на х.Мальовица, Рила планина. сб. доклади от Пета научна конференция с международно участие “Space, Ecology, Nanotechnology, Safety, SENS 2009”. Изд. ИКИ - БАН. стр. 150–159.
112. Димитров, П. 2012. Оценяване и картографиране на показатели на структурата на иглолистни гори чрез спътникови многоканални изображения. Автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор”.. 38 стр.
113. Dimitrov, P. 2012. Mapping of coniferous forests’ structural attributes in Rila Mountain, Bulgaria by satellite data. In: Proceedings of the First European SCGIS Conference “Best practices: Application of GIS technologies for conservation of natural and cultural heritage sites”. SRTI–BAS. 44–52
114. 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.
115. Dimitrov, P. 2012. Using of multispectral satellite images for estimation and mapping of coniferous forest aboveground tree biomass. Problems of geography. 1-2: pp. 90–104.
116. Dimitrov, P., E. Roumenina. 2013. Combining SPOT 5 imagery with plotwise and standwise forest data to estimate volume and biomass in mountainous coniferous site. Cent. Eur. J. Geosci., 5(2), pp. 208–222, ISSN: 2081-9900 (Print) 1896-1517 (Online), DOI: 10.2478/s13533-012-0124-9
117. Dimitrov, P. 2015. Prediction of coniferous forest tree-size diversity based on spectral and texture data from satellite images. Problems of geography. 3-4. BAS. pp. 103–114
118. Картографиране на структурата и биомасата на иглолистни гори в България с оптични сензори за дистанционно изследване”. Проект по програмата Planet Action на Astrium за подпомагане на проекти свързани с климатичните промени, 2010-2012 г.
119. Развитие на методическите основи на ландшафтно-екологичното планиране с използване на геоинформационни технологии. Договор НЗ-N 1507/05 между ИКИ и фонд "Научни изследвания" към МОН, 2005–2009 г.
120. Roumenina, E., L. Filchev, V. Naydenova, P. Dimitrov, G. Jelev. 2010. Landscape Planning of Land-Use Using High Resolution Satellite Images and Ground-Based Data. Proceedings of 30-th EARSeL Symposium - Remote Sensing for Science, Education, and Natural and Cultural Heritage. UNESCO Headquarters, Paris, France Published by EARSeL. pp. 215–222.
121. 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. 25. Publisher: SRTI-BAS. pp. 138–153.

122. Filchev, L., E. Roumenina. 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.
123. Filchev, L., E. Roumenina. 2013. Model for Detection and Assessment of Abiotic Stress Caused by Uranium Mining in European Black Pine Landscapes. // EARSeL eProceedings, 2013,. 12 (2). Publisher: EARSeL. pp. 124–135. (URL: http://www.eproceedings.org/static/vol12_2/ 12_2_filchev1.html)
124. Филчев, Л., И. Йорданова. 2011. Ландшафтно-геохимични изследвания на последствията от уранодобива във водосбора на р. Тайна. Екологично инженерство и опазване на околната среда. 4. Изд: ЕИООС. стр. 14–22.
125. Designing a Geodatabase Model for the Purposes of Large-Scale Mapping of Land-Use Conflicts Caused by Mining Industry Using Remote Sensing and Ground-Based Data. Joint Research Project –No.P-16*24.04.07 between the Bulgarian Academy of Sciences and the Aristotle University of Thessaloniki, Greece. 2007-2009.
126. Roumenina, E., L. Filchev, V. Naydenova, G. Kanev. 2007. A Model for Geodatabase Organization for Purposes of Largescale Mapping of Land-Use Conflicts. Proc. of the 4-th International Conference Recent Problems in Geodesy and Related Fields–INTERGEO EAST with International Importance. Inter Expo Centre, Sofia, Bulgaria. [CD-ROM]. pp. 180–189.
127. 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. Proc. of the Third Scientific Conference with International Participation Space, Ecology, Nanotechnology Safety–SENS 2007, Published by SRI-BAS. pp. 179–184.
128. 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. Proc. of the 4-th International Conference on Recent Advances in Space Technologies–RAST 2009, Istanbul, Turkey. Published by IEEE. pp. 313–316.
129. Naydenova, V., E. Roumenina, G. Kanev, L. Filchev, K. Stefanov. 2007. Investigating the Stream Network Changes and Landslide Processes in Open Coal Mining Areas Using Remote Sensing Methods. Proc. of the 3-rd International Conference on Recent Advances in Space Technologies – RAST 2007, Istanbul, Turkey. Published by IEEE. pp. 242-246. IEEE Catalog Number:07EX1710
130. Кънев, Г., В. Найденова, Е. Руменина, Р. Недков. 2006. Методика за мониторинг на природна забележителност Кътински пирамиди с помощта на геоинформационни технологии. Екологично инженерство и опазване на околната среда. 3-4. Изд. НД „ЕИООС". стр. 26–34.
131. Кънев, Г., В. Найденова, Е. Руменина, Р. Недков. 2009. Локален геоморфоложки анализ на динамиката на релефа в района на природна забележителност Кътински пирамиди. Годишник на СУ „Св. Климент Охридски", ГГФ, 2-География. 101. Университетско издателство СУ „Св. Климент Охридски". стр. 43–58.
132. Naydenova, V. 2008. Land Use Change of the Kutina Pyramids Natural Landmark Area. Proc. of the Fourth Scientific Conference Space, Ecology, Nanotechnology Safety (SENS'2008) with International Participation. Published by SRI-BAS. pp. 126–131.
133. Геоекологична оценка на площадката на обект: "Спортен Център Кътина – Голф Ресорт". Договор № 008/01.07.2007 сключен между ИКИ-БАН и Ферри груп корпорейшън (България) ЕООД.
134. Гиков, А. 2010. Използване на дистанционни данни за изучаване на свлачища (на примера на свлачището при Генерал Гешево – Източни Родопи). Сб. с доклади от Шеста научна конференция с международно участие „Космос, Екология, Сигурност (SES 2010). Изд. ИКИ-БАН. стр. 260–269.
135. Гиков, А., Х. Спиридонов, Г. Желев. 2010. Изследване на свлачищните процеси между селата Устрен и Генерал Гешево, Източни Родопи. В Сб. с доклади от Шеста научна конференция с международно участие „Космос, Екология, Сигурност (SES 2010). Изд. ИКИ-БАН. стр. 373–380.
136. Геоекологични изследвания на опасни природни процеси с използване на дистанционни и наземни методи и геоинформационни технологии, Договор между Институт по геоекология–РАН и ИКИ–БАН, 2006-2008
137. Руменина, Е., Г. Желев, П. Димитров, Л. Филчев, И. Каменова, А. Гиков, М. Банов, В. Кръстева, М. Керчева, В. Колчаков. 2019. Интегрирана система за дистанционно определяне на състоянието на посеви на земеделски култури. Патент 3283 U1 / 27.09.2019. Официален бюлетин на патентното ведомство на Република България. 11.1/15.11.2019. стр. 6379–6417.
138. Roumenina, E., V. Kazandjiev, P. Dimitrov, L. Filchev, V. Vassilev, G. Jelev, V. Georgieva, H. Lukarski. 2013. Validation of LAI and assessment of winter wheat status using spectral data and vegetation indices from SPOT VEGETATION and simulated PROBA-V images. // International Journal of Remote Sensing, Vol. 34, No 8, Publisher Taylor & Francis. pp. 2888-2904. DOI: 10.1080/01431161.2012.755276л.
139. Roumenina, E., G. Jelev, P. Dimitrov, L. Filchev, V. Kazandjiev, V. Georgieva, D. Joleva. 2012. Monitoring of Winter Wheat of the Enola Variety on the Lozenets Reference Area Using Satellite and Ground-Based Data. Field Crops Studies, VII–2. Published by Dobroudja Agricultural Institute G. Toshevo, Bulgaria. pp. 221–232.
140. Roumenina, E., L. Filchev, G. Jelev, P. Dimitrov, H. Lukarski, V. Kazandjiev, V. Georgieva. 2012. Determination of Wheat Crop Status After Winter Using Simulated PROBA-V and Ground-Based Data. Proc. of the 7-th Scientific Conference with International Participation Space, Ecology and Safety (SES 2011). Published by SSTRI-BAS. pp. 197–207.
141. Roumenina, E., P. Dimitrov, L. Filchev, G. Jelev. 2014. Validation of MERIS LAI and FAPAR products for winter wheat-sown test fields in North-East Bulgaria. The online platform for Taylor & Francis Group

content, 35 (10), International Journal of Remote Sensing. pp. 3859–3874. DOI:10.1080/ 01431161.2014.919681,
142. Kamenova, I., P. Dimitrov, R. Yordanova. 2018. Evaluation of RapidEye vegetation indices for prediction of biophysical/biochemical variables of winter wheat. Aerospace Research in Bulgaria. 30. Published by SRTI –BAS. pp. 63–74.
143. Kamenova, I., P. Dimitrov. 2019. Evaluation of Sentinel-2 Vegetation Indices for Prediction of Biophysical Variables of Winter Wheat in Bulgaria 39th Annual EARSeL Symposium. (Poster)
144. Assessment of RapidEye imagery and Red-edge vegetation indices for monitoring of winter wheat distribution and in-season development. ESA third party mission. 2015.
145. Моделиране и картографиране на хлорофилно и азотно съдържание на посеви от зимна пшеница чрез многоканални сателитни изображения. Договор № ДФНП17-177/3.08. 2017 АБР. Програма за подпомагане на млади учени и докторанти – 2017 г. по ПМС 347/08.12.2016. 2017-2019,
146. Roumenina, E., G. Jelev, V. Vassilev, P. Dimitrov, I. Kamenova, V. Krasteva, V. Kolchakov, M. Nankov. 2016. Winter Wheat Crop State Assessment, Based on Satellite Data from the Experiment Spot-5 Take-5, Unmanned Airial Vehicle Sensefly Ebee Ag and Field Data in Zlatia Test Site, Bulgaria. Proc. of the Eleventh scientific conference with International Participation Space, Ecology, Safety (SES 2015). Published by SRTI-BAS, pp.143–153.
147. Dimitrov, P., I. Kamenova, E. Roumenina, L. Filchev, I. Ilieva, G. Jelev, A. Gikov, M. Banov, V. Krasteva, V. Kolchakov, M. Kercheva, E. Dimitrov, N. Miteva. 2019. Estimation of biophysical and biochemical variables of winter wheat through Sentinel-2 vegetation indices. Bulgarian Journal of Agricultural Science. Published by Agricultural Academy in Bulgaria. 25 (5), pp. 819–832.
148. Kolchakov, V., M. Kercheva, M. Banov, V. Krasteva, E. Roumenina, M. Dimitrov, G. Jelev, L. Filchev, E, Dimitrov, A. Gikov. 2019. Complex evaluation of winter wheat growing conditions in Northwestern Bulgaria. Proc. of the 10-th International Soil Congress Successful Transformation toward Land Degradation Neutrality: Future Perspective. Ankara, Turkey. 10. pp. 482–487.
149. Jelev, G., E. Roumenina, M. Nankov, P. Dimitrov, I. Kamenova1, V. Krasteva, I. Ilieva, Y. Naydenov. 2016. Application of Specialized Unmanned Systems Sensefly Ebee Ag for Mapping and Evaluation of Maize Crop State With Different Fertilizing Rate. Proc. of the Eleventh scientific conference with International Participation Space, Ecology, Safety (SES 2015), Published by SRTI-BAS. pp. 154–166.
150. Василев, В. 2013. Разпознаване на земеделски култури по спътникови данни. Дисертационен труд и автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор”, Акад. Изд. „Проф. М.Дринов”.154 стр., 44 стр.
151. Vassilev, V. 2015. Mapping Sofia Plain Arable Land Dynamics Using Landsat-8 Oli Images and Ground Data. Aerospace Research in Bulgaria. 27. Published by SRTI-BAS. pp. 66–77.
152. Vassilev, V., E. Roumenina. 2011. Accuracy assessment comparison of per-pixel supervised and object-oriented land-cover classifications on a QuickBird image. In: Proc. of the 6-th Scientific Conference with International Participation Space, Ecology and Safety (SES 2010). Published by SSTRI-BAS. pp. 276–283.
153. Vassilev, V., E. Roumenina. 2015. Mapping Crop Condition Using Quickbird-2 and Worldview-1 Satellite Images and Derived Products. A Precision Agriculture Case Study for Part of *Zhiten* Test Site in Northeast Bulgaria. Aerospace Research in Bulgaria. 27. Published by SRTI-BAS. pp. 78–91.
154. Dimitrov, P. I. Kamenova, G. Jelev. 2016. Correlation Analysis of Time Series NDVI Data for Crop Mapping. Proc. of the Eleventh scientific conference with International Participation Space, Ecology, Safety (SES 2015). Published by SRTI-BAS. pp. 167–173.
155. Crop Monitoring using PROBA-V 100m S10 products on Zlatia test site – Bulgaria. Project between the SRTI-BAS and the VITO (BE), under the „PROBA-V 100 m Exploration Exercise”. 2014.
156. Roumenina, E., C. Atzberger, V. Vassilev, P. Dimitrov, I. Kamenova, M. Banov, L. Filchev, G. Jelev. 2015. Single- and multi-date crop identification using PROBA-V 100 and 300 m S1 products on Zlatia test site, Bulgaria. Remote Sensing, 7 (10), Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), ISSN: 2072-4292. DOI:10.3390/rs71013843, 13843–13862.
157. Dimitrov, P., I. Kamenova, V. Vassilev, E. Roumenina, M. Banov, G. Jelev. 2015. Crop Type Mapping by PROBA-V Satellite Data with 100 m and 300 m Spatial Resolution at Zlatia Test Site, Bulgaria. Proc. of the Tenth anniversary scientific conference with international participation Space, Ecology, Safety (SES 2014). Published by SRTI-BAS, pp. 260–267.
158. Dimitrov, P., Dong, Q., Eerens, H., Gikov, A., Filchev, L., Roumenina, E., Jelev, G. 2019. Sub-Pixel Crop Type Classification Using PROBA-V 100 m NDVI Time Series and Reference Data from Sentinel-2 Classifications. Remote Sensing, 11 (11). MDPI. DOI:10.3390/rs11111370, JCR-
159. Gikov, A., P. Dimitrov, L. Filchev, E. Roumenina, G. Jelev. 2019. Crop type mapping using multi-date imagery from the Sentinel-2 satellites. Comptes rendus de l’Academie bulgare des Sciences, 72, 6, Bulgarian Academy of Sciences Publishing House "Prof. Marin Drinov", pp. 787–795. DOI:10.7546/ CRABS.2019.06.11.
160. Илиева, И., Й. Найденов, И. Каменова, Г. Желев, 2016. Изследване на взаимозависимостта между фотосинтетичната активност и вегетационни индекси при соя. . Proc. of the Eleventh scientific conference with International Participation "Space, Ecology, Safety" (SES 2015). Published by SRTI-BAS, pp. 204–208.
161. Ganeva, D. 2018. Semiautomatic retrieval of biomass based on Vegetation Index optimization and learning machine methods for winter rapeseed crops. Proc. of the Fourteenth International Scientific Conference - Space, Ecology, Safety (SES 2018). Published by SRTI-BAS, pp. 299–305.

162. Ganeva, D., E. Roumenina. 2018. Remote estimation of crop canopy parameters by statistical regression algorithms for winter rapeseed using Sentinel-2 multispectral images. Aerospace Research in Bulgaria. 30. Published by SRTI-BAS, pp. 75-95. DOI:10.3897/arb.v30.e07.
163. Ganeva, D., E. Roumenina, G. Jelev, M. Banov, V, Krasteva, V. Kolchakov. 2019. Applicability of parametric and nonparametric regression models for retrieval of crop canopy parameters for winter rapeseed and wheat crops using Sentinel-2 multispectral data. Proc. of the SPIE Vol. 11174 111740J-3, Seventh International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2019) 44 (2019). doi:10.1117/12.2533651
164. Ganeva, D. 2018. Rapeseed crops flowering duration estimation by RGB images acquired by consumer drone: A tool for ground-truthing. in Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 10773, (2018). doi: 10.1117/12.2326149.
165. Ганева, Д., Е. Руменина. 2019. Оценка на състоянието на посеви от зимна рапица в Североизточна България чрез спътникови и наземни данни. Космос, Екология, Сигурност (Space, Ecology, Safety) – SES 2019 (постер). doi:10.13140/RG.2.2.24999.29606.
166. Оценка на състоянието на посеви от зимна рапица в Североизточна България чрез спътникови и наземни данни. Договор № ДФНП-17-43/26.07.2017 сключен между ИКИТ-БАН и БАН по Програма за подпомагане на млади учени и докторанти – 2017.
167. Assessment of the potential and qualities of the forthcoming Sentinel-2 mission for precision agricultural applications based on SPOT 5 TAKE 5 experimental data on Zlatia test site. BULAGRI – ZVM. 2015-2018.

ГЕОФИЗИЧНИ УСЛОВИЯ ПРИ ВЪЗНИКВАНЕТО НА ТЕМПЕРАТУРНИ АНОМАЛИИ НА ПОВЪРХНОСТТА НА ЧЕРНО МОРЕ

Ангел Манев[1], Любомира Янкова[1], Мирослав Костов[2], Веселин Ташев[1]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Астрономическа Обсерватория „ЮРИЙ ГАГАРИН“ гр.Стара Загора
e-mail: amanev@abv.bg

Ключови думи: *температура, аномалии, спътник, Черно море*

Резюме: *В настоящата статия се изследват краткосрочните температурни аномалии на морската повърхност на Черно море за периода 1988-1999 години. Изследването се основава на ежедневни сателитни данни за температурни зони. Разглеждат се някои геофизични особености на възникването на краткосрочните аномалии на повърхността.*

GEOPHYSICAL CONDITIONS IN THE FORMATION OF TEMPERATURE ANOMALIES OF THE BLACK SEA

Angel Manev[1], Lyubomira Yankova[1], Miroslav Kostov[2], Veselin Tashev[1]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Yuri Gagarin Astronomical Observatory Stara Zagora
e-mail: amanev@abv.bg

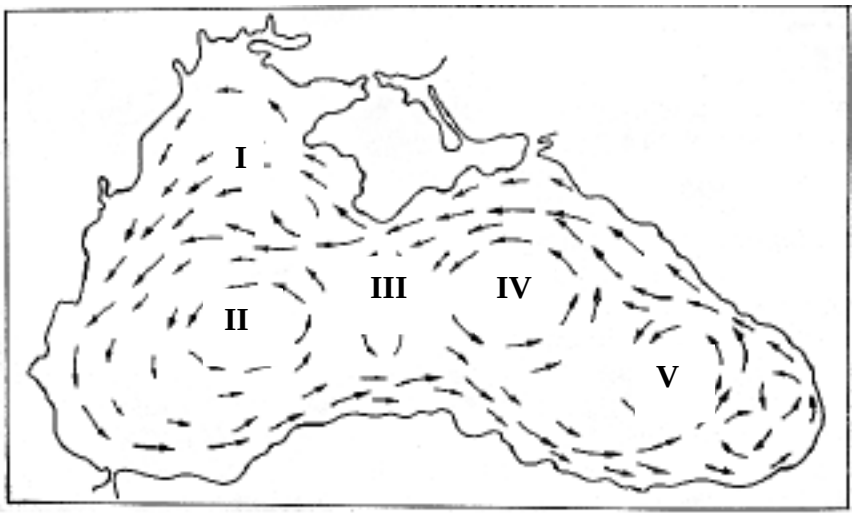
Keywords: *temperature, anomaly, satellite, Black Sea*

Abstract: *This article explores the short-term temperature anomalies of the Black Sea surface for the period 1988-1999 years. The study is based on daily satellite data for temperature zones. Some geophysical features of the occurrence of short-term surface anomalies are considered*

Температурните аномалии на повърхността на Черно море имат пространствени и времеви характеристики. Детайлното им изследване стана възможно едва след прилагането на спътниковите методи за дистанционно изследване на Земята след 1980 година. Комбинирането на ежедневни инфрачервени температурни карти на цялата повърхност на морето с данните за геофизичната обстановка около и над морето дава възможност да се изследва генезиса на възникването на аномалиите. Вече е възможно да се оценят степените на влияние на различни фактори върху повърхността на морето и да се анализират слънчево-земните въздействия при възникването на кратковременни температурни аномалии. Изследването на връзката между динамиката на слънчевата активност и температурните процеси на Земята включва изследване на краткосрочните, до 10 дни, повишавания и спад на температурите на повърхността както на целия басейн, така и на отделни участъци от него.

За основа на настоящото изследване са използвани данни от спътниковата система NOAA [7] за температурно картиране на водните повърхности на Земята. Параметрите на данните са следните : пространствена разделителна способност на спътниковите данни 9Х9 км, времево отстояние – едно денонощие между две «температурни» снимки на една и съща повърхност. Точност на абсолютните температури – не по-лоша от 0.5^0 С след процедури за възстановяване на полетата [5]. За целите на изследването са избрани 5 характеристични зони на повърхността на Черно море показани на фиг.1. Размерът на всяка от зоните е 117х117 км. Първата зона се характеризира с плитководие и голям приток на сладководни води от реките Днепър и Дунав. Втората и четвъртата зони са в центъра на циклоналните вихри на

повърхността на водата. Третата зона е междинна и се очаква там да се наблюдават по-динамични процеси в сравнение с другите зони. Петата зона е дълбоководната зона, в която също се формира стабилен циклонален вихър.



Фиг. 1

Времевия период от 1.05 до 20.10 е разделен на 17 интервала от по 10 дни всеки. Така е получено хистограмното разпределение на аномалиите във всеки от десетдневните интервали за всяка зона и за целия басейн.. Разпределението на аномалиите за цялата акватория на морето е показано, като пример за характера на хистограмите, на фигура 2. През целият изследван период, броят на аномалиите с продължителност до 10 денонощия е следния: I зона - 84, II зона - 99, III зона – 126, IV зона – 119, V зона – 119. Върху графиките с хода на температурата на цялата акватория могат да се локализират 51. По малкият брой, регистрирани аномалии на цялата повърхност се обяснява със замазващия ефект на осредняването. При анализа на зоните се осредняват само 169 пикселови стойности, докато при цялата акватория осредвянето се прави по около 8000 точки. Така върху , чистите от влиянието на крайбрежните полета, изследвани 5 зони, се налага въздействието и на сушата, и като плитководие, и като метеорологичен фактор.

Разпределението на аномалиите има характерни особености за които може да се съди по най-близките регресионни криви на появата им във времето. Изследването на регресионния коефициент r^2 при различни регресионни зависимости за зоните и цялата акватория е показано в Таблица 2.

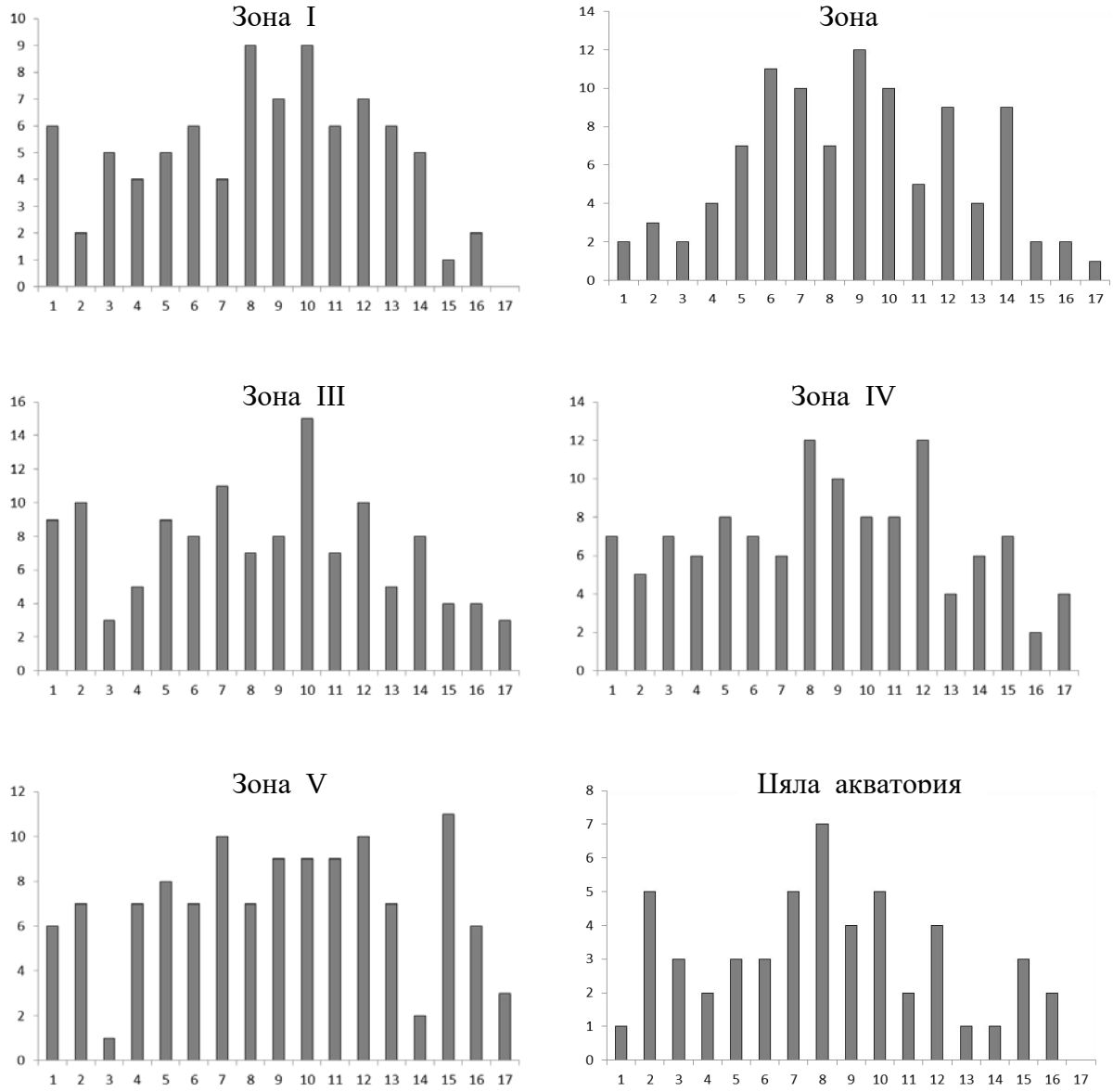
Таблица 1

Зона \ формула	Линейна	Квадратична	Кубична
I	0.073	0.583	**0.698**
II	0.003	**0.663**	**0.664**
III	0.090	0.300	0.382
IV	0.046	0.415	0.446
V	0.002	0.259	0.228
Цяла акватория	0.100	0.408	0.415

Интерпретацията на регресионния коефициент r^2 е следната [4] : $0.95 < r$ – голяма точност на апроксимацията , $0.80 < r < 0.95$ - задоволителна апроксимация, $0.60 < r < 0.8$ - проблемна апроксимация, $r < 0.6$ - недостатъчно адекватна апроксимация.

От Таблица 1 се вижда, че вида на разпределението на аномалиите може да се оподоби на квадратично или кубично. Линейната динамика явно се отхвърля от анализа. Квадратична и кубична апроксимация се регистрира само в I и II зони. Там възникването на аномалиите във времето ще има камбановидна форма с връх на камбаната около средата на изследвания период – средата на лятото. Такова разпределение е очаквано с оглед годишния ход на температурите на повърхността на морето – той е подобен и е с максимум около средата на лятото.

Интерес представлява наличието на стабилен локален максимум, в появата на аномалии, в 12-ти времеви период във всички зони. Това е времето между 18 и 28 юли.



Фиг. 2

В Таблица 2 е показана стойността на корелационният коефициент на Пирсън за паралелност в динамиката на появата на аномалии за петте зони и за цялата акватория.

Таблица 2

	I	II	III	IV	V	Цяла акватория
I	1	**0.631**	**0.544**	**0.701**	0.200	0.452
II	**0.631**	1	**0.657**	**0.535**	0.367	0.468
III	**0.544**	**0.657**	1	0.384	0.452	**0.521**
IV	**0.707**	**0.535**	0.384	1	0.379	**0.591**
V	0.200	0.367	0.452	0.379	1	0.461
Цяла акватория	0.452	0.468	**0.521**	**0.591**	0.461	1

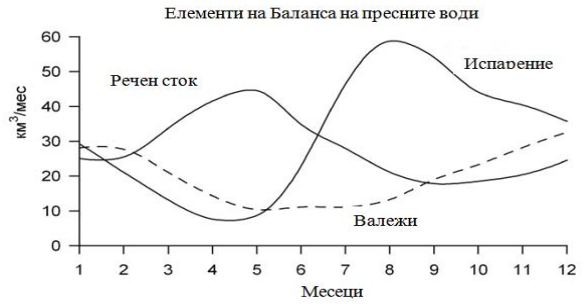
Интерпретацията на коефициента на Пирсън е следната [1] : $0.90 < r$ - много голяма корелация, $0.70 < r < 0.90$ - висока корелация , $0.50 < r < 0.70$ - средна корелация, $0.20 < r < 0.50$ - слаба корелация, $r < 0.20$ - много слаба корелация.

От матрицата е видно, че не съществува корелация, или тя е много слаба между възникването на аномалии в V-та зона и останалите зони на морето. Причината най-вероятно е

в отдалечеността на зона V от зона I и подложеността им на различни метеорологични процеси. Което не означава, че е задължително механизмите за възникването на аномалиите да са са различни за зони I, от една страна, и зона V от друга. Ако се предположи, че съществува глобална причина за възникването на температурните аномалии, е необходимо да се разгледат причините за ниската корелация на V зона с останалите зони. Това ще бъдат най-вероятно климатично обособени местни фактори в южната част на морето.

Корелация се наблюдава при развитието на аномалиите в I, II и III зони, това е Източното и Централно черноморие. В динамичната III зона възникването на аномалии не може да се свърже с това в съседната и IV зона. Първата причина за тези особености може да се потърси в наличието на сладководния приток на води в Източното черноморие.

На фигурите от 3 до 7 е показан ходът на основните хидро метеорологически и енергийни процеси, които могат да влияят върху генезиса на температурните аномалии [2,3]. А в Таблица 3 са корелационните коефициенти между всеки един от тези формиращи елементи и наличието на аномалии във всяка една от петте области и цялата акватория.



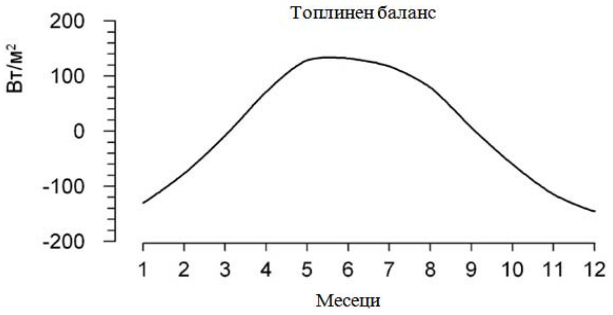
Фиг. 3



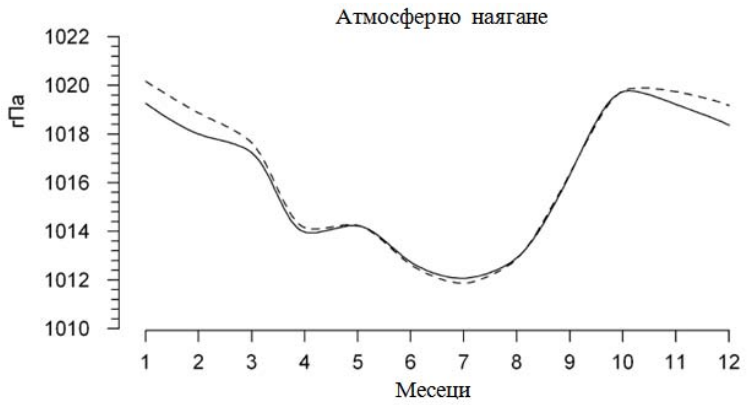
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

Топлинният баланс е представен със сезонния ход на скоростта на изменение на топлосъдържанието на слоя от 0 до 100 м от повърхността на морето. Сезонният ход на приземното атмосферно налягане над Черно море е построен на базата на синоптични карти и

спътникови данни (пунктираната линия) за периода от 1961 до 1990 години и включва годините през които се анализират аномалиите. Водният баланс и елементите му са определени пак за период до 1991г. [3,6]. Сезонният сток на прясна вода от реките Дунав и Днепър е определен на наблюдения от 1950 до 2000 година.

Таблица 3

	I	II	III	IV	V	Цяла акватория
Топлинен баланс	**0.714**	**0.818**	0.472	**0.614**	0.536	0.542
Атмосферно налягане	-0.130	-0.246	-0.165	-0.169	-0.016	-0.467
Баланс на пресните води	0.420	0.091	0.186	0.145	0.133	-0.056
Валежи	**-0.780**	**-0.636**	-0.563	-0.595	-0.520	-0.288
Испарение	0.130	0.246	0.165	0.169	0.016	-0.467
Сток на р.Дунав	0.579	**0.659**	0.495	0.531	0.379	**0.635**
Сток на р.Днепър	0.182	0.292	0.202	0.232	0.086	0.517

Когато се анализират параметрите, които могат да влияят на температурните аномалии е коректно да се съпоставят с данните за цялата акватория на морето, защото факторите в Таблица 3 са осреднени за цялото море. Въпреки това изложените данни в Таблица 3 за петте зони може да даде не толкова количествена оценка, колкото да подскаже наличието на тенденции за влиянието на параметрите върху аномалиите територията на морето. Основните геофизични фактори, характеризиращи повърхността на морето, са топлинния баланс, приземното атмосферно налягане и водния баланс на водите в морето. Корелационните коефициенти при съпоставката на генезиса на аномалиите, проявили се на цялата акватория на морето, със сезонното изменение на тези три фактора са недостатъчни за да се твърди, че има надеждно регистрирана корелация. Единствено при топлинния баланс може да се говори за евентуална средна корелация на границата с нищожна корелация r = 0.542.

Разпределението на резултатния топлинен баланс има съществена особеност – средно за годината морето получава топлина в южната си час а я отдава в северната. Цялата западна част на морето има отрицателен температурен баланс. Точно този пренос на топлина е възможната причина за високите корелационни коефициенти за I и II зони. Той е предпоставка да се проявяват температурните аномалии, чиито генезис може да е съвсем друга причина. Тази връзка трябва да се изследва детайлно за да се оцени количественото влияние на във връзка с амплитудите на генерираните аномалии в северната част, зони I и II, и тези в зона V.

При водния баланс е естествено да се очаква, че влиянието на река Дунав ще е значително точно върху II зона. Но доколко водите на реката ще влияят на температурата на II зона е също дискусионен въпрос, който трябва да се оцени количествено. Влиянието на другата голяма река Днепър е изключено върху възникването на температурните аномалии.

Изпарението превишава валежите на по-голямата част от повърхността на Черно море, освен прибрежието на Грузия и източна Турция. Там освен падането на максимално количество атмосферни валежи, е разположена и така наречената област на минимално изпарение, обусловена от зона на слаби ветрове [3]. От друга страна изследвания период от май до октомври е период през който падат най-малко валежи над морето. Следователно средната корелация на валежите с температурните аномалии за зони I и II не може да бъде указание за причинно следствена връзка между възникването на аномалиите и валежите над морето. По-малкото валежи над зони I и II през лятото предполага повече безоблачно небе, или това е предпоставка за възникването на температурни аномалии. По този начин е възможно да се обясни средната отрицателна корелация между валежите и появата на температурните аномалии. Когато има валежи, над определени части от морето небето е облачно или не възникват аномалии в температурата на повърхността му или не могат да се регистрират.

В заключение могат да се направят следните изводи:

1. Генерацията на кратковременните температурни аномалии на повърхността на Каспийско море не могат да се свържат с процеси характеризиращи се с линейно, квадратично или кубично изменение в продължителността на края на пролетта, лятото и началото на есента.
2. Аномалиите не винаги възникват едновременно на цялата акватория на морето.е подчиняват на е еднаква и едновремена върху цялата повърхност на морето.
3. Изследваните процеси : валежи, изпарение, воден сток и динамика на атмосферното налягане на повърхността не са сред главните причини за възникването на температурните аномалии. Остава открит въпросът за връзката на динамиката на слънчевата активност, като активен фактор, за възникването на аномалиите.

Литература:

1. Ганева, З., Да преоткрием статистиката с IBM SPSS STATISTICS, 2016,Печат Елестра ЕООД, ISBN 978-619-7292-01-5
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том IV. Черное море. Выпуск 1. Гидрохимические условия, Справочник, Проект Моря, Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат,1991. 430 стр.
3. Иванов, В. А., Белокопытов В. Н. Океанография Черного моря, Севастополь 2011,с. 212, УДК 551.465 (262.5), ISBN 978-966-022-6165-5
4. Курзаева, Л. В. Регрессионный анализ в эектронных таблицах// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12-7. С. 1234–1238; URL: https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11019 (валидност: 04.11.2020).
5. Манев, А., Иванов В., Райков С. Възстановяване на температурните полета на повърхността на Черно море по данни от оперативни спътникови наблюдения, “Юбилейна научна сесия 2001 “40 години от първия полет на човек в Космоса” , 12-13 април 2001г, гр,Долна Митрополия, Сб.докл. том II, стр. 186–191.
6. Симонов, А. И., Альтман Э. Н. (ред.) Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. – С.Пб: Гидрометеоиздат, 1991. – Т. 4: Черное море, вып.1. Гидрометеорологические условия. 429 с. http://ncdc.noaa.gov

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ НА ДОБИВА ОТ БИОЛОГИЧНА ПШЕНИЦА С ИЗПОЛЗВАНЕ НА АЕРОКОСМИЧЕСКИ МЕТОДИ

Милен Чанев, Лъчезар Филчев

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

Ключови думи: *дистанционни изследвания, биологично земеделие, модели за прогнозиране на добива от пшеница*

Резюме: *С изменението на климата все по-чести стават неблагоприятните природни явления, като наводнение и суша, които от своя страна са основна заплаха за добивите от пшеница. Почти всички региони на планетата са уязвими от подобни климатични събития. Дистанционните методи могат да помогнат на земеделските производители давайки им актуална информация за състоянието на посевите и прогноза на добивите от пшеница, като по този начин минимизират риска от климатичните промени.*

POSSIBILITIES FOR FORECASTING THE YIELD OF ORGANIC WHEAT USING AEROSPACE METHODS

Milen Chanev, Lachezar Filchev

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

Keywords: *remote sensing, organic farming, models for forecasting wheat yield*

Abstract: *With climate change, adverse natural phenomena, such as floods and droughts, are becoming more common, which in turn are a major threat to wheat yields. Almost all regions of the planet are vulnerable to such climatic events. Remote sensing methods can help farmers by giving them up-to-date information on the condition and yield forecasting of wheat crops, thus minimizing the risk of climate change.*

Въведение

Производството и сигурността на храните привличат вниманието на научните общности по целия свят. Симулацията на растежа на културите и мониторингът на добива са от съществено значение за информиране и разработване на национални политики за продоволствена сигурност и стратегии за управление на производството (Huang, J. et al. 2016; Huang, J. et al. 2015, Zhuo, W. et al. 2019). Изменението на климата, замърсяването на околната среда, недостигът на вода и промяната в качеството на обработваемата земя оказват сериозно въздействие върху растениевъдството (Xie, Y. et al. 2017; Zhuo, W. et al. 2019). Следователно навременната и точна информация за регионалния растеж и добив е от голямо значение за продоволствената сигурност и устойчивото развитие на селското стопанство. Оценката на добива на култури в регионален мащаб за дълъг период от време е от голямо значение за продоволствената сигурност.

Целта на този доклад е да се проучат възможностите за създаване на пространствен модел за прогнозиране на добивите чрез използване на аеро-космически методи в биологичното отглеждане на зърнено-житни култури, като с помощта на такъв модел да се избегнат рисковете, които могат да възникнат породени от неблагоприятни природни и най-вече климатични явления, които в нашата страна се изразяват най-вече в аридизация на климата в следствие на климатичните промени. В доклада е направен опит за преглед на съществуващи

подобни модели правени за посеви в конвенционалното земеделие, като целта е да обобщим възможностите за прилагане на тези модели в условията на биологично земеделие. Биологично стопанство се отличава от конвенционалното с различна технология на отглеждане на земеделските култури. Редица научни изследвания са доказали, че тя е много по-щадяща околната среда и по-устойчива във времето в сравнение с конвенционалната, като в същото време произведената продукция е и по-здравословна, но за съжаление има много по-малко механизми за преодоляване на неблагоприятните природни явления. Това прави още по-голяма нуждата от навременно прогнозиране на рисковете за културата.

Модели за прогнозиране на добивите

Потенциалът на растениевъдството е индекс, използван за оценка на капацитета за производителност на растенията в един регион. Пространственият производствен потенциал може да помогне да се даде максимална стойност на добива и визуално да се изяснят перспективите за развитие на селското стопанство. Моделът DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) се използва при анализ на растежа на културите, но пространствената симулация и анализ с висока пространствена разделителна способност не са широко използвани за определяне на подходящи места за засаждане на култури. Симулационният модел на World Food Studies (WOFOST е механистичен модел за количествен анализ на растежа и производството на едногодишни полски култури. Той количествено определя растежа на културите въз основа на основните процеси, като фотосинтеза, дишане и как тези процеси се влияят от условия на околната среда. WOFOST изчислява постижимата продукция на култури, биомаса, използване на вода и др. За местоположение, което има познания за вида на почвата, типа култури, метеорологичните данни и факторите за управление на културите (напр. Дата на сеитба). WOFOST е един от моделите, внедрени в системата за мониторинг на растежа на растенията в ЕС, която се използва оперативно за мониторинг на обработваеми култури в Европа и за изготвяне на прогнози за добивите за текущия вегетационен сезон (WOFOST 2020).

Геоинформационни технологии за прогнозиране на добивите

Географската информационна система (ГИС) може да се използва за обработка на пространствени данни и предоставяне на карта на пространственото разпределение на производствения потенциал (Lang, T. et al. 2020). От 70-те години на миналия век, с развитието на компютърните технологии, методите за получаване и оценка на информацията за растежа на културите въз основа на дистанционно наблюдение, ГИС и модели за растеж на културите стават все по-популярни в проучванията и са полезни за вземане на решения в селското стопанство (Brown, A.,et al. 1999; Mkhabela, S. et al. 2011; Sun, H., et al. 2012; Xu, X., et al. 2017; Lollato, P., et al, 2017; Lang, T., et al. 2020). Зоните за засаждане на култури могат да бъдат идентифицирани и извлечени от спектрални, времеви и пространствени характеристики, отразени в изображенията получени чрез дистанционните методи (HU, Q., et al. 2015; Sonobe, R., 2019; Lang, T., et al. 2020; Meng, S., 2020). ГИС има функцията за обработка и анализ на географски данни и се прилага широко в много области, включително селското стопанство (Wang, L., Et al. 2005; Thakkar, K., 2017; Rohit, S., et al. 2018; Lang, T., et al. 2020).

Моделът на растеж на културите предоставя важно средство за количествено определяне на селскостопанската продукция. Той може да симулира физиологични процеси, като етап на растеж на културите, образуване на органи, натрупване на биомаса, разпределение на материята, добив и връзката между физиологичните процеси и околната среда (Jones, W., et al. 2003; Negm, M., et al. 2014; Boote, J., et al. 2018; Lang, T., et al. 2020). Той е широко използван в климатичните промени, прецизното земеделие и като цяло в селскотостопанство. Чрез свързване на модели за растеж на културите с ГИС технология, проблемът за пространствена симулация може да бъде решен, като се има предвид пространствената хетерогенност на почвата, времето и управлението (Rezzoug, W. et al. 2008; Liu, L. et al. 2011; Araya, A. et al. 2017; Lang, T. et al. 2020).

През последните десетилетия интегрирането на наблюдения от дистанционно наблюдение и модели за растеж на културите беше признато като обещаващ подход за наблюдение на растежа на културите и оценка на добива (Zhuo, W. et al. 2019). Използването на точната и навременна информация за растежа и предвижданият добив получавана чрез аеро-космически методи ще послужи на фермерите да адаптират операциите във фермата и да оптимизират работните процеси, като така намалят риска от загуба на реколтата и повишаване на разходите за единица продукция (Setiyono T., A. Nelson and F. Holecz 2014). Пространствената и временна информация за сезонността и състоянието от дистанционното

наблюдение са ключови данни за реколтата. Тъй като поради облачност може да бъде възпрепятствано събирането на данни има възможност за комбинирането на оптични данни с такива от радар (SAR) може да прониква през облаците и има възможности да се получават данни във всякакви метеорологични условия. Това позволява по-надежден и последователен мониторинг на реколтата и оценка на добива по отношение на данните от радарния сензор. Ценната информация, получена от данни от оптично и SAR дистанционно наблюдение, ни позволява да оценим комбинираната способност на двата източника на данни, като ги асимилираме в модела за растеж на културите (Prévot, L. et al. 2003; Dente, L. et al. 2008; Betbeder, J. et al. 2016; Zhuo, W. et al. 2019).

Авторския колектив воден от Song, Y., et al. 2020 изследва въздействието на топлинния стрес върху фотосинтезата и добива на културите. Авторите създават модел използващ, както статистически модели, така и сателитни данни, предизвикани от слънчевата хлорофилна флуоресценция, за оценка въздействието на топлинния стрес върху добива на пшеница в Индия. Статистическият модел показа, че връзките между различните температурни суми и отчетения добив на пшеница са значително отрицателни. Резултатите потвърждават, че топлинният стрес е повлиял на добива на пшеница в целия регион. Въз основа на данните за слънчевата хлорофилна флуоресценция получени от сателитни наблюдения се установява, че слънчевата хлорофилна флуоресценция има силни отрицателни корелации с различни натрупани температурни суми и е в състояние да наблюдава топлинния стрес. Резултатите от слънчевата хлорофилна флуоресценция също така показват, че топлинният стрес причинява намаляване на добива, като пряко влияе върху фотосинтетичния капацитет на пшеницата. Фотосинтетичната активност може да се използва за откриване на вариациите в растежа на пшеницата и реакциите на различни топлинни стресове. Установяват, че топлинният стрес може да повлияе на добива на пшеница чрез директен спад на фотосинтетичния капацитет. Слънчевата хлорофилна флуоресценция може да се използва за подобряване, както на резултатите от мониторинга на топлинния стрес, така и за оценка на добива. Като цяло проучването измерва количествено въздействието на топлинния стрес върху добива на пшеница и разкрива физиологичния му път. Като нови космически данни, сателитните наблюдения на Слънчевата хлорофилна флуоресценция показват неговия голям потенциал за наблюдение на растежа на културите и оценка на въздействието на топлинния стрес върху добива. С помощта на слънчевата хлорофилна флуоресценция, като ефективен показател за фотосинтетична активност ще подобри нашето разбиране за въздействието на топлинния стрес върху добива на пшеница.

Литература:

1. Araya, A.; Kisekka, I.; Gowda, P. H.; Prasad, P.V.V. Evaluation of water-limited cropping systems in a semi-arid climate using DSSAT-CSM. Agric. Syst. 2017, 150, 86–98.
2. Betbeder, J.; Fieuzal, R.; Baup, F. Assimilation of LAI and dry biomass data from optical and SAR images into an agro-meteorological model to estimate soybean yield. IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. 2016, 9, 1–14.
3. Boote, K. J.; Prasad, V.; Allen, L. H.; Singh, P.; Jones, J. W. Modeling sensitivity of grain yield to elevated temperature in the DSSAT crop models for peanut, soybean, dry bean, chickpea, sorghum, and millet. Eur. J. Agron. 2018, 100, 99–109.
4. Brown, R. A.; Rosenberg, N. J. Climate change impacts on the potential productivity of corn and winter wheat in their primary United States growing regions. Clim. Chang. 1999, 41, 73–107.
5. Dente, L.; Satalino, G.; Mattia, F.; Rinaldi, M. Assimilation of leaf area index derived from ASAR and MERIS data into CERES-Wheat model to map wheat yield. Remote Sens. Environ. 2008, 112, 1395–1407.
6. Huang, J.; Ma, H.; Su, W.; Zhang, X.; Huang, Y.; Fan, J.; Wu, W. Jointly assimilating MODIS LAI and et products into the swap model for winter wheat yield estimation. IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. 2015, 8, 1–12.
7. HU, Q.; Wu, W. B.; Song, X.; Yu, Q. Y.; Yang, P.; Tang, H. J. Recent progresses in research of crop patterns mapping by using Remote Sensing. Sci. Agric. Sin. 2015, 10, 34–48.
8. Huang, J.; Sedano, F.; Huang, Y.; Ma, H.; Li, X.; Liang, S.; Tian, L.; Zhang, X.; Fan, J.; Wu, W. Assimilating a synthetic Kalman filter leaf area index series into the WOFOST model to improve regional winter wheat yield estimation. Agric. For. Meteorol. 2016, 216, 188–202.
9. Jones, J. W.; Hoogenboom, G.; Porter, C. H.; Boote, K. J.; Batchelor, W. D.; Hunt, L. A.; Wilkens, P.W.; Singh, U.; Gijsman, A. J.; Ritchie, J. T. The DSSAT cropping system model. Eur. J. Agron. 2003, 18, 235–265.
10. Lang, T., Yang, Y., Jia, K., Zhang, C., You, Z., & Liang, Y. (2020). Estimation of Winter Wheat Production Potential Based on Remotely-Sensed Imagery and Process-Based Model Simulations. Remote Sensing, 12(17), 2857. doi:10.3390/rs12172857

11. Liu, H. L.; Yang, J. Y.; Drury, C. F.; Reynolds, W. D.; Tan, C. S.; Bai, Y. L.; He, P.; Jin, J.; Hoogenboom, G. Using the DSSAT-CERES-Maize model to simulate crop yield and nitrogen cycling in fields under long-term continuous maize production. Nutr. Cycl. Agroecosys. 2011, 89, 313–328.
12. Lollato, R. P.; Edwards, J. T.; Ochsner, T. E. Meteorological limits to winter wheat productivity in the U.S. southern Great Plains. Field Crops Res. 2017, 203, 212–226.
13. Meng, S.; Zhong, Y.; Luo, C.; Hu, X.; Wang, X.; Huang, S. Optimal Temporal Window Selection for Winter Wheat and Rapeseed Mapping with Sentinel-2 Images: A Case Study of Zhongxiang in China. Remote Sens. 2020, 12, 226.
14. Mkhabela, M. S.; Bullock, P.; Raj, S.; Wang, S.; Yang, Y. Crop yield forecasting on the Canadian Prairies using MODIS NDVI data. Agric. For. Meteorol. 2011, 151, 385–393.
15. Negm, L. M.; Youssef, M. A.; Skaggs, R. W.; Chescheir, G. M.; Jones, J. DRAINMOD–DSSAT model for simulating hydrology, soil carbon and nitrogen dynamics, and crop growth for drained crop land. Agric. Water Manag. 2014, 137, 30–45.
16. Prévot, L.; Chauki, H.; Troufleau, D.; Weiss, M.; Baret, F.; Brisson, N. Assimilating optical and radar data into the STICS crop model for wheat. Agronomie 2003, 23, 297–303.
17. Rezzoug, W.; Gabrielle, B.; Suleiman, A.; Benabdeli, K. Application and evaluation of the DSSAT-wheat in the Tiaret region of Algeria. Afr. J Agric. Res. 2008, 3, 284–296.
18. Rohit, S.; Sachin, S.K.; Angappa, G. Big GIS analytics framework for agriculture supply chains: A literature review identifying the current trends and future perspectives. Comput. Electron. Agric. 2018, 155, 103–120.
19. Setiyono, T., A. Nelson and F. Holecz 2014. Remote Sensing based Crop Yield Monitoring and Forecasting
20. Song, Y., Wang, J., & Wang, L. (2020). Satellite Solar-Induced Chlorophyll Fluorescence Reveals Heat Stress Impacts on Wheat Yield in India. Remote Sensing, 12(20), 3277. doi:10.3390/rs12203277
21. Sonobe, R. Combining ASNARO-2 XSAR HH and Sentinel-1 C-SAR VH/VV Polarization Data for Improved Crop Mapping. Remote Sens. 2019, 11, 1920.
22. Sun, H.; Xu, A.; Lin, H.; Zhang, L.; Mei, Y. Winter wheat mapping using temporal signatures of MODIS vegetation index data. Int. J. Remote Sens. 2012, 33, 5026–5042.
23. Thakkar, A. K.; Desai, V. R.; Patel, A.; Potdar, M. B. Post-classification corrections in improving the classification of Land Use/Land Cover of arid region using RS and GIS: The case of Arjuni watershed, Gujarat, India. Egypt. J. Remote Sens. Space Sci. 2017, 20, 79–89.
24. Wang, L.; Zhai, Y. X.; Wang, F. Development of Theory and Application in Agriculture of GIS. J. Agro-Environ. Sci. 2005, 24, 362–366.
25. Xie, Y.; Wang, P.; Sun, H.; Zhang, S.; Li, L. Assimilation of leaf area index and surface soil moisture with the ceres-wheat model for winter wheat yield estimation using a particle filter algorithm. IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. 2017, 10, 1–14.
26. Xu, X.; Conrad, C.; Doktor, D. Optimising phenological metrics extraction for different crop types in Germany using the Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS). Remote Sens. 2017, 9, 254.
27. Zhuo, W., Huang, J., Li, L., Zhang, X., Ma, H., Gao, X., Xiao, X. (2019). Assimilating Soil Moisture Retrieved from Sentinel-1 and Sentinel-2 Data into WOFOST Model to Improve Winter Wheat Yield Estimation. Remote Sensing, 11(13), 1618. doi:10.3390/rs11131618
28. World Food Studies Simulation Model (WOFOST), FAO, land and water. 2020. http://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1236431/

СПЪТНИКОВИ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОЦЕНКА НА ПРОМЕНИ ПОРАДИ ПАНДЕМИЯТА

Деян Гочев, Мария Димитрова, Пламен Тренчев, Иван Стоев

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

Ключови думи: *Пандемия, атмосферни замърсители, спътникови наблюдения, антропогенна активност*

Резюме: *Коментирани се резултати от свързаните с пандемията SARS-2 санитарни и карантинни мерки върху икономическата активност на човечеството и как според наблюдения от Космоса се отразява това върху планетата.*

SATELLITE OBSERVATIONS TO EVALUATE CHANGES DUE TO THE PANDEMIC

Deyan Gochev, Maria Dimitrova, Plamen Trenchev, Ivan Stoev

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

Keywords: *Pandemic, air pollutants, satellite observations, anthropogenic activity*

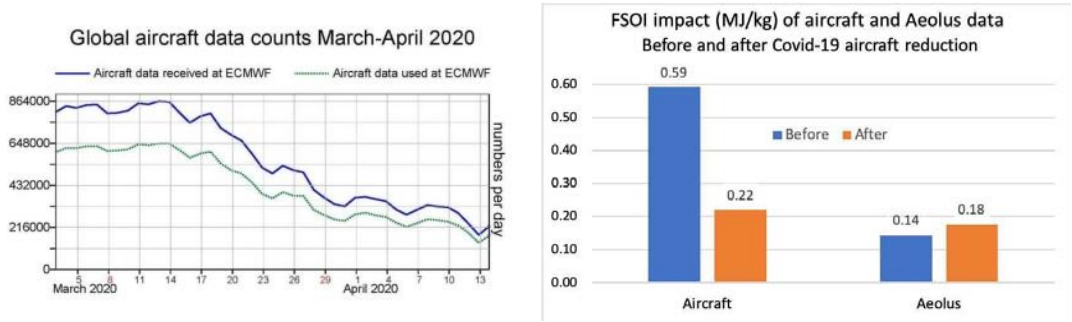
Abstract: *The results of the sanitary and quarantine measures related to the SARS-2 pandemic on the economic activity of mankind and how, according to space observations, this affects the planet, are commented on.*

Пандемията е уникално предизвикателство тип „черен лебед“. Насим Талеб го определя като „рядко или случайно събитие, неочаквано, непредсказуемо, с огромно въздействие, което обаче може да бъде обяснено със задна дата“. Внезапно и непонятно човечеството бе въвлечено в мозаечно появяващи се събития, чийто потенциал вероятно за дълго и радикално ще промени живота ни. Този характер на заплахата доведе и до безпрецедентни по строгост и обхват глобални опити да се овладее пандемичната заплаха чрез многостранни форми на изолация и спиране на редица цивилизационни активности (lockdown). Поне досега, те не успяха да се преборят категорично с вируса, а какви са страничните им последици? И отразиха ли се те по някакъв осезателен начин върху планетата, атмосферата около нея и живите същества върху нея?

В началото (януари, 2020 г.) в някои държави (освен Китай) имаше противоречиви предположения за естеството на заразата и политическите мерки за овладяването на кризата понякога бяха различни от приложенията на медицинските специалисти. От март досега във водещи научни центрове по света (не е възможно да се изброяват, често неочаквани пробиви са получени в малки неизвестни лаборатории) има нарастващи по тематика изследвания, като резултатите са впечатляващи. Полярността на сценариите и профилактиката спада, но все още са активни някои, чийто настрой е политически и търговски (за ваксини) ориентиран. Независимо от мащабите, в България реакциите не се отличават от коментираното [1].



Фиг. 1. Спътникът AEOLUS



Фиг. 2. Данни от самолети през март – април 2020

На фиг. 2 са представени данни от ECMWF-европейски център за средно-срочни метеопрогнози, FSOI- чувствителност на прогноз според наблюдателните данни [2].

Една от ползите от постоянното наблюдение от Космоса е проследяването на реакцията на околната среда на споменатото минимизиране на човешката активност. То затрудни наблюденията in situ (на място), но се компенсира чрез приноса на задействаната от Европейската Космическа Агенция (ESA) програма RACE за използването на спътници за наблюдение на Земята (напр. Copernicus Sentinel-5P). Обект на изследване са промените в качеството на въздуха, водата, температурата на Земята.

Интересни и неоднозначни са влиянията на пандемията (и свързания с нея lockdown) върху облакообразуването - т.е на валежи, енергиен баланс, ветрови системи, обменът „атмосфера – океан“ и ефектите им върху биоценозата. Според спътниковите наблюдения през пандемията в Индия е редуцирано замърсяването с 50%, подобно е и за някои райони в Китай. Комплексна е обратната връзка между антропогенния смог и стабилността на антициклоналната активност в изследвания район. Химичните реакции между „малките съставящи“ на атмосферата (финни прахови частици PM2.5 ,SO2, NOx, NH3, продукти от горене на органични отпадъци) променят по различен начин и често намаляват дифузията и дифузионните коефициенти.

Спътниковите данни по време на пандемията помагаха и за изследването на температурните промени върху поведението на „атмосферните реки“- въздушни течения, пренасящи влага от тропиците към високите ширини. За Европа и Северна Америка са изследвани около 10 такива системи, които са значими за прогнозиране на водния баланс и рисковете от наводнения. Според разработените върху тези данни 2 сценария явленията ще са с около 10% по-мощни, с по-голями размери и по-чести.

Важността от сравняването на измервания чрез спътникови наблюдения преди, по време и след пандемията е илюстрира с прецизиране на комплексното моделиране на общата атмосферна циркулация чрез изпитанията на новия китайския 3P-DGAC-модел (3-мерен модел за общата атмосферна циркулация, в който съвместно се използват особеностите на различни по мащаби и райони явления).

Друго авангардно теоретично изследване е за бъдещата еволюция на тропическите урагани. Независимо, че всеки ураган е с уникален баланс между параметрите и в 2-та варианта (консервативен и наблюдаван) на повишение на атмосферната температура, явлението ще е по-силно, по-влажно , по-бавно придвижващо се, без съществени промени в радиуса на вихъра.

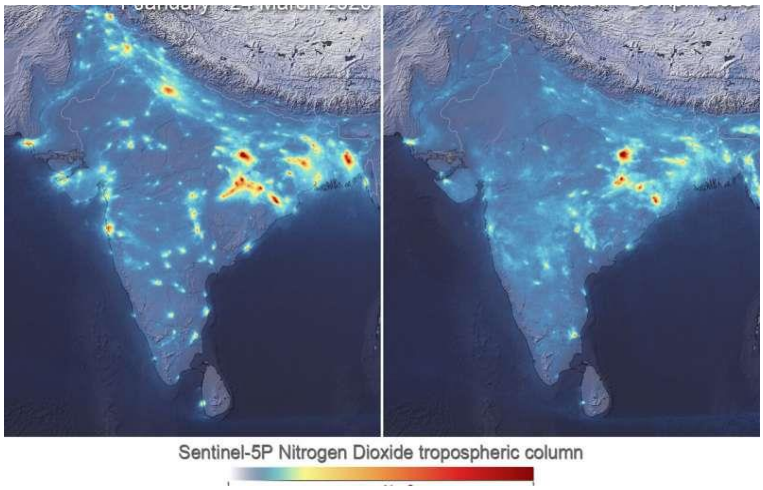
От 14 години проектът GRACE чрез спътниково наблюдение на промени в земното гравитационно поле следи разпределението на сладка вода в 34 района на Земята. Установено е, че нарастват районите в двете екстремни (влажни и сухи) състояния. Освен естествената

цикличност в доминиращите комплексни явления (напр. ураганите Ел Ниньо (El Niño) и Ла Ниня (La Niña) , минимизирането на възможно атропогенна активност би допринесло за изследването на климатичната й значимост.

Установи се, че в големите градове коефектите от пандемията са различни според ползваното гориво за транспорт и влиянието на релефа за дифузията на атмосферните замърсители.

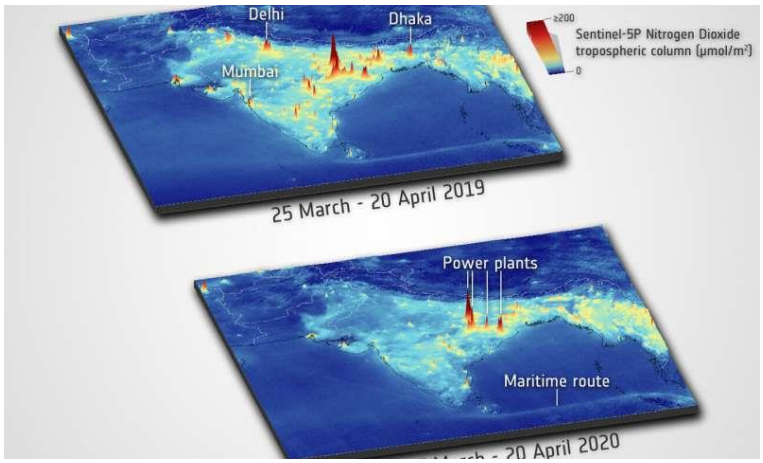
Намаляването на атмосферното замърсяване спомага за изясняване на факторите, влияещи на работата на слънчевите батерии, като ефектът е по-слаб за държави със „зелена“ политика (Германия) сравнена с Индия, където градиентът между атмосферно замърсяване преди и по време на пандемията е над 50% .

Коментираните екоефекти от пандемията се проявяват поради внезапността и рязкостта на минимизирането на антропогенната активност. Това компенсира липсата на данни за периода на натрупвани екологични промени поради индустриалната революция в последните 200 г. и създадените, неравномерно разпределени токсични и енергийни суперзамърсители. Снимки от 1 януари до 24 март и от 25 март до 20 април 2020 показват значително намаляване на концентрацията (над 50%) над големите градове на Индия – Делхи и Мумбай [3].



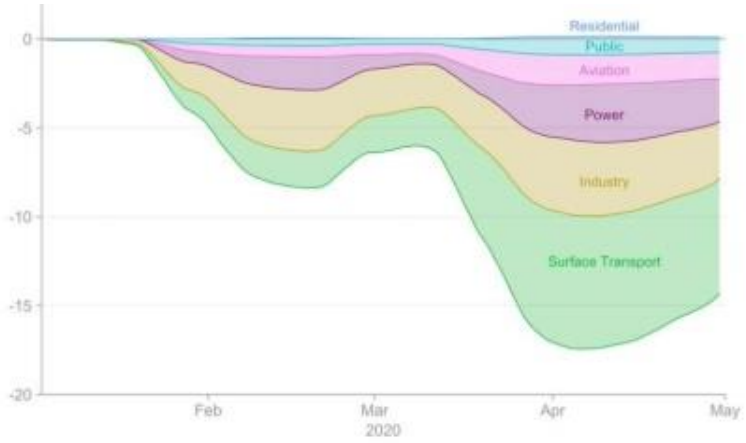
Фиг. 3. Данни от спътника Sentinel-5P за NO2 в тропосферната колона

Слабото намаляване на корабния трафик по рутинни трасета е видно в постоянното наличие на азотни окиси – замърсители в Индийския океан. Линия от азотен двуокис с произход от морските линии може да се види като тънка линия над Индийския океан. (в долния десен край на снимката.)



Фиг. 4. Данни за ТЕЦ-клъстери и корабни трасета от спътника Sentinel-5P за NO_2 в тропосферната колона

Според различните сценарии общото намаляване на вредните емисии за периода на пандемията е 2 - 13% (фиг.4).



Фиг. 5. Изменението на CO_2 за 69 държави, което обхваща 97% от глобалното замърсяване от 6 икономически сектора

На фиг. 5 е показано е изменението на CO2 за 69 държави, което обхваща 97% от глобалното замърсяване от 6 икономически сектора [5].

Влиянието върху биосферата е доста по-опосредствано и не се наблюдава пряко от космоса. Промените в атмосферата и климата обаче зясягат и тях в по-далечна перспектива. Живите организми на Земята обитават екологични ниши. За сложните организми промени на оптималната за метаболизма им температура извън интервала (300-450С) ги принуждават да мигрират от избрания хабитат и по-рядко да се адаптират. Поради промени в океанските хранителни вериги (напр. намаляването на морската трева), сега за някои тропически морски видове наблюдваме миграция към по-високи ширини.

Комплексното изследване на ефектите от намалената антропогенна активност в гъсто населени район в САЩ би прецизирало влиянието на повишаването на температурата за нарастване на бактериалната антибиотична резистентност

Замърсяването с бавно разграждащи се дезинфектиращи защитни средства все още има неизвестен екологичен ефект.

Според данни (публикувани в sciencemag.org) от 268 станции в 117 държави минимизираната антропогенна активност намалява с 50% и микросеизмичната активност. Това подобрява изследването на инак трудно уловими ефекти от естествени геоактивности (вулканична, сеизмична, подземна хидрологична). Друг интересен ефект е едновременното с оптическо и магнитометрично регистриране на активността на полярните сияния чрез сеизмометри. Ефектът е, че не са магнитно екранирани, т.е. геомагнитната буря генерира в електрониката им фалшив сигнал за сеизмична активност.

През 2020 г. отново бе потвърдено, че по редица причини, правителствата се провалят в представите си за реалността на най-лошите сценарии. В хиперсвързания глобален свят неизбежната първоначална хаотичност на вида и формите на мерките за овладяване на пандемията предизвикаха обратни връзки с опасни икономически, здравословни и социални последици. Възможно е да сме участници в преход към радикално различен модел на цивилизационно съществуване с редуващи се ‚дисциплиниращи' форми на lockdown заради различни по същността си заплахи.

Скептицизмът към създаване и запазване на самоподдържаща се, невраждебна към общността ‚човек-природа' цивилизация е предизвикателство към все още съхранявана нормалност.

Литература:

1. Dhanjoo, G., L. Zhong, Eddie Y. K. Ng and Ru San. TanArterial Wave propagation and reflection at a bifurcation site.
2. https://phys.org/news/2020-04-covid-aeolus-weather.html
3. https://phys.org/news/2020-04-covid-aeolus-weather.html
4. https://phys.org/news/2020-04-air-pollution-india-lockdown.html
5. https://phys.org/news/2020-05-coronavirus-earth-climate-trajectory.html

S E S 2 0 2 0
Sixteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
4 – 6 November 2020, Sofia, Bulgaria

КОСМИЧЕСКИ МОНИТОРИНГ НА КОНСЕРВАЦИОННИТЕ РАБОТИ НА ХРАМА НА АРЕС КРАЙ ДОЛНА КОЗНИЦА

Иван Димитров

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

Ключови думи: *Космически мониторинг, консервационни работи, храм на Арес, Sentinel*

Резюме: *Представен е космически мониторинг на консервационните работи на храма на Арес край с. Долна Козница. Използвани са сателитни снимки, топографски карти, публикации и отчети от археологическите проучвания на обекта.*

SPACE MONITORING OF THE CONSERVATION WORK OF A TEMPLE OF ARES NEAR DOLNA KOZNICA

Ivan Dimitrov

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

Keywords: *Space monitoring, conservation work, temple of Ares, Sentinel*

Abstract: *Space monitoring of the conservation work of a temple of Ares is presented. Satellite photographs, topographic maps, publications and reports from the archaeological excavations of the site were used*.

Въведение

След провеждане на археологически изследвания през 2007 г. и 2017-2018 г. от РИМ – Кюстендил край с. Долна Козница, община Невестино (фиг. 1), са открити останки от храм на бог Арес. Принадлежността на храма е определена по епиграфски паметник - каменна стела от динамометаморфозиран (мраморизиран) триаски варовик с надпис дешифриран от проф. Шаранков. Стелата е дарение на храма на Арес от градски първенци на град Пауталия (161-212г. Сл. Хр.) [1, 2]. След приключване на изследванията през октомври месец 2018 г. за запазване на целостта на разкритите артефакти е положено защитно полимерно покритие за консервация на обекта (фиг. 2).

Мониторинг на защитното покритие

През 2019 г. постъпи молба от консултанта на изследователския екип доц. д-р Олег Витов за извършване на космически мониторинг на защитното консервационно покритие на археологическия обект. Изказаха са опасения за възможен вандализъм и кражба на полимерното покритие. За извършване на мониторинга е избрана космическата групировка на ESA – Sentinel. Пространственото разрешение на сателитните снимки е съизмеримо с размерите на археологическите разкопки и площта на положеното защитно покритие. Данните от сателитите са общодостъпни и периодът на заснемане на обекта в безоблачно време удовлетворява поставената задача. Защитното покритие е положено на 31.10.2018 г. към 13 ч. и 30 минути. Процесът на полагане е регистриран от сателита Sentinel -2 A в 11 ч. 20 минути. В периода октомври 2018 г. – април 2020 г. е извършен космически мониторинг на защитното

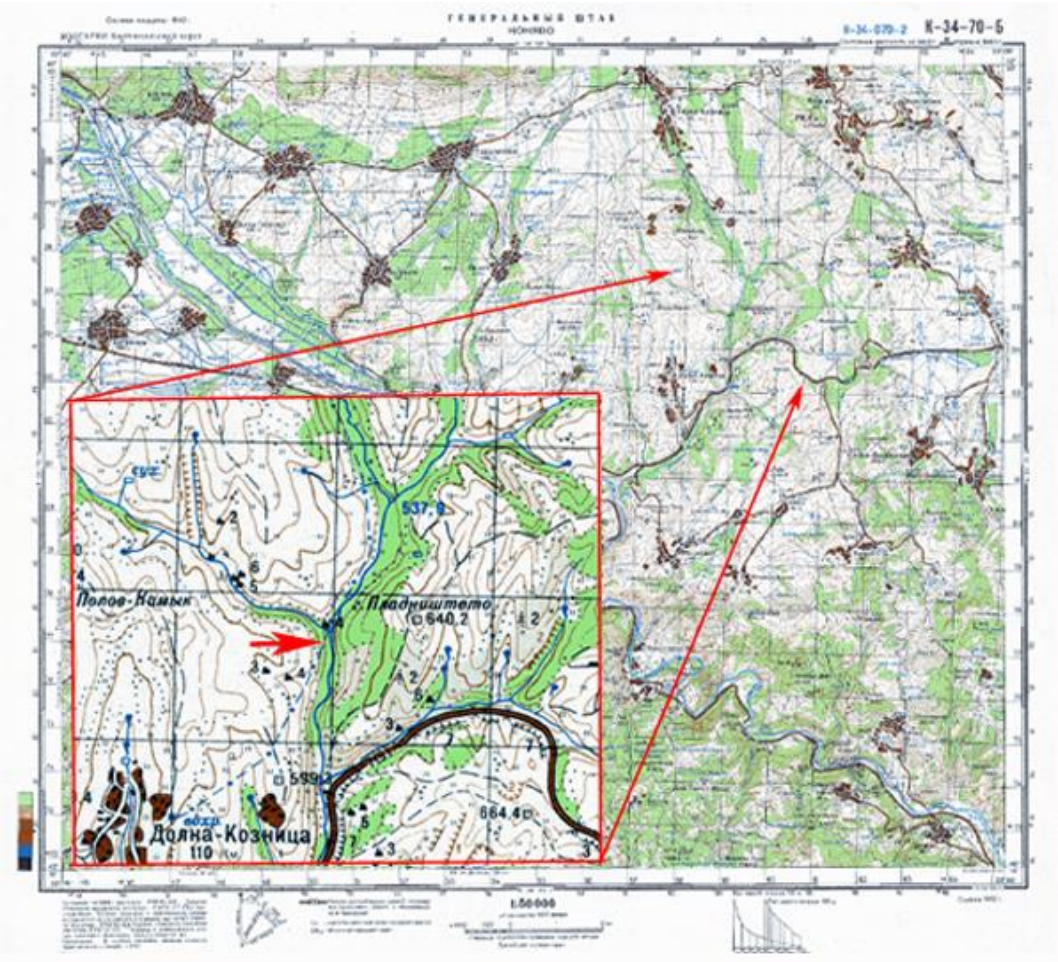
покритие и е регистриран процесът на полагане, вандализъм, частична кражба и окончателното разграбване на покритието.

На фиг. 3 са представени следните сателитни изображения от Sentinel 2 в червен, зелен и син спектрални канали:

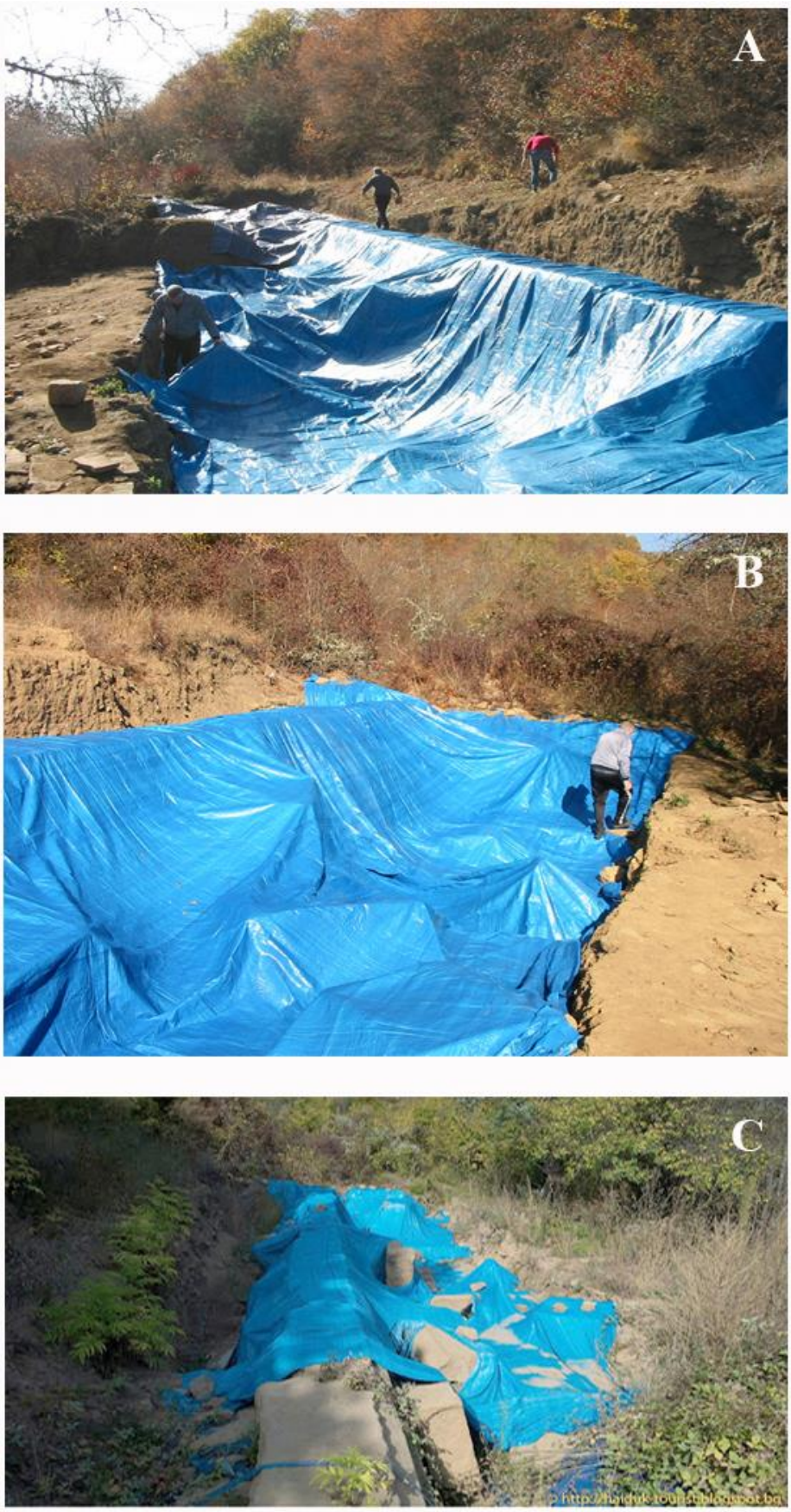
- 26.10.2018 г. - преди поставяне на покритието;
- 31.10.2018 г. - процес на поставяне на защитното покритие;
- 10.11.2018 г. - защитното покритие е поставено и е цяло;
- 01.03.2019 г. - защитното покритие е поставено и е цяло;
- 25.03.2019 г. - защитното покритие е поставено и е цяло;
- 03.07.2019 г. - защитното покритие е поставено и е цяло;
- 19.03.2020 г. - защитното покритие е разрушено и частично липсва;
- 13.04.2020 г. - защитното покритие липсва.

На фиг. 4 са представени следните сателитни изображения от Sentinel 2 в синия спектрален канал:

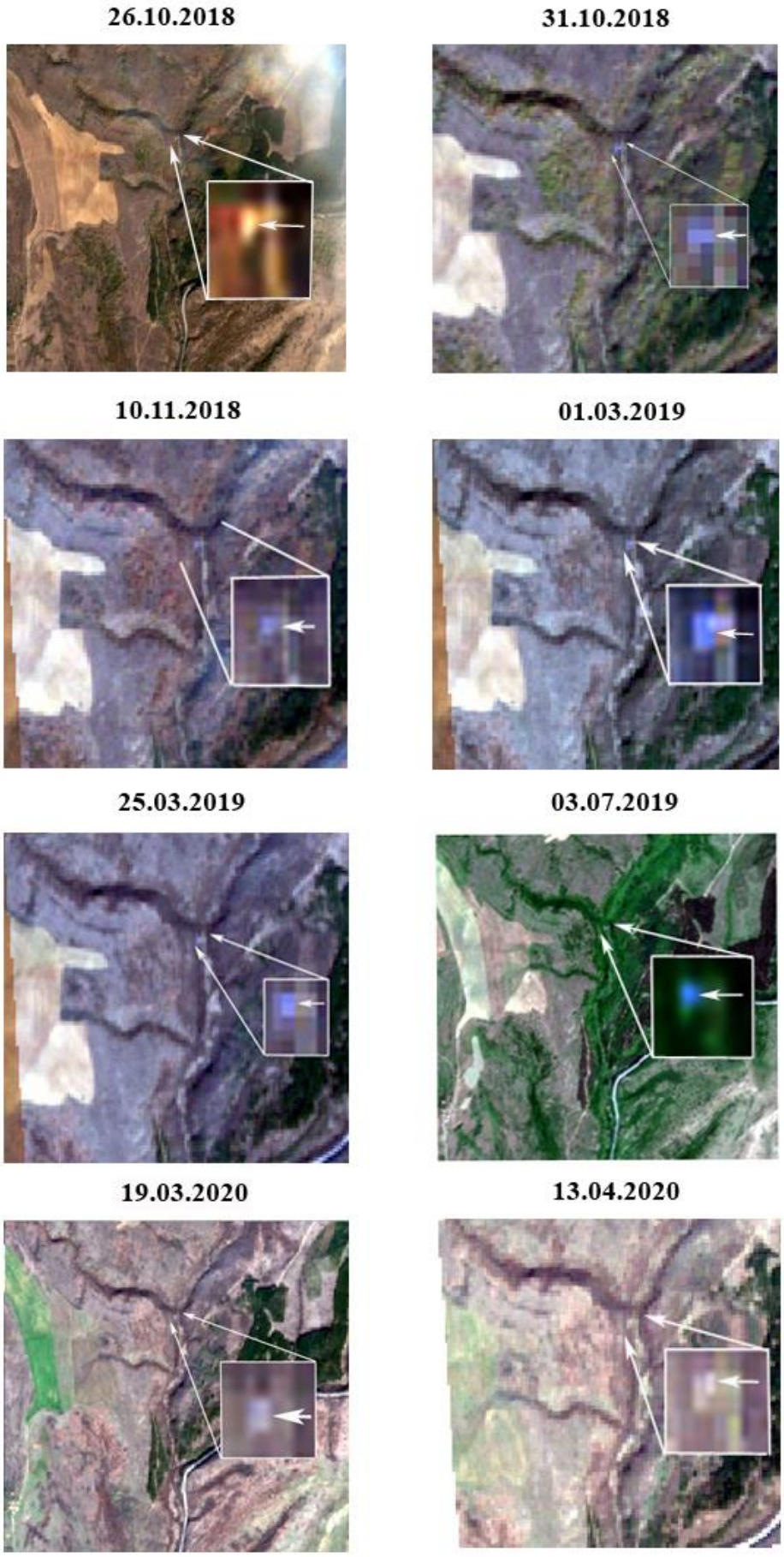
- 31.10.2018 г. - процес на поставяне на защитното покритие;
- 05.11.2018 г. - защитното покритие е поставено и е цяло;
- 18.02.2019 г. - защитното покритие е поставено и е цяло;
- 12.08.2019 г. - защитното покритие е поставено и е цяло;
- 27.08.2019 г. - защитното покритие е разрушено и частично липсва;
- 15.12.2019 г. - защитното покритие е разрушено и частично липсва;
- 19.03.2020 г. - защитното покритие е разрушено и частично липсва;
- 13.04.2020 г. - защитното покритие липсва.



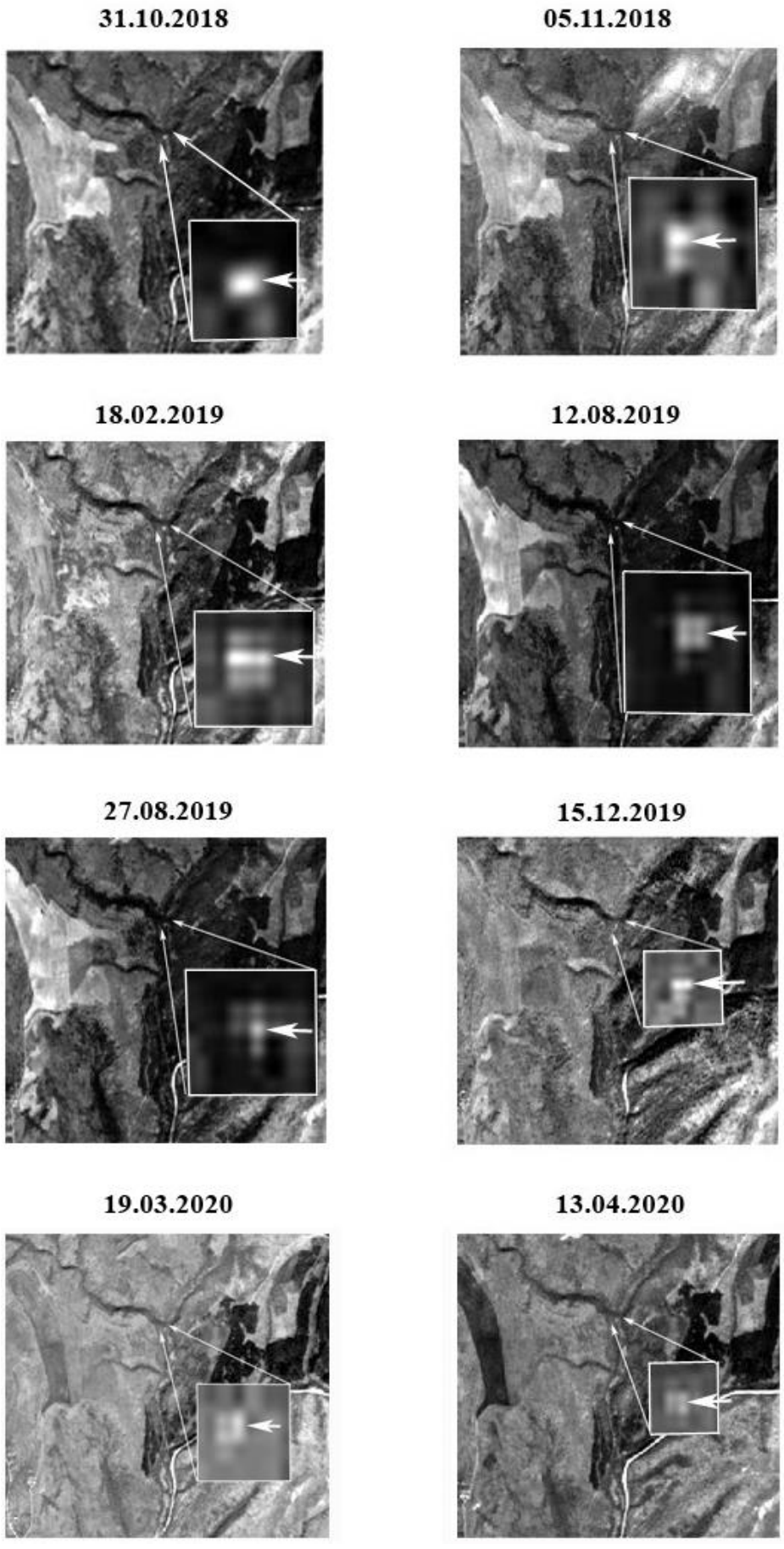
Фиг. 1. Местоположение на храма на Арес край с. Долна Козница [4]



Фиг. 2. A, B – полагане на защитното покритие, C – вандализъм и кражба на покритието



Фиг. 3. Сателитни изображения от Sentinel 2 в червен, зелен и син спектрални канали [3]



Фиг. 4. Сателитни изображения от Sentinel 2 в синия спектрален канал [3]



Фиг. 5. А – археологическите разкопки преди полагане на защитното покритие,
В – вандализъм и кражба на покритието

Направените изводи на базата на сателитните снимки се потвърдиха от туристически снимки на терен (фиг. 2, 5). Ясно се вижда извършения вандализъм и кражба на защитното покритие.

Заключение

Направеното пилотно изследване представя възможността за използване на космическата групировка Sentinel – ESA за мониторинг на консервационните дейности на археологически обекти. Резултатите могат да се използват от археолози, историци, докторанти и студенти в процеса на изследователска дейност на терен и в процес на обучение.

Благодарности

Авторът изказва благодарности на доц. д-р Олег Витов за предложената идея и предоставената информация за археологическия обект.

Литература:

1. Витов, О., Предварителен отчет за консултантска услуга към РИМ – Кюстендил във връзка със спасителни археологически разкопки на тракийски храм в землището на село Долна Козница – Кюстендилско, РИМ - Кюстендил, 16 с., 2017.
2. Витов, О., Л. Стайкова, Геокатастрофално разрушаване през IV век на храм на бог Арес в района на с. Долна козница, Кюстендилско, ЮЗ България, СБГД, год. 79, кн. 3, с. 175–176, 2018.
3. Сателитни снимки – Sentinel 2, ESA, 2018-2020.
4. Топографска карта К-34-70-Б, М 1: 50 000, ГЩ на СА, 1986.

S E S 2 0 2 0
Sixteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
4 – 6 November 2020, Sofia, Bulgaria

ЕСКИЗНА РЕКОНСТРУКЦИЯ НА ДВОРЕЦА НА АСПАРУХ И ТЕРВЕЛ КРАЙ НИКУЛИЦЕЛ

Иван Димитров

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

Ключови думи: *Ескизна реконструкция, дворец, Никулицел, Аспарух, Тервел*

Резюме: *Представена е ескизна реконструкция на двореца на Аспарух и Тервел. Използвани са сателитни изображения, цифров модел на релефа, топографски карти и друга приложна информация*

SKETCHY RECONSTRUCTION OF ASPARUH'S AND TERVEL'S PALACE NEAR NICULITEL

Ivan Dimitrov

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

Keywords: *Sketchy reconstruction, palace, Niculitel, Asparuh, Tervel.*

Abstract: *The paper presents a sketchy reconstruction of Asparuh and Tervel palace near Niculitel. Satellite images, topographic maps, digital elevation model and other applied information are used.*

Въведение

Аспаруховият лагер край с.Никулицел се състои от външен лагер, ограждащ цялото пространство от 50 кв. км. и от вътрешен лагер, в който е разположен дворцовият комплекс . Той е отбелязан на румънските топографски карти като Цитаделата. Шкорпил предполага, че това са останките от двореца на Аспарух, навярно и на Тервел (б.а.). Друга постройка е разположена до връх Троян, извън вътрешната валова структура и вероятно е използвана за отбранително съоръжение и войскова казарма на северната част от военния лагер.

Пълно изследване и картографиране на вътрешния лагер е извършил Карел Шкорпил. Изключение прави обектът Малко кале, който е картографиран, но е отразен описателно в текстовата част на отчета от археологическото изследване. Отделни подробни скици са направени на основите на двореца Голямо кале и на обекта Флорилор. Археологически изследвания и разкопки са извършени от румънския археолог Памфил Полоник през 1895 г.. Той провежда изследване на Цитаделата и публикува подробен план на обекта през 1935 година (фиг. 1). Изследвания са извършвани и от Йон Барня през 1955-56 г. [1]. Той открива основите на малка триконхална средновековна църква и манастир, която датира от XII век.

Реконструкция на дворцовия комплекс

При създаване на ескизната реконструкция на дворцовия комплекс са отчетени изследванията на Шкорпил, Полоник и Барня. Двете спомагателни построй до двореца са изследвани и картографирани от Карел Щкорпил (фиг. 2). Памфил Плоник и Йон Барня не са ги отразили в своите скици и отчети и може да се предположи, че не са изследвани от тях. Тези две постройки могат да се определят като помещение за конете на владетеля, караулно помещение за охраната и отбранителна кула. Дворцовата постройка е оградена от валова структура, прекъсната в ъглите. Там вероятно са се намирали отбранителни кули, свързани с

дървена оградна стена. На фиг. 3 и фиг. 4 е представена ескизната реконструкция на дворцовия комплекс, разположена върху румънска топографска карта с М 1: 25 000 и върху сателитно изображение IKONOS с високо разрешение - 2 m/pix.

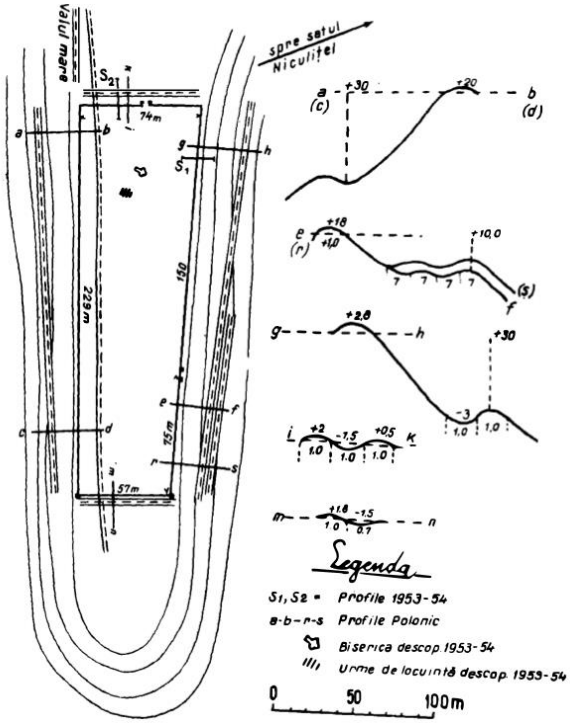
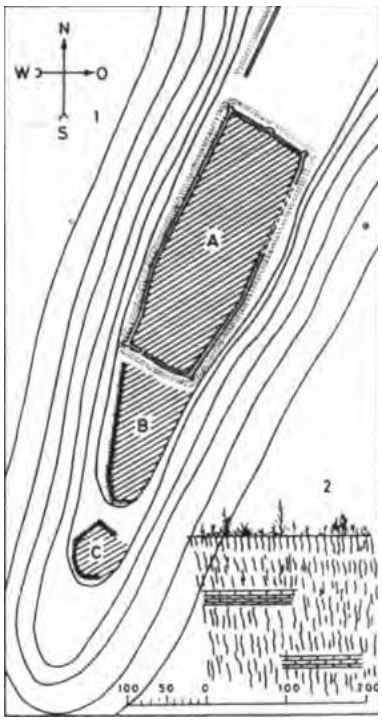
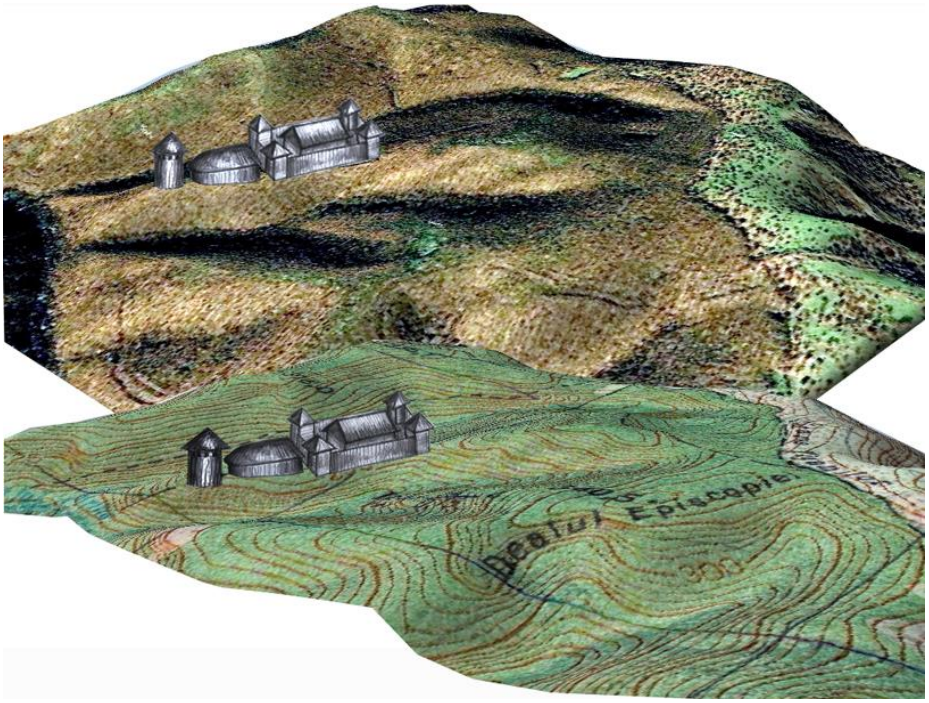


Fig. 1. Planul fortificaţiei de pe dealul Cetăţuia (executat de Panfil Polonic în 1895).

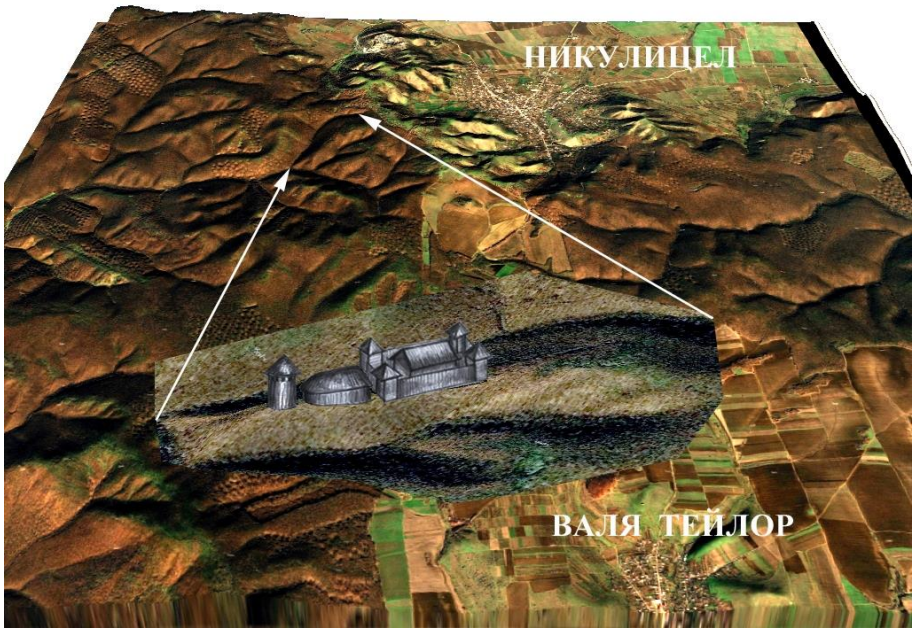
Фиг. 1. План на крепостта по Панфил Полоник – 1895 г. и Йон Барня – 1953-54 г. [2]



Фиг. 2. План на крепостта (дворецът на Аспарух и Тервел) по К. Шкорпил -1917 г. [3]



Фиг. 3. Ескизна реконструкция на дворцовия комплекс



Фиг. 4. Ескизна реконструкция на дворцовия комплекс, разположена върху сателитно изображение IKONOS

Заключение

Представената ескизна реконструкция позволява да се получи пространствена представа за двореца на Аспарух и Тервел край Никулицел. Резултатите могат да се използват от археолози, историци, докторанти и студенти в процеса на изследователска дейност на терен и в процес на обучение.

Литература:

1. Barnea, I., S. Stefanescu, Din istoria Dobrugei, vol. III, 1971, p. 99-100
2. Diaconu, P., Recenzii si discutii arheologice, Muzeul dunării de jos, Călărasi - Muzeul Brăilei, octombrie, 1994, p. 30
3. Ichirkov, A., C. Skorpil, La Dobroudja, Sofia, 1918, p. 145
4. Румънска топографска карта, М 1: 25 000, 1980
5. Сателитно изображение IKONOS -2 m/pix

Session 4

Ecology and Risk Management

Chairman: Prof. Garo Mardirossian
Secretary: Tsveta Srebrova, MS

CABARET PROJECT – A MODERN CAPACITY BUILDING INTERNATIONAL TOOL

Boyko Ranguelov[1], Richard Haigh[2], Dilanthi Amaratunga[2], Fathimath Shadiya[3], Ruben Paul Borg[4], Francesco Romagnoli[5], Marlon Era[6]

[1]University of Mining and Geology, Bulgaria
[2]University of Huddersfield, United Kingdom
[3]Maldives National University, Maldives
[4]University of Malta, Malta
[5]Riga Technical University, Latvia
[6]De La Salle University, Philippines
e-mail: branguelov@gmail.com

Keywords: *Natural hazards, early warnings, education, capacity building, Asia*

Abstract: *CABARET (Capacity Building in Asia for Resilience EducaTion) is a co-funded by an EU Erasmus+ programme project run for three years and led by the University of Huddersfield's Global Disaster Resilience Centre, based in the UK. They are joined by a group of experts from a consortium of 14 European and Asian higher education institutions from Bulgaria, Indonesia, Latvia, the Maldives, Malta, Myanmar, the Philippines, Spain, Sri Lanka, and the United Kingdom. The Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO (IOC-UNESCO), the Asian Disaster Preparedness Centre and the Federation of Sri Lankan Local Government Authorities are Associate Partners helping to promote the benefits across Asia and beyond.*

CABARET emphasises the role of Higher Education in supporting global priorities and targets on disaster risk reduction. The project provides capacity development to support regional cooperation on multi-hazard early warning systems (MHEWS) in coastal communities, with a particular focus on Asia. The paper deals with the main tasks of the project, their execution and outcomes and benefits after it finished.

ПРОЕКТ CABARET – МЕЖДУНАРОДЕН МОДЕРЕН ИНСТРУМЕНТ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА КАПАЦИТЕТ В ОБРАЗОВАНИЕТО

Бойко Рангелов[1], Ричард Хайг[2], Диланти Амаратунга[2], Фатима Шадия[3], Рубен Пол Борг[4], Франческо Романьоли[5], Марлон Ера[6]

[1]University of Mining and Geology, Bulgaria
[2]University of Huddersfield, United Kingdom
[3]Maldives National University, Maldives
[4]University of Malta, Malta
[5]Riga Technical University, Latvia
[6]De La Salle University, Philippines
e-mail: branguelov@gmail.com

Ключови думи: *Природни опасности, системи за ранно предупреждение, образование, изграждане на капацитет, Азия*

Резюме: *CABARET е тригодишен проект съфинансиран по програмата Erasmus+ и ръководен от Университета в Хъдърсфилд. Привлечени са експерти в консорциум от 14 висши учебни заведения от Европа и Азия. CABARET изпълнява ролята на инструмент за подкрепа на глобалните приоритети за намаляване на риска. Насочен е към комплексните системи за ранно предупреждение в крайбрежните региони и обучение на населението как да реагира при подаване на сигнал за бедствие.*

Introduction

A The CABARET includes a consortium of 14 European and Asian higher education institutions from Bulgaria, Indonesia, Latvia, the Maldives, Malta, Myanmar, the Philippines, Spain, Sri

Lanka, and the United Kingdom [Final Report]. The Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO (IOC-UNESCO), the Asian Disaster Preparedness Centre and the Federation of Sri Lankan Local Government Authorities are Associate Partners helping to promote the benefits across Asia and beyond – Fig.1.

European partners:
University of Huddersfield, United Kingdom (Lead Institution)
University of Central Lancashire, United Kingdom
University of Cantabria, Spain
University of Mining and Geology, Bulgaria
University of Malta, Malta
Riga Technical University, Latvia

Asian partners:
University of Moratuwa, Sri Lanka
University of Peradeniya, Sri Lanka
Bandung Technical Institute, Indonesia
Andalas University, Indonesia
Maldives National University, Maldives
De La Salle University, Philippines
Ateneo de Manila University, Philippines
Mandalay Technological University, Myanmar
University of Yangon, Myanmar

Associate partners:
IOC-UNESCO
Asian Disaster Preparedness Centre
Federation of Sri Lankan Local Government Authorities, Sri Lanka

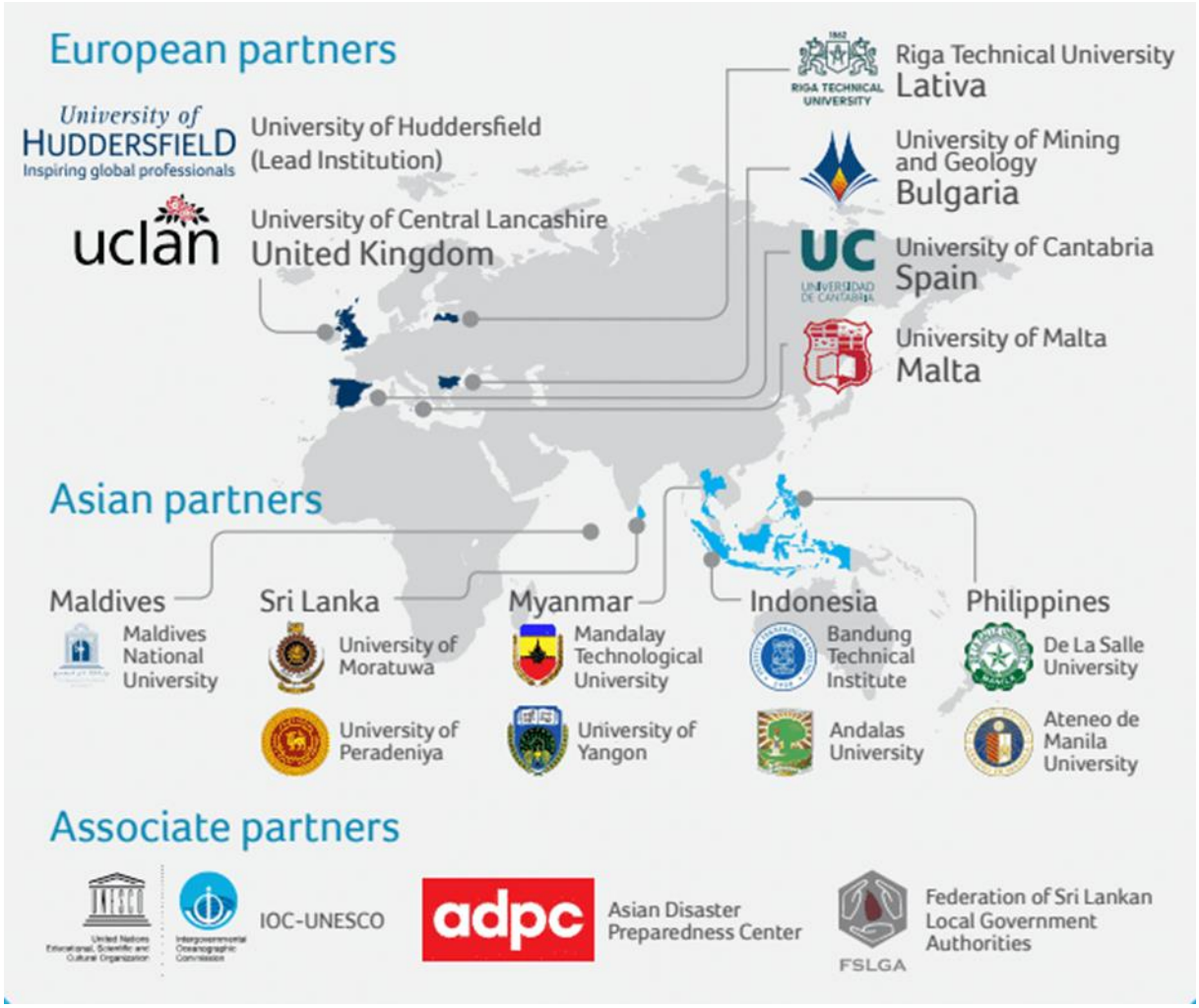


Fig.1. Partners and locations of the CABARET participants

Work packages

The activities were structured in eight Work Packages (working groups) according to the program of the project:

WP1 - Intra- and inter-regional capacity building framework
WP2 - Project management
WP3 - Quality assurance and monitoring
WP4 - Regional innovation hub on MHEW
WP5 - Regional cooperation for MHEW
WP6 - Partnerships with social and economic actors
WP7 - Learning and teaching tools, methodologies and approaches
WP8 - Dissemination and exploitation

All partners have been coordinated by the University of Huddersfield (UK) and include educational, research and administrative units integrated in a unique team – Fig.2.

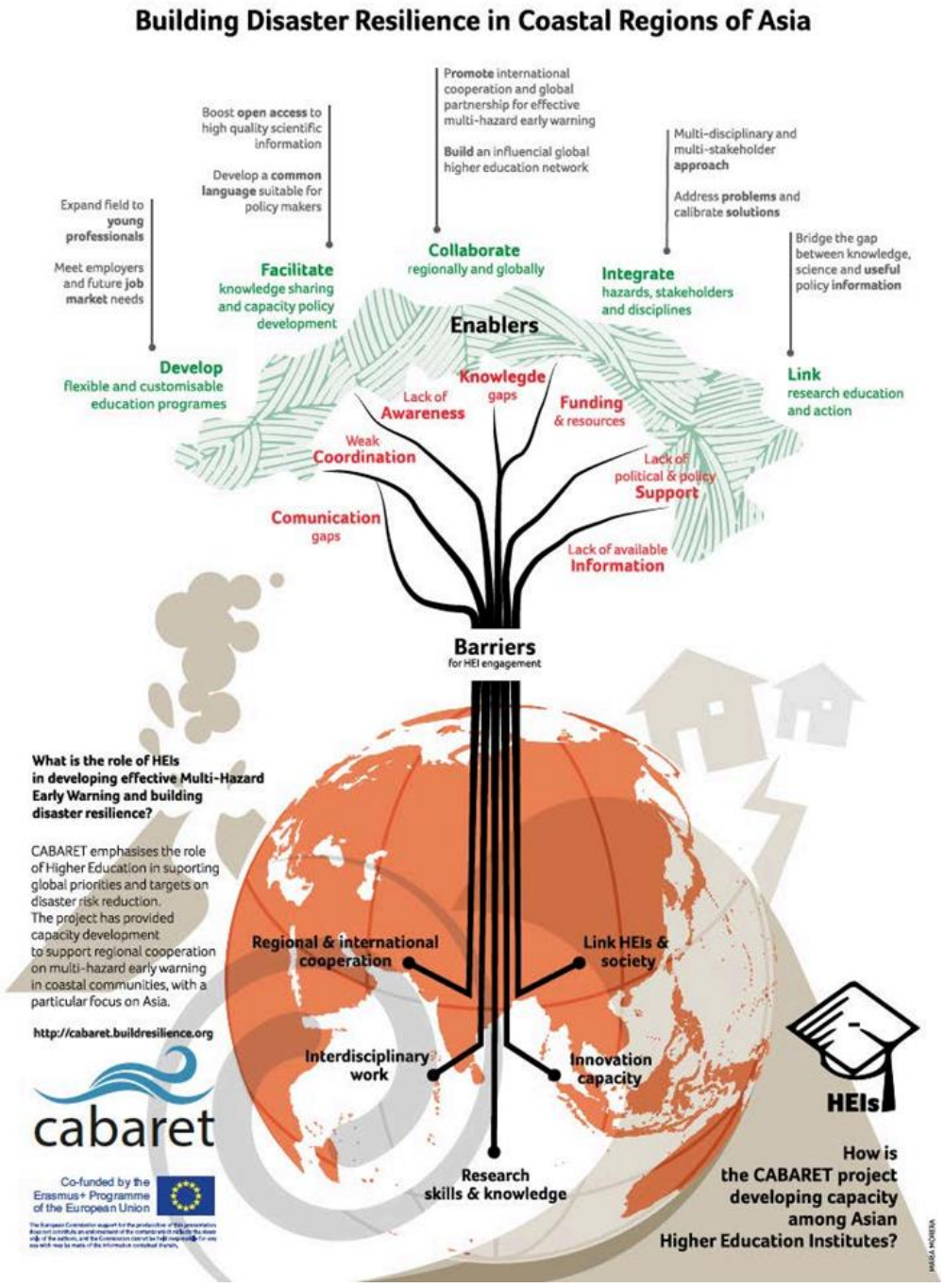


Fig. 2. Partners and locations of the CABARET participants

The area of the Indian Ocean and surroundings is one of the most disasters' prone areas in the world. Many hazards are developed and acting to the population and the infrastructure of the countries located there. Strong earthquakes, devastating tsunamis terrible hurricanes, landslides, large floods, forest fires, droughts, and some others are bringing deaths and tremendous economic losses. During the last years these disasters increased their frequency and destructive power. These facts are investigated and reflected in all National Position Papers (NPP) developed by the teams of the respective countries and summarized in a Regional Position Paper (RPP). In these papers the partners presented main hazards, sustainable development targeted to the resilience and mitigation and revealing the main gaps of the preparation and safety of population and the infrastructure – Fig.3.

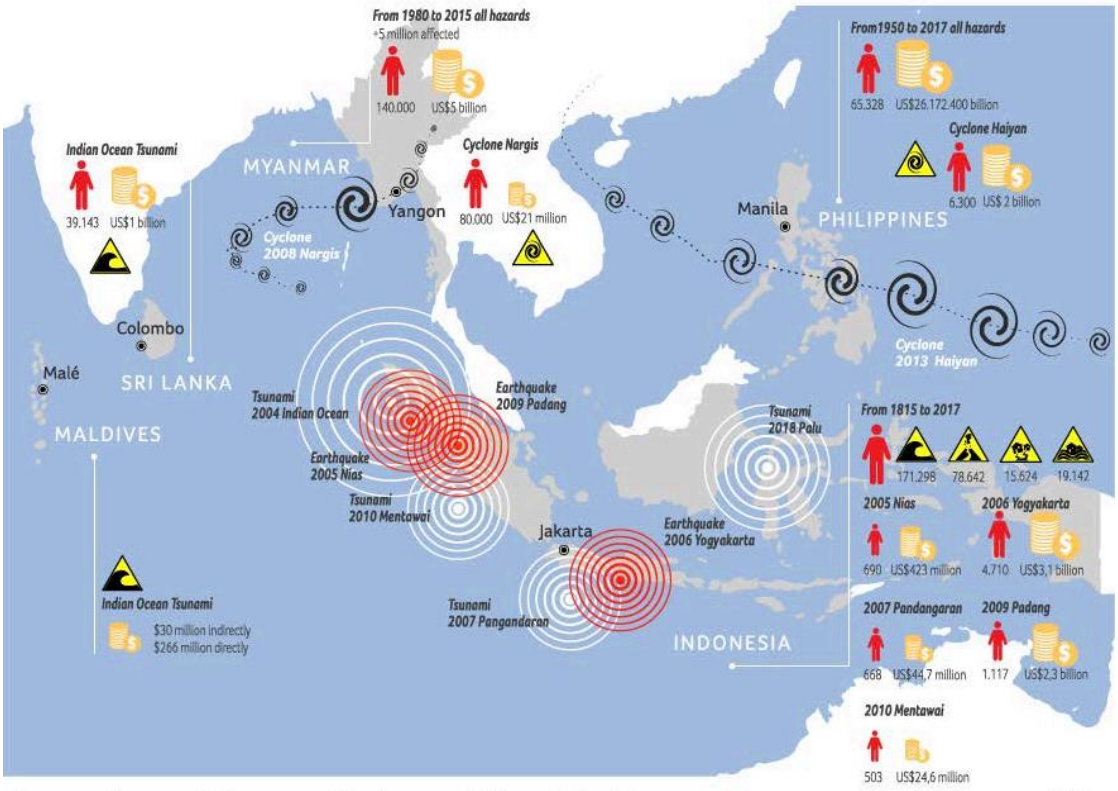


Fig. 3. Recent disaster impacts in Asia (source: EM-DAT: The Emergency Events Database - Université catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be, Brussels, Belgium)

Results and benefits

1.1. Major achievements by Asian partners

1.1.1. Indonesia

• Identification of gaps in the country's interface arrangements for tsunami early warning

• ITB and BMKG forged new regional links with HEIs in partners in other parts of the region, and coordinated a survey of tsunami preparedness in conjunction with IOC-UNESCO IOTWMS

• Hosted a major international conference on disaster risk reduction, with over 150 participants from across the region and world, and national and regional stakeholders in disaster management

1.1.2. Maldives

• Development of multi-institution and international OERs that are to be used in the country's first

Bachelor level disaster management program

• Development of small island state research and collaboration agenda, in collaboration with Maltese partners

• Development of new linkages between HEIs and the Maldivian Ministry of Environment and Energy

In Maldives and under the chairmanship of WP7 (MGU and MNU) the MOOC's have been developed for the distant education platform.

1.1.3. Myanmar

• HEIs developed new links with the country's Department of Meteorology and Myanmar Disaster Preparedness Agency, and who are now collaborating on joint early warning research

• MTU participated in their first EU-Asia regional collaborative project, gained research management experience by co-leading a WP, and forged new links with other Asian HEIs

• Development of research agenda on flood risk assessment with coastal communities

1.1.4. Philippines

• Hosted a mentor program for early career researchers that drew upon international expertise from the EU and across Asia.

• Conducted a secondment activity with the Municipality of Lian Batangas, including with the Mayor, representatives of the local departments, members and officers from the Lian Batangas and more than 100 participants

• Development of a regional special interest group on disaster resilience education

1.1.5. Sri Lanka

• Development of new linkages between the Sri Lankan HEIs and the country's national Disaster Management Centre, who are now collaborating on joint research projects

• Developed strong researcher links between engineering and social science disciplines across UoM and UoP, including on the issue of evacuation and marginalized groups

• Development of a sustainable international platform promoting international collaborative initiatives and are now seeking to lead a proposal in Horizon Europe

International cooperation

At the international level, CABARET was partnered with the 7th, 8th and 9th International Conferences on Building Resilience, held in Thailand (300+ participants), Portugal (200+ participants) and Indonesia (180+participants and for which ITB was the local host). These provided key dissemination forums for the project.

In Indonesia, 49 papers were submitted and presented by CABARET researchers, many of which are being published in peer reviewed journals and books [3]. The event also involved policy dialogues and panel discussions, workshops and keynote addresses with national and regional scientific, administrative and socio-economic actors. A flyer, infographics and events specific website pages were produced. The international collaboration includes six Steering Committee meetings (followed by executable decisions), more than 40 scientific papers and publications, seven sandpit events, visits to responsible institutions of MHEWS in different countries, visits in the host universities, participation to the International Day of Disasters, Lectures and Power Point Presentations in front of practitioners, mentoring students at different educational levels and many others.

1.2. Major outputs

- Twenty multi-institutional research papers have been published based on sandpit activities.
- Two multi- institution research proposals were completed based on some sandpit outcomes.
- Seven short term scientific mission reports have been completed.
- Four international trainings on MHEW and Coastal Resilience have been convened in Sri Lanka, Myanmar, Philippines and Indonesia.
- Online platform on the Capacity Development Courses was developed – [1].
- Four Major Online Open Courses (MOOC's) have been produced and included in Bachelor's program in Maldives.
- More than thirty quality assurance questionnaires have been distributed, fulfil and analysed
- Project web site was created as well as for the separate WP's, six Newsletters edited and sustainability plan developed [2].
- One book and four book chapters published by the international publishers.
- Five national position papers and one regional position paper were constructed, analysed and recommendations issued.
- More than one hundred and twenty scientists, students at different levels and administrative staff was involved in the numerous events related to the CABARET activities
- In total more than one hundred scientific and popular papers were published, many TV and radio emissions performed, enormous number of lectures presented.

Conclusions

High effective international project CABARET is a clear example of the successful application of the EU Erasmus+ Program. The cooperation between the European partners (called in the project – "program countries") and the Asian partners called "partner countries" demonstrates the extreme success in the field of the MHEWS. The obtained results, the produced outputs, the explored deliverables are very applicable saving human lives and exploring large possibilities for infrastructure safety increasing the knowledge base of the HEI's in the partner's countries.

The exchanged knowledge, the joint international partners (scientific, teaching and administrative) fills the gaps at national and regional level in the coastal communities. Focused to the tsunami and earthquake hazard (the most destructive disasters) in the area of the Indian Ocean and surroundings, but also including other hazardous disasters (like hurricanes, volcanic eruptions, floods, etc.) the correct and reliable information targeted to the population of the threaten territories; these achievements can help significantly the resilience of the coastal societies.

The CABARET project can serve as an excellent example of the effective and fruitful international cooperation leaded by the EU programs.

Acknowledgments: This work is supported by the CABARET Project No 573816-EPP-1-2016-1-UK-EPPKA2-CBHE-JP of EU Erasmus+ Program.

The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

References:

1. Ranguelov B., F. Shadiya, F. Nistaran, M. Humra, M. Eeman, M. Haikal Ibrahim., 2019. Project CABARET – Educational Platform (WP7, MOOCs and Development). Proc. XV Intl. Conf. SES2019. p-ISSN 2603 – 3313 e-ISSN 2603 – 3321. pp. 209–212.
2. Ranguelov B., F. Shadiya., 2018. CABARET Erasmus+ Project WP7 - progress and achievements. Proc. Fourteenth International Scientific Conference SPACE, ECOLOGY, SAFETY, 7 – 9 November 2018, Sofia, Bulgaria (on CD)
3. Ranguelov B., 2017. PROJECT C A B A R E T - E U TOOL FOR SUSTAINABLE M H E W EDUCATION FOR COASTAL COMMUNITIES., НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ „ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА – ЗА ЛИЧНОСТНО И ОБЩЕСТВЕНО РАЗВИТИЕ”., 27–28 октомври 2017 г. гр. Смолян. pp. 396-404. https://uni-plovdiv.bg/pages/index/1318/
4. Public Report on Capacity Building in Asia for Resilience EducaTion (CABARET) Project – final version (http://cabaret.buildresilience.org/images/CABARET_Public_Report_v1.pdf)
5. www.disaster-resilience.net/cabaret
6. http://cabaret.buildresilience.org/images/CABARET_flyer.pdf

DIGITALIZATION OF THE GROUND CONDITIONS FOR BIG CITIES IN NORTH BULGARIA – VARNA, RUSE, V. TARNOVO

Boyko Ranguelov[1], Dimo Solakov[2], Stefan Dimovsky[1], Atanas Kisyov[1]

[1]Mining and Geology University,
[2]NIGGG-BAS – Sofia
e-mail: branguelov@gmail.com

Keywords: *Ground condition, V_{s_30}, large cities*

Abstract: *This research is presenting the methodology, data sources and mapping of the soil ground conditions reflected by the parameter V_{s_30}. This parameter is an integral characteristic of the ground conditions used in almost all procedures of the seismic hazard mapping software. The V_{s_30} means the velocity of the transverse seismic waves to the depths of 30 meters of the ground layers. It depends of many factors such as density and type of rocks and sediments of the surface earth's strata, surface water level, the strength of the medium, etc. and modifying the influence of the seismic waves to the structures located on the surface. The digitalization of this parameter is the main task solved for several large cities of North Bulgaria intended to the seismic hazard and risk assessment. Methodology is largely supported by the archive materials collecting data and information from past measurements and analogue data. Examples of maps and digital data base are presented.*

ЦИФРОВАНЕ НА ГРУНТОВИТЕ УСЛОВИЯ ЗА ГОЛЕМИ ГРАДОВЕ В СЕВЕРНА БЪЛГАРИЯ – ВАРНА, РУСЕ, ВЕЛИКО ТЪРНОВО

Бойко Рангелов[1], Димо Солаков[2], Стефан Димовски[1], Атанас Кисьов[1],

[1]Минно геоложки Университет
[2]НИГГГ-БАН – София
e-mail: branguelov@gmail.com

Ключови думи: *Грунтови условия, V_{s_30}, големи градове*

Резюме: *Това изследване е насочено към методологията, източниците на информация и картирането на грунтовите условия отразено от параметъра V_{s_30}. Този параметър е интегрална характеристика на грунтовите условия и участва в почти всички софтуерни продукти свързани с оценката и картирането на сеизмичната опасност. V_{s_30} представлява скоростна на напречните сеизмични вълни в дълбочина до 30 метра от повърхността. Параметърът зависи от много фактори като например плътност на средата, тип на скалата, оводненост и др. Той модифицира въздействието на най-горния слой върху напречните сеизмични вълни и по този начин отразява усилването или отслабването на сеизмичната интензивност върху земната повърхност. Цифровизацията на този параметър за някои големи градове в Северна България е насочена към използването на тази база от данни при определянето на сеизмичния хазард и риск. Методологията се основава на интерпретация и реинтерпретация на стари архивни материали получени от преки измервания и често в аналогов вид. Дадено са примери и карти на получените резултати.*

1. Introduction

The mapping of the natural hazards and environmental threats, vulnerability of structures and risk assessment and management are important issues to the prevention of population and the infrastructure [1, 2]. The assessment of the damages and losses is the most important task in case of huge catastrophes and frequently influencing the GDP of any country [3]. The most advanced techniques and technologies are extensively used for the research and assessment of the

consequences of the natural and technological disasters such as space remote sensing, high effective communication systems, etc. [4, 5].

The seismic hazard and risk assessment in the recent times are exploited and implemented using different technologies, the most popular of which are models for simulation and risk management. This study is focused to the Vs_30 determination and digitalization as the very important parameter to the seismic hazard modelling.

The Vs_30 means the average velocity of the transverse seismic waves (S-waves) to the depths of 30 meters. This important characteristic is responsible for the S wave's velocity changes in the most upper ground layer and is an essential element included in the most calculus software packages for seismic hazard and risk assessment (HAZUS, EMERCOM, etc.) [6]. Increased difficulties appear when the Vs_30 determination is necessary to be done for the seismic microzonation, seismic hazard and risk assessment, vulnerability of structures in the populated zones, urban areas etc., and have to be performed in large scales [7]. All methods described above are very difficult to perform, due to the complicated measurement conditions. It is absolutely impossible to make regular grid, to perform bore holing and/or to take samples. Due to these difficulties a lot of archive materials have to be extracted, collected, digitized and interpret [8], which is performed in this work.

2. Theory and methodology

The methodology used for data processing and interpretations includes:

- Graphic presentation of the investigated site as a polygon. This gives a possibility to cover the whole area of the urban territory following the curvature of the city shape.
- Construction of the dense network of longitudinal and latitudinal lines (in different scales, if necessary) and formation of a grid.
- Interpolation procedures and calculation of the investigated parameter as weighted average value (Vs_30).
- Performing the comparative analysis of all available date, processing the information and assessing the reliability of obtained values of Vs_30 as input data introduced.
- Attribution to each sell of the grid the two obtained values of Vs_30 (the minimal and the maximal value). This provides the conservative approach and the user can choose the minimum value, the maximum value or the average one. This gives the possibility of the multiparameter approach for selection of the different variants for further calculations [10].
- Creation of the final map containing all geology units (simplified and presented like blocks for practical use), digital Excel table containing the presented on the map values of Vs_30 (min and max), together with the geography coordinates (in preferred by the user coordination system) thus forming the digital data base for the users [9].
- Presentation of the explanatory notes considering the liquefaction potential, the landslide potential and the possible modification of the amplitudes and velocities of S waves due to the different hardness of the ground [7].
- The data for former earthquakes and their influences are presented as well. It includes, intensities, macroseismic maps, observed secondary effects generated by strong earthquakes (liquefaction, surface cracks, triggered landslides and stone falls, subsidence, generated tsunamis, avalanches and other gravitational phenomena, etc. [11].

Similar approach gives the possibility of the interpreter to select the best fit of the data and information to the task and required elements thus providing flexibility and multi variances. The algorithms and models used consider the scale of the investigated area, the density of buildings and structures, the population distribution, etc., but need most accurate ground condition assessment. Frequently it is not possible to assure such accuracy due to the intensive variability of the ground conditions and needs the use of different approximations and extrapolation. The performance of such methodology is an important achievement of this study. To use earlier data and information needs large experience, scientific knowledge, logical interpretation, multidisciplinarity, effective visualization, etc.

3. Data and archives

The used materials have mostly the archive origin (the archive information is useful, having in mind that the ground conditions are conservative and did not change a lot in the time domain). In the urban environment frequently this is the only way to obtain reliable primary data and information. The collected and exploited data and materials are as follows:

- Data and information about former direct measurements of Vs_30 (seismic exploration data)

- Data and information about former direct measurements of Vp_30 (obtained by different seismic methods) and the following calculation of Vs_30 using well known relationships.
- Former borehole data extracted by borehole direct (seismic) and non-direct (densitometry) measurements
- Archive information about geology (maps of different scales, layers of petrology composition, age, time of origin, thickness, roughness of the layers overlapping boundaries, lateral inhomogeneities, etc.)
- Hydrogeology information including archive data about depth of the ground waters level, pore permeability, liquefaction potential, etc.
- Laboratory tests data about samples taken earlier (use of the petrophysical properties relationships to determine Vs (when possible), granulometry data, penetration tests, loading tests, etc.)
- Seismological data about macro seismic field of former earthquakes, intensities observed in the area, local inhomogeneities, observed liquefaction, cracks, sand volcanoes, land sliding and subsidence, etc. [8].
- Recent DEM, river's network, water bodies.
- Other data about former earthquakes, the macroseismic maps, acceleration records, attenuation lows.
- Geophysical maps and data about active faults, block structures, regional geophysical fields, geophysical prospecting information, etc.

In-situ measurements are performed, when possible, including direct seismic methods (Vp, Vs estimation), ground water level measurements, possible landslide surfaces determination, angle of slopes assessment.

To obtain the formal data and information is necessary to discover, transform and use the archives, to transfer the obtained information into recent measurement units and present effectively analogue data collected in former times and not used until now. This is not an easy task. The transformation from analogue format to the digital one is performed using different software and processing platforms. The advantages of digitalization are visible and useful, much easy accessible and effective.

4. Examples and discussion

The data and the described methodology have been performed for several seismic vulnerable urban areas (cities) in Bulgaria – Sofia, Blagoevgrad, Veliko Tarnovo, Varna, Russe, Plovdiv. The constructed maps illustrate the results obtained to the different cities and the reliability of all calculations. The grid selection (250x250 meters) is dominated by the practical consideration of convenient use and reliable results to the seismic hazard maps generation. Several maps are presented to illustrate the obtained results – Fig. 1., Fig. 2., Fig. 3.

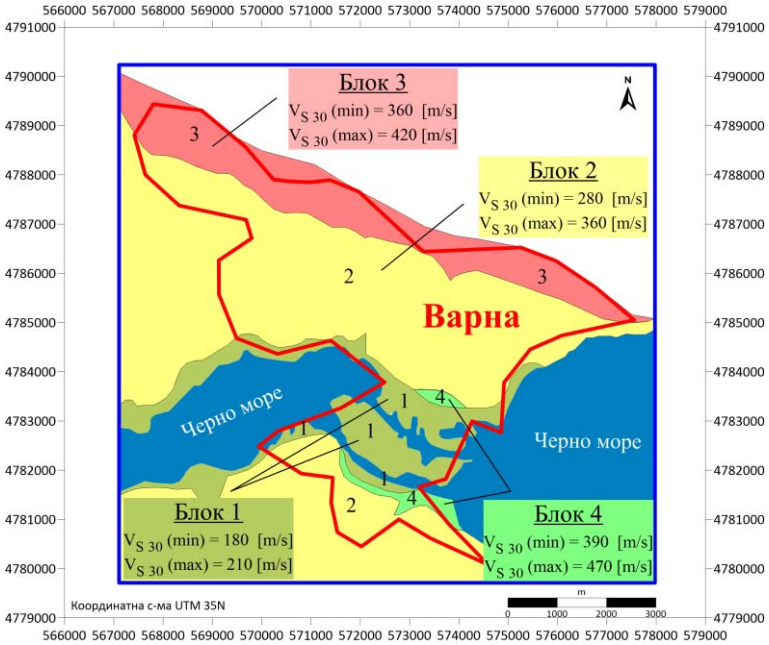


Fig.1. Map of Vs_30 for Varna

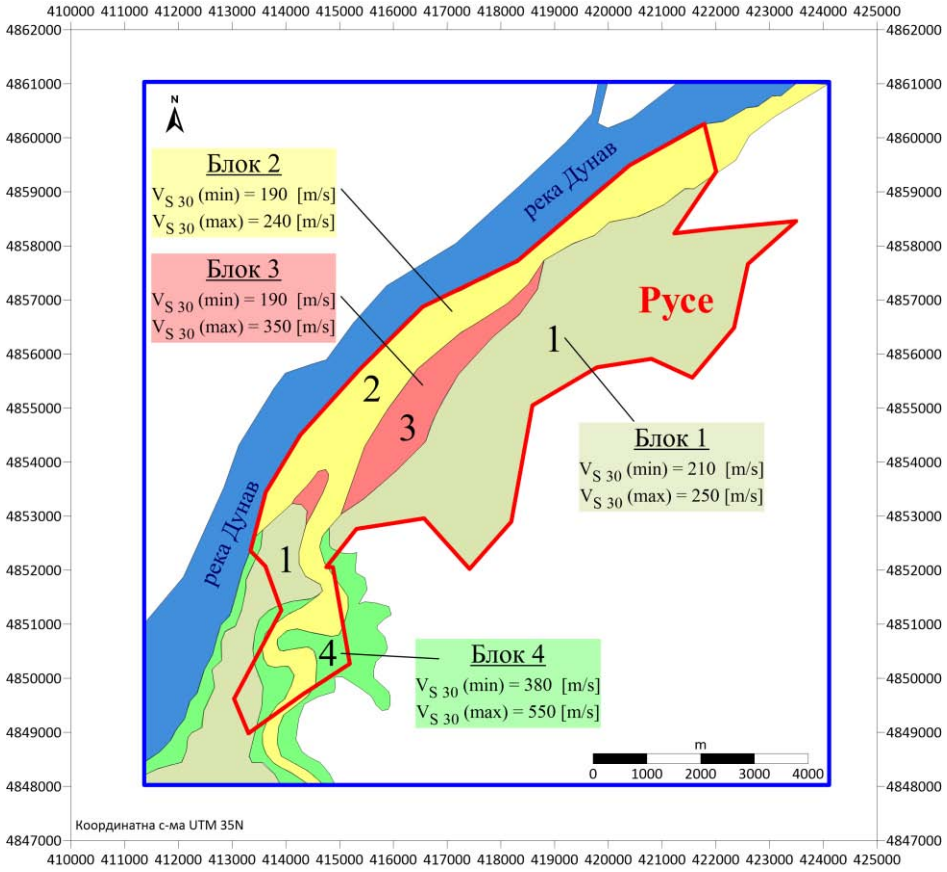


Fig. 2. Map of Vs_30 for Russe

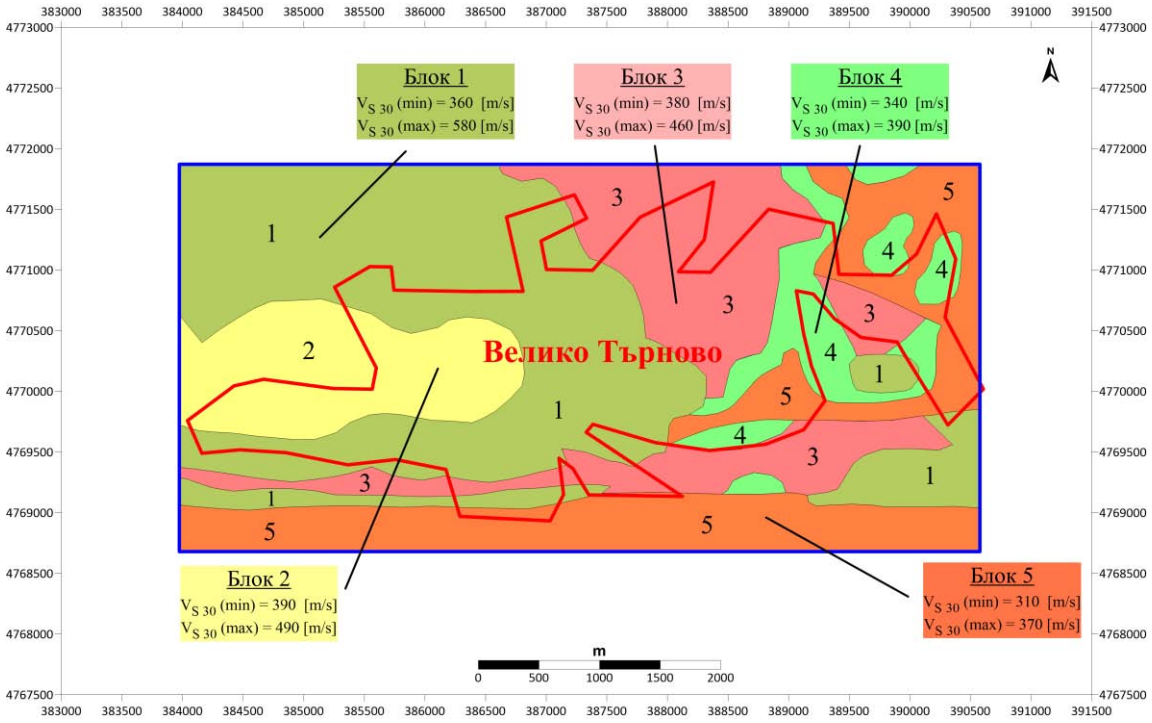


Fig. 3. Map of Vs_30 for Veliko Tarnovoe

The obtained results, suggested that the used methodology is rather effective and can be performed in cases with different conditions (sizes of the investigated areas do not matter). The methodology is not sensitive to the size of the polygon, geomorphology conditions and scale of the map (the grid in case of digital map is changeable according the users' needs). Vs_30 is an integral characteristic and includes many parameters (thickness, density, geological and petrophysical parameters, ground waters' level, etc.). The presented values can be used for seismic hazard maps calculations [12]. The extension to the risk maps including vulnerability and exposure of the societies is very important but needs increased accuracy for the decision making process [3]. The digital technologies give such possibilities in the seismic risk mapping and now the scale of the maps is less important than before [7].

5. Conclusions

The updated digital methodology for assessment of the integral values of Vs_30 is developed for practical purposes. It is intended to be in use for the massive electronic calculations of the digital seismic hazards maps for big cities in Bulgaria. In total three cities are selected (Varna, Rousse, Veliko Tarnovo - located in seismic prone areas), for the illustration purposes all are presented. The performed methodology including mostly archive materials (but also some in-situ measurements) shows high effectiveness and reasonable results. The new element is the suggestion of the two values of the Vs_30 (Vs_30min and Vs_30max). This provides the users of the newly calculated maps, wide diapason in variability of this parameter and gives the possibility for multi variant approach. The performance in different ground conditions in different case studies and seismic hazards calculations needs near future verification [12].

Acknowledgements

This work has been carried out in the framework of the National Science Program "Environmental Protection and Reduction of Risks of Adverse Events and Natural Disasters", approved by the Resolution of the Council of Ministers № 577/17.08.2018 and supported by the Ministry of Education and Science (MES) of Bulgaria (Agreement № Д01-322/18.12.2019).

Литература:

1. Frantzova, A. 2016 Risk mapping methodology for environmental hazards, Proceedings, 6th Intl. Conf. on Cartography and GIS, 13-17 June 2016, Albena, Bulgaria ISSN: 1314-0604.
2. Frantzova, A. 2017 Risk mapping methodology and classification for environmental hazards (Lambert Academic Publishing) p 112.
3. Frantzova, A 2016 Classifications and typology of the natural and triggered technological risks according to the GDP and probability of occurrence Proceedings, 6th Intl. Conf. on Cartography and GIS, 13-17 June 2016, Albena, Bulgaria.
4. Frantzova, A. 2012 Remote sensing data for snow cover monitoring and mapping South-Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics, Vol 1, No 1 e-ISSN: 2241-1224
5. Frantzova, A. 2012 Detecting and monitoring of wildfires with remote sensing data South-Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics, Vol 1, No 2 e-ISSN: 2241-1224
6. Frolova, N., Larionov V, Bonnin J, Suchshev S, Ugarov A and Malaeva N 2019 Impact data bases application for natural and technological risk management Nat. Hazards Earth Syst. Sci. NHESS (2019)264
7. Ranguelov, B. 2011 Natural Hazards – Nonlinearities and assessment. (Sofia: Bulgarian Academy of Sciences Pres) p 327.
8. Ranguelov, B., Rizhikova S. and Toteva T. 2001 The earthquake (M7.8) source zone (South-West Bulgaria) (Sofia: Bulgarian Academy of Sciences Pres) p 279
9. Muco, B., Alexiev G., Aliaj S., Elezi Z., Grecu B., Mandrescu N., Milutinovic Z., Radulian M., Ranguelov B. and Shkupi D. 2012 Geohazards assessment and mapping of some Balkan Countries., Nat Hazards 64 2, pp 943–981.
10. Paskaleva, I., Ranguelov B. 2015 Lessons learned by recently happened natural disasters and future research needs In Engaging the Public to Fight the Consequences of Terrorism and Disasters Eds. I. Apostol, J. Mamasaklihsi, D. Subotta, D. Reimer. NATO Science for Peace and Security Series, E: Human and Societal Dynamics, vol. 120., IOS Press pp 257–268.
11. Ranguelov, B. 2013 Risk profiles and hazards for the Black Sea area. In Landslide Science and Practice, Vol. 7: Social and Economic Impact and Policies (Eds: Claudio Margottini, Paolo Canuti, Kyoji Sassa), ISBN: 978-3-642-31312-7, (Print) 978-3-642-31313-4 (Online). DOI 10.1007/978-3-642-31313-4, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg pp 3–9.
12. Ranguelov, B., Alexiev G., Gospodinov D., Scheer S. 2010 Natural hazards and preventive measures in Bulgaria., In Bulgaria and Bulgarians in Europe., (Ed. P. Petkov), "Faber", V.Turnovo, pp 385–393.
13. Douglas, C. Giancoli General physics. Prentis hall Inc. 1984.

HIDDEN PERIODICITY IN THE "STREAM" OF EARTHQUAKES IN THE SOUTHERN PART OF THE BALKAN PENINSULA

Emil Oynakov, Emil Botev

National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: emil.ilievmg@gmail.com, ebotev@geophys.bas.bg

Keywords: *Seismology, Earthquake catalog analysis, Seismicity parameters assessment*

Abstract: *The results of a research of the periodic components of seismicity in the southern part of the Balkan Peninsula are presented. Time-stable periods have been found and a model has been consructed on this basis. Most of the obtained periods coincide or are close to the periods obtained for the global seismic process on Earth. In the spectrum of fluctuations in the intensity of the "stream" of seismic events there is a clear peak with a period of 11-12 years, which coincides with the period of change in solar activity. The obtained results shed light on the nature of modern deformation processes and cycles of crustal destruction during earthquakes in the southern part of the Balkan Peninsula.*

СКРИТА ПЕРИОДИЧНОСТ В „ПОТОКА“ ЗЕМЕТРЕСЕНИЯ В ЮЖНАТА ЧАСТ НА БАЛКАНСКИЯ ПОЛУОСТРОВ

Емил Ойнаков, Емил Ботев

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките
e-mail: emil.ilievmg@gmail.com, ebotev@geophys.bas.bg

Ключови думи: *Сеизмология, Оценка на сеизмични параметри, Сеизмичен анализ*

Резюме: *Целта на настоящата работа е подробно проучване на периодичните компоненти на сеизмичността в южната част на Балканския п-ов. Намерени са устойчиви във времето периоди и е изграден модел на тази основа. Голяма част от получените периоди съвпадат или са близки с периодите получени за глобалния сеизмичен процес на Земята. В спектъра на колебанията в интензивността на потока на сеизмичните събития има ясно изразен пик с период от 11-12 години, който съвпада с периода на промяна на слънчевата активност. Получените резултати хвърлят светлина върху особеностите на сеизмичността в южната част на Балканския полуостров.*

Introduction

Effects of manifestations of "hidden" periodic fluctuations before strong earthquakes were found (Любушин, 1998), which can in principle be considered within the concept of self-organized criticality, in which a large role is attributed to the emergence of long-range correlations of seismic events (Соболев, 2003). However, the physical mechanism of possible long-range correlations applicable to sesmology is not clear. Theories of catastrophes and phase transitions in energy-open systems require detailed development for inhomogeneous environments, although the appearance of rhythms is common in the evolution of uneven systems (Nikolis & Prigogine, 1979).

The analysis of seismic catalogs is more complex than processing the time lines obtained by geophysical monitoring systems (seismic, magnetic, gravitational, GPS, .. etc.). This is related to the fact that the analysis of the sequence of earthquakes does not allow the direct use of the huge variety of methods, parametric models and algorithms developed in signal theory (Marpl, 1987). In order to use these methods, it is necessary to convert seismic catalogues in time lines of consecutive values with a step in time set. This can be achieved by calculating either the average values of a particular catalog parameter (e.g. the energy released) at successive time intervals of equal width, or the total value with

a constant step in time (comulative curves). Even assessing the spectrum of the scale or finding periodic components in time lines could be ambiguous in the analysis of seismic catalogues and requires special approaches based on an assessment of the parameters of the point process model (Vere-Jones & Ozaki, 1982). Lubushin and Pisarenko offer a parametric method for assessing the impact of the seismic regime in several regions on the seismicity of the research region (Любушин & Писаренко, 1993).

The purpose of our work is a detailed study of the periodic components of seismicity in the southern part of the Balkan region. When establishing time-stable periods, a model is built on this basis, allowing to talk about a forecast of the "seismic time" for a certain period of time. In the case of a sharply unstable portrait of fluctuations in the seismic stream of the events, such prediction is problematic.

Data and method of interpretation

In this study a constantly updated catalog of the University of Athens for the period 1964-2020 is used (http://dggsl.geol.uoa.gr/en_index.html). The catalog of earthquakes covers data in a spatial window 32º - 44ºN and 10 º – 30ºE. The total number of included earthquakes is 295029, as the depths vary from 0 ≤ h ≤ 220 km, and the magnitude estimates Ml are in the range of 2.0 <M_l < 7.0.

Duplicate events were recognized and removed algorithmically, and later checked by visual assessment. The catalog of independent events is defined as final after the identification and removal of clustered events by the Gardner & Knopoff algorithm (Gardner J.K & Knopoff, L., 1974). Any earthquake that occurred within the spatial-time window around and after each larger event is taken into account and is considered as a cluster event. The spatial-time window is larger in size for stronger previous events according to Gardner & Knopoff dependency. This step is relevant merely for our catalog data comprising large events with long aftershock and foreshock series.

To guarantee the completeness of data, analysis comprises only events with magnitudes equal to or larger than the threshold magnitude Mc. So, the next step has been the determination of minimum value of magnitude Mc for catalog completeness. The value of Mc usually decreases with time, as the number of seismic stations and their sensitivity increase [Wiemer S. & Wyss M., 2000]. The method of maximum curvature (Mmax curvature) is used to verify the estimates of Mc. The very final catalog includes 24750 events with Mc ≥4.0 limited mainly to a depth of 40 km (shallow earthquakes) – maximum depth is 70 km (Fig. 1).

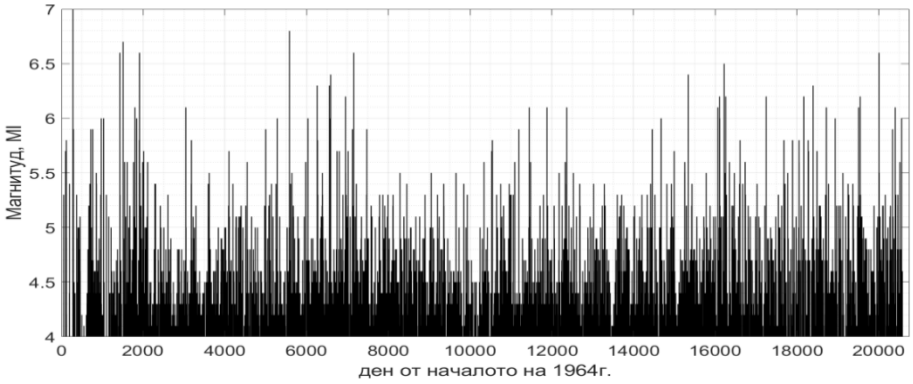


Fig. 1. The magnitude-time dependance of all used events

Taking into account the non-stationary of the seismic stream of events to detect hidden periodicity, a method proposed by Lubushin (Любушин и др., 1998) is applied. A model of time sequences of seismic events (point process) is considered, assuming that it contains a harmonious component

$$\lambda(t) = \mu(1 + a\cos(\omega t + \varphi)),$$

where ω – frequency, *a* - amplitude (*0≤ a ≤1*), φ –phase angle (φ ∈ [0, 2π] и μ≥0 – multiplier describing the Poisson part of the intensity are the parameters of the model.

The increase in the logarithmic function of the plausibility of the point process (Cox & Lewis, 1966) at a given frequency ω is found with the relation:

$$\Delta lnL(a, \varphi|\omega) = \sum_{t_i} \ln(1 + a\cos(\omega t_i + \varphi)) + Nln(\frac{\omega T}{\omega T + a(\sin(\omega T + \varphi) - \sin(\varphi))}),$$

where t_i - a sequence of time moments of the separated local maxima within a time window; N – the number of local maxima; T – the length of the time window.

The function

$$R(\omega) = \max_{a,\varphi} \Delta lnL(a,\varphi|\omega)\ ,\ 0 \le a \le 1,\ \varphi \in [0, 2\pi]$$

is considered as a generalized spectrum of the sequence of events, ie. it is an analogue of spectral analysis applied to point processes (Любушин и др., 1998). The maximum values in the graph of this function show the frequencies present in the flow of events, the greater the increase of the function, the greater the contribution of the corresponding harmonic in the flow of events.

If we denote by τ – the time mark of the right end of creeping time window with length T_w or the right end of a creeping window of the number of events of length T_w (number of events), the last relation actually becomes a function of two arguments - $R(\omega, \tau \mid T_w)$, which can be visualized as 2-dimensional and 3 -dimensional reliefs in the plane of the arguments (ω, τ). These frequency-time and frequency-event diagrams allow to study the dynamics of occurrence and development of periodic components within the landed stream of events. The methodology had been used in the researchs of Любушин и др. (1998), Соболев (2003; 2004).

Results and discussion

- research results of all events

Fig. 1 presents the magnitude-time dependance of all events that are used for the purposes of this study. The all used 24750 earthquakes with magnitude M > 4 with a depth of hypocenters up to 70 km for the period 1964–2020 are presented in this sequence. The time is marked by the number of the days from the beginning – 01.01.1964.

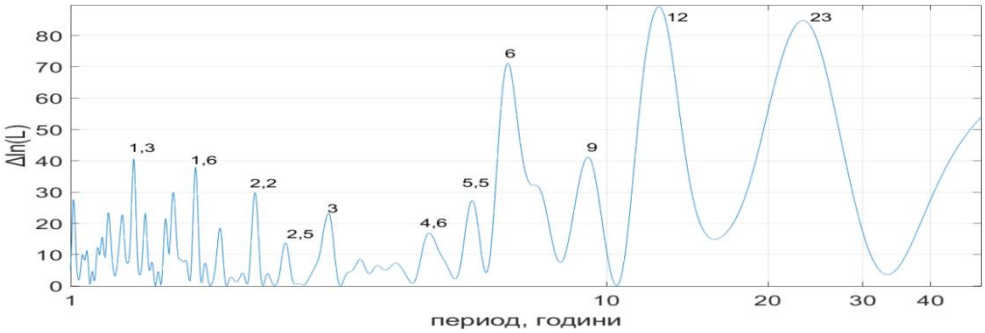


Fig. 2. Graph of the increase of the logarithmic likelihood function,
T_{min}=365 days, T_{max}=18250 days, number of sample periods N=1000.

Fig. 2 presents the graph of the increase of the logarithmic likelihood function for the whole sequence of the moments of earthquakes with M > 4, calculated for T_{min}=365 days - T_{max}=18250 days and the number of sample periods N=1000 (corresponding to the frequency ω). Above each of the amplitude peaks are the values of the periods in years. An asymptotic formula can be used to estimate the statistical significance of the peaks assuming that 24750 is a sufficiently large number of events. With a confidence probability of 90%, the confidence threshold will be - $ln(0.1)\approx 2.3$.. In Fig. 2 it is seen that all marked peaks are significant. Most of the obtained periods (23; 12; 6; 2.5; 1.6) coincide or are close to the periods obtained by Lyubushin (23; 12.5; 6.5; 2.5; 1.5) for the global seismic process for the inner time 1901–2005, and with magnitude M > 7 (Любушин и др., 1998). There is also a group of peaks with multiple frequencies (2.5; 3; 6; 9; 12) in the spectrum of fluctuations in the intensity of earthquake flow.

Fig. 3c shows a frequency time diagram of the statistics $R(\omega, \tau|Tw)$calculated in a creeping time window with a length of 3650 days (10 years) and an offset of 365 days (one year) for trial values of the periods (corresponding to the frequency ω) of 10 up to 1000 days. The horizontal bands in Fig. 3 correspond to the spectral peaks (harmonics) in Fig. 2. Fig. 3c shows that the amplitudes of these harmonics change over time. Irregularly appearing strips in time indicate periodic fluctuations occurring in groups and between groups of earthquakes of lower magnitude. Fig. 3a shows the position of the right end of the creeping time window as a function of the cumulative number of events. Fig. 3b shows

the dependence of the position of the right end of the creeping time window depending on the number of events falling in the time window, which in its essence represents the change of the seismic activity (number of earthquakes per unit time).

Figures 3a and 3b show that the peaks in the number of events falling into the time window (Fig. 3b) coincide with the high values of the increase in the logarithmic likelihood function. It follows that the amplitude jumps of *R(ω, τ|Tw)* are an indicator of high seismic activity. The red stars of both figures indicate the moments of earthquakes with M≥6.5, and in both figures these earthquakes are preceded by a period of high seismic activity, which in turn are preceded by a period of "seismic calm". The picture does not change radically when using a creeping window containing 500 events and offset 10 events.

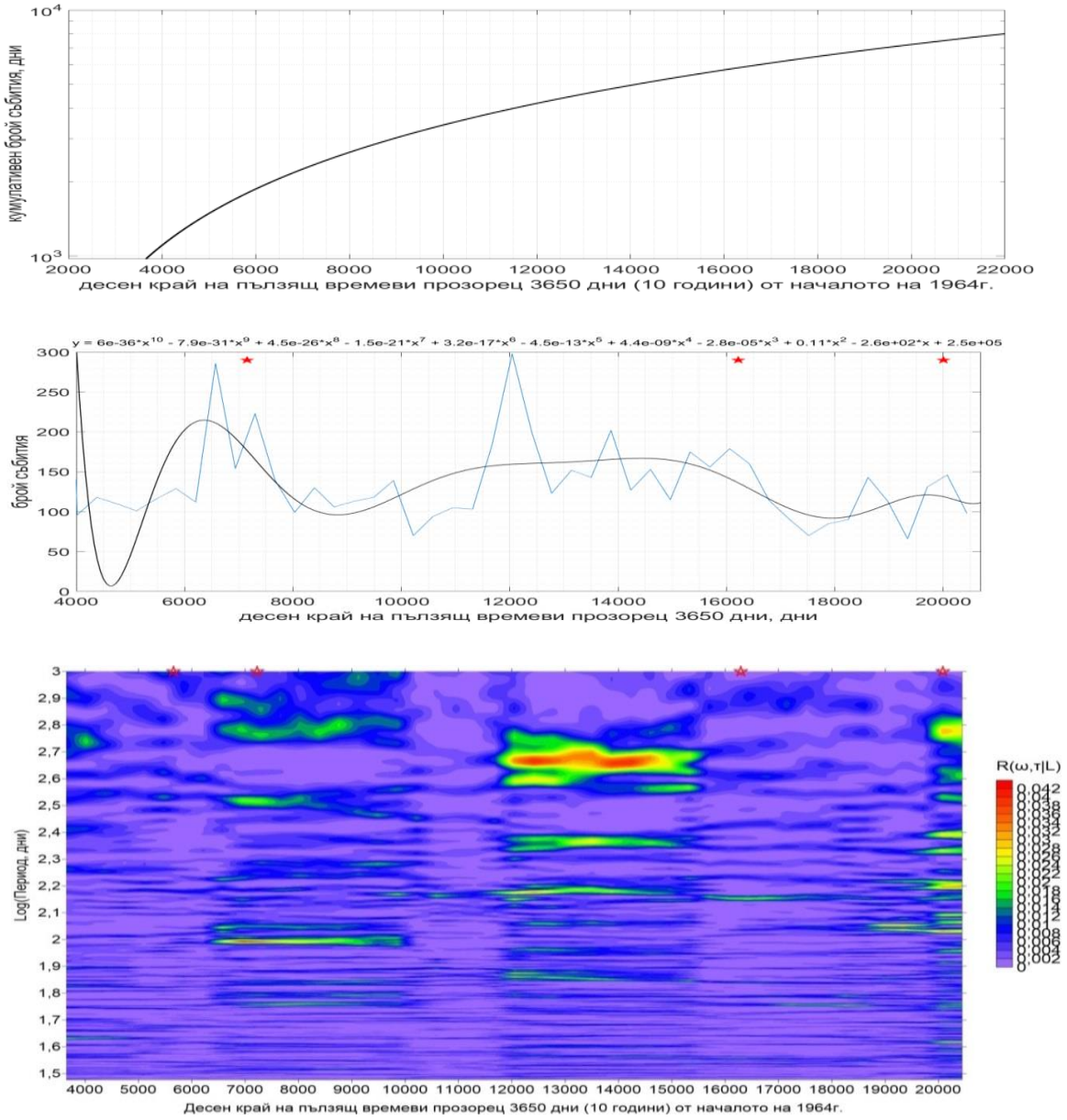


Fig. 3. a) position at the right end of the creeping time window of 3650 days and displacement of 365 days depending on the cumulative number of earthquakes; b) number of events contained in the time window (timemarks correspond to the right end of the window) c) a frequency-time diagram of the incremental logarithmic likelihood function calculated for the window described in (a); the timemarks are in days since the beginning of 1964, the moments of the earthquakes with Ml> 6.4 are marked with red stars

Therefore, the seismicity in the region is characterized by a discrete structure in time (possibly fractal) with many emerging and disappearing periods. However, the identification of common periods

can help to create a trend-based multiharmonic model that allows to define a non-zero "seismic event forecasting horizon".

Verification of the time sequence of earthquakes for mixing with random fluctuations was done by the Hearst method. The ratio used is:

$$\frac{R}{S} = (aN)^H,$$

where *R/S* – normalized ratio, *N* – number of events, *a* – constant, *H* – Hirst index. Fig. 4 shows the result of the analysis - H = 0.71, which is an indicator of relatively high trend stability of the time series, and the ability to predict future trends.

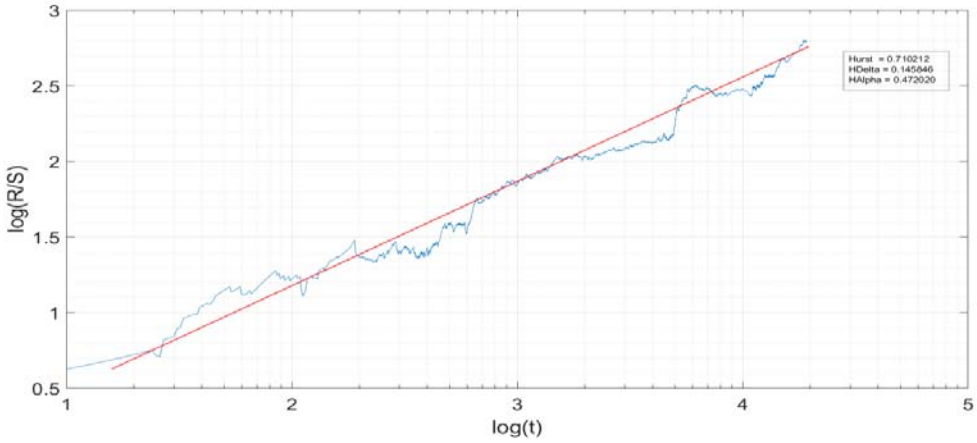


Fig. 4. Estimation of the H indicator by the Hirst method

- Results of the study of periodicity in three areas with significant earthquakes:

- 06.08.1983 г., To=15:43, 24.81E/40.08N, Ml=6.6, H=22 km

The procedure explaine above had been aplide to the polygon containing the epicenters of 1504 seismic earthquakes with magnitude Ml> 3.1, which represent the time series of events used to study the periodicity before and after the earthquake of 06.08.1983. The peaks from the graph of the increase of the logarithmic likelihood function corresponded to the main periodsof 5, 12, 25.5 and 35 years are clearly visible, as well as peaks close to multiple frequencies.

- 08.06.2008 г. To= 12:25 ч., 21.51E/37.98N, Ml=6.5, H=25 km

The same procedure had been aplide to the polygon containing the epicenters of 1106 seismic earthquakes with magnitude M1> 3.0, which represent the time series of events used to study the periodicity before and after the earthquake of 08.06.2008. The peaks corresponding to the main periods of 40 and 53 years are clearly visible, as well as peaks close to 2, 5.5, 11, 30 and 47 years.

- 25.10.2018 г. To= 22:45 ч., 20.51E/37.34N, Ml=6.8, H=10 km

The procedure of constructing the graph of the increase of logarithmic likelihood function had been aplide also to the polygon containing the epicenters of 3428 unseen earthquakes with magnitude M1> 3.2, which represent the time series of events used to study the periodicity before and after the earthquake of 25.10.2018. The peaks corresponding to the main periods of 4.2, 6.9 and 11.5 years are clearly visible.

Conclusion

Most of the obtained periods (23; 12; 6; 2.5; 1.6) coincide or are close to the periods obtained by Lyubushin (23; 12.5; 6.5; 2.5; 1.5) for the global seismic process for the time interval 1901–2005, and with magnitude M > 7 (Любушин и др., 1998). In the spectrum of fluctuations in the intensity of the flow of seismic events there is a dominant peak with a period of 11–12 years, which coincides with the period of change in solar activity. A group of peaks with periods of 1.3, 2.2, 2.5, 3, 3.3, 4.5, 5.5 and 6 years are also quite clear. The clear grouping of several stable periods in the interval of about 2-3 years

is probably related to the above-mentioned alternation of strong earthquakes in seismogenic zones with deeper focus.

As an other result of the whole analysis we can summarize that the use of an events window of with the same volume of data allows a more accurate comparison of the statistical significance of the peaks of increase of the maxima of the logarithmic likelihood function for different periods and creeping time windows.

Acknowledgments

This study is supported by the Bulgarian National Science Fund, Contract DN 14-1/11.12.2017 “Exploration of changes in some geophysical fields preceding the occurrence of earthquakes in the Balkans” and particularly supported by the Ministry of Education and Science of Bulgaria (Agreement No Д01-322/18.12.2019).

References:

1. Любушин, А. А., & Писаренко, В. Ф. (1993). Исследование сейсмического режима с помощью линейной модели интенсивности взаимодействующих точечных процессов. Физика Земли, (12), 81–87.
2. Любушин, А. А. (1998). Периодичности и катастрофы во взаимодействии геофизических процессов. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов, 2, 380–385.
3. Любушин, А. А., Писаренко, В. Ф., Ружич, В. В., & Буддо, В. Ю. (1998). Выделение периодичностей в сейсмическом режиме. Вулканология и сейсмология, 1, 62–67.
4. Соболев, Г. А. (2003). Эволюция периодических колебаний сейсмической интенсивности перед сильными землетрясениями. Физика Земли, (11), 3–15.
5. Соболев, Г. А. (2004). Вариации микросейсм перед сильным землетрясением. Физика Земли, (6), 3–13.
6. Gardner, J. K and Knopoff, L. (1974). Is the sequence of earthquakes in southern California, with aftershocks removed, Poissonian? Bull. Seism. Soc. Amer., 1974, 64:5, 1363–1367.
7. Marpl-jr, S. L. (1987). Digital Spectral Analysis: With Applications. Prentice Hall publishing house, New York.
8. Nikolis, G., & Prigogin, I. (1979). Self–organizing in Nonequilibrum Systems. Wiley publishing house, New York.
9. Vere-Jones, D., & Ozaki, T. (1982). Some examples of statistical estimation applied to earthquake data. Annals of the Institute of Statistical Mathematics, 34(1), 189–207.
10. Wiemer S,, M. Wyss (2000) Minimum magnitude of completeness in earthquake catalogs: examples from Alaska, the western United States, and Japan. Bull. Seism. Soc. Am. 90(4):859–869

THE 1928 PLOVDIV SEQUENCE: FAULT MODEL CONSTRAINED FROM GEODETIC DATA AND SURFACE BREAKS

Dimitar Dimitrov[1], Jean-Claud Ruegg[2], Bertrand Meyer[3,4], Jean-Bernard Chabalier[2], Emil Botev[1], Pierre Briole[5]

[1]National Institut of Geophysics, Geodesy and Geography, BAS, e-mail <clgdimi@abv.bg>.
[2]Institut de Physique du Globe, CNRS UMR 7154, Paris, France.
[3]UPMC Univ. Paris 06, ISTEP, UMR 7193, F-75005, Paris, France.
[4]CNRS, ISTEP, UMR 7193; F-75005, Paris, France.
[5]École normale supérieure, F-75230, Paris, France.

Key words: *sequence of earthquakes, geodetic data, fault model, North Aegean*

Abstract: *Two destructive earthquakes (M=6.8 and M=7.0) occurred on April 14 and April 18, 1928, near the city of Plovdiv, in Southern Bulgaria. These are among the largest earthquakes that occurred in Europe and the Eastern Mediterranean area during the 20th century. A detailed analysis of the tectonic observations available in the literature allows us to determine that the 1928 sequence reactivated successively two antithetic faults of respectively 38 and 53 km length within the Maritsa Valley. The displacement is mainly normal and consistent with the available seismological data. We use an exceptional geodetic data set, formed by 500 km of levelling lines and GPS measurements of a former triangulation network to characterise the co-seismic displacement field. The deformation is asymmetric and mostly related to the second shock on a north-dipping fault with a maximum vertical displacement of 2 m. We reproduce this displacement field and the surface breaks using a model of dislocation in homogeneous elastic half-space. The model requires a south-dipping faulting north of the Maritsa with uniform slip of 0.7 m during the first shock. The second shock accounts for 75% of the seismic moment of the sequence and corresponds to the activation of a north-dipping fault cutting obliquely across the Maritsa Valley. Fault dip appears steeper near the surface and the maximum slip amounts to 2.6 m. These earthquakes occurred on faults located within the Maritsa depression and did not reactivate the large faults located by the edge of neighbouring reliefs.*

ЗЕМЕТРЕСЕНИЯТА ОТ ЧИРПАН – ПЛОВДИВ 1928 Г. – ГЛАВНИ РАЗЛОМИ ОТ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ДАННИ И ТЕРЕННИТЕ РАЗКЪСВАНИЯ

Димитър Димитров[1], Жан-Клод Руег [2], Бертранд Мейер [3,4], Жан-Бернар Шебалие [2], Емил Ботев[1], Пиер Бриол [5]

[1]Национален институт по геофизика, геодезия и география, БАН, e-mail <clgdimi@abv.bg>.
[2]Institut de Physique du Globe, CNRS UMR 7154, Paris, France.
[3]UPMC Univ. Paris 06, ISTEP, UMR 7193, F-75005, Paris, France.
[4]CNRS, ISTEP, UMR 7193; F-75005, Paris, France.
[5]École normale supérieure, F-75230, Paris, France.

Резюме: *Двете катастрофални заметресения от 14 и 18 Април 1928 г. в районите на Чирпан и Пловдив с M=6.8 и M=7.0 са от най-силните в Европа и източното средиземноморие през 20 век. Детайлният анализ на тектонските изяви определят, че двете земетресения са реактивипали два антитетични разлома с дължина респективна 38 и 53 кт по Маришката долина. Ние използваме изключителните геодезически данни от 500 km повторни нивелачни измервания и данни от преизмерената с GPS триангулачна мрежа за да характеризираме полето на ко-сеизмичните премествания. Възстановихме тези премествания и терените деформации, използвайки дислокационен модел за хомагенна еластична полусреда. Моделиранео показва, че един нармален разлом (разсед) с наклон на юг и хлъзгане от 0.7 m е свързан с първият трус от 14 Април 1928 г. Вторият трус освобождава 75% от сеизмичния момент на двата труса и е свързан с активирането на разсед пропадащ на север и пресичащ Маришката долина. Този разлом променя наклона си в дълбочина и има максимално хлъзгане от 2.6 m. Двете земетресения от Април 1928 г. са станали в Маришката депресия и не са активирали големите разломи определящи релефа от двете страни на Горнотракийската низина.*

Introduction

On April 14 and April 18, 1928, two major earthquakes struck southern Bulgaria near the city of Plovdiv [1]. The epicentres were located along the Maritsa valley between the Rhodope and the Balkan Mountain belts. This sequence was among the largest recorded in the Eastern Mediterranean region during the 20th century [2] with estimated magnitudes of 6.8 and 7.0 respectively [2, 3 4]. Fifteen aftershocks with magnitude M>5 were recorded during the following month. The two main shocks and the subsequent aftershocks hit a large area of about 3000 km^2 and caused important damage including the destruction of 5 towns and more than 240 villages.

The fault parameters of the sequence are estimated using mainly two kinds of documents: contemporary reports describing the effects of the events [5, 6, 7, 8, 9, 10] and a comparison of levelling data acquired before and after the earthquake and some of which has been published by [11, 12. 13]. Up to 506 km of levelling lines have been surveyed by the National Cartographic Institute of Bulgaria (NCI) before and after the events. Mirkov [11] presented the results of the co-seismic elevation changes in cross sections along selected profiles. Yankov [12, 13] provided a map of co-seismic displacement by interpolating the data published by [11] and proposed an interpretation. From contemporary observations and/or subsequent levelling measurements, several determinations of the source parameters have been proposed [1, 14, 15]. More recently a quantitative model has been proposed by [16] on the basis of the levelling data alone. All those interpretations relate the first event to two antithetic faults within the Maritsa river banks and the second event to a single fault cutting further west across the river.

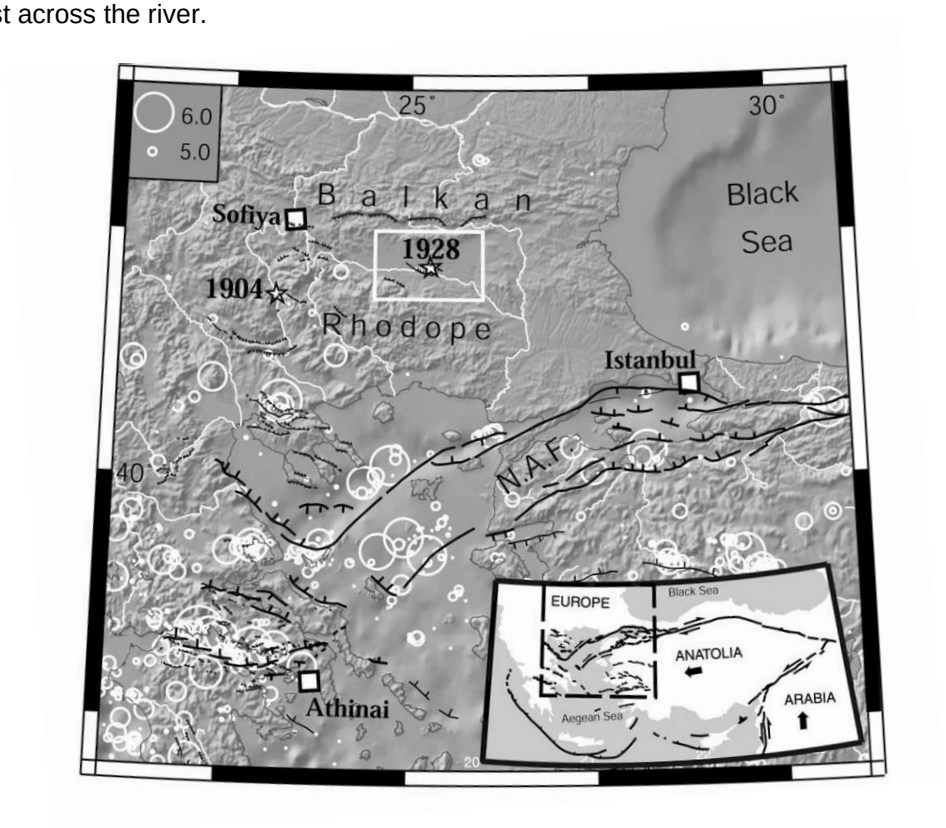


Fig. 1. Seismotectonics of the North-East of the Mediterranean area. Seismicity (1964–1999) from the ISC catalogue. White stars indicate location of the 1904 Struma and 1928 Plovdiv earthquakes. NAF. relates to the North Anatolian Fault system termination in the Aegean. Active faults compiled from bathymetry, geological studies and satellite imagery by [19, 20, 23]. White box outlines the Plovdiv area enlarged in the following figures.

We revised the available data associated with this sequence to refine a quantitative deformation model. All the documents describing the field effects have been reanalysed and combined with available seismological data, to discriminate between the main surface ruptures of the two events and secondary effects. The original field archives of the levelling data [11] and two other unpublished levelling lines, measured in 1940 and 1959 have been re-adjusted using a new compensation process. The data provides an exceptional set of co-seismic elevation displacements of 349 benchmarks that intersects the fault breaks at 8 points. A former triangulation network installed in 1926 and measured with GPS in 1993 provides estimates of the co-seismic horizontal displacements [16] and is also used to derive a refined fault model. Finally we discuss this model with the large-scale tectonic implications in relation to the nearby extension in the North Aegean region.

Regional Tectonics and Active Faulting

The earthquakes of April 14 and April 18, 1928 occurred north of the Aegean Sea in the upper Thrace lowland of Bulgaria (high Maritsa valley) between the Rhodope range to the South and the crystalline Balkan Mountain to the North (Fig. 1). The structural trend is almost NS in the Dinarides and the Hellenides in the East turns NW-SE in the Rhodope to EW in the Balkan, as outlined by the topography and the large river courses (Fig. 1). These belts have been formed mainly in the late Mesozoic and the early Tertiary as crustal shortening took place between the converging Africa and Eurasia plates After the Oligocene, the region has experienced mostly NS crustal extension and is considered to be the northernmost part of the stretched Aegean domain [14]. The driving mechanism of this extension remains controversial. Some authors have proposed high stretching rates with crustal thinning during the last 5 Ma [14] or during a poly-phased evolution, during the last 25 Ma [17, 18]. Another view has proposed a two stage evolution resulting from the recent propagation of the North Anatolian fault into the already slowly extending Aegean domain [19, 20]. In Bulgaria, the normal faults strike mostly EW to ESE and are slightly oblique to the fabric in the Rhodope and the Balkan belts. These faults are less developed than in central Greece and western Turkey (Fig. 1), where some of them have ruptured during destructive earthquakes with clear surface breaks: Thessaloniki, Ms=6.4 in 1978 [21, 22] and Grevena Ms=6.6 in 1995 [23]. In Bulgaria, the sequence of two destructive earthquakes separated by 23 minutes that occurred in 1904 in the Struma valley, west of the Rhodope (Fig. 1) resembles the 1928 Plovdiv sequence [23]. The 1928 sequence occurred along EW asymmetric graben of the high Maritsa valley floored by Neogene and Quaternary alluvial sediments. The sequence is usually assigned to relatively minor normal faults inside the graben compared to the large faults located on both sides of the valley. A conspicuous normal fault, the Asenovgrad fault, marks the southern edge of the graben at the edge of the Rhodope massif and lies close to the epicentre area. Neither its seismic potential nor its current activity has been well assessed although ten destructive earthquakes (I>VIII) are reported in the area during the last millennium [2, 24].

Observations of Surface Breaks and Seismological Constrains

Important surface effects are associated with the 1928 sequence. Breaks of 105 km total length, producing a large subsiding area in the Maritsa valley, with the formation of several temporary lakes and landslides have been reported. The descriptions, maps and reports of tectonic observations were made soon after the earthquake sequence [5, 6, 7, 8]. The most detailed descriptions of surface ruptures, including many photographs have been published by the National Commission for the mitigation of seismic damage [9] and in two monographs published by the Bulgarian Academy of Science[25, 26]. The simplified rupture map published by [5] is considered by the scientific community as the basis of the fault parameters determination for this sequence. For the first shock, the authors identify two antithetic fault ruptures, one north of Chirpan, dipping south, the other one south of Chirpan, dipping north. For the second shock they map another rupture, 20 km to the west on a single fault that cuts the river (Fig. 2). The higher Intensity contour (I=X) of the isoseismic map published by [5, 9] is shown in Figure 2. The effects of the two separate shocks can be clearly identified using the military reports performed immediately after the first shock and the subsequent reports following the second shock: the isoseismal map of the shock from April 14 is centred on the city of Chirpan whereas that of April 18 centres 20 km to the West, near to the city of Belozem.

We have reconsidered all the available data in order to distinguish the main surface breaks from secondary effects for each of the main shocks. In the following section we discuss the surface observations together with the available seismological data and the geomorphology.

The April 14 event activated two zones: A badly damaged area, located to the north of Chirpan, clearly associated with the 38 km continuous rupture between Trakia and Orizovo, striking N95° and dipping to the south. Continuous normal scarps with an average of 40 cm down-to-the-south slip (reaching a maximum of 50 cm in the middle of the rupture NW of Chirpan) were measured [9]. The settlements situated along the mapped rupture - Chirpan, Tcherna Gora, Orizovo, Partizanin, Gorno Belovo, Svoboda – were totally destroyed [9]. This leaves the doubt that this 38 km continuous rupture is associated with a fault activated during the first shock. This rupture outlines the base of a small topographic relief of 10 to 20 m, which corresponds to cumulative slip of on the Chirpan fault [27]. The evidence of en echelon fissures and a few centimetres of horizontal offsets of the roads indicate a limited right lateral component of slip [9].

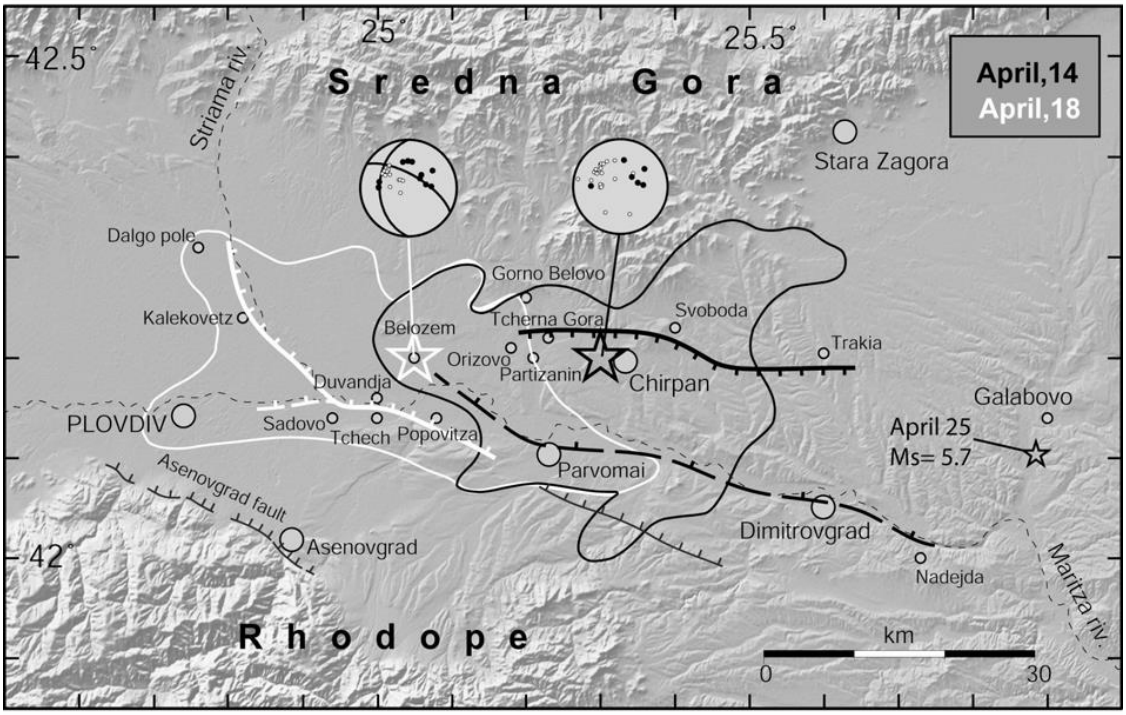


Fig. 2. Field effects of the Plovdiv, 1928 sequence [5]. Black symbols relate to the 14 April shock, and white symbols to the 18 April shock. Thin lines correspond to areas that have been destroyed by the 1928 sequence (Intensity > X). Black and white stars indicate epicentre estimation of each shock from instrumental and macro-seismicity (see text and Table 1 for details). Thick lines relate to clearly identified ruptures of each event and dashed lines to secondary effects observed along the Marisa River. Ticked thin lines correspond to recognized normal faults. First motion arrivals are plotted on a lower hemisphere for each event allowing the focal mechanism of the second shock to be determined.

Another area 12–15 km to the south of the main rupture experienced significant ground shaking during the April 14 event. Discontinuous surface breaks have been described along the southern bank of Maritsa River between the cities of Nadejda and Belozem]5, 9]. They consist mainly of fissures and small steps with up to 20 cm down-to-the-north offsets. Many impressive ground surface manifestations in this area have been reported: landslides near the Maritsa River, craters, flooded zones. A huge vertical offset of 3.5 m probably associated with a restricted landslide, has been locally reported by [7]. The village of Liubenovo (now Parvomai) was flooded by more than 70 cm of water. Nonetheless the destruction was much less than north of the river and the few villages on the southern shore were not significantly damaged by the first shock, e.g. Debar located 3 km South of Parvomai, Popovitza and Tchechnigirovo [9]. These observations suggest that the southern area was mainly affected by superficial effects of non tectonic origin such as slumping and landsliding. This is also a conclusion of the palaeoseismic studies conducted in the epicentre region by [27].

Table 1. Seismological parameters of the Plovdiv earthquakes of April, 1928

	April 14, 09:00:46 TU:						
No	φ (°)	λ (°)	h (km)	M	Io	determination	references
A1	42.2° N	25.33° E	15-20	-	X	macros	Kirov & Grigorova, 1961
A2	42.21° N	25.36° E	10	6.8	-	instrum	Christoskov & Grig., 1968
A3	42.2° N	25.3 ° E	7	6.8	X	macros	Karnik, 1969
A4	42.2° N	25.3 ° E	9	6.8	IX	macros	UNESCO, 1974
A5	42.13° N	25.28° E	-	-	X	macros	Christoskov & Grig., 1968
A6	41.7 ° N	26.3 ° E	-	6.8	-	instrum. ISS	Karnik,1969
	April 18, 19:24:04 TU :						
B1	42.17° N	25.05°E	20-25	-	XI	macros	Kirov & Grigorova, 1961
B2	42.2° N	25.05°E	16	7.0	IX-X	macros	UNESCO, 1974
B3	42.13° N	25.02°E	-	-	XI	macros	Christoskov & Grig., 1968
B4	42.12° N	25.07°E	7	7.1	-	instrum.	Christoskov & Grig., 1968
B5	42.1° N	25.0° E	10	7.0	XI	macros	Karnik, 1969
B6	41.8° N	25.0° E	-	6.3/4	X	instrum. ISS	Karnik, 1969

Table 1 lists the six available epicentre estimations of the first shock. With the exception of the instrumental determination A6 which is located 100 km away from the others, all fall close to the reported ruptures. The determinations from A1 to A4 are concentrated in a small area (less than 10 km square) centred to the town of Chirpan. We represent the barycentre of the solutions A1-5 (42.18°N; 25.32°E) in Fig. 2 and assume it corresponds to the plausible epicentre of the first shock. The hypocenter of this event is located at approximately 10 km depth. No seismological determination of the fault plane solution has been proposed for the first shock. The one given by [14] relies on the reported surface breaks. To further estimate the focal mechanism of this event, we collected the available data of P first arrivals from the European seismic stations. The positions of “dilatation” and “compression” are consistent with normal faulting (Table 2).

Table 2. The focal mechanisms determination of the Plovdiv earthquakes of April, 1928

No	determination from		strike(°)	dip(°)	rake(°)	note
	April 14, 1928 :					
(a)	Jackson & McKenzie,1988		105°	45°	-90°	Ms=6.9
	April 18, 1928 :					
(a)	Glavcheva,1984 (upper semi-sphere)		105°	79°	-	(Figure in paper)
(b)	Jackson & McKenzie,1988		125°	45°	- 90°	Ms=6.9
(c)	Dimitrov & Ruegg,1994		305°	67°	-	(Figure in paper)
(d)	Van Eck & Stoyanov,1996	- plane A:	97°	57°	-	
		plane B:	191°	79°	-	
(e)	This study	- plane A:	180°	40°	- 37°	
		plane B:	300°	67°	- 123°	

New surface ruptures were associated with the second shock of April, 18. A 53 km long main rupture with clear scarps down-to the North was observed [9]. It started 10 km SW of Parvomai and extended parallel to the scarp of the Rhodope massif in a direction approximately N118°E. It crossed Maritsa River between Popovitza and Duvandja forming a waterfall 1.5 m high, then followed the Striama River farther NW, with a direction N 144°E, and ended near the village of Dalgo Pole, 20 km north of Plovdiv. Another 10 km rupture along Maritsa River was mapped. It was connected with the main rupture at the confluence with the Striama River (Fig. 2). The most important displacements have been observed in the eastern part of the rupture from April, 18. A vertical displacement of 1.5 m was observed SW of Popovitza village [5]. It coincides with a significant 30-40 m topographic scarp that can be followed up to Parvomai, corresponding to a minor pre-existing normal fault. However, no cumulative fault scarps are associated with the NW extension of this rupture along Striama River - N118°E. Moreover, in the Maritsa basin many complex secondary fissures and ruptures quasi-parallel to the main rupture have been mentioned by different authors. Between the villages of Popovitza and Duvandja a vertical offset of about 3 m has been reported. The villages situated between Parvomai and Sodovo were flooded [25]. Evidence of right-lateral components of slip is shown by the analysis of 62 photographs: in echelon fissures, bayonet features, deformed railway, chimney and monuments [9, 27]. In conclusion the April, 18 shock activated unequivocally a 53 km normal fault dipping NE that will be named “Popovitza fault” hereafter.

Soon after the two earthquakes different authors mentioned the flow variations of 350 mineral springs, a phenomenon, frequently observed for normal faulting, that can be associated with the co-seismic strain changes [29]. The strongest aftershock of M=5.7 occurred on April 25 near the city of Galabovo [30], but no particular surface ruptures have been reported (Fig. 2).

Six estimations of the epicentre location have been proposed by different authors (Table 1). Except B6 located in the Rhodope Mountains all epicentre locations are concentrated around Popovitza village where the maximum vertical offset was observed. We consider only B1 and B2 solutions located north of the rupture at epicentre (42.18°N, 25.05°E, white star on Figure 2). The hypocenter of this shock seems to be deeper than the April 14 shock (~15 km). Two slightly different focal mechanisms of the April 18 shock have been proposed by [31, 32]. Dimitrov & Ruegg [16] calculated a solution close to that of Glavcheva (1984). We collected new data from European stations (27 additional first arrivals) and determined a reliable focal mechanism presented in Figure 2 (strike=300°, dip=67°, rake=-123°). The plane dipping to the North fits well with the azimuth of the main surface rupture. The small right lateral component of slip is consistent with the field evidence.

The 1928 Plovdiv sequence reveals the reactivation of two antithetic normal faults – the

"Chirpan fault" and the "Popovitza fault" - that correspond to minor pre-existing faults. No rupture was observed along the Asenovgrad fault, 10 km to the south of Plovdiv that shows clear morphological evidence for young Quaternary slip with a topographic scarp greater than 1000 m (Fig. 2) and appears to be geologically the most active fault in the region.

Geodetic data

The National Cartographic Institute of Bulgaria (NCI) installed the National levelling network in the Plovdiv region from 1923 to 1927 (Fig. 3). The levelling surveys were performed by classical 1st and 2nd order method of double run, using spirit levels and invar rods. After the seismic sequence of April, 1928, 506 km of levelling lines were re-measured by NCI in 1929–1930 using the same methodology and instruments. The random error for these surveys is estimated at ±1.5 mm/km. After adjustment of the two epoch data [11] estimated the co-seismic elevation changes with accuracy better than 1 cm. Mirkov [11] analysed the 1923–1927 and 1929–1930 levelling data and presented the map of levelling network and selected profiles of the co-seismic changes. Yankov [12, 13] cited by [1], published a map of co-seismic changes with isolignes deduced from the levelling data published by [11].

Using the same data set from [12, 13, 16] proposed a model of co-seismic deformation. Now we model the same data set, adding the Nova Zagora - Maritsa levelling line re-measured in 1940 and the Plovdiv-Karlovo levelling line re-measured in 1959 (Fig. 3). Finally, we re-adjusted the position of all the available data together in order to determine the co-seismic elevation changes of 349 levelling benchmarks Fig. 3 presents the position of the benchmarks used in this study and Fig. 4 the selected profiles. It is worth noticing that this extensive levelling data set cumulates the co-seismic displacement fields of the April 14 and April 18 shocks without allowing for distinguishing their respective effects.

The levelling data show 8 points A, B, C, D, E, F, G and H (Fig. 3 and Table 3) where the surface vertical co-seismic breaks are directly evaluated and are in very good agreement with the map of the main ruptures (Fig. 3) and their descriptions in the previous section.

In the area affected by the April, 14 shock (Fig. 2) a 15 km wide asymmetric zone of subsidence with a maximum down-throw of 46 cm, is observed between Maritsa River and Chirpan fault (Fig. 3 and Fig. 4, profiles e-e'). An uplift zone with a maximum displacement of 24 cm (Table 3) is observed to the north of the Chirpan fault (Fig. 3 and Fig. 4, profiles e-e' and f-f'). The small displacements in the southern part of the area (Fig. 3 and Fig. 4, profiles e-e' and f-f') and these on the Parvomai - Dimitrovgrad levelling line show that the observed field effects along the Maritsa River cannot be associated with fault slip.

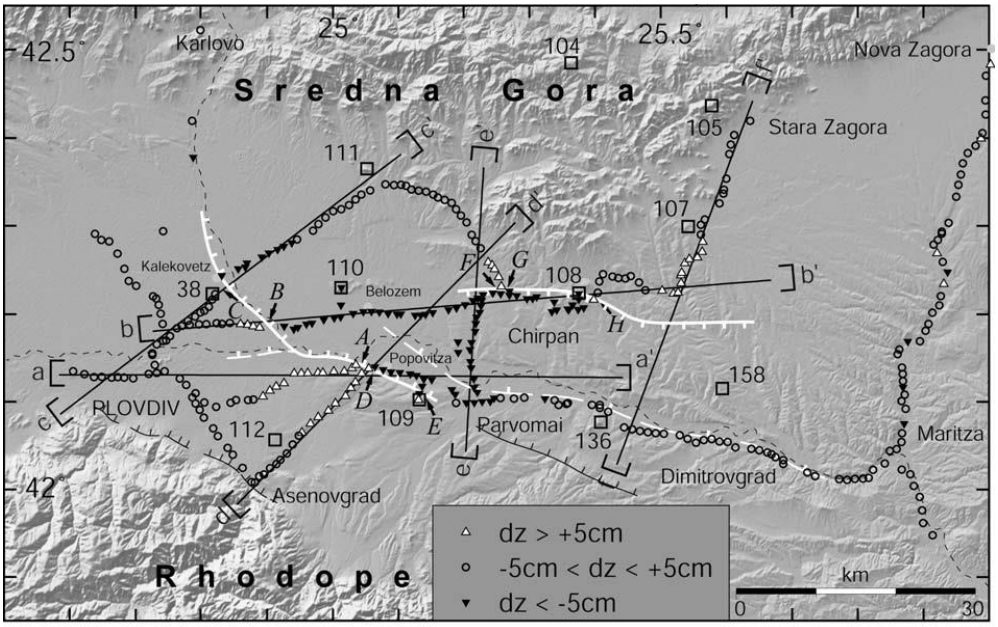


Fig. 3. Location of the geodetic data used in this study. Displacements of levelling benchmarks are plotted according to their elevation changes. Open circles correspond to small elevation changes < 5 cm, white triangles to uplift > 5 cm and reverse black triangles to subsidence > 5 cm. Capital letters A, B, C, D, E, F, G and H correspond to intersections of the levelling lines with the fault breaks, where direct measurement of vertical offsets has been done (Table 3). Profiles a-a' to f-f' refer to the cross sections presented on Fig. 4. Open squares corresponds to triangulation pillars measured in 1926 and re-measured by GPS in 1993 [16].

Table 3. Vertical offset at the intersection between the levelling lines and the rupture traces, A1 = maximum uplift, A2 = maximum subsidence, R = A1 / A2

Village	Point of Figure 4a	A1 (m)	A2 (m)	A1+A2 (m)	R = A1/A2	Dip (°)
Popovitza West	A	0.53	- 0.97	1.50	0.55	70
Belozem	B	0.07	- 1.05	1.12	0.067	40
Kalekovetz	C	0.02	- 0.31	0.33	0.079	40
Popovitza South	D	0.45	- 0.97	1.42	0.46	60 - 80
Triangul. Point 109	E	0.13	- 0.28	0.41	0.46	60 - 80
Tcherna gora	F	0.09	- 0.40	0.49	0.23	40 - 60
Chirpan NE	G	0.02	- 0.14	0.16	0.14	35 - 55
Svoboda	H	0.10	-----	-----	-----	-----

In the area affected by the April 18 shock (Fig. 2) a large subsidence zone with a maximal down-throw of 103 cm near Belozem (Table 3, Fig. 3 and Fig. 4, profiles b-b') is observed. An uplift zone is also observed SW of the Popovitza village with maximum displacement of 53 cm (Table 3, Fig. 3 and Fig. 4, profiles a-a' and d-d'). These observations are in good agreement with the main surface rupture of April 18 described in the previous section.

The very small displacements measured on the far levelling lines where surface breaks were not reported (Maritsa - Nova Zagora to the east and Plovdiv – Karlovo to the west) gives good confidence of the levelling data. No surface displacement associated with the April 18 shock are observed on the Asenovgrad fault (Fig. 3 and Fig. 4, profiles c-c' and d-d'). Both surface break observations and levelling data indicate that the sequence of the Plovdiv 1928 earthquakes activated two main faults: "Chirpan fault" (during the first shock on April 14) and "Popovitza fault" (during the shock on April 18). These two antithetic faults are not face to face but shifted laterally. The deformation is asymmetric with major faulting of the Popovitza fault (maximum break of 1.5 m) and Chirpan fault (maximum break of 0.5 m).

The first and second order pillar triangulation network was established and measured in 1925-1926 by NCI. The random error for the angular observations was estimated better than 1.0 arc sec [11]. Only five triangulation points in this region were re-measured in 1958. The maximal angular change of about 11.13" for a distance of 11.5 km indicates deformation of the network with displacements of approximately 50 cm. By using the well preserved original monuments of the network, GPS measurements were carried out in order to determine horizontal co-seismic deformations. The Central Laboratory of Geodesy of Bulgarian Academy of Sciences carried out the survey in 1993 in collaboration with Institut de Physique du Globe de Paris and the Cartographic Military Institute of Bulgaria [16]. The 1993 GPS measurements being more accurate than the triangulation coordinates provided the possibility of determining the displacement vectors 1926-1993 using least-square adjustment of the original angular observations, taking as reference the 1993 GPS coordinates. The fixed points are located on Sredna Gora Mountain, far from the affected zone (point 104 in Fig. 3 and Fig. 5). The results of the adjustment are presented in Fig. 5. Despite the low accuracy of the former triangulation measurements, the displacement vectors are consistent with NS to NNE-SSW extension of the zone with maximum displacement of 83 ± 20 cm of point 109, between Popovitza and Parvomai.

Modelling

To model the co-seismic surface displacements we use a dislocation embedded in an elastic half space [32]. We proceed by trial and error, integrating the tectonic and seismologic constraints, increasing progressively the complexity of the model in order to fit closely the levelling and the GPS data.

We first define the strike and the length of two main dislocations using the ruptures and the levelling data. For Chirpan fault, the 3 points F, G and H (Fig. 3) where the levelling lines intersect the rupture allows determination the strike and length of the dislocation (respectively N 95°E and 36 km) in good agreement with the mapped rupture. For Popovitza dislocation we determine the strike of the plane by adjustment of the 5 aligned levelling points A, B, C, D and E (Fig. 3) which separate the hanging wall from the footwall (N 299°E). The length has been fixed to 31 km, according to the mapped rupture. This is consistent with the focal mechanism determined previously (N 300°E, Table 2).

Second we use these two single dislocations to determine the dip of the faults taking a rake fixed to 90° corresponding to a simple normal faulting. The subsidence/uplift Ratio (R) that can be

calculated at the points A, B, C, D, E, F, G and H (Fig. 3 and Table 3) is used to fix the mean dip at the different intersection points. The best fit of this ratio indicates the dips that vary from 40° to 70° (7th column of Table 3). For Chirpan fault, a dislocation with a dip of 60°, slip 70 cm and depth 10 km explains well the geodetic data with no greater complexity being required. For Popovitza fault: the best mean dip varies from one profile to another from 70° for points A, D, E to 40° for the points B and C (Table 3). Moreover no uniform dip model fits the hanging wall together with the footwall sides as well as the width of the subsiding area (i.e. on profile b-b', Fig. 4). The more important uplift of the footwall visible on profiles a-a' and d-d' (Fig. 4) indicates that the Popovitza fault has a steeper dip near the surface than at depth. Therefore a change of the dip with depth is required by the data in the model proposed by [16]. We consider 75° dip from the surface to a depth of 6.3 km and 45° to the total depth of 14 km. The variation of the vertical offset along this fault also requires some changes of the slip. Therefore we divide the dislocation in 5 sub-faults and invert the levelling data in order to determine the slip and the depth of all 10 resulting patches.

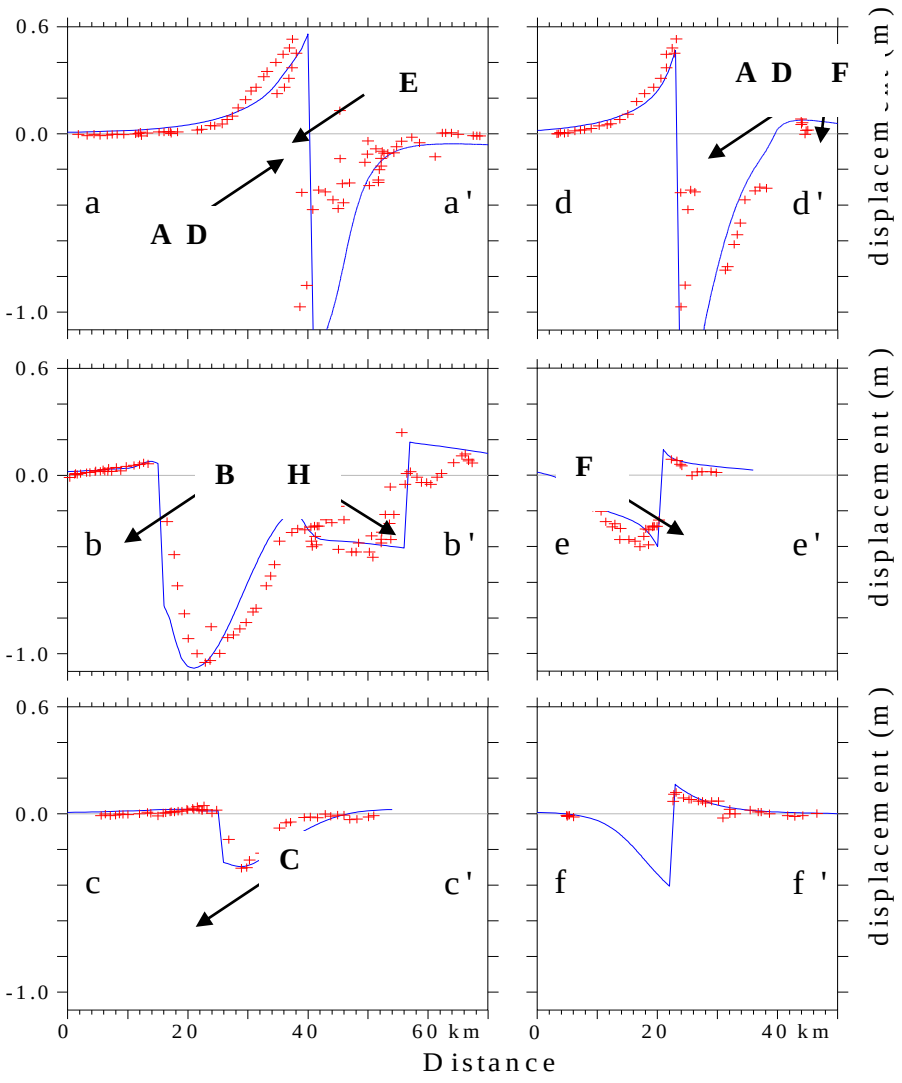


Fig. 4. Cross sections a-a' to f-f' (see location on Fig. 3) of the elevation changes from levelling are represented with crosses and modelled elevation changes by continuous lines. Slip distribution and geometry are presented on Fig. 5.

The final model consisting of 11 patches is shown in Fig. 5 and the corresponding parameters are given in Table 5. The comparison of the levelling data with the model is given in Fig. 4. The model explains well the amplitude of the vertical displacements and the width of the subsiding areas. The model reproduces accurately the uplift of the footwalls, as highlighted by the cross sections Fig. 4. Some misfit between measured and modelled displacements is nonetheless observed in the subsiding area and could be explained by secondary effects in the sedimentary basin. To explain the eastern extension of Chirpan fault, we maximize the length of the dislocation taking into account the observed surface rupture. The levelling data can explain a 10 km shorter dislocation towards the East that

reduces the seismic moment of this fault with 25%. The levelling data do not require any slip on the antithetic fault of April, 14 along the Maritsa River.

In Fig. 5 we plot the horizontal vectors resulting from the model. Except for the point 110, all the modelled vectors are inside the error ellipses, indicating good agreement with the measured vectors. We tried to improve the horizontal fit varying the rake of the slip vector with a right lateral component consistent with tectonic and seismological observations. A rake of 100°–120° does not improve the horizontal fit, and has no significant effect on the vertical displacement. These geodetic data are not able to resolve any lateral component of slip.

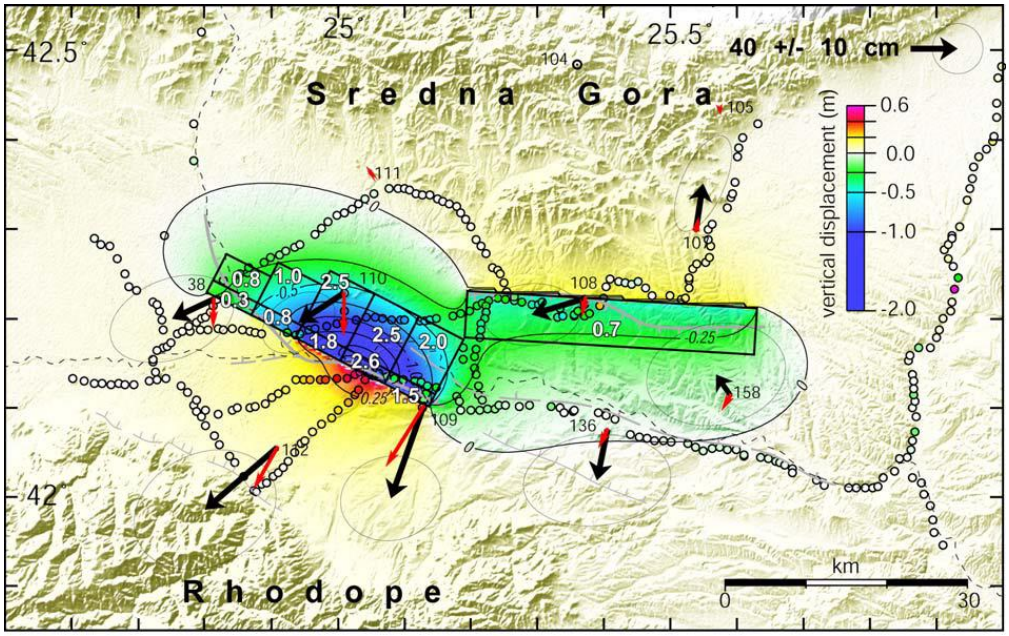


Fig. 5. Final model of 1928 Plovdiv sequence. Dislocations (black rectangles) with the corresponding slip (in meters, in white) that produce the vertical field displacement presented in colour with thin contour lines (every 0.25 m). The levelling data are represented with the circles coloured with the same convention as the model. The horizontal co-seismic vector observations with 95% confidence are plotted with black arrows and vectors predicted by the model with red arrows.

Table 5. Final dislocation model parameters: X, Y, h are UTM (WGS84, 35t) coordinates of the centre of the upper side of the fault (in km); φ and λ are the Azimuth and dipping angle of the fault element - in [°]; W and L - the width and length of each element in [km]; U is the normal slip - in [m]; M_o - the seismic moment in 10^{19} [Nm].

	X (km)	Y (km)	h (km)	φ (°)	λ (°)	W (km)	L (km)	U (m)	Mo x10[19] [N.m]
April 14, 1928 - one normal fault:									
	368.99	4675.59	0.0	94.5°	60°	11.55	36.0	0.7	0.96
	Total moment: $M_o = 0.96 \times 10^{19}$ [N.m], $M_w = 6.7$								
April 18, 1928 - one listric complex fault composed by 10 following subfaults:									
1.	343.23	4664.24	0.0	298.58°	75°	6.57	6.2	1.5	0.201
2.	337.78	4667.21	0.0	298.58°	75°	6.57	6.2	2.6	0.349
3.	332.34	4670.18	0.0	298.58°	75°	6.57	6.2	1.8	0.242
4.	326.89	4673.14	0.0	298.58°	75°	6.57	6.2	0.8	0.107
5.	321.44	4676.11	0.0	298.58°	75°	6.57	6.2	0.3	0.040
6.	344.05	4665.73	6.3	298.58°	45°	10.83	6.2	2.0	0.443
7.	338.59	4668.70	6.3	298.58°	45°	10.83	6.2	2.5	0.554
8.	333.15	4671.67	6.3	298.58°	45°	10.83	6.2	2.5	0.554
9.	327.70	4674.64	6.3	298.58°	45°	8.00	6.2	1.0	0.163
10.	322.25	4677.60	6.3	298.58°	45°	5.17	6.2	0.8	0.106
	Total moment: $M_o = 2.77 \times 10^{19}$ [N.m], $M_w = 7.0$								

Discussion and Conclusions

Our final model is consistent with the available seismologic and tectonic data. Taking a shear modulus of 33 GPa, it yields a seismic moment of 1.0 10^{19} Nm (M_w=6.7) for the April 14 earthquake and 2.8 10^{19} Nm (M_w=7.0) for the April 18 event (Table 5) consistent with the seismologic estimates (respectively M=6.8 and M=7.0).

For the April 14 shock the geodetic data can not resolve the eastern extension of the slip. Taking a 10 km shorter dislocation to the east leads to a moment of 0.7 x10^{19} Nm (M_w=6.6) slightly smaller than the above estimates. 73% of the total moment is released during the April, 18 shock on the Popovitza fault (Fig. 6). The antithetic Chirpan fault accommodates only 27% of the total moment corresponding to a slip of 70 cm. It could be interpreted as a consequence of the flexure of the hanging wall due to the major faulting observed along the southern system. The dominance of the southern system is observed during the 1928 sequence (Popovitza fault) as well as in the morphology (Asenovgrad fault, Fig. 2, Fig. 6).

The regional seismic activity recorded by the National Seimological Network between 1931 and 1980 in the Maritsa valley is moderate, with only 5 earthquakes of magnitude greater than 4 [33]. The uncertainties on the localisations do not allow any seismotectonic interpretation. The modern instrumental seismicity (M>2.5) from 1980 to 2003 is shown in Fig. 6. Most of the seismicity is located between 5 and 15 km depth, and exhibits two clusters. One is located around the April, 1928 ruptures. The second, located in the border of the Rhodope, occurred in 2002 and is probably associated to the Asenovgrad fault. Two events with M>4 have been localized, one in the Sredna Gora and the other near the April, 14 epicentre. No significant seismicity is observed north of the Maritza valley, where major active fault cuts longitudinally the Balkan belt (Fig. 1).

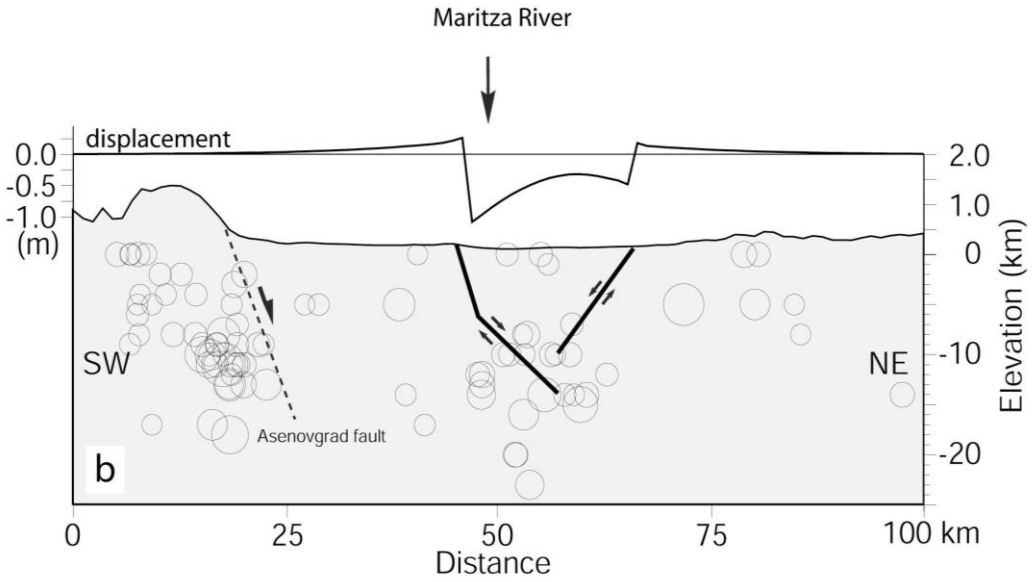


Fig. 6. Cross-section of the seismicity, fault model and topography projected from SW to NE. Note scale exaggeration for topography (x5 to the right). Top - surface vertical displacement predicted by model presented in Figure 5 (scale to the left).

The April 1928 sequence reactivated a normal fault system, formed by two antithetic faults of 36 and 62 km length with magnitudes of 6.8 and 7.0. Generally large normal faulting earthquakes (M>6) that struck the Aegean region and western Turkey during the last 30 years occurred on steep faults with a clear morphological signature recorded by the topography [23, 34]. Several authors also proposed that well-preserved escarpments around the eastern Mediterranean correspond to a signature of post-glacial faulting [20], where historical events occurred [35].

For the 1928 sequence, the cumulative topographies associated to the activated faults are small (20 m for the Chirpan fault and 0–40 m for the Popovitza fault), suggesting slow deformation rates. The Plovdiv sequence could have reactivated hidden old faults having low long term slip rate and infrequent earthquakes. This is compatible with the 0.15 mm/yr long-term slip-rate estimated for the Krupnik fault [23] that broke in 1904 in the South-west of Bulgaria and with its very long recurrence interval (greater than 14 ka [36].

The recent paleoseismic investigations of the antithetic Chirpan fault [27] identify at least three surface-rupturing earthquakes similar to the 1928 one, suggesting a Holocene rate of about

0.22 mm/yr, comparable to the one of Krupnik fault. A similar Holocene rate (0.2 mm/yr) has also been documented for the Kaparelli fault, an antithetic fault of the Corinth Rift. The penultimate event on the Kaparelli fault occurred 10 000 years before the 1981 earthquake sequence [36].

However, for the Chirpan fault, the recurrence interval estimated from the four last events is 2350 ± 643 years [27]. It is significantly less than the recurrence intervals for the Krupnik or the Kaparelli faults. For the Chirpan fault, the slip amplitude of the four late events is rather uniform, with an average of 0.51±0.05 m [27]) and 0.45 m observed during the 1928 earthquake. If we extrapolate these observations to the Popovitza fault and assume that the system has been activated during each event with a slip similar to that observed in 1928 (~2 m), the resulting Holocene rate would be large, about 0.9 mm/yr. This millimetric slip-rate is comparable to that observed on the well-developed normal faults in the Aegean [37]. Such a millimetric slip-rate on the Popovitza fault appears inconsistent with the long-term morphology.

The recent GPS investigations chow horizontal velocities of 2 +/-1 mm/year relative to the Eurasian plate in the Maritsa basin ([38] in according with onshore kinematics of central and eastern Mediterranean [39].

This suggests two possible interpretations to conciliate slip-rate and morphology. Either the morphology underestimates greatly the total throw and a millimetric slip-rate is possible over the long term or the total throw scales with the morphology and a millimetric slip rate cannot be extrapolated over a long timescale. In the former hypothesis the Popovitza fault, is under intense sedimentation in the footwall while erosion of the hanging wall erase the topography created by cumulative earthquakes. Sounding in the Maritsa basin should estimate the total offset on the Popovitza fault and help testing this hypothesis.

In the latter hypothesis, the Popovitza fault and the prominent Asenovgrad fault would interact to accommodate a millimetric slip rate. The two faults can be alternatively activated allowing for a more reasonable Holocene slip rate for the Popovitza fault. This kind of fault geometry has also been observed for the Grevena earthquake (M=6.6, 1995) that ruptured minor fault segments (topographic relief < 50 m), 10 km in front of a prominent Quaternary faults (topographic relief > 500 m and millimetric slip-rate, see Meyer *et al.* 1996) that were not activated during the event. Similarly, in the gulf of Corinth, the 5 m high Kaparelli fault scarp has been reactivated by the 1981 earthquake, in the hanging wall of the 400 m high escarpment of Livadostras fault that remained quiescent in 1981 [37].

This analysis combined with the paleosismologic investigations achieved by [27], suggest that the fault system activity between Balkan and Rhodope is not negligible. The 1928 coseismic deformation delineates a 20 km-wide graben, nested in a larger 40 km-wide graben between the Rhodope and the Balkan (Figure 1, 6). It is similar to a rift-in-rift structure as observed in the Corinth Golf, or along the oceanic rifts as the Asal rift in Djibouti. In that geometry, the inner faults and outer faults can be activated during the same period of time and alternate with inner faults and outer-faults earthquakes. With time, the activity migrates from the shoulder to the axis of the graben, and implies that the inner faults are younger than the outer faults. If the Balkan and the Asenovgrad fault control the large scale morphology of the Upper Thrace Lowland of Bulgaria the present day Maritsa river course is controlled by the Popovitza fault and probably its eastern prolongation along the Maritsa river, as illustrated with the vertical co-seismic deformation profile of Figure 6.

Acknowledgements

This work is initiated in the frame project of collaboration between the Bulgarian Academy of Sciences, INSU -CNRS and IPG Paris, France. We thank G. King for the fruitful discussions.

References:

1. Richter, C. F., 1958. Elementary seismology, Ed. W. H. Freeman, San Francisco, 768 p.
2. Ambraseys, N.N. & Jackson, J.A., 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region, Geophys. J. Int., 133(2), 390–406.
3. Christoskov, L. & Grigorova, E., 1968. Energetic and space-time characteristics of the destructive earthquake in Bulgaria after 1900, Bull. Geophys. Inst., Bulg. Acad. Sci., 12, 79–107.
4. Karnik, V., 1969. Seismicity of the European Area, part 1, Ed. Academia, Prague.
5. Bonchev, S. & Bakalov, P., 1928. Les séismes du Sud de Bulgarie, Revue de Société géologique de Bulgarie, 1(2), 8- 21, Sofia.
6. Zelkov, Y., 1929. Report Department scientific, Agricultural Ministry, Sofia, 10(1-2), 3-6, (in Bulgarian).
7. Mihaillovic, J., 1928. Les grands tremblements de terre en Bulgarie en 1928, CRAS, Paris, 186, 1562–1563.
8. Mihailovic, J., 1928. Tremblements de terre de Bulgarie en 1928: Situation géologique des régions dévastées et dislocations diverses, CRAS, Paris, 186, 1741–1743.
9. DIPOZE, 1931, Direction Report for the mitigation of the 1928 Bulgarian earthquakes, Monograph, 421 p., Sofia.
10. Kirov, K., 1935. Study of the earthquakes of April 14 and April 18, 1928, Monograph, BAS, Sofia, 116 p.

11. Mirkov, M., 1932. Precision levelling measurements in the seismogenic zone of southern Bulgaria, Bull. Inst. Nat. Geogr., 34–39, Sofia.
12. Jankow, K., 1938. Niveauanderungen im Schuttergebiet der Erdbeben in Sudbulgarien am 14. und 18. April , Zeitschr. fur Geophys., Jahrgà. 14, Heft 1/ 2, 20–26.
13. Yankov, K., 1945. Changes in ground level produced by the earthquakes of April, 14 and April, 18 1928 in southern Bulgaria. In: Tremblements de Terre en Bulgarie, 29-31, 131-136, National Metheo Ins., Sofia.
14. Jackson, J. & McKenzie, D., 1983, The geometrical evolution of normal fault systems, Journal of Structural Geology, 5(5), 471–482.
15. Rangelov, B., Rizhikova, S. & Dimitrov, D., 1984. Plovdiv residual deformations of the 1928 earthquake and determination of the new parameters, Geologica Balcanica, 14(5), 67–72.
16. Dimitrov, D. & Ruegg, J-C., 1994. The 1928 Bulgarian earthquakes: fault geometry from geodetic data and modelling, Proc. 1st International Symposium on Deformations in Turkey, Istanbul, 921–932.
17. Jolivet, L., Brun, J.-P., Gauthier, P., Lallemant, S. & Patriat, M., 1994. 3D-kinematrics of extension in the Aegean region from the early Miocene to the present, insights from the ductile crust, Bull. Soc. Geol. France, 165, 195–209.
18. Burchfiel, B.C., Nakov, R., Tzankov, T. & Royden, L. 2000. Genozoic extension in Bulgaria and northern Greece: The northern part of the Aegen extensinal regime, Geol. Soc. London, Spec.Pub. 173, 325–352.
19. Armijo, R., Meyer, B., King, G.C.P., Rigo, A. & Papaanastassio, D., 1996, Quaternary evolution of the Corinth Rift and its implications for the evolution of Aegean, Geophys. J. Int., 126, 11–53.
20. Armijo, R, Meyer, B., Hubert, A. & Barka, A., 1999. Westwards Propagation on the North Anatolian Fault into the Northern Aegean: Timing and kinematics, Geology, 27, 267–270.
21. Mercier, J.L., Mouyaris, N., Simeakis, C., Roundoyanni, T. & Angelidhis, C., 1979. Intraplate tectonics: a quantitative study of the faults activated by the 1978 Thessaloniki earthquakes, Nature, 278, 45–48.
22. Soufleris, C., Jackson, J.A., King, G.C.P., Spencer, C.P. & Scholz, C.H., 1982. The 1978 earthquake sequence near Thessaloniki (Northern Greece), Geoph. J. R. astr. Soc., 68, 429–458.
23. Meyer, B., Armijo, R. & Dimitrov, D., 2002. Active faulting in SW Bulgaria: possible surface rupture of the 1904 Struma earthquakes, Geophys. J. Int. 148, 246–255.
24. UNESCO, 1974. Catalogue of Earthquakes, Survey of Seismicity of Balkan Region, Skopje, Part I, II, 600 p.
25. Mihailovic, J., 1933. La seismicite de la Bulgarie du Sud, UGGI Monography, serie B, Fasc. 3, 54 p. Beograd. 26. Kirov, K. & Grigorova, E., 1961. Seismicity in the Maritza valley, Bull. Geophys. Ins 2, BAS, Sofia, pp.5–55.
27. Vanneste, K., Radulov., A., De Martini, P., Nikolov, G., Petermans, T., Verbeek, K., Camelbeeck., T., Pantosti, D., Dimitrov, D. & Shanov, S., 2006. Paleoseismologic investigation of the fault rupture of the 14 April 1928 Chirpan earthquake (M 6.8), southern Bulgaria, Journal of Geophysical Research, 111(B01303), doi:10.1029/2005JB003814.
28. Rijikova, S., 1996. Earthquake catastrophes, Sofia, 192 p. (in Bulgarian).
29. Muir-Wood, R., & King, G.C.P., 1993. Hydrological signatures of earthquake strain, J.Geophys.Res. 98(B12), 22035-22060.
30. Christoskov, L., 1998. 70 years of Earthquakes in Chirpan – Plovdiv 1928, Symposium Geodynamic Investigations Related to the 1928 Earthquakes in Chirpan – Plovdiv, Sofia 09 October 1998, Bulg. Acad. Sci., 5–24.
31. Glavcheva, R., 1984. Characteristic of the destructive earthquake of April 18, 1928 M = 7.0) in Southern Bulgaria, Geophys. Journal, XVI(4), 38-44, BAS, Sofia.
32. Okada, Y., 1985. Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space, B.S.S.A.,75(4), 1135–1154.
33. Van Eck, T. & Stoyanov, T., 1996. Seismic hazard modelling for southern Bulgaria, Tectonophysics, 262, 77–100.
34. Lyon-Caen, H., Armijo, R., Drakopoulos, J., Baskoutas, J., Delibassis, N., Gaulon, R., Kouskouna, V.,Latoussaki, J., Makropoulos, K., Papadimitriou, P., Papanastassiou D. & Pedotti, G., 1988. The 1986 Kalamata (South Peloponnesus) earthquake: detailed study of a normal fault, evidences for east-west extension in the Helenic Arc. J. Geophys. Res., 93(B12), 14967–15000.
35. Armijo, R., H. Lyon-Caen and D. Papanastassiou, 1991, A possible normal-fault rupture for the 464 B.C. Sparta earthquake, Nature, 351, 123–125.
36. Meyer, B., Sébrier, M. & Dimitrov, D., 2006. Rare destructive earthquakes in Europe: The 1904 Bulgaria event case, Earth Planet. Sci. Lett., 10.1016/j.epsl.2006.11.011.
37. Benedetti, L., Finkel, R., King, G., Armijo, R., Papanastassiou, D., Ryerson, F., Flerit, F., Farber, D. &Stavrakakis, G., 2003. Motion on the Kaparelli fault (Greece) prior to the 1981 earthquake sequence determined from 36Cl cosmogenic dating, Terra Nova, 15, 118–124.
38. Kenyeres, A., T. Jambor, A. Caporali, B. Drosčak, B. Garayt, I. Georgiev, I. Jumare, J. Nagl, P. Pihlak, M. Ryczywolski, G. Stangl, 2013. Integration of the EPN and dense National permanent networks, Report of reference frame coordinator, EUREF 2013 Synposium, 29-31 May 2013, Budapest.
39. Pérouse E., N. Chamot-Rooke, A. Rabaute, P. Briole, F. Jouanne, I. Georgiev, D. Dimitrov 2012. Bridging onshore and offshore present-day kinematics of central and eastern Mediterranean: Implications for crustal dynamics and mantle flow, Geochemistry, Geophysics, Geosystems (G3), VOL. 13, 1525–2027.

ГЕОФИЗИЧНИ АНОМАЛИИ В ГОРНОТРАКИЙСКАТА НИЗИНА И ВРЪЗКАТА ИМ С ГЛАВНИТЕ РАЗЛОМИ НА ЗЕМЕТРЕСЕНИЯТА ОТ АПРИЛ 1928 Г. И СЪВРЕМЕННАТА ИНСТРУМЕНТАЛНА СЕИЗМИЧНОСТ

Димитър Димитров[1], Мишел Еверхард[2], Илия Чолаков[1], Емил Михайлов[1], Емил Ботев[1]

[1]Национален институт по геофизика, геодезия и география – БАН, clgdimi@abv.bg
[2]Кралска обсерватория на Белгия

Ключови думи: земетресения, гравиметрия, геомагнетизъм, геодинамика

Резюме: *При комплексното изследване на зоната на земетресенията от април 1928 г. Чирпан – Пловдив се реализираха съвместно с Кралската обсерватория на Белгия прецизни гравиметрични и геомагнитни измервания. Направен е анализ на резултатите от проведените изследвания в тектонски контекст и е потърсена връзка със съвременната инструментална сеизмичност. Получените резултати показаха геофизични аномалии, които могат да се свържат с главните разломи, активирали се при трусовете от 14 и 18 април 1928 г. Ярка гравиметрична аномалия маркира Поповишкият разлом, по който се наблюдава и най-активната съвременна сеизмичност в района. Чирпанският разлом се маркира със значима магнитна аномалия. Съвременната инструментална сеизмичност 1981–2013 г. потвърждава връзка й с главните разломи, активирали се през 1928 г. и със значимите геофизични аномалии в зоната.*

GEOPHYSICS ANOMALIES IN UPPER-THRACIAN VALLEY AND THEIR CONNECTIONS WITH THE MAIN FAULTS FROM 14 AND 18 APRIL 1928 VERY STRONG SEISMIC EVENTS AND WITH THE RECENT WEAK SEISMICITY

Dimitar Dimitrov[1], Michel Everhard[2], Emil Mihailov[1], Iliya Cholakov[1], Emil Botev[1]

[1]National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography of Bulgarian Academy of Sciences;
e-mail: clgdime@abv.bg
[2]Belgium Royal Observatory

Key words: *earthquakes, gravimetric, geomagnetism, geodynamics*

Abstact: *Some precise gravimetric and geomagnetic measurements were made in common with Belgium Royal Observatory during the complex investigations of the zone of very strong 1928'Chirpan-Plovdiv earthquakes. Unpublished results of some modern geotectonic and seismological analysis of these investigation are proposed in this paper. The obtained results show some geophysics anomalies which could be associated with the main faults from 14 and 18 April 1928 very strong seismic events. Recent relatively weak or moderate seismic activity (1981–2013) confirm decisive role of the main 1928 faults. Very clear gravimetric anomaly marks the Popovitsa fault, which is associated with the most active nowadays weak seismicity. Significant magnetic anomaly marks the second big seismotectonic lineament in the region – the Chirpan fault.*

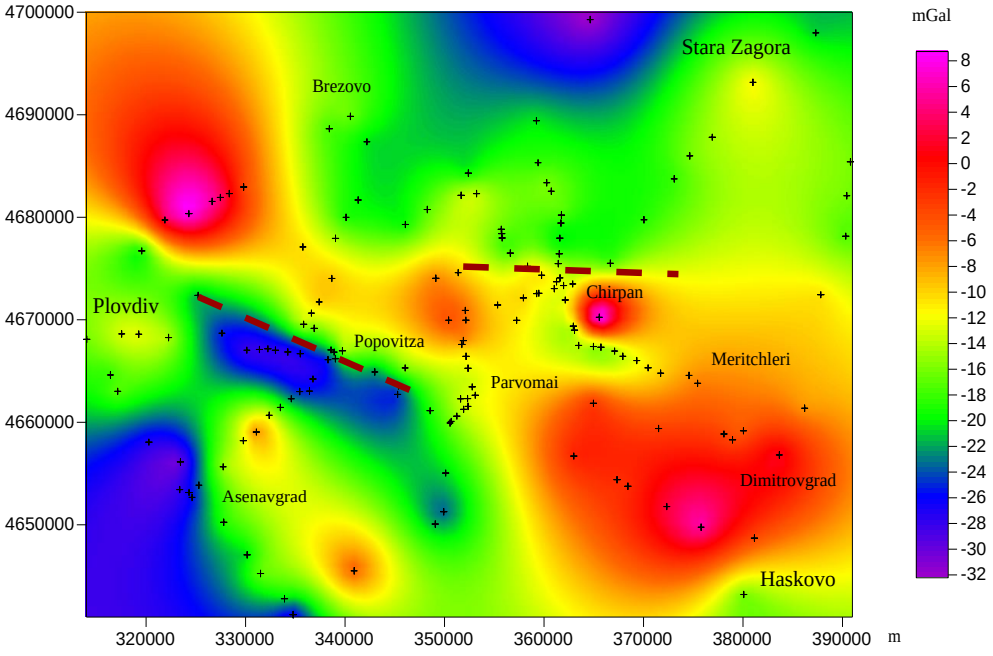
Гравиметрични изследвания

За периода 2004–2008 г. съвместно с Кралската обсерватория на Белгия се развиизследователска гравиметрична мрежа и са измерени 193 станции с прецизните релативни електронни гравиметри Scintrex CG-3 и CG-5. За контрол се използва и най-добрият у нас еталониран гравиметър GAK-7T №524 (Фиг.1). Всички гравиметрични измервания се извършиха по нивелачни репери от Държавната нивелачна мрежа I и II клас с точност в границите на +/- 2 мм и се опират на точки от Основната гравиметрична мрежа на България. Координатите на всички гравиметрични станции са определени с GPS измервания с точност в рамките на 5 m.



Фиг. 1. Гравиметрични измервания с гравиметри Scintrex CG-5 и GAK 7T

За обработката на резултатите от гравиметричните измервания се приложени няколко математически методи и са съставени карти на аномалията “Буге” със сечение 1 mGal, както и на вертикалните и хоризонталните градиенти на силата на тежестта. Това позволи да се получи нова информация за геоложките и тектонски условия в района. Установени са линейни гравиметрични градиенти в аномалиите «Буге», които недвусмислено се свързват с главните разломи, активирали се при земетресенията на 14 и 18 април 1928 г. [1], получените от моделното изследване на база геодезическите данни за косеизмичните премествания.



Фиг. 2. Схематична карта на аномалиите “Буге” в района при плътност 2.67 g/cm^2. Двата главни разлома на земетресенията от април 1928 г. [1] са представени с удебелени прекъснати линии. С кръстчета са представени станциите на гравиметричните измервания. Цветовата скала е в милигали (mGal).

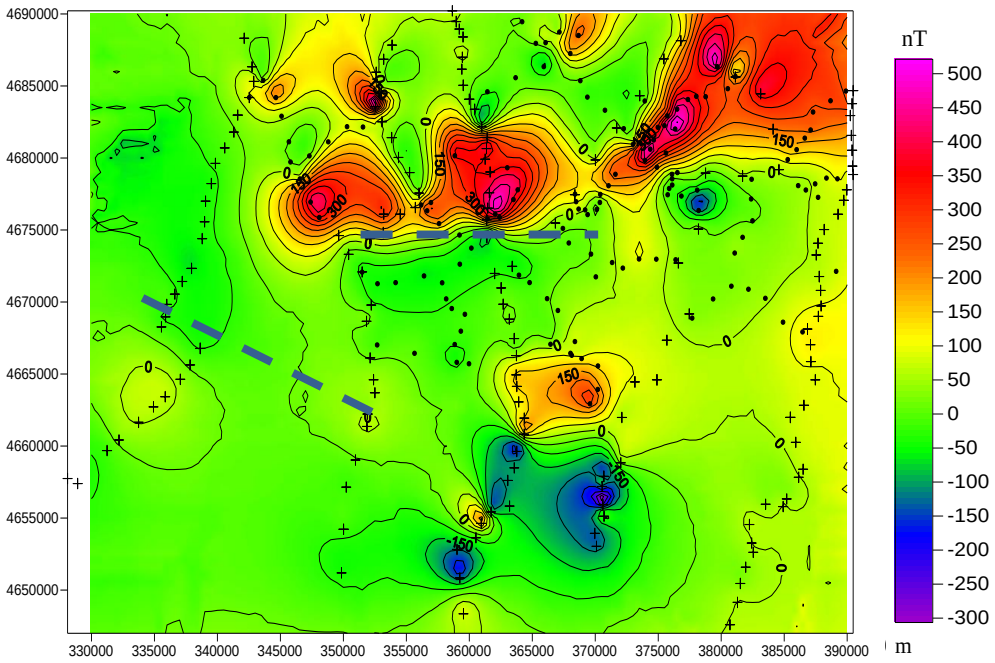
На картата на аномалиите “Буге” (Фиг.2.) ясно се очертават двата главни разлома, активирали се при земетресенията от Април 1928 г. в Горнотракийската низина. Особено контрастно и точно, по ориентация и дължина, рязката промяната в аномалията Буге съвпада с геометричните параметри на Поповишкия разлом, определен от [1]. Аномалиите северно на град Чирпан съответстват с положението и ориентацията на Чирпанския разлом и подсказват за сегментацията му.

Магнитни изследвания

При комплексното изследване на сеизмогенната зона на земетресенията от 14 и 18 април 1928 г. ЦЛВГ и Геофизичния институт на БАН съвместно с Кралската обсерватория на Белгия през 2006 и 2008 г. се изпълниха и магнитни измервания с протонен магнитометър по 180 изследователски точки (Фиг.3). Координатите на магнитните станции са определени с GPS с точност в рамките на 5 m.



Фиг. 3. Магнитни измервания в района Чирпан – Пловдив

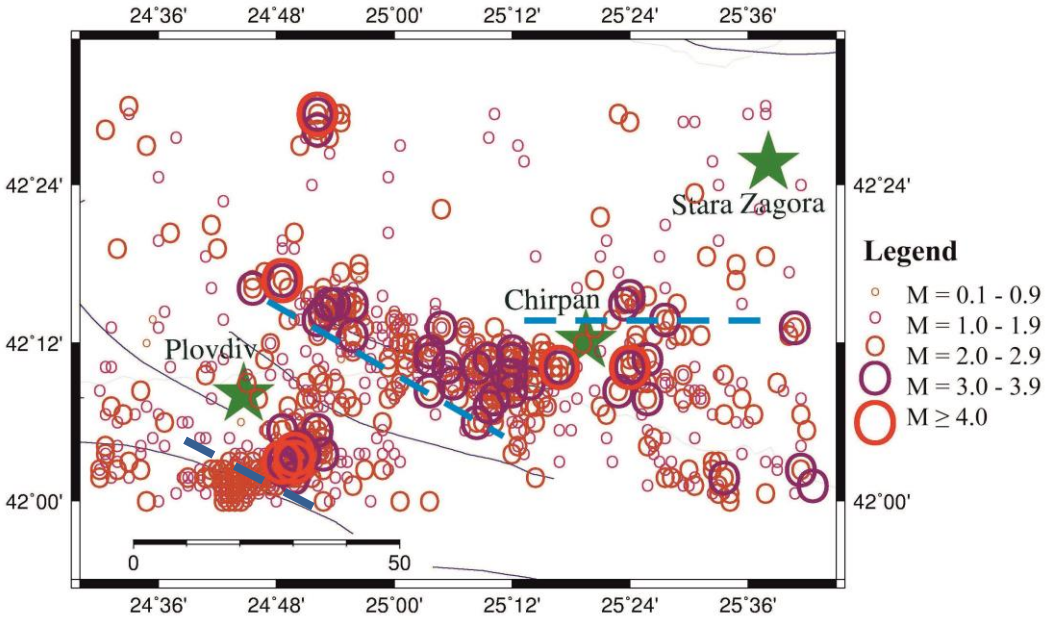


Фиг. 4. Схематична карта на абсолютното магнитно поле в зоната, редуцирано към полюса. Станциите на магнитните измервания са представени с кръстчета. Цветовата скала е в [nT]. Двата главни разлома на земетресенията от април 1928 г. [1] са представени с удебелени прекъснати линии.

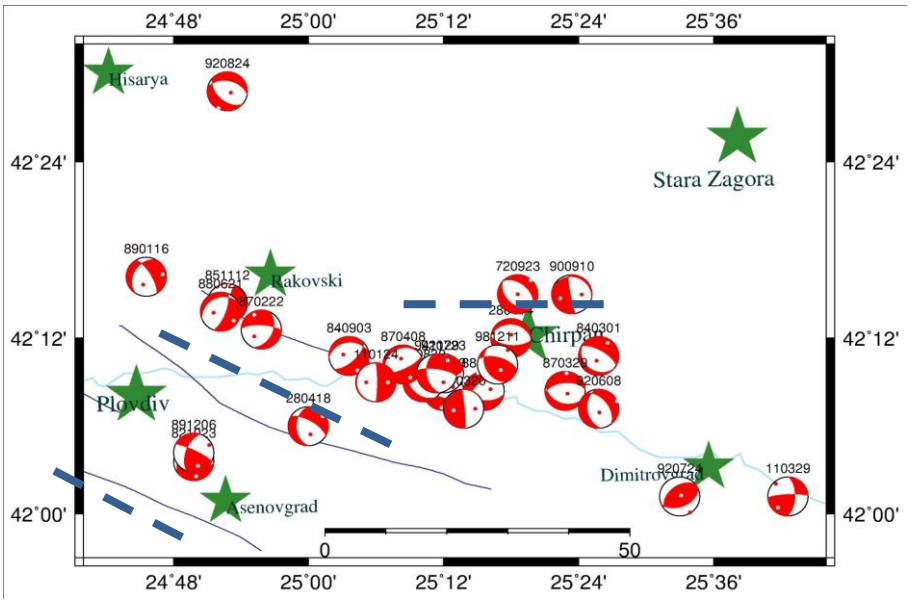
След обработката на резултатите от магнитните измервания е определено абсолютното магнитно поле в района (Фиг. 4), редуцирано към полюса и коригирано с данни от магнитната станция Панагюрище. На север от Чирпанския разлом (прекъснатата удебелена линия) е регистрирана съществена магнитна аномалия, която може да се свърже с така наречения геоложки “Чирпански праг” от вулканогенни скални комплекси [2], ограничаващ главният разлом, по който е станало разкъсването при труса от 14 Април 1928 г. Поповишкият разлом не се маркира с магнитна аномалия.

Инструментална сеизмичност в района за периода 1981–2013 г.

Регистрираната от НОТСИ регионална сеизмичност за района поразен от земетресенията през 1928 г., за периода 1981–2013 г. [3], е представена на Фиг. 5 и Фиг. 6. Наблюдава се концентрация на регистрираните трусове в няколко зони. Особенно отчетливо е изразена връзката на съвременната сеизмичност с Поповишкия разлом, които заляга в дълбочина на североизток. Концентрация на епицентрите се наблюдава на юг от Чирпанския разлом, както и в района на Крумово по Асеновградския разлом. Като се отчита, че Чирпанският разлом заляга в дълбочина на юг, можем да асоцииираме групираните южно от Чирпан епицентри на земетресения с активизация в дълбочина на елементи от едноименния разлом.



Фиг. 5. Съвременна инструментална сеизмичност 1981–2013 г. [3]. Главните разломи на земетресенията от април 1928 г. - Чирпанският и Поповишкият, както и Асеновградският разлом са представени с удебелени прекъснати линии в синьо.



Фиг. 6. Механизми на сеизмичните огнища на 28 земетресения в района с M ≥ 3.5 за периода 1928-2013 г. (4)

Заключение

Проведените геофизични изследвания в Горнотракийската низина показаха аномалии, които могат да се свържат с главните разломи, активирали се при земетресенията от Чирпан – Пловдив на 14 и 18 април 1928 г. Ярка гравиметрична аномалия маркира Поповишкия разлом, по който се наблюдава и най-активната съвременна сеизмичност в района. Чирпанският разлом се маркира със значима магнитна аномалия. Съвременната инструментална сеизмичност 1981–2013 г. потвърждава връзката й с двата главни разломи, активирали се през април 1928 г., както и със съществените геофизични аномалии в зоната. Механизмите на сеизмичните огнища на земетресенията в района за периода 1928–2013 г. с M ≥ 3.5 (Протопопова, 2015) потвърждават екстензиалният режим на зоната.

Литература:

1. Димитров, Д. (2009) „Геодезически изследвания на сеизмогенни зони", ЦЛВГ-БАН, Дисертационен труд за получаване на на научната степен дтн, 180 стр.
2. Шанов (1998) „Сеизмотектонски модел на маришкия сеизмичен район" Сборник доклади от симпозиума „Геодинамични изследвания, свързани със земетресенията от 1928 г. в Чирпан –Пловдив", БАН, 101–111.
3. Ботев Е, Д. Димитров, В. Протопопова (2014). "Върху сеизмичността на Горнотракийската низина". Proceedings of Conference "Geography and Regional Politics", Pazardzhik 2014, 198–201.
4. Протопопова, В. (2015) Дисертационен труд, НИГГГ- БАН.

МОДЕЛИ НА ГЕОСИСТЕМИ И АБИОТИЧЕН СТРЕС В ДИСТАНЦИОННИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Лъчезар Филчев

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

Ключови думи: *абиотичен стрес, моделиране, геосистеми*

Резюме: *В областта на съвременните дистанционни изследвания се полагат усилия по моделиране на предавателните свойства на атмосферата, както и на отражателните свойства на обектите от земната и акваториалната повърхност. С помощта на тези модели е възможно решаването на права и обратна задача, т.е. генериране на спектрален коефициент на отражение (СКО) във видимата и близката инфрачервена област на спектъра от химични съставки, като пигменти - хлорофил, каротин, водно съдържание, азотно съдържание, и др. и обратно, получаване на химични съставки от СКО и биофизични и биометрични параметри на иглолистната растителна покривка, като листен индекс, височина на дърветата, обиколка на дървостоите, проективно покритие и др.*

MODELS OF GEOSYSTEMS AND ABIOTIC STRESS IN REMOTE SENSING

Lachezar Filchev

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

Keywords: *abiotic stress, modelling, geosystems*

Abstract: *In the field of modern remote sensing, efforts are made to model the transmission properties of the atmosphere, as well as the reflective properties of objects from the land and water surface. With the help of these models, it is possible to solve a straight and reverse task, i.e. generating a spectral response in the visible and near-infrared area of the spectrum of chemical ingredients, such as pigments - chlorophyll, carotene, water content, nitrogen content, etc. conversely, obtaining chemical ingredients from spectra and biophysical and biometric parameters of coniferous plant cover, such as leaf index, tree height, tree circumference, canopy forest cover, etc.*

Въведение

В областта на дистанционните изследвания (ДИ) се полагат големи усилия по моделиране на предавателните свойства на атмосферата, както и на отражателните свойства на обектите от земната и акваториалната повърхност на земята (Джепа-Петрова, 1985). С помощта на тези модели е възможно решаването на права и обратна задача, т.е. генериране на СКО във видимата и близката инфрачервена област на спектъра от химични конституенти, като пигменти - хлорофил, каротин, водно съдържание, азотно съдържание, и др. и обратно, получаване на химични конституенти от СКО и биофизични и биометрични параметри на иглолистната растителна покривка, като листен индекс, височина на дърветата, обиколка на дървостоите, проективно покритие и др. При отчитане на отражателните характеристики на земната повърхност, важно значение има и индикатрисата на самото отражение на обекта, която може да се изменя значително с промяна на ъгъла на заснемане. Повечето съвременни 3D модели на отражението отчитат индикатрисата на отражение на природните обекти, като дори някой от тях, създават синтезирани изображения на заснетата земна повърхност в

различни точки на наблюдение (заснемане). Трябва да се отчита, че аерофото и спътниковите ДИ в която и да било област на електромагнитния спектър регистрират композитен сигнал от листа, клони и стволове, корони на дървета, наземна растителна покривка и почви и са засегнати от засенчване поради разлики във височината на дървостоите, обезлистяването, азимутния ъгъл на заснемане, топографията, ориентацията на листата, архитектурата на короните на дърветата и атмосферната турбуленция (Bracher, Murtha, 1994; Franklin, 2001).

Основните биохимични съставки, които се откриват и анализират по спектроскопски и спектрометричен метод в ДИ са: целулоза, хемицелулоза, лигнин, скорбяла, и азотсъдържащи съставки, като протеини и хлорофил. Протеините основно под формата на D-рибулоза 1-5-дифосфат карбоксилаза, са най-обилно предствени в листата на зелените растения. На тях се дължи от 30 до 50 % от съдържанието на азот в листата (Elvidge, 1990). Пет основни линии на поглъщане характеризират спектъра във видимата и близката ИЧ област на спектъра. На тези широки линии на поглъщане се дължи общото подобие на спектъра на зелената растителност (Curran et al., 1992). По правило органичните компоненти абсорбират инфрачервената радиация в определени основни честоти на вълните, както в средната, така и в термалнта област на ИЧ област от спектъра. Линиите на поглъщане на органичните съставки във видимата и близката ИЧ област се дължат главно на овертонове и хармоники, на фундаменталните частоти на връзките на C-H, N-H и O-H (Curran, 1989). В ултравиолетовата (УВ) и близката ИЧ област, листата абсорбират силно, основно поради разтягането и извиването на химичните връзки между 'C-H, N-H, C-O, и O-H в самите органични съединения. Електронните преходи на фотосинтетичните пигменти – хлорофил, ксантофил и каротин причиняват поглъщането в областта 400-700 nm, а извиването и разтягането на връзката на O-H във водната молекула и други молекули, причинява абсорбция центрирана в дължините на вълните 970 nm, 1145 nm, 1400 nm и 1940 nm (Curran, 1989). Линиите на поглъщане на хлорофила в спектъра са асоциирани с електронни преходи и се намират на 430 nm и 660 nm (за хлорофил-a) и 460 nm и 640 nm (за хлорофил-b). На съвременният етап в ДИ има няколко групи модели за извличане на информация, за химичния състав на растителността основани на биохимията и спектроскопията.

Емпирични модели

Разработването на емпирични модели с използването на наземна и спътникова информация започва още в края на 80-те и началото на 90-те години на 20-ти век, когато се разработват нови технологии с цел откриване на определени хранителни съставки и стрес в листата, короните на дърветата и цели съобщества (Curran, 1992; Johnson, Billow, 1996). Приложенията на тези модели включват откриване или идентификация на стресова ситуация и идентификация на причинителите на стреса преди и след пораженията върху растителността (Murtha, 1974). Първата стъпка при тези приложения на ДИ е да се заложи експеримент и да се оцени взаимовръзката между отражателните характеристики на листата на наблюдаваното растение и концентрацията на пигменти – хлорофил-*a* и хлорофил-*b,* каротин (Blackburn, 1998, 2007a, 2007б, 2008). Промяната в хлорофилното съдържание на листата, е добър индикатор на стресова ситуация, тъй-като докато намалява хлорофилното съдържание на листата, листата съхнат и променят цвета си, което може да бъде регистрирано по спектрометричен начин. Типичен експеримент е този на Bracher и Murtha от 1994 г., чиято бърза наземно-базирана техника за оценка на съдържанието на N, P и хлорофил използва полеви спектрометър монтиран на триножник. За целта се използват млади насаждения от дугласка ела (*Pseudotsuga menziesii*) в парници, където се контролират условията на осветеност и атмосферна влажност (Franklin, 2001). Други подобни изследвания с използването, както на лабораторни, така и на полеви спектрометри са на (Zagolski *et al*. 1996; Jacquemoud *et al*. 1995; Asner, 1998), а на ниво корони на дърветата: (Peterson *et al*. 1987; Wessman *et al*. 1988; Matson *et al*. 1994; Gastellu-Etchegory *et al*. 1995; Zagolski *et al*. 1996; Martin and Aber, 1997). Въпреки това, дори и при контролиране на всички фактори на средата често се наблюдава свързаност на променливите на средата (например увеличено отражение в зелената област на спектъра с увеличена пигментация на листата). Една от най-простите техники, използвана в ДИ, при анализ на биохимичното съдържание е тази на линейното съвпадение (linear fitting), създадена и предложена още през 1995 г. от Gao and Goetz, като предложението на авторите е използването на тази техника в места, където изследователя няма възможност да проведе целенасочено и обширно изследване по калибрирането на резултатите (Gao, Goetz, 1995).

По-добра разграничителна способност на стресовите ситуации, многоканалните и спектрометричните ДИ имат, ако се вземе впредвид разпределението (структурата и текстурата) на цветовете по листната повърхност. Много болести и/или минерални недостатъци и излишъци показват характерни шарки на цветовете по листата. Например докато азотния

дефицит води до обща загуба на хлорофил (и следователно до пожълтяване на листата), други дефицити водят до ясни шарки, като например: цинковия дефицит водещ до вътрешножилково покафеняване (interveinal browning), магнезиевия дефицит до пожълтяване само в междужилковото пространство, а серния недостиг води до виолетов цвят на жилките. Така например Howard *et al*. (1971) откриват, че отражателната способност на *Pinus ponderosa* нараства в областта 810 nm, поради високото съдържание на мед и медни съединения в почвите (van der Meer, de Jong, 2006). По-късно Birnie, Dykstra (1978), откриват че съобществата на *Pinus contorta* растящи на медно-молибденови минерализации показват повишена отражателна способност около 670 nm, и по-малки разлики около 790 nm. По-обща зависимост между минерализацията на субстрата и по-високата отражателна способност на иглолистните от тревната покривка във видимия диапазон на електромагнитния спектър е открита от (Horler *et al*. 1980). Стресовите ситуации причинени от абиотичните фактори на средата намират израз в промяна на формата на втората производна на СКО на иглолистните - около 733 nm (Merton, 1999).

От направените до момента емпирични изследвания на зависимостите между *замърсявания с прахови и аерозолни фракции* и нарушения при иглолистните видове с използването на данни от многоканалната спътникова система Landsat едно от първите е това на Vogelmann, Rock (1988), които откриват, че отношението на каналите в средния ИЧ диапазон към близкия ИЧ е диагностично за откриване на нарушения причинени от киселинни дъждове. По-късно Ardo *et al*. (1997) разделят нарушенията в горите на три класа на основата на загубата на иглички в смърчова гора в Чехия използвайки отново данни от Landsat. Класовете на нарушенията при горите са определени на основата на регресионни уравнения между загубата на иглиците в точките на пробовземане и пробонабиране и спектралните канали на Landsat TM. Тяхното изследване спомага да се измери магнитуда на обезлистяването свързан с киселинните дъждове. Подобно е и изследването на Rigina, Baklanov *et al*. (1999) използващо мултитемпорални спътникови изображения за периода от 1978 до 1996 г., и изследващо ефекта от въздушно замърсяване с тежки метали причиняващо значителни по площ нарушения на п-ов. Кола, Русия. В Европа е установено, че съдържанието на глутатион и отношението на каротин/хлорофил намалява с увеличаване на надморската височина и увеличаване на замърсяването с озон O_3 (Omasa, Nouchi *et al*. 2005). Отбелязана е също така обратна корелационна зависимост, между дължината на игличките, дължината на клонките и масата на игличките спрямо концентрцията на замърсители, като Hg, S, F, Pb, и права корелационна зависимост на концентрацията на тежките метали и обезлистяването на короните на дърветата на (*Pinus sylvestris L.*) с r^2 до 0.81 в металургичните центрове Ангарск, Иркутск и Шелехов на Руската федерация (Mikhailova, Berezhnaya *et al*. 2005).

Към групата на емпиричните модели в ДИ се причисляват и търсенето на уранови находища с помощта на аерогеофизични методи, което обикновено се провежда в мащаби 1:200 000 до 1:25 000. Водещия метод е аерограма-спектрометрията, а спомагателни са аеромагнитния и аероелектрическия метод. В резултат, при наличие на карти на структурните фактори на рудоконтрол, се определят перспективни участъци за наземна проверка на резултатите. На основата на корелационната аеромагнитната карта и на аероелектропроучвателните данни се нанасят зони, хоризонти и оси на повишена електропроводимост, а на структурната карта се нанасят аероспектрометричните данни и контури на участъци с по-високи концентрации на урана от фона (Мишев, Добрев и др. 1987). Замърсяванията на иглолистните с естествени радионуклиди, са изучавани още в началото на 70-те години на 20-ти век с навлизането на гама-спектроскопията и изследванията на концентрациите на продуктите на полуразпада на урана, като радон във въздушните рекогносцировъчни изследвания с цел търсене на нови перспективни уранови находища (Carranza, 2009). Въпреки това, поради силното поглъщане на α, β и γ-лъчите от атмосферата, тези методи не са намерили приложение при спътниковите ДИ. През 80-те години на 20-ти век с навлизането на спътниковите ДИ, някой автори правят опити да обяснят урановите гехимични аномалии свързани с естествените находища на уран. Както отбелязват Aronoff, Collin *et al*. (1985), такива аномалии е възможно да имат външно проявление в иглолистната растителност, дори ако рудното тяло се намира на 400 m дълбочина, посредством циркулиращите подземни води. Същите автори доказват на основата на задълбочени биогеохимични анализи, че черния смърч (*Picea mariana*) е най-активно поглъщащия иглолистен вид за бореалния биом на Канада. Някой от актуалните съвременни приложения на спътниковите ДИ при откриването на уранови находища са свързани с комплексни изследвания на връзката между структурата на рудопроявленията и спектралната яркост на природните обекти по спътникови данни от Landsat (Rajesh, 2008).

Друга група емпирични модели и изследвания се концентрират на разработването на *спектрални вегетационни индекси (ВИ)*, които са нечуствителни към подстилащата

повърхнина, водното съдържание в атмосферата, спектралните аналогии между листата и короните на дърветата. Възможностите на наземните и спътниковите спектрометрични изследвания да регистрират типични абсорбционни линии характерни за наличието на даден химичен елемент или съединение в изследвания обект разкриват нови хоризонти пред изследователите. Така например абиотичните стресови ситуации и техните ефекти, като хлорозата например, са причина за повишена отражателна способност на растителността във видимата област от електромагнитния спектър, поради редуцираното съдържание на хлорофил в игличките. По-късно започва разработване на набор от тесноканални ВИ, от порядъка на 2 nm спектрална РС, които трябва да спомогнат за характеризирането на конкретен тип стресова ситуация или биохимичен конституент. През 1983 г. Колинс използва самолетни спектрометрични данни, и отбелязва че преместването на „червеният ръб“ в спектъра на растителността може да се използва за идентификация на стресова ситуация (van der Meer, de Jong, 2006). По отношение на изследване на бъдещи находища на газ-хидратите са правени тестови изследвания в редица страни при които е установен значително отместване – т. нар. „синьо отместване” в спектъра с ширина до 10–20 nm. Такива отмествания се наблюдават особено ясно при прекарване на спектрален трансект през даденото газонефтено находище, при което се забелязва рязък спад в СКО на природните обекти (Трофимов, 2009).

Комплексното използване на дистанционни и ландшафтно-геохимични методи за изследване на техногенната натовареност в промишлени райони за територията на България е започнало още през 80-те години на миналия век. За изучаване на степента и механизма на замърсяване на почвено-растителната покривка в районите на Девненсикя промишлен комплекс, СМК „Кремиковци” и ОЦЗ „Кърджали” са съставени ландшафтни карти с използване на многоканални и панхроматични изображения (Мишев и др., 1981, 1987; Roumenina, 1991; Spiridonov *et al*., 1992; Великов и др., 1995). Изображенията са получени от многоканалната камера МКФ-6М и панхроматичната камера MRB, монтирани на борда на самолет-лаборатория АН-30, както и от спътниците ERTS, Landsat и Салют 4. За определяне степента на антропогенно въздействие върху природната среда е използван коефициента на техногенна натовареност. По многоканалните и панхроматични самолетни и спътникови изображения са определени елементарните ландшафти чрез визуално-инструментално дешифриране и контролируема класификация по метода на максималното правдоподобие (maximum likelihood) с използване на системата за интерактивна обработка на изображения 2PAAC/300 В. При тези изследвания не са използвани вегетационни индекси, и не са определяни стресовите ситуации. Геоинформационни технологии са използвани при изготвянето на екологична рискова оценка и моделиране на здравния статус на смърчовата растителност в биосферен резерват „Чупрене” (Руменина, Димитров, 2003; Руменина и др., 2003).

Геометрично-оптични модели

Тази група модели освен останалите входни параметри отчитат и архитектурата на короните на дърветата (Gastellu-Etchegorry and Bruniquel-Pinel, 2001). Голямо тяхно предимство, но същевременно и недостатък, е трудното им използване за решаване на обратната задача – получаване на биохимичните съставляващи от СКО. Началото на моделирането на взаимодействието на листната маса със слънчевата радиация, е положено още с работите на Willstatter и Stoll от 1918 г. (van der Meer, de Jong, 2006). В техния опростен модел на разпространението основан на опитни данни, те разглеждат падащата радиация, като: 1) вертикално падаща към повърхността на плоските епителни клетки, и съответно се отразява от тях; 2) светлина подложена на множество отражения поради разликите в индекса на рефракция, различен за клетъчната стена, водното съдържание в клетката и въздуха. Останалата част от радиацията преминава през листа и е подложена на същите процеси, както и падащата радиация, до пълното поглъщане от лисатата. Поради различията на законите на пречупване и отражение в близкият ИЧ диапазон на спектъра моделите на разпространение и трасиране на ИЧ радиация се основават на различни предположения.

Модели основани на теорията на Кубелка-Мунк (Kubelka-Munk)

Тези модели разглеждат светлината и разпространението ѝ, като дифузен сноп от лъчи падащ, преминаващ или частично поглъщан от дифузен медиум – листата на короните на дърветата. Този модел, както и плоските модели и стохастичните модели, поради общият им теоретичен характер, имат за задача да обяснят общите теоретични постановки при взаимодействието на светлината с листата, но не е възможно да бъдат използвани за решаване на обратната задача, т.е. откриване на химичните съставки и структура на листата (van der Meer, de Jong, 2006).

Отражателни модели

Принципите на тази група модели използвани за определяне на биохимичните съставящи на растенията са изложени в работите на (Fourty *et al*. 1998; Jacquemoud, Baret, 1990; Jacquemoud, 1993; Jacquemoud, Verdebout *et al*. 1995; Jacquemoud, Bacour *et al*. 2000; Jacquemoud, Verhoef *et al*. 2009; Asner, 1998).

Модели на предавателни функции на атмосферата

Тези модели са конструирани за да моделират предавателната функция на атмосферата предимно във видимата и близката ИЧ област на спектъра, като например SAIL (Jacquemoud, Verhoef *et al*. 2009) и THREEVEG на Myneni, Ross, (1991) и моделите на на отражение от листата, като PROSPECT Jacquemoud, Baret (1990) и LIBERTY на Dawson *et al*. (1998). Използват се за директно определяне на съотношението между биохимичното съдържание и спектралните производни на ниво листо или корона на дървото, само и единствено ако биохимичната концентрация, дебелината на листата и характеризирането на архитектурата на короните на дърветата, са изследвани и измерени от изследователя (van der Meer, de Jong, 2006). В изследванията си Gastellu-Etchegorry, Bruniquel-Pinel, (1999) съчетават използването на модела на отражението на короните на дърветата DART Gastellu-Etchegorry, Demarez *et al*. (1996) с PROSPECT за изучаване на съдържанието на лигнин, азот и целулоза в иглолистни култури. Подобни са и изследванията на Dawson *et al*. (1998), които съчетават модела на отражението на короните на дърветата RSADU с LIBERTY за изучаване на бореална иглолистна гора. И двете изследвания показват еднозначно, че спектралната информация съчетана с биохимията на листата, може да бъде сигурно и точно открита на ниво корони на дърветата. Въпреки това и в двете изследвания е отбелязано, че за да има точно и ясно определяне на тези параметри трябва да има *a priori* познание за листния индекс и отражателната способност на подстилащата повърхност. Авторите Ganapol *et al*. (1999) разработват модел на отражението от листата и короните на дърветата наречен LCM2 (Leaf/Canopy Model version 2), за генериране на отражателната способност на растителността, като функция на нейната биохимия, листната морфология (представена от отражателните характеристики на листата), дебелината на листата, почвеното отражение и архитектурата на короните на дърветата.

Литература:

1. Великов, В., Мишев Д., Руменина Е. Космос, ландшафти, екология. Университетско издателство "Св.Св. Кирил и Методий", В. Търново, 1995, с. 141.
2. Джепа-Петрова, В. С. Определяне на някой интегрални параметри на атмосферата по спътникови данни за целите на дистанционните изследвания на Земята от космоса. Дисертация. Единен център за науките на Земята - Централна лаборатория за космически изследвания. София, Българска академия на науките. доктор на физическите науки, 1985, с. 139.
3. Мишев, Д. Н., Добрев, Т. Б. и др. Дистанционни методи в геофизиката и геологията - Аерокосмически методи за изследване строежа на Земята. София, ДИ "Техника", 1987.
4. Руменина, Е., Димитров, В. Пространствено моделиране на здравния статус на горите в резерват "Чупрене". Екологично инженерство и опазване на околната среда, 2003, кн. 3, с. 53–59.
5. Руменина, Е., Любенова, М., Димитров, В. Екологична рискова оценка на смърчовата растителност в биосферен резерват Чупрене чрез пространствено моделиране в ГИС. В: Международна научна конференция “75 години Институт за гората при БАН”. Сб. доклади, т. 1. БАН, София, 2003, 61–64.
6. Трофимов, Д. М. Дистанционное зондирование: новые технологии – новые возможности поиска нефти и газа. Геоматика, 2009, N 1, с. 10.
7. Ardo, J., Pilesjo, P. et al. Neural networks, multitemporal Landsat Thematic Mapper data and topographic data to classify forest damages in the Czech Republic. Canadian J. of Remote Sensing, 1997, (23): 217–229.
8. Aronoff, S., E.D. Collin, et al. Biogeochemical Anomallies and Landsat Imagery: A Comparison on the Wollaston Lake Area, Saskatchewan. In: Miscellaneous Report, Saskatchewan Geology Survey, Saskatchewan Energy and Miners, 1985, 85-4: 116–124.
9. Asner, G. P. Biophysical and Biochemical Sources of Variability in Canopy Reflectance. Remote Sensing of Environment, 1998, 64(3): 234–253.
10. Blackburn, G. Spectral indices for estimating photosynthetic pigment concentrations: a test using senescent tree leaves. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(4): 657–675.
11. Blackburn, G. Hyperspectral remote sensing of plant pigments. J. of Experimental Botany, 2007, 58(4): 855.
12. Blackburn, G. A. Wavelet decomposition of hyperspectral data: a novel approach to quantifying pigment concentrations in vegetation. International Journal of Remote Sensing 2007, 28(12): 2831–2855.
13. Blackburn, G. A., Ferwerda, J. G. Retrieval of chlorophyll concentration from leaf reflectance spectra using wavelet analysis. Remote Sensing of Environment, 2008, 112(4): 1614–1632.
14. Bracher, G. A., Murtha, P. A. Estimation of foliar macro-nutrients and chlorophyll in Douglas-fir seedlings by leaf reflectance. Canadian Journal of Remote Sensing, 1994, 20(2): 102–114.

15. Carranza, E. J. M. Geochemical Anomaly and Mineral Prospectivity Mapping in GIS. Handbook of Exploration and Environmental Geochemistry. M. Hale, Elsevier B.V. 11, 2009.
16. Curran, P. J. Remote sensing of foliar chemistry. Remote Sensing of Environment, 1989, 30: 271–278.
17. Curran, P. J., Dungan, J. L. et al. Reflectance spectroscopy of fresh whole leaves for the estimation of chemical concentration. Remote Sensing of Environment, 1992, 39(2): 153–166.
18. Dawson, T. P., Curran, P. J. et al. LIBERTY--Modeling the Effects of Leaf Biochemical Concentration on Reflectance Spectra. Remote Sensing of Environment, 1998, 65(1): 50–60.
19. Elvidge, C. D. Visible and near infrared reflectance characteristics of dry plant materials. Int. J. of Rem. Sens., 1990, 11: 1775–95.
20. Franklin, S. E. Remote Sensing for Sustainable Forest Management, LEWIS PUBL./CRC Press LLC, 2001.
21. Fourty, T., Baret, F. On spectral estimates of fresh leaf biochemistry. Int. J. Rem. Sens., 1998, 19(7) 1283–98.
22. Horler, D. N. H., Barber, J., Barringer, A. R. A multi-elemental study of plant surface particles in relation to geochemistry and biogeochemistry. Journal of Geochemical Exploration, 1980, 13(1): 41–50.
23. Howard, J. A., Watson, R. D., Hessin, T. D. Spectral reflectance properties of Pinus ponderosa in relation to copper content of the soil - Malachite mine, Jefferson County, Colorado (Ponderosa pine foliage visible and near IR spectra, investigating soil copper contents effect on foliage spectral reflectance). 7th International Symposium on Remote Sensing of Environment, University of Michigan, Ann Arbor, Mich.; United States; 17-21 May 1971. pp. 285–297. 1971.
24. Ganapol, B., L. Johnson, et al. (1999). "LCM 2- A coupled leaf/canopy radiative transfer model." Remote Sensing of Environment 70(2): 153–166.
25. Gao, B.-C., Goetz, A. F. H. Retrieval of equivalent water thickness and information related to biochemical components of vegetation canopies from AVIRIS data. Rem. Sens. of Env., 1995, 52(3): 155–162.
26. Gastellu-Etchegorry, J. P., V. Demarez, et al. Modeling Radiative Transfer in Heterogeneous 3-D Vegetation Canopies. Remote Sensing of Environment, 1996, 58: 131–156.
27. Gastellu-Etchegorry, J. P., Bruniquel-Pinel, V. A modeling approach to assess the robustness of spectrometric predictive equations for canopy chemistry. Remote Sensing of Environment, 2001, 76(1): 1–15.
28. Jacquemoud, S. Inversion of the PROSPECT+ SAIL canopy reflectance model from AVIRIS equivalent spectra: theoretical study. Remote Sensing of Environment, 1993, 44(2-3): 281-292.
29. Jacquemoud, S., Baret, F. PROSPECT: A model of leaf optical properties spectra. Remote Sensing of Environment, 1990, 34(2): 75–91.
30. Jacquemoud, S., Bacour, C. et al. Comparison of Four Radiative Transfer Models to Simulate Plant Canopies Reflectance: Direct and Inverse Mode. Remote Sensing of Environment, 2000, 74(3): 471–481.
31. Jacquemoud, S., Verdebout, J. et al. Investigation of leaf biochemistry by statistics* 1. Remote Sensing of Environment, 1995, 54(3): 180–188.
32. Jacquemoud, S., Verhoef, W. et al. PROSPECT + SAIL models: A review of use for vegetation characterization. Remote Sensing of Environment, 2009, 113(Supplement 1): S56–S66.
33. Johnson, L., Billow, C. Spectrometry estimation of total nitrogen concentration in Douglas-fir foliage. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17(3): 489–500.
34. Martin, M. E., Aber, J. D. High spectral resolution remote sensing of forest canopy lignin, nitrogen, and ecosystem processes. Ecological applications, 1997, 7(2): 431–443.
35. Matson, P., Johnson, L. et al. Seasonal patterns and remote spectral estimation of canopy chemistry across the Oregon transect. Ecological Applications, 1994, 4(2): 280–298.
36. Merton, R. Multi-temporal analysis of community scale vegetation stress with imaging spectroscopy. PhD Thesis-University of Auckland, 1999.
37. Mikhailova, T. A., Berezhnaya, N. S. et al. Complex assessment of forest condition under air pollution impacts. Plant Responses to Air Pollution and Global Change. K. Omasa, I. Nouchi, et al. Tokyo, Springer, 2005.
38. Myneni, R. B., Ross, I. U. Photon-vegetation interactions: Applications in optical remote sensing and plant ecology, Springer-Verlag , Berlin and New York, 1991, 565.
39. Murtha, P. A., Watson, E. K. SO2 damage of forest recorded by ERTS-1. In: Proceedings of Third ERTS Symposium, 10-14 Decembre 1973, Washington DC, USA, NASA, 1974.
40. Omasa, K., Nouchi, I. et al. (Eds.) Plant Responses to Air Pollution and Global Change. Tokyo, Springer-Verlag, 2005.
41. Peterson, D. L., M. A. Spanner, et al. (1987). "Relationship of thematic mapper simulator data to leaf area index of temperate coniferous forests." Remote Sensing of Environment 22(3): 323–341.
42. Rajesh, H. M. Mapping Proterozoic unconformity-related uranium deposits in the Rockhole area, Northern Territory, Australia using landsat ETM+. Ore Geology Reviews, 2008, 33(3-4): 382–396.
43. Rigina, O., Baklanov, A. et al. Monitoring of forest damage in the Kola Peninsula, Northern Russia due to smelting industry. The Science of the Total Environment, 1999, (229): 147–163.
44. Roumenina, E., Pelova, N., Velikov, V. Aerospace Remote Sensing and Landscape Geochemical Methods of Observation of the Antropogenic Factor in the Devnja Region. In: Proc. of International Symposium on Hydro-and Aerodynamics in Marine Engineering. HADMAR '91, Varna, 1991, 1: 42-1–42-3.
45. van der Meer, F., Jong, S. M. D. (Eds.) Imaging Spectrometry - Basic Principles and Prospective Applications. Remote Sensing and Digital Image Processing, Springer, 2006.
46. Vogelmann, J. E. Rock, B. N. Assessing forest damage in high-elevation coniferous forests in Vermont and New Hampshire using Thematic Mapper data. Remote Sensing of Environment, 1988, 24(2): 227–246.
47. Wessman, C. A., Aber, J. D. et al. Remote sensing of canopy chemistry and nitrogen cycling in temperate forest ecosystems. Nature, 1988, 335, 154–156.
48. Zagolski, F., Pinel, V. et al. Forest canopy chemistry with high spectral resolution remote sensing. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17(6): 1107–1128.

S E S 2 0 2 0
Sixteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
4 – 6 November 2020, Sofia, Bulgaria

МОДЕЛИРАНЕ НА ТЕХНОГЕННОТО ЗАМЪРСЯВАНЕ НА ВОДОСБОРА НА РЕКА ТАЙНА

Лъчезар Филчев

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

Ключови думи: *тежки метали, металоиди, техногенно замърсяване, коефициент на техногенна концентрация*

Резюме: *На основата на полетата на стойностите на съдържанията на тежките метали, металоидите, естествените и изкуствени радионуклиди са съставени модели на полетата на стойностите на коефициента на техногенна концентрация в почвите в басейна на р. Тайна - K_c използвайки получените стойности за местния почвеногеохимичен фон за 1993 (1996) г. и 2011 г. Така получените полета са използвани за изчисляване на сумарния коефициент - Z_c чиито стойности за тежките метали в почвите за 1993 (1996) г. варират от 3.13 до 129.24, а за 2011 г. от 8.29 до 32.18. Тествани са различни интерполационни модели на стойностите и оценка на грешката с оглед използването на най-удачния модел.*

MODELING OF THE TECHNOGENICAL CONTAMINATION OF THE TAINA RIVER CATCHMENT

Lachezar Filchev

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

Keywords: *heavy metals, metalloids, technogenic contamination, technogenic concentration factor*

Abstract: *On the basis of the values of the contents of heavy metals, metalloids, natural and artificial radionuclides, models of the fields of the values of the technogenic concentration factor in soils in the basin of the Taina River - K_c using the obtained values for the local soil-based chemical background for 1993 (1996) and 2011. Using the interpolated fields is calculated the total pollution coefficient – Z_c which values for the heavy metals in the soils for 1993 (1996) vary between 3.13 and 129.24 and for 2011 from 8.29 to 32.18. Various interpolation models of values and error assessment have been tested with a view to using the most appropriate model.*

Въведение

Необходимостта от създаване на модел на полетата на съдържанията и специфичните активности на замърсителите в почвите в иглолистните ландшафти произтича от факта, че наборът от стойности описващи тези параметри е малък, което ограничава възможностите за пространствен анализ и сравнение на резултатите от непрекъснатата в пространствено отношение спътникова информация. Тези предпоставки налагат използването на различни интерполационни модели на стойностите и оценка на грешката с оглед използването на най-удачния модел.

Пространственият обхват на района на изследване е водосборния басейн на р. Тайна, заемащ площ от 4.775 km^2. Надморската му височина варира от 500 m при заустването на р. Тайна в р. Искър до 964 m в най-високата част на водосборния басейн (Filchev, 2009). Като тестови участък на територията на водосборния басейн е избран на бившия уранодобивен участък „ИСКРА” е около 500 dka (4.87 ha), като пряко засегнати от уранодобива са 100 dka (Симеонова, Игнатов, и др. 1993; Банов, Христов, 1996). В границите на участъка се включват 12 табани, 1 кариера и 2 технологични утайника. Разработването на находище „Курило" започва през 1956 г. по открит способ на "Брези връх", кота 803.5 m. Едновременно с открития добив започва и подготовката на находищата за подземен добив. Класическият добив в участък "ИСКРА" приключва през 1962 г. През 1984 г. започват проучвателни и опитнопромишлени работи за провеждане на геотехнологичен добив, като добива на уран е прекратен през 1990 г.,

а технологичната ликвидация и биологичната рекултивация започват след 1994 г. на основание ПМС № 163/20.08.1992 г. и Заповед № 56 на МС от 29.03.1994 г. (Симеонова, Игнатов и др. 1993; Roumenina, Silleos et al. 2007).

В подножието на Софийска Мала планина в подложката на плиоцена, образувана от различни по състав скали – палеозой – млад палеоген, са развити основните въглищни запаси на Кътинския въглищен басейн. Тук плиоцена се разкрива на повърхността, и въглищата са на окло 5.5 m дълбочина (Йовчев, 1960). Промишлената експлоатация на въглищата е започната през 1949 г., в долната част на водосборния басейн на р. Кътинска, където поради плиткото си залягане въглищата са добивани по открития способ. От 1949 до 1953 г. са проучвани въглищните запаси и е разкрита нова минна разработка в северозападната част на басейна, която функционира до 1973 г. (Naydenova, Roumenina, 2009). В резултат от минодобивните дейности в района има 2 технологични езера и частична механична рекултивация чрез заравняване на терена. В средната и долната част на водосбора на р. Тайна техногенния релеф от миннодобивната дейност е представен под формата на насипища и табани с относително превишение над околния релеф до 20 m.

Методи

Тестовете за нормалност на извадките са първата стъпка преди прилагането на кригинг интерполация – основна интерполация в методите на геостатистиката, или всяка друга интерполация, която се основава на вероятностни критерии (ArcGIS Desktop Help, 2008). Някои от статистическите критерии за нормално или логнормално разпределение на стойностите от извадката (измерванията) е спазването на неравенствата (1) – за нормално разпределение, и (2) за логнормално разпределение Пенин (1997):

(1) $$\frac{A}{\sqrt{\frac{\sigma}{N}}} \leq [3];\ \frac{E}{2\sqrt{\frac{\sigma}{N}}} \leq [3]$$

(2) $$\frac{Alg}{\sqrt{\frac{\sigma}{N}}} \leq [3];\ \frac{Elg}{2\sqrt{\frac{\sigma}{N}}} \leq [3]\,,$$

където, A е асиметрията, E е ексцеса, определящ покачването или понижването на графиката на емпиричната крива на разпределение в сравнение с нормалната крива, σ е средноквадратичното отклонение. Други тестове прилагани за откриване на нормалност са тези на Шапиро-Уилк (Shapiro-Wilk W), Андерсон-Дарлинг (Anderson-Darling), Мартинез-Иглевиц (Martinez-Iglewicz), Колмогоров-Смирнов (Kolmogorov-Smirnov), Д'Агостино (D'Agostino). При неналичие на нормално разпределение са тествани различни подходи за привеждане на разпределенията на входните данни към нормални използвайки различни трансформации, като логаритмични (Log), Бокс-Кокс (Box-Cox), арксинус (ArcSin) и др. Графичното определяне на нормалното разпределение се постига и с визуалното наблюдение на квартил-квартил графиката (Q-Q Plot), които квартили следва да имат равномерно разпределени стойности по протежение на регресионната права, без групиране или видими систематични отклонения около нея.

Преди интерполацията на стойностите на променливите на състоянието управляващите променливи на модела са определни и трендовете на стойностите им с цел премахването на трендовете (detrend) при интерполациите. При задаването на търсещия радиус на елипсата на съседството са зададени са еднакви стойности за интерполаторите, а при наличие на грешка по-голяма от допустимото и с цел минимизиране на грешката радиусите на търсене са модифицирани.

Следва определяне на оптимален интерполатор посредством прилагане на серия от интерполационни процедури върху входните данни. Критериите за оптималност се основават на кросвалидацията на резултатите от интерполациите и сравнението им по стойностите на средноквадратичната грешка - Root Mean Squared Error (RMSE). Геостатистическите интерполатори се поделят на две големи групи: 1) Детерминистични интерполатори са локалните и глобални полиномни интерполатори, които прекарват повърхнина на тренда, през целия набор от данни – глобални, или през определен съкратен набор основан на принципа на най-близкото съседство – местни (локални); 2) Стохастичните (вероятностни) интерполатори, като обикновения кригинг и кокригинга представят данните, като повърхности на „предсказването" (prediction) на стойностите. Тези интерполатори не са точни, т.е. не преставят реално измерената стойност в точката на пробовземане, пробонабиране, а нейната предсказана стойност. Предимството пред точните детерминистични интерполатори е

възможността да се изготвят карти на стандартните грешки и вероятности, с които да се оцени величината на грешката във всяка точка (пиксел) на полето (ArcGIS Desktop Help, 2008).

С помощта на различни вградени интерполатори в Geostatistical Analyst в софтуерния пакет ArcGIS/ArcInfo 9.2 (Academic License) се построяват моделите на полетата на разпространение на съответния замърсител – управляваща променлива (тежък метал, металоид, естествен и изкуствен радионуклид). След което се изчисляват коефициентите на техногенна замърсеност – K_c, представляващ отношение на съдържанието (специфичната активност) на даден тежък метал, металоид, радионуклид в почвата, към неговото фоново съдържание Пенин (1997) и сумарния коефициент на техногенна замърсеност – Z_c предложен от (Сает, Смирнова, 1983):

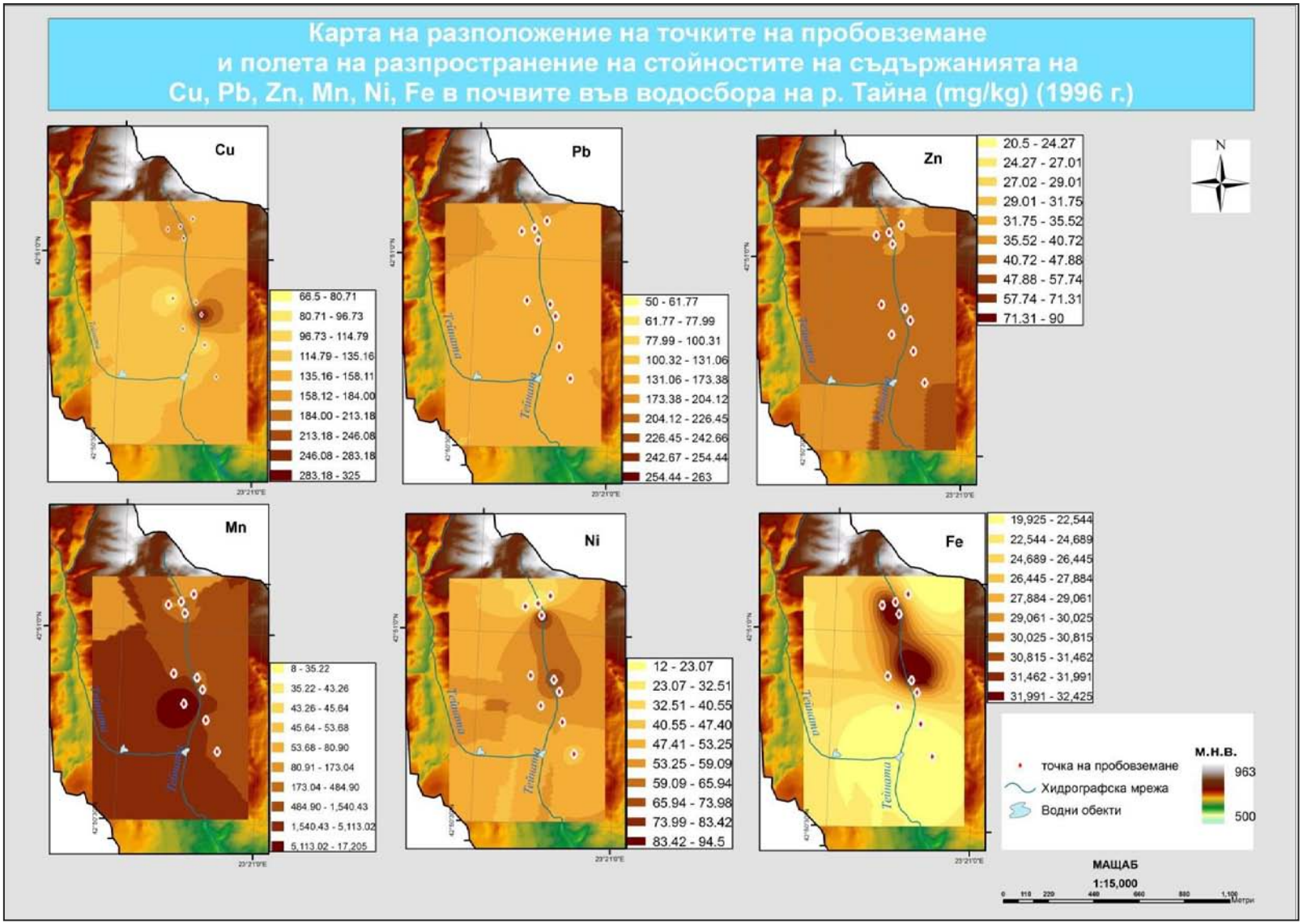
(3) $$Z_c = \sum_{i=1}^{n} K_c - (n-1)$$

където, K_c е коефициента на техногенна концентрация > 1 (или 1.5); n – числото на елементите с K_c > 1 (или 1.5), са изчислени сумарните стойности на техногеохимично замърсяване. Определянето на местния почвеногеохимичен фон става графо-аналитично, като първо се определя средната стойност на извадката (съдържанията на тежки метали, металоиди и радионуклиди в почвите). След което данните под и над средната стойност се подреждат в таблица на честотите и се построява кумулативна крива на разпределението на стойностите, от която фоновата стойност се определя от 50 % стойност на графиката на натрупаната честота (Пенин, 1997). Получените повърхности на сумарната замърсеност се рекласифицират по обща класификационна схема за базови години на наблюдение и анализ разглеждани в настоящата дисертация. Класификационната схема използва интервална скала на стойностите на Z_c: 0–10, 10–20, 20–30, 30–50, 50–60, 60–130. Стойности на Zc в порядъка на 50–60 и повече се считат за техногеохимично замърсени.

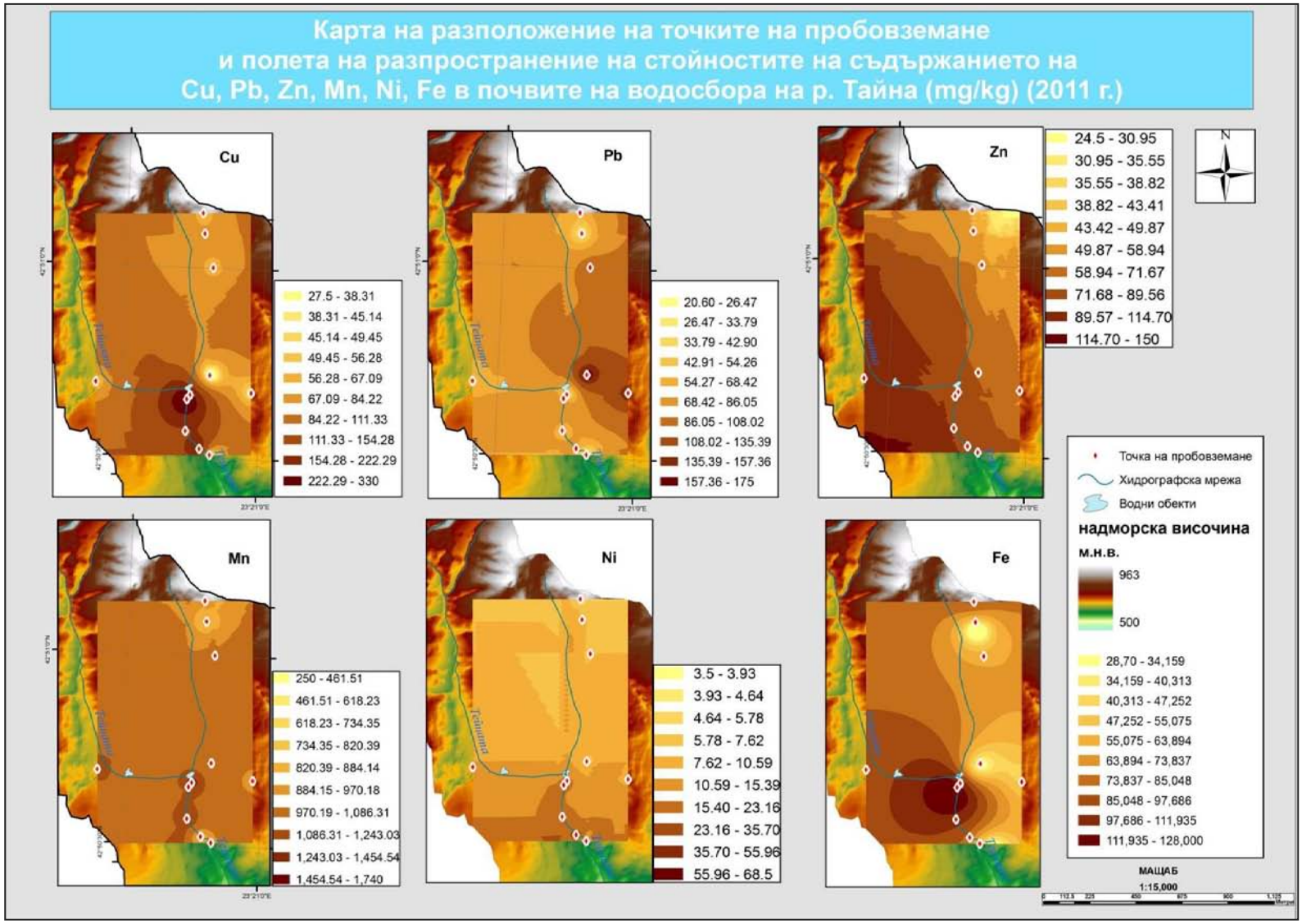
Обикновено оценката на качеството на моделите става посредством смяната на значението на променливите на състоянието с разнообразни значения и валидацията на данните. Различават се три типа математически модели: емпирични, концептуални и физични (Mulligan, Wainwright, 2004). Геостатистическите интерполатори дават добра информация по отношение на възможностите за проверка на грешките, валидация и кросвалидация при създаването на полетата на разпространение на съответния параметър, както и възможност за проверка, рафиниране на входните параметри с цел избиране на най-добрия модел. Оценката на качеството на моделите на полетата става с прилагане на средно квадратната грешка – RMSE при валидацията и кросвалидацията с помощта на вградените инструменти в геостатистическите интерполатори за оценка на качеството на модела.

Резултати

На основата на полетата на стойностите на съдържанията на тежките метали, металоидите, естествените и изкуствени радионуклиди са съставени модели на полетата на стойностите на коефициента на техногенна концентрация - K_c използвайки получените стойности за местния почвеногеохимичен фон за 1993 (1996) г. и 2011 г. Така получените полета са използвани за изчисляване на сумарния коефициент - Z_c чиито стойности за тежките метали в почвите за 1993 (1996) г. варират от 3.13 до 129.24, а за 2011 г. от 8.29 до 32.18. Прави впечатление значителното отклонение от стойностите на коефициента от началото на 90-те години на 20-ти век и тези от началото на 21 век, което се дължи най-вероятно на ограничаването на човешката намеса в района на изследване, проведената рекултивация в района, самоочистването на природните и антропогенните ландшафти, както и различните схеми на пробовземане и пробонабиране използвана в настоящата дисертация и Симеонова, Игнатов (1993), Банов, Христов (1996). За естествените и изкуствените радионуклиди – за 1993 (1996) г. е установена стойност на Z_c вариращa от 0.30 до 5.79, а през 2011 г. стойностите му са 7.91 до 13.31. Слабо повишените стойности на коефициента за 2011 г. се отдават на присъствието на цезий-137 в почвените проби от 2011 г., който е с техногенен произход и не е бил обект на изследване и анализ от страна на колектива на „ДИАЛ” ЕООД през 1993 г. В практиката е установено, че за техногенно замърсени се смятат райони със стойности на индекса над 50–60, което не се забелязва по отношение на природните и техногенни радионуклиди, но се отбелязва при тежките метали за периода на изследване от 1993 (1996) г. На основата на този индекс е установено също така, че стойностите под 2.5 са основно в района около и в „Кариерата” на участък „Искра”, като за 1993 (1996) г. се наблюдава същата зависимост с изключение на леко повишените стойности на коефициента (>3), което свидетелства за липсата на асоциацията от тежки метали в местния почвеногеохимичен и литогеохимичен фон разкрит на повърхността в резултат на уранодобива. Останалите участъци се считат за умерено замърсени. (Филчев и Йорданова, 2011).



Фиг. 1. Карта на разположение на точките на пробовземане и полетата на разпространение на съдържанието на Cu, Pb, Zn, Mn, Ni, Fe (1993-1996 г.) (mg.kg-1)



Фиг. 2. Карта на разположение на точките на пробовземане и полетата на разпространение на съдържанието на Cu, Pb, Zn, Mn, Ni, Fe (2011 г.) (mg.kg-1)

Заключение

На основата на полетата на стойностите на съдържанията на тежките метали, металоидите, естествените и изкуствени радионуклиди са съставени модели на полетата на стойностите на коефициента на техногенна концентрация в почвите в басейна на р. Тайна - K_c използвайки получените стойности за местния почвеногеохимичен фон за 1993 (1996) г. и 2011 г. Така получените полета са използвани за изчисляване на сумарния коефициент - Z_c чиито стойности за тежките метали в почвите за 1993 (1996) г. варират от 3.13 до 129.24, а за 2011 г. от 8.29 до 32.18. За естествените и изкуствените радионуклиди – за 1993 (1996) г. е установена стойност на Z_c вариращa от 0.30 до 5.79, а през 2011 г. стойностите му са 7.91 до 13.31.

Литература:

1. Filchev, L. Design of an Erosionability Model of the Teyna River Watershed to Monitor Erosion Risk. In: Proceedings of Fifth Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety" (SENS) 2009, 2-4 November 2009, Sofia, Bulgaria, SRI-BAS, 2009, 257–262.
1. Симеонова, А., Игнатов, Й. и др. Радиологична оценка на участък "ИСКРА" към ЕООД "Подземно строителство". София, "ДИАЛ" ЕООД - Бухово 1830, 1993, с. 77.
2. Банов, М., Христов, Б. Изследване и рекултивация на земи от района на Бухово, нарушени при добива на уран. Проблеми на географията, 1996, № 1, с. 78–86.
3. Roumenina, E., Silleos, N. et al. Designing a Spatial Model of Land Use Impact Dynamics Caused by Uranium Mining Using Remote Sensing and Ground-Based Methods. In: Proceedings of the Third Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Nanotechnology, Safety“ (SENS) 2007, 27-29 June 2007, Varna, Bulgaria, Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences.
4. Йовчев, Й. Въглища и битуминозни шисти. София, Техника, 1960.
5. Naydenova, V., Roumenina, E. Monitoring the mining effect at drainage basin level using geoinformation technologies. Central European Journal of Geosciences, 2009, 1(3): 22.
6. ArcGIS Desktop Help. 2008. Redlands, CA, ESRI Inc.
7. Сает, Ю. Е., Смирнова, Р. С. Геохимические принципы выявления зон воздействия промишленных выбросов в городских агломерациях. В: Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды, Мысль, Москва, 1983.
8. Пенин, Р. Ръководство по геохимия на ландшафта. София, Университетско издателство "Св. Климент Охридски", 1997.
9. Mulligan, M., Wainwright, J. (Eds.) Environmental Modelling - Finding Simplicity in Complexity. Chippenham, Wiltshire, John Wiley & Sons Ltd., 2004.
10. Филчев, Л. и И. Йорданова. (2011). Ландшафтно-геохимични изследвания на последствията от уранодобива във водосбора на р. Тайна. Екологично инженерство и опазване на околната среда (ЕИООС),бр. 4, 14–22. Издава: ЕИООС, София, България. ISSN 1311-8668.

S E S 2 0 2 0
Sixteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
4 – 6 November 2020, Sofia, Bulgaria

SPATIAL AND SEASONAL DISTRIBUTION OF NO_2 POLLUTION OVER BULGARIA, BASED ON TROPOMI MEASUREMENTS

Maria Dimitrova, Plamen Trenchev, Deyan Gochev

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

Keywords: *atmospheric pollution, remote sensing, ecology*

Abstract: *In this paper we study the spatial and seasonal distribution of NO_2 pollution over Bulgaria. As a main data source we use monthly measurements of the Tropomi space instrument onboard Sentinel 5P satellite. The hot points of NO_2 over Bulgaria are two kinds - Sofia and Plovdiv cities and Stara Zagora region. First two are the biggest cities in the country, whether last one is typical industrial region and the place with biggest amound of summer fires. Results for both kinds of hot places are compared and discussed.*

ПРОСТРАНСТВЕНО И СЕЗОННО РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА ЗАМЪРСЯВАНИЯТА С NO_2 НАД БЪЛГАРИЯ ПО ДАННИ ОТ TROPOMI

Мария Димитрова, Пламен Тренчев, Деян Гочев

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

Ключови думи: *атмосферни замърсявания, дистанционни изследвания, екология*

Резюме: *В тази статия ние изследваме пространственото и сезонно разпределение на замърсяването с NO_2 над България. Като основен източник на данни използваме месечни измервания на космическия инструмент Tropomi на борда на сателита Sentinel 5P. Горещите точки на NO_2 над България са два вида - София и Пловдив и Стара Загора. Първите два са най-големите градове в страната, докато последният е типичен индустриален регион и, в добавка, област с най-много летни пожари. Резултатите за двата вида горещи точки се сравняват и обсъждат.*

Introduction

One of the main air pollutants in urban environments is nitrogen dioxide NO_2 is a reddish-brown gas and one of the nitrogen oxides, highly toxic by inhalation. Like most toxic gases, the inhalation dose affects the degree of toxicity. Prolonged exposure to low concentrations of gas, as well as short-term exposure to high concentrations, may cause a variety of health problems. The dangerous level is above 560 μg/m^3. This serves as a basis for determining the permissible norms for air pollution [1].

There are two methods for measuring and analyzing the air quality - through measurements with ground stations and with satellite data. Both approaches have their advantages and disadvantages. Ground stations provide a continuous flow (usually every hour), but are a point measurement. Satellite mesurements are from 1 to several times a day, but they give a global picture. They measure the presence of a pollutant in the entire atmospheric column above an area of the earth's surface with a size corresponding to the spatial resolution of the measuring instrument.

Only from the end of 2018, with the launch of the European satellite Sentinel 5P, we have satellite data with enough high spatial resolution (in this case 3.5 x 7 km) [2], which allows us to study the detailed distribution of air pollutants even over large cities.

The aim of the present work is to study the territorial and seasonal distribution of NO_2 over Bulgaria. Results show that main NO_2 sources there are biggest Bulgarian cities of Sofia and Plovdiv

as well as Stara Zagora region – the biggest industrial place in our country. In this work we compare the results of ground and satellite measurements and discuss the possibility of using data from Sentinel 5P.

Data and regions of interest

For studying spatial and seasonal NO2 distribution we choose to use both satellite and ground station measurements. We use monthly averaged values in both cases. We use satellite data from TEMES service [3] and ground station data from European Environment Agency [4].

On Fig. 1 we show examples for the typical daily and monthly distribution of NO2 measured from the Tropomi instrument.

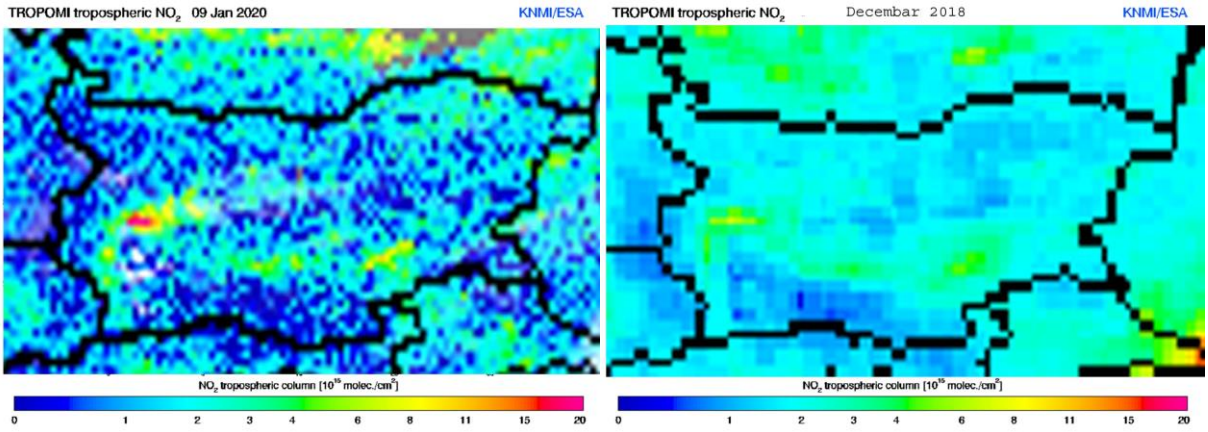


Fig. 1. Examples for typical daily and monthly NO_2 distribution over Bulgaria

As we see from the picture above, there are three regions with higher NO_2. They are the regions over Sofia and Plovdiv cities and the region south of Stara Zagora.

Tropomi data covers the full Bulgarian region almost every day. Ground stations, used in this work are as follows:

- Sofia: Nadezda, Hipodruma, Pavlovo, Mladost, Drugba and Orlov most
- Plovdiv: Kamenitca, Trakia and Banya
- Stara Zagora region: Stara Zagora – zelen klin, Galabovo and Dimitrovgrad.

Results

On Fig. 2 we show seasonal distribution of NO_2 over Sofia measured by Tropomi for the region February 2018 – September 2020. On Fig. 3 we show seasonal NO_2 distribution, measured by all ground stations in Sofia as well as an averaged NO_2 distribution and comparison between averaged measurements from different ground stations.

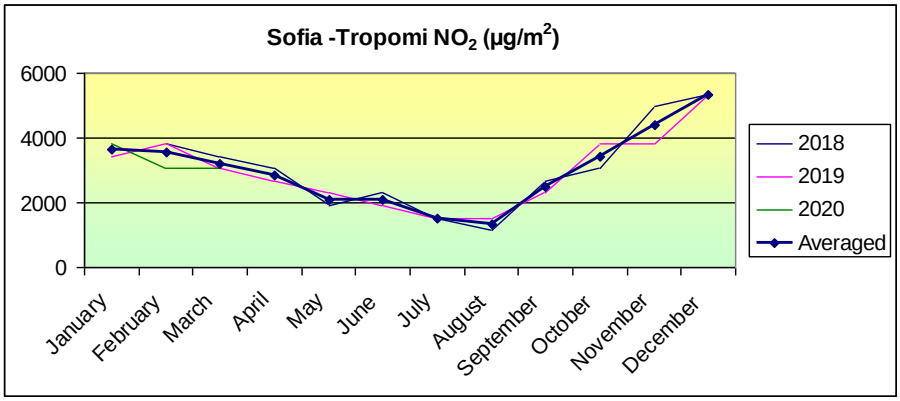


Fig. 2. Seasonal distribution of NO_2 over Sofia, measured by Tropomi for the period February 2018 – September 2020

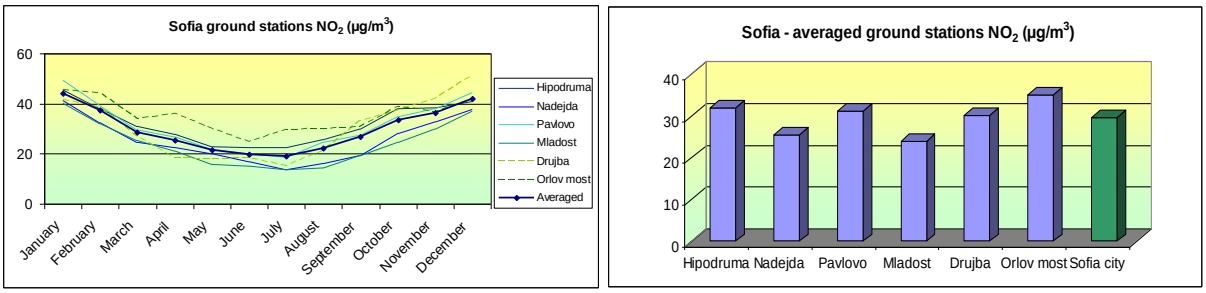


Fig. 3. Seasonal NO_2 distribution, measured by all ground stations in Sofia, averaged NO_2 distribution and comparison between averaged measurements from different ground stations.

On Fig. 4 and Fig. 5 we show the same for Plovdiv.

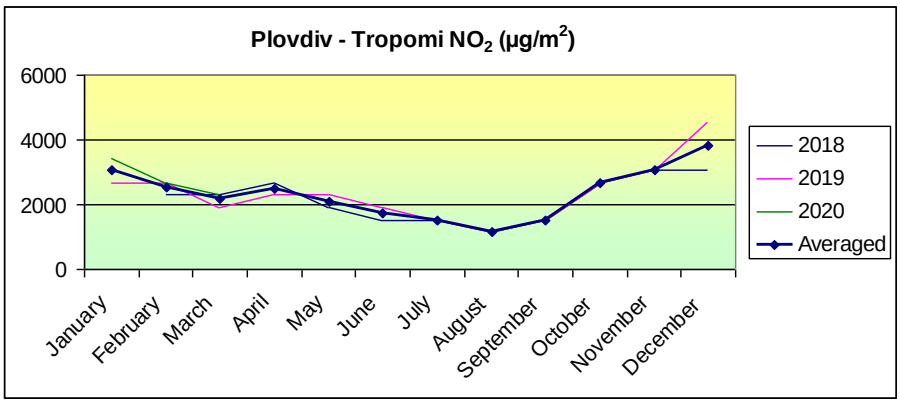


Fig. 4. Seasonal distribution of NO_2 over Plovdiv, measured by Tropomi for the period February 2018 – September 2020

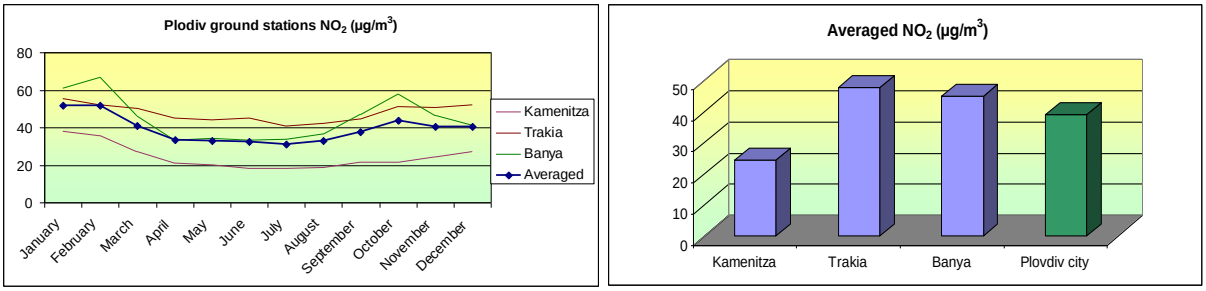


Fig. 5. The seasonal NO_2 distribution, measured by the ground stations in Plovdiv, the averaged NO_2 distribution and the comparison between averaged measurements from different ground stations.

On Fig. 6 we show the seasonal distribution of NO_2 over the Stara Zagora region, measured by Tropomi for the region February 2018 – September 2020.

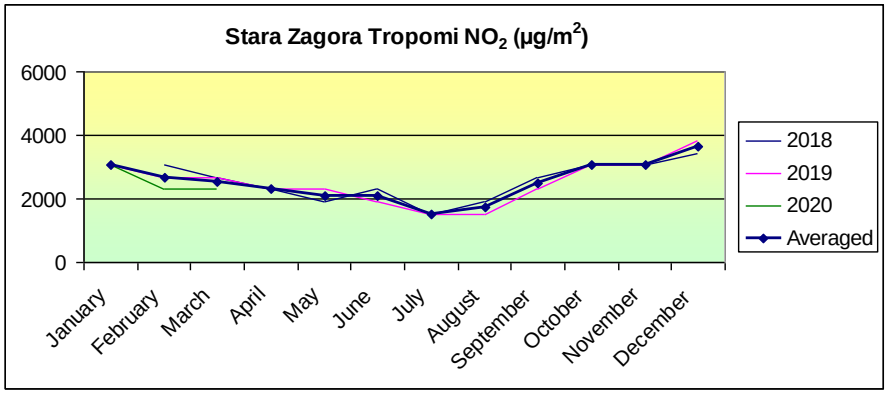


Fig. 6. Seasonal distribution of NO_2 over Stara Zagora region measured by Tropomi for the period February 2018 – September 2020

All three ground stations in Stara Zagora regione show much lower measurement values for NO_2. Not even one monthly value is exceeding 30 μg/m^2, which is much lower then the measurements in Sofia and Plovdiv.

Result comparison and discussion

For comparison of the seasonal behavior in different chosen regions, on Fig. 7 we show together averaged Tropomi measurements.

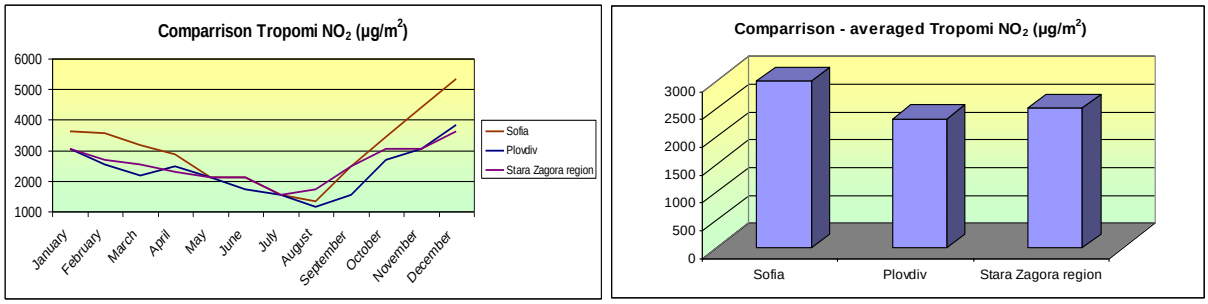


Fig. 7. Averaged Tropomi measurements over Sofia, Plovdiv and Stara Zagora region

As we see, the most polluted with NO_2 place is Sofia, then Stara Zagora region and then Plovdiv.

Seasonal behavior is similar over Plovdiv and Stara Zagora region, and a little different over Sofia. Above Sofia we see significant increase in autumn and winter months. This is probably caused by the typical Sofia inverse property. This difference we see mainly in satellite measurements. In ground station measurements the difference occurs again, but is smaller.

For spatial distribution of NO_2 in both cities we can say that there is much bigger difference between measurements from ground station in Plovdiv, while in Sofia NO_2 distribution is almost uniform.

Ground station seasonal NO_2 behavior in Stara Zagora and Dimitrovgrad is typical for the city, while in Galabovo monthly values are uniformly distributed. We think that this is because the main source of NO_2 in big cities is traffic and it is placed close to the ground stations, while in the Stara Zagora region the main NO_2 source is the industry and thus pollution is prolonged in the vicinity of the atmosphere.

We can say that Bulgaria definitely is not a NO_2 hot place. There is no place with averaged NO_2 value close to danger values.

Conclusions

The NO_2 hot regions in Bulgaria are Sofia, Plovdiv and Stara Zagora region.

While satellite NO_2 measurements are comparable in all tree regions, ground station measurements are much higher for big cities compared to values from stations in Stara Zagora region.

Surprising we don't see any decrease in NO_2 in 2020, with means that COVID-19 doesn't decrease NO_2 sources in Bulgaria.

Acknowledgments

The study was financed by ESA Contract Number No. 4000124150/18/NL/SC: "Satellite information downscaled to urban air quality in Bulgaria" (SIDUAQ).

References:

1. Наредба № 12 от 15 юли 2010 г. за: НОРМИ ЗА СЕРЕН ДИОКСИД, АЗОТЕН ДИОКСИД, ФИНИ ПРАХОВИ ЧАСТИЦИ, ОЛОВО, БЕНЗЕН, ВЪГЛЕРОДЕН ОКСИД И ОЗОН В АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ, - https://www.lex.bg/mobile/ldoc/2135691821
2. Sentinel 5P site - https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P
3. Tropospheric Emission Monitoring Internet Service – TEMIS - http://www.temis.nl/airpollution/no2col/no2month_tropomi.php
4. European Environment Agency - http://discomap.eea.europa.eu/map/fme/AirQualityExport.htm

S E S 2 0 2 0
Sixteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
4 – 6 November 2020, Sofia, Bulgaria

GEOMAGNETIC VARIATIONS AND DYNAMICS OF SUDDEN CARDIAC DEATHS

Svetla Dimitrova[1], Elchin Babayev[2,3], Rosanna Chizhova[1] , Famil Mustafa[3]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Baku State University, Baku, Azerbaijan
[3]Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi – Azerbaijan National Academy of Sciences
e-mail: svetla_stil@abv.bg

Keywords: *Space weather, cardio-vascular system*

Abstract: *The results of the ongoing joint studies of influence of changes in space weather, assessed by indices of geomagnetic activity (GMA), on the dynamics of the number of cases of sudden cardiac death are presented. The medical data are for the big urban area of Baku for the period from 16.11.2002 to 31.12.2018. The preliminary results showed that this type of fatal cardiovascular accident prevails in the days of very low GMA and calm GMA. The deepening of the analyses, considering the gender factor, also reveals an increase in this type lethal cardio-vascular incidence from one to three days after the registered major and severe geomagnetic storms, and for males a higher percentage of increase is observed.*

ГЕОМАГНИТНИ ВАРИАЦИИ И ДИНАМИКА НА СЛУЧАИТЕ НА ВНЕЗАПНА СЪРДЕЧНА СМЪРТ

Светла Димитрова[1], Елчин Бабаев[2,3], Розана Чижова[1] Фамил Мустафа[3]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Държавен Университет на Баку – Баку, Азербайджан
[3]Шамахи Астрофизична обсерватория – Азербайджанска академия на науките
e-mail: svetla_stil@abv.bg

Ключови думи: *Космическо време, сърдечно-съдова система*

Резюме: *Представени са резултати от продължаващите съвместни изследвания на промените в космическото време, оценявани чрез индекси на геомагнитната активност (ГМА), върху динамиката на броя случаи на внезапна сърдечна смърт. Медицинските данни са за областта на гр. Баку за периода от 16.11.2002 г. до 31.12.2018 г. Предварителните резултати показаха, че този тип фатални сърдечно-съдови инциденти преобладават в дните на много ниска ГМА и спокойна ГМА.Задълбочаването на анализите разкриват нарастване на разглежданите летални инциденти и от един до три дни след регистрираните силни и много силни геомагнитни бури, като за мъжете се наблюдава по-голям процент на нарастване.*

Introduction

A number of researchers have studied how variations on the Sun, solar wind and cosmic ray intensity can influence the terrestrial magnetosphere and how they can affect the human cardiovascular health state. Reviews covering studies performed during the last several decades on the effects of solar activity (SA) and geomagnetic activity (GMA) on human cardiovascular health can be found in [1–4]. Consistent with these effects, the study of potential influence of SA and GMA on the number of sudden cardiac death incidences is of scientific interest.

Sudden cardiac death (SCD) is the largest cause of natural death and responsible for almost half of all heart disease deaths [5–6]. It is described as death of cardiac origin occurring in one hour time limit, without prodromes (preliminary symptoms) [7–8]. It is a lethal outcome resulting from an abrupt loss of heart function (cardiac arrest). Sudden cardiac arrest occurs when the electrical system

to the heart malfunctions and suddenly becomes very irregular. The heart beats dangerously fast. The ventricles may flutter or quiver (ventricular fibrillation), and blood is not delivered to the body. Death follows unless emergency treatment is begun immediately. The incidence of SCD increases with age in both men and women [9–10].

In this study we investigated the potential effects of GMA variations of solar origin, estimated by geomagnetic indices, on SCD incidences, analyzing a period of 4670 days regarding medical data taken from middle-latitude geographical location. Data was analyzed taking into account gender factor.

Material and methods

Daily medical database was created for deaths from all causes registered according to WHO standards in 22 Emergency and First Medical Aid Stations (EFMAS) spread on big urban area (the Absheron Peninsula located at middle latitudes ($40^0$23' N, $49^0$51' E), including Baku capital city of Azerbaijan with more than 3 million inhabitants) as well as in the Central Emergency and First Medical Aid Station in Baku.

All emergency calls were subjected to the "cleaning" from deaths due to non-cardiovascular reasons, cancer, traffic/road and other accidents, suicide, stroke, etc., and remaining data (cardiovascular related deaths) were analysed. Deaths due to diagnosed acute myocardial infarction are not considered in this paper.

Time span covered by the data was from 16 November 2002 to 31 December 2018 with some gaps covering the following periods: 24.12.2008–01.01.2009; 01.01.2010–01.12.2012 and 01.11.2017–25.03.2018. In total, 5490 SCD cases were analyzed for 4670 days. The whole considered period corresponds to the period of socio-economic stability and rapid development in Azerbaijan.

Planetary *Ap*-index and daily disturbance storm time *Dst*-index were used to evaluate different effects of GMA. Data was handled from Goddard Space Flight Center, NASA's Space Physics Data Facility (SPDF): https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html

The effect of GMA variations on SCD dynamics was studied by dividing both of the geomagnetic indices into six intervals to represent the level of GMA depending on the geomagnetic field variations (Table 1).

Table 1. Gradation of GMA levels

GMA Index (nT)	I0 very low GMA	I quiet GMA	II weak storm	III moderate storm	IV major storm	V severe storm
Dst	Dst ≥ 0	(0÷-20)	[-20÷-50)	[-50 ÷-100)	[-100÷-150)	Dst≤ -150
Ap	Ap < 8	[8÷15)	[15 ÷30)	[30 ÷50)	[50 ÷ 100)	Ap ≥ 100

Analysis of variance (ANOVA) was applied to check the significance of geomagnetic field intensity changes' effect on SCD dynamics. ANOVA, as a collection of statistical models and their associated estimation procedures (such as the "variation" among and between groups), used to analyse the differences among group means in a sample.

Factorial ANOVA (2-way) was applied to study gender effects.

Superposed epoch method was used to estimate SCD dynamics up to 3 days before ("-") and 3 days after ("+") changes of geomagnetic conditions.

Results

The number of days with different GMA levels according to Ap- and Dst-index values and the respective number of SCD cases for the period under consideration are shown in Table 2.

As it was shown in our preliminary studies [11], analyses revealed statistically significant effect (probability $p<0.05$) of GMA variations estimated by Ap-index on all of the days preceding and following the geomagnetic storms except on the "0" day (the day of the occurrence of the storm) and statistically significant effect of GMA fluctuations considering Dst-index on -3^{rd}, -2^{nd}, $+2^{nd}$ and $+3^{rd}$ day.

Results obtained from ANOVA on the days of the geomagnetic storms occurrence were not statistically significant but revealed that the number of SCD cases were largest on the days of very low GMA activity regarding both Ap-index values and Dst-index values, and lowest on the days of highest GMA (severe storms) [11].

Results from 2-way ANOVA revealed that males in general are more predisposed to SCD. However, both genders have similar trends in SCD dynamics on the days of sharp GMA intensity variations. For both males and females SCD incidences decrease on the days of GMA increment irrespectively of GMA index: Ap-index (Fig. 1) or Dst-index (Fig.2).

Table 2. Number of days for the different GMA levels and SCD

Parameters / GMA Levels	Ap		Dst	
	Days	SCD	Days	SCD
I0 very low GMA	2585	3078	1191	1429
I quiet GMA	1152	1358	2485	2931
II weak storm	681	779	856	990
III moderate storm	181	203	114	120
IV major storm	54	56	16	18
V severe storm	17	16	8	2

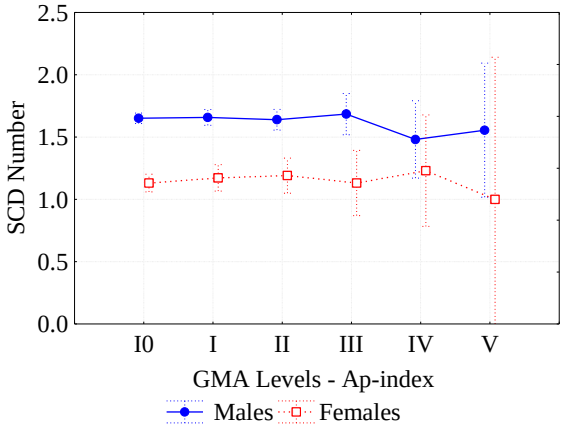


Fig. 1. GMA effect, estimated by Ap-index, on SCD number regarding gender (±95% CI)

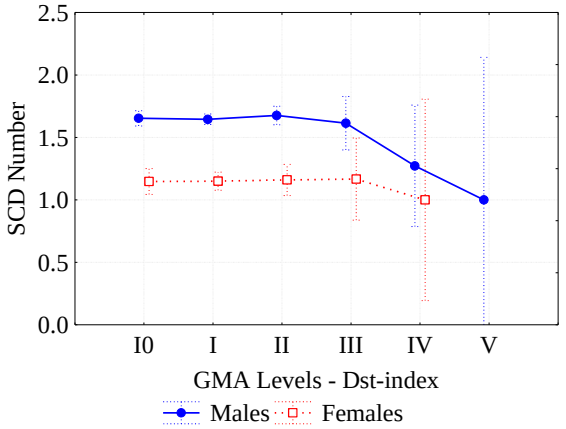


Fig. 2. GMA effect, estimated by Dst-index, on SCD number regarding gender (±95% CI)

Superposed epoch method was used and Fig. 3 shows SCD number for the different GMA levels regarding Ap-index from -3rd to +3rd day. The largest number of SCD cases was on and around the days of very low GMA and quiet GMA. SCD number was less around the days of geomagnetic storms in comparison to I0 and I GMA levels. One can see on the Fig. 3 that despite the increase of fatal incidences on the days of major (IV GMA level) and severe (V GMA level) geomagnetic storms development ("0" day) and on the second day after them, the number of SCD remained less in comparison to the periods of very low GMA and quiet GMA.

Similar dynamics of SCD number was revealed taking into consideration Dst-index (Fig. 4). The difference was an increase of SCD on +2nd and +3rd day of major geomagnetic storms (IV GMA level).

Further analyses were performed to study reactions of both genders to geomagnetic storms on days preceding and following different levels of GMA variations.

Fig. 5. and Fig. 6 show the dynamics in SCD incidence for males on days before, during and after GMA variations considering respectively Ap- and Dst-index. Results revealed 30% increase in incidences of SCDs in males on second day after severe geomagnetic storms, estimated by Ap-index (Fig. 5). With regard to the Dst-index, an increase in the number of SCD cases was found on the second day after the registered major geomagnetic storms by 47% and by 90% on the second day after the registered severe storms.

The dynamics of SCD incidences in females on days around geomagnetic storms is shown in Fig. 7 (taking into account Ap-index) and Fig. 8 (considering Dst-index). The results showed an increase in the number of incidences in women by 18% on the second day after major storms and by 38% on the third day after severe storms, assessed by Ap-index. Regarding the Dst-index, there was an increase in the cases on the first and third day after major storms by 20% and 40%, respectively.

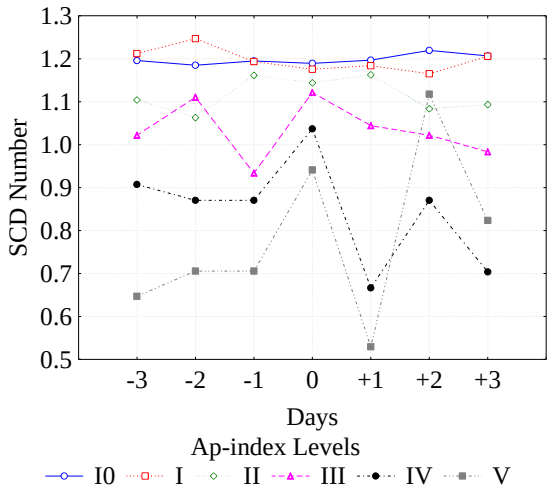


Fig. 3. GMA effect, estimated by Ap-index, on SCD number before, during and after geomagnetic storms

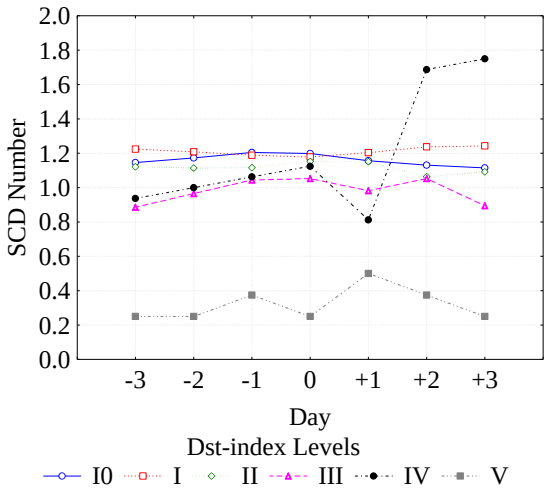


Fig. 4. GMA effect, estimated by Dst-index, on SCD number before, during and after geomagnetic storms

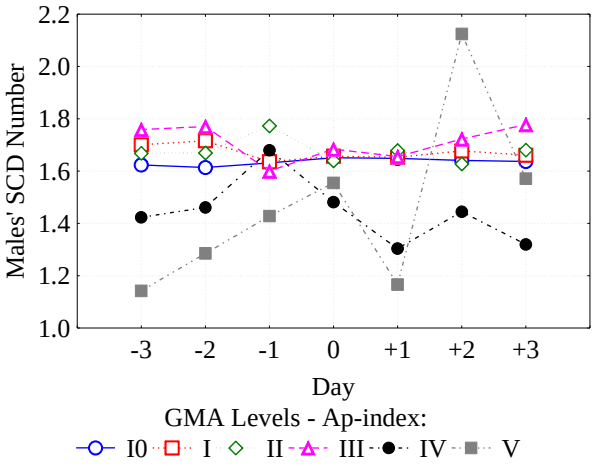


Fig. 5. GMA effect, estimated by Ap-index, on SCD number in males before, during and after geomagnetic storms

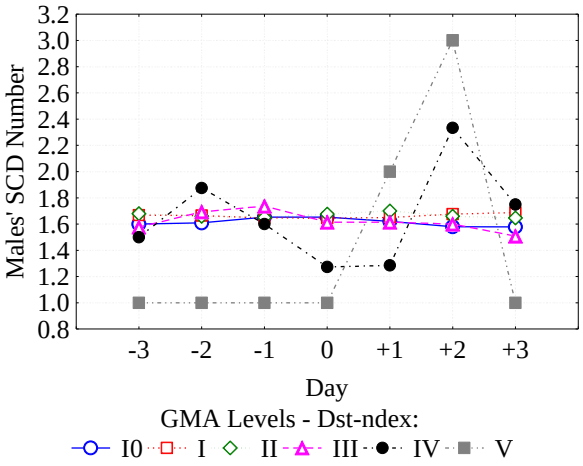


Fig. 6. GMA effect, estimated by Dst-index, on SCD number in males before, during and after geomagnetic storms

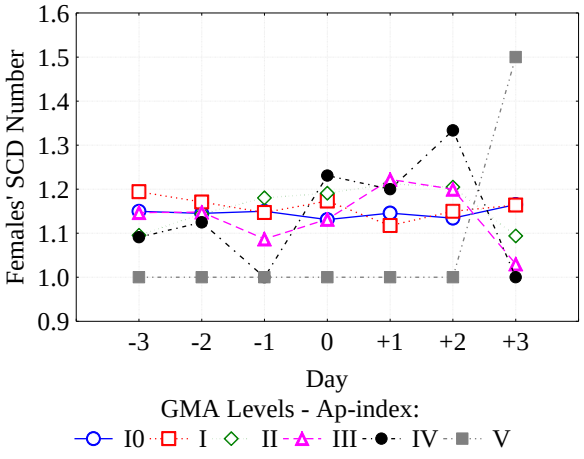


Fig. 7. GMA effect, estimated by Ap-index, on SCD number in females before, during and after geomagnetic storms

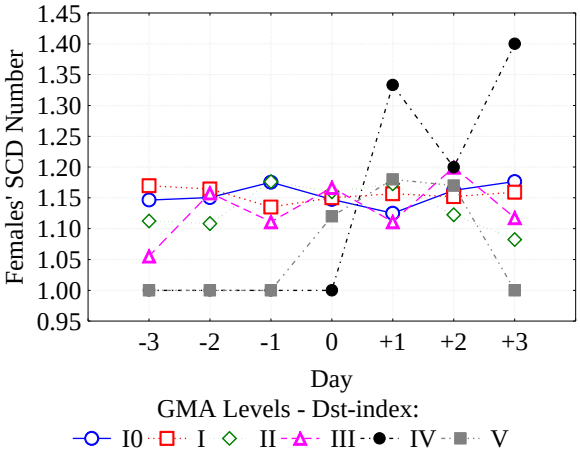


Fig. 8. GMA effect, estimated by Dst-index, on SCD number in females before, during and after geomagnetic storms

Discussion and conclusions

In this work we continued our earlier studies concerning the space weather effects on SCD dynamics at middle latitudes. The conducted investigations showed that SCD could be affected by GMA variations. Our preliminary results revealed that the most threatening conditions for that kind fatal cardiac incidence were the periods of very low GMA and quiet GMA. Similar results were obtained by other studies as well [12–14].

More detailed analyses revealed that males in general are more susceptible to SCD incidence, more specifically on the days after intense geomagnetic storms. It turned out that on the days after major and severe geomagnetic storms SCD number also increased significantly both for males and females, however it was displayed by different days for men and women and total result for the whole group is not so apparent. It might be due also to the small volume of data for such geophysical events. Obviously, further studies should be performed for proving these results.

Most sudden cardiac deaths are caused by abnormal heart rhythms called arrhythmias. The most common life-threatening arrhythmia is ventricular fibrillation. The development of the implantable cardioverter defibrillator (ICD) introduced a new approach to the management and prevention of sudden death. Stoupel et al. [15] used the data provided by automatic ICD discharges regarding the onset of ventricular fibrillation and ventricular tachycardia to link these events to GMA level. Close to half of all discharges occurred on days of lowest GMA level. There was a significant inverse correlation between GMA level and number of discharges and a significant difference between ICD discharges on days of lowest GMA and the rest of the days with increased GMA. The higher number of ICD discharges on days of lowest GMA is explained by authors by a possible anti-arrhythmic effect of GMA. They conclude that environmental arrhythmogenic factors that act inversely to GMA may be activated at times of low GMA and these results provide additional support of the association of cardiac arrhythmias and low GMA levels. Based on these results, the authors suppose that artificial magnetic fields may serve as a tool to prevent serious arrhythmic events and SCD in high-risk patients.

Later, it was established in a large-scale cohort analysis performed by Ebrille et al. [16], that ICD therapies were delivered less frequently on days of high level GMA, confirming the previous pilot data and suggesting that high GMA level does not pose an increased risk of arrhythmias using ICD therapies as a surrogate marker. Further studies are needed to gain an in-depth understanding of the underlying mechanisms.

The results show that human cardio-vascular system functioning can be potentially affected by GMA variations of solar origin. It seems that an optimal level of geomagnetic field fluctuations is required to prevent fatal cardiac incidences. Long-period and detailed joint studies must be carried out for confirmation and clarifying the results obtained.

References:

1. Persinger, M. A. Geopsychology and geopsychopathology: mental processes and disorders associated with geochemical and geophysical factors. Experientia Vol. 43(1), pp. 92–104, 1987.
2. Zhadin, M. N. 2001. Review of Russian literature on biological action of DC and low-frequency AC magnetic fields. Bioelectromagnetics Vol. 22(1), pp. 27–45, 2001.
3. Palmer, S. J., M. J. Rycroft, and M. Cermack. Surv. Geophys., 27, 557, 2006.
4. Babayev, E. S., N. B. Crosby, et al. Advances in solar and solar-terrestrial physics, Research Signpost, 37/661 (2), India, p. 329, 2012.
5. Chugh, S. S., et al. Progress in Cardiovascular Diseases, 51(3), 213, 2008.
6. Chiuve, S. E., et al. Journal of the American Medical Association (JAMA), 306 (1), 62, 2011.
7. Myerburg, R. J., A. Castellanos. Cardiac arrest and sudden cardiac death. Heart Disease, 5th Edition, Philadelphia, W.B. Saunders Company, pp. 742–779, 1997.
8. Priori, S., and D. P. Zipes. Sudden cardiac death: a handbook for clinical practice. Blackwell Publishing 2005.
9. Zipes, D. P., and H. J. Wellens. Circulation, 98(21), 2334., 1998.
10. Brugada, Ramon (Ed.). Clinical Approach to Sudden Cardiac Death Syndromes, Springer-Verlag, London, p. 340, 2010.
11. Dimitrova, S., F. Mustafa, and E. Babayev. Geomagnetic activity variations of solar origin and dynamics of sudden cardiac deaths. SES 2019, SRTI-BAS, 2019, pp. 324–328, 2019.
12. Stoupel, E. Cardiac arrhythmia and geomagnetic activity // Indian Pacing and Electrophysiology Journal 2006. V. 6, P. 49–53.
13. Stoupel, E. et al. Neutrons and Sudden Cardiac Death (SCD) codes 121-125 ICD 10 // J. Basic Clin. Physiol. Pharmacology 2006. V. 17, P. 45–54.
14. Stoupel, E., E. S. Babayev, E. Abramson, J. Sulkes. Days of “Zero” level geomagnetic activity accompanied by the high neutron activity and dynamics of some medical events - antipodes to geomagnetic storms. Health Vol.5(5), pp. 855–861, 2013.
15. Stoupel, E., et al., Temporal relationship of implantable cardioverter defibrillator discharges and environmental physical activity. Pacing and Clinical Electrophysiology. 28(8), pp. 777–81, 2005.
16. Ebrille, E., Konecny, T., Konecny, D., et al. Correlation of geomagnetic activity with implantable cardioverter defibrillator shocks and antitachycardia pacing. Mayo Clinic proceedings, *90*(2), pp. 202–208, 2015.

ГЕОРАДАРНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СВЛАЧИЩЕН ПРОЦЕС В С. БИСТРИЦА, СТОЛИЧНА ОБЩИНА

Ралица Берберова, Биляна Костова

Нов български университет
e-mail: rberberova@nbu.bg, bkostova@nbu.bg

Ключови думи: *георадар, свлачищен процес, с. Бистрица*

Резюме: *В тази работа са представени резултати от георадарно изследване, при което е установен свлачищен процес в района на с. Бистрица, Столична община. Обектът не е включен в Регистъра на свлачищата в България.*

GPRS INVESTIGATION OF LANDSLIDE PROCESS IN AREA OF BISTRITSA VILLAGE, SOFIA

Ralitza Berberova, Bilyana Kostova

New Bulgarian University, Natural Sciences Department
e-mail: rberberova@nbu.bg, bkostova@nbu.bg

Keywords: *GPRS, landslide, Bistritsa village*

Abstract: *This paper presents the results of GPRS investigation. A landslide process has been established in the area of the village of Bistritsa, Sofia Municipality, which is not included in the Register of landslides in Bulgaria.*

Въведение

За периода от 2010 до 2017 г. по официални данни от НСИ са настъпили общо 39 837 броя кризисни събития. 5 713 от тях или 14,34 % са възникнали следствие на природни процеси и явления. От тях 561 бр. или близо 10 % са следствие на свлачищни процеси [1, 2].

Свлачищните процеси имат природен или техногенен произход [3–4]. Класифицират се по разнообразни характеристики: по дълбочина - плитки и дълбоки; по скорост на свличане - бързи и бавни; по възраст – съвременни и древни; по местопроявление – крайбрежни, крайморски и др. [5, 6]. Те са обект на геоложки, хидрогеоложки и инженерно-геоложки изследвания и проучвания [7–12]. Създават се и се поддържат регистри и геоинформационни системи, вкл. от аерокосмически наблюдения на тези райони [13–18].

На територията на България са определени няколко свлачищни района: Североизточен, Дунавски, Предбалкански, Източнородопски, Източномаришки, Софийски и Струмски [2, 5–6].

В Софийския свлачищен район тези процеси са концентрирани в Банкя, Кокаляне, Бистрица и Драгалевци, селата Драговищица, Кътина и др.

В страната ни са разработени и приети нормативни актове и стратегически документи за борба със свлачищните процеси [19–20]. Министерство на регионалното развитие и благоустройството (МРРБ) поддържа Регистър на свлачищата в България [16–18]. Регистърът представлява информационна система с електронна база данни, която осигурява информация за свлачищните райони на територията на страната и на районите с абразионни процеси по Черноморското и ерозионни процеси по Дунавското крайбрежие. Регистърът периодично се актуализира, като информацията в него се въвежда и поддържа от три държавни дружества за геозащита, които функционират на териториален принцип [19]:

- ✓ *Държавно дружество за геозащита – Перник:* гр. София, София - област, Перник, Кюстендил, Благоевград, Пазарджик, Пловдив, Смолян, Стара Загора, Хасково и Кърджали [16, 19];
- ✓ *Държавно дружество за геозащита – Варна:* Добрич, Шумен, Варна, Бургас, Сливен и Ямбол [17, 19];
- ✓ *Държавно дружество за геозащита – Плевен:* Видин, Монтана, Враца, Плевен, Ловеч, Габрово, Велико Търново, Русе, Силистра, Търговище и Разград [18, 19].

Целта на настоящата работа е да представи резултати от георадарно изследване в района на с. Бистрица, Столична община, при което е установен свлачищен процес.

Обект

Обект на изследване е свлачищен процес в с. Бистрица, Столична община.

Метод и апаратура

Георадарното изследване е съвременен геофизичен метод, при който се използват радиовълни за картиране на подземни обекти или повърхнини. Методът е безразрушителен.

В изследването е използван георадар (GPRS - Ground Penetrating Radar System), модел X3M, MALA (Фиг. 1). Преносимата система се състои от основен контролер (компютър, снабден с нужния софтуер), модулатор, антена-излъчвател и приемател с честота 250 MHz, прецизен селективен многочестотен приемник и система за дигитализация, цифров тахометър с вид на колелото 250–800. Отразеният сигнал от различните земни пластове се приема и дигитализира в GPR. Данните за всяко едно измерване съдържат информация за изследвания обект в дълбочина. Информацията от отделните профилни измервания се събира в двоични файлове. Освен резултатите от измерванията, GPR записва в отделен файл допълнителна информация, касаеща конкретните условия на измерване: работна честота, резолюция - брой стойности за едно измерване, излъчена мощност, брой измервания в една линия и др. [21–23].

Извършени са георадарни изследвания с дълбочинно проникване на сигнала до 7 m. Георадарното изследване е направено при сух терен, което прави грешката на измерването пренебрежима.

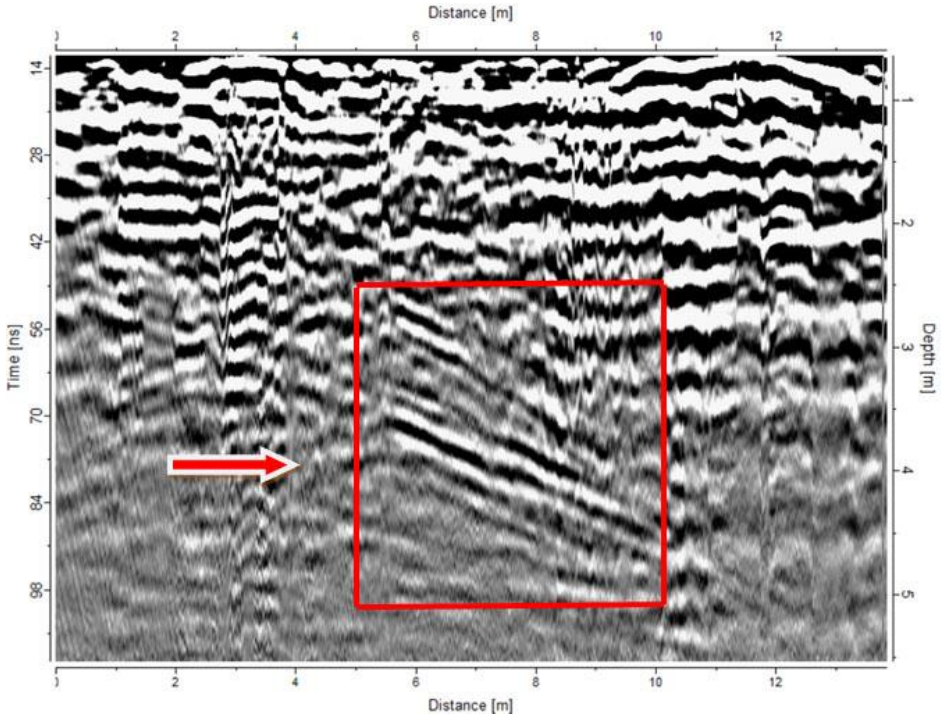


Фиг. 1. GPRS, X3M, MALA

Резултати и дискусия

Изследваният терен се намира в границите на село Бистрица (Фиг. 3). Теренът за изследване е подбран на базата на първоначален оглед в района и установени вторични белези за потенциален свлачищен процес – пукнатини по сгради, наклонени огради, пукнатини по уличната настилка. Районът е застроен, като част от сградите се обитават целогодишно, а други – сезонно.

Фиг. 2 представя радарграма, на която се наблюдава ясно свлачищен процес на 2,5 m в дълбочина от повърхността. Свличането е на скалите, които се разкриват и на земната повърхност, което би позволило при активизиране на процеса да има увличане на целия скален пласт от дълбочина 2,5 m до земната повърхност. Подобен процес би довел до значителни нарушения на сгради и съоръжения върху земната повърхност.



Фиг. 2. GPRS измерване – радарграма на свлачищен процес в с. Бистрица

Село Бистрица е район, който е уязвим от свлачищни процеси и е включен в Картата на геоложките опасности в България [5, 6].

Селото административно попада в обхвата на проучвания на държавно дружество „Геозащита Перник“ [16]. Справка в Регистъра на свлачищата в страната ни показва, че този обект не е включен в Регистъра. Установяват се други два обекта в прилежащи вилни зони на селото, които са отбелязани като обекти „А“ и „В“ (Фиг. 3).



Фиг. 3. Местоположение на установения свлачищен процес спрямо свлачища, включени в Регистъра на Геозащита Перник (обекти А и В) [16]

Заключение

Въз основа на получените резултати могат да се направят следните изводи:

- ✓ Установен свлачищен процес, който не е включен в Регистъра на свлачищата в България.
- ✓ Георадарните изследвания са съвременен метод, чрез който може да се установи наличието на свлачищен процес.
- ✓ Необходими са допълнителни инженерно-геоложки проучвания за установяване на площта на свлачищния процес, определяне на неговите характеристики, преценка за включването му в Регистъра на свлачищата и оценка на необходимостта от предприемане на укрепителни дейности.

Благодарности: Настоящата работа е осъществена в Лаборатория по природни бедствия и рискове и Лаборатория по геология към Бакалавърски факултет на Нов български университет.

Литература:

1. Национален статистически институт, Кризисни събития, http://www.nsi.bg/node/2891
2. Берберова, Р., Б. Костова. 2019. Свлачищни кризисни събития на територията на Р. България за периода 2010–2017 г. Сборник с доклади от XV Международна научна конференция SES'2019. ИКИТ–БАН. 227–231.
3. Мардиросян, Г. 2009. Природните бедствия и екологични катастрофи – изучаване, превенция, защита. Второ допълнено и преработено издание. Проф. Марин Дринов – БАН
4. Близнаков А., Б. Рангелов, Г. Мардиросян. 2011. Природни бедствия – възникване, последици, защита. Авит консулт
5. Геоложката опасност в България, карта в М 1:500 000
6. Илиев-Бручев, И. (ред.). 1994. Геоложката опасност в България. Обяснителен тескт към карта в М 1:500 000. Изд. на БАН
7. Бручев, Ил., Франгов, Г. 2000. Условия и фактори за възникване на свлачищни процеси. В сборник доклади "Свлачищните процеси в България". НКС-ПКЗНБАК. 38–56
8. Франгов, Г.2001. Прогнозно райониране на страната по степен на свлачищна опасност. Научна сесия ВСУ'2001. София. 85–92
9. Бручев, И., П. Иванов, Н. Добрев, Г. Франгов. 2006. Защита на населението и материалните фондове от геоложки опасности. В: Докл. НПК по управление в извънредни ситуации и защита на населението, 10.11.2005 г. София. 301–306
10. Бручев, И., Р. Върбанов, Г. Франгов. 2006. Оценка и управление на свлачищни рискове. В: Докл.Научно-практ. конф. по управление в извънредни ситуации и защита на населението, 10.11.2005 г. София. 307–314
11. Бручев, И., Р. Върбанов, Г. Франгов, Н. Добрев, П. Иванов, Б. Беров, Х. Дянков. 2006. Актуализиране картата на свлачищата в Република България. В: ННТК „Състояние и овладяване на свлачищните и ерозионните процеси в РБългария". София. Акад. изд."Проф. М. Дринов". 23–31
12. Матова, М., Г. Франгов, П. Иванов. 2008. Геоложка уязвимост на околната среда в България. В: Докл. на научна конф. с междун. участие ВСУ' 2008. София. Т. 2. 100–106
13. BGS National Landslide Database, http://www.bgs.ac.uk/research/engineeringGeology/shallowGeohazardsAndRisks/landslides/NLD.html
14. USGS, Landslide Hazards Program, http://landslides.usgs.gov/
15. NASA, https://www.nasa.gov/feature/goddard/2016/using-nasa-data-to-detect-potential-landslides
16. Геозащита Перник, http://gz-pernik.mrrb.government.bg/map/, посетен на 11.10.2020 г.
17. Геозащита Варна, http://gz-varna.mrrb.government.bg/map2/
18. Геозащита Плевен, http://gz-pleven.mrrb.government.bg/map2/
19. Наредба № РД-02-20-1 от 19 юни 2014 г. за условията и реда за вписване и поддържане на регистър на свлачищните райони на територията на Република България, на районите с абразионни и ерозионни процеси по Черноморското и Дунавското крайбрежие и мониторинга им, Обн. ДВ. Бр. 53 от 27 Юни 2014 г., изм. ДВ. бр. 102 от 12 Декември 2014 г.
20. Национална програма за превенция и ограничаване на свлачищата на територията на Република България, ерозията и абразията по Дунавското и Черноморското крайбрежие 2015-2020 г., 2015.
21. Ground Penetrating Radar: Theory and Applications. 2009. Editor: Harry M. Jol
22. Петров, 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.
23. Petrov, G., V. Karlova-Sergieva, R. Berberova. 2013. Software tools for georadar data. Processing and visualization. Proceedings of Technical University Of Sofia. 63. 4. 51–60. ISSN 1311-0829.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕКОЛОГОРЕХАБИЛИТИРАЩИ ЗВУКОВИ СРЕДИ НА РЕКРЕАЦИОННИ ЗОНИ В БЪЛГАРИЯ ЗА РЕХАБИЛИТАЦИЯ И ПРОФИЛАКТИКА НА РАБОТЕЩИ В АЕРОКОСМИЧЕСКИЯ ОТРАСЪЛ

Геннадий Маклаков[1,2], Надежда Георгиева[2]

[1]Санктпетербургски институт по информатика и автоматизация – РАН
[2]Научно-изследователски център за биофотоника – Смолян, България
e-mail: gmaklakov@mail.bg*; https://biophoton-research.eu*

Ключови думи: *екология, рекреационни зони, рехабилитация, виртуална реалност, имунна система КОВИД-19.*

Резюме: *Представени са резултати от проучвания за прилагане системи за виртуална реалност (СВР) с цел имитиране на рекреационни зони в Родопите и Предбалкана. Разгледана е технология за използване СВР за профилактика и възстановяване психосоматичното състояние на хора със слаба имунна система, с депресия, прекарали вирусни заболявания, в частност КОВИД-19. Предложеният подход подпомага също възстановяването на психическото състояние и повишаване на работоспособността на работещи в аерокосмическия отрасъл.*

RESEARCH OF ECOLOGICAL REHABILITATION SOUND ENVIRONMENTS RECREATIONAL ZONES IN BULGARIA FOR REHABILITATION AND PREVENTION OF WORKERS IN THE AEROSPACE INDUSTRY

Gennadii Maklakov[1,2], Nadejda Georgieva[2]

[1]St. Petersburg Institute for Informatics and Automation – Russian Academy of Sciences
[2]Biophotonics Research Center – Smolyan, Bulgaria
e-mail: gmaklakov@mail.bg: https://biophoton-research.eu

Keywords: *ecology, recreation areas, rehabilitation, virtual reality, immune system, KOVID-19.*

Abstract: *The results of studies on the use of virtual reality systems (VRS) to simulate the recreational areas of the Rhodopes and the Fore-Balkans, which have the strongest impact on humans, are presented. Considered technology for the use of VRS for the prevention and recovery of the psychosomatic state of man with a weakened immune system, with depression, past viral diseases, in particular KOVID-19. The proposed approach also allows to restore the mental state, increase the working capacity of people working in the aerospace industry.*

Въведение

В днешно време се намираме под непрекъснатото въздействие на разнообразни събития. Принудени сме да реагираме на фактори от външната среда, дестабилизиращи психическото ни състояние. В такъв случай е трудно да имаме адекватна реакция и да вземаме правилни решения. Затова е важно да се погрижим за здравето на психиката и на тялото си. В помощ може да ни дойде възстановителната медицина с едно от най-важните си направления: разработването на нелекарствени технологии, насочени към стабилизиране на психическото състояние, активиране на резервните и адаптивните способности на организма, повишаване на ефективността на лечението и предотвратяване на усложнения при различни соматични заболявания. Тази задача е особено належаща в момента поради разпространението на КОВИД-19. Както се знае, дори онези, които са се възстановили от корона вируса, се нуждаят

от съответна рехабилитация, тъй като остават сериозни последици, изискващи по-нататъшно лечение.

Трябва също да се отбележи взаимодействието на нервната система с имунната система (активността на имунната система се модулира от психиката). Стресът не само може да забави избора на правилно решение при възникване на екстремна ситуация. Той допринася за намаляване защитните функции на имунната система, което от една страна води до увеличаване на възприемчивостта към различни заболявания, а от друга значително снижава работоспособността, нивото на внимание, скоростта на реакция на външни фактори и в резултат вероятността да се вземат неподходящи решения значително се увеличава.

Следва също да се подчертае, че предложеният от нас подход позволява да се създаде оптимална схема за възстановяване на психическото състояние, повишаване на имунния статус и като следствие - повишване на работоспособността. Особен интерес представлява това за работещите в аерокосмическия отрасъл и други критични производства.

Рехабилитиращо въздействие от околната среда

Последните постижения на биоакустиката и психоакустиката откриват нови възможности за широко използване на природната звукова среда като антистресов, успокояващ фактор, едновременно стимулиращ всички системи на човека. Изследванията сочат, че природните звуци са мощно средство за възстановяване психофизиологичното състояние. Понякога в научната литература ги наричат екологична музика или екологорехабилитиращи звукова среда. Но по-важно е, че природните звуци сами по себе си са добро лечебно и профилактично средство.

Естествената звукотерапия стимулира развитието на новото ефективно направление лесотерапия, на която са посветени многобройни изследвания и публикации. В тази посока са и нашите проучвания. С помощта на съвременни средства за регистрация на природни звуци аргументирано показваме, че в България съществуват множество уникални зони със силно и благотворно въздействие. Такива има в Стара планина, Родопите, Рила и др.[1–5].

Непосредствено «потопяване» в благотворна екологична среда, за съжаление, не винаги е възможно. Затова представлява интерес създаването на специални звукови композиции на основата на природни звуци - преди всичко шум на гора, на водопад, на море, дъжд, ромолене на ручей, гласове на птици и др. Естествено, в домашни условия или в офиса прослушването на екологична музика с помощта на традиционни аудиосредства губи от ефективността си, тъй като липсва природна картина. Затова за увеличаване на лечебното въздействие предлагаме използването на системи за виртуална реалност.

Имитиране на екологорехабилитиращи звукови среди с използване на виртуална реалност

Използването на методите за природотерапия е най-ефективно в реални условия и затова е за предпочитане. Обаче в сегашната ситуация (епидемия от КОВИД-19, икономическа криза и др.) намирането на места, най-благоприятни за възстановяване на психосоматиката и специално за повишаване на имунния статус, често е свързано с трудности. Има местности, особено ефективно въздействащи върху човека, до които достъпът не винаги е лесен без планински водач, а от друга страна често пътят до там е труден. Следва също да се вземе предвид, че тези райони могат да бъдат затворени поради карантина във връзка с корона вируса. Във време на икономическа криза за някои слоеве от населението не са без значение и финансовите разходи, свързани с пътуването. От сложната ситуация предлагаме добър изход – системи за виртуална реалност (СВР).

Вече много години такива системи се използват от студентите и младите лекари, създаващи различни ситуации по време на операции, в реанимация, за лечение на различни болести и т.н. Използването на метода за виртуална реалност беше успешно тествано от нас в ИКИТ при математическо моделиране на психоемоционалното състояние на човека оператор в сложни ергатични системи [6,7].

Обаче не ни е известно използването на СВР за възстановителна медицина и специално за природотерапия.

Предлага се да се използват СВР за имитиране на специални рекреационни зони, най-силно въздействащи върху човека. При това могат да се приложат два подхода. Единият е използване на високоефективни професионални СВР в съчетание с мощни компютри за най-пълно потопяване във виртуалната реалност. Това е най-добрият способ. Обаче високата цена на оборудването – няколко хиляди евро, дава основание да се препоръчат единствено за големи рехабилитационни центрове. За широко използване те са почти недостъпни. Вторият

подход – като СВР се използват очила за виртуална реалност, които се прилагат с мобилните телефони. Съвременните мобилни телефони имат достатъчно големи изчислителни възможности. Виртуалнте очила могат да имитират виртуална реалност и да осигурят достатъчна ефективност, при това имат невисока цена (не повече от 100 евро). Към недостатъците се отнася това, че ефективността все пак не е толкова висока и конструкцията на очилата не позволяват да се правят продължителни сеанси (повече от 20–30 мин.). Но, както показаха нашите изследвания, дори и при ограничено време е възможен забележим ефект. Най-добрият вариант за използване на такива СВР е създаването на стереофилми с кръгов обзор ("филм 360"). Обаче за създаването на такива филми са нужни кинокамери със стойност стотици, а понякога и хиляди евро, което затруднява процеса.

В тази статия е разгледан вторият подход. За очилата за виртуална реалност е използван модел SC-G04C/SC-B03, мобилен телефон Xiaomi Redmi Note 4, 32 GB, версия Android 7.0.

Методология на изследванията

За изследване ефективността на екологорехабилитиращи звукови среди, симулирани с помощта на СВР, беше избран методът биофотонна визуализация (метод за газоразрядна визуализация - ГРВ). Обосновката на този метод и методологията на неговото използване са представени в статията на Г. Маклаков, Н. Георгиева, М. Караиванов "Приложение на биофотонната визуализация за мониторинг на рекреационни зони в Родопите и въздействието им върху психосоматиката на човека" (виж настоящите трудове на конференцията). Измервани са следните показатели от ГРВ грамите: обща площ на изображението, вариабелност на общата площ на светене, средна яркост на изображението, коефициент на формата, коефициент на фракталността, коефициент на ентропията [5, 8].

Поради факта, че става дума не само за средство за стабилизиране на психоемоционалното състояние, но и за средство за възстановяване на здравето след заболяване от КОВИД-19 и неговата ранна диагностика, в проучванията допълнително (освен метода ГРВ) се използва мониторинг на метаболизма на кислорода в тъканите. Както знаете, показателят за съдържание на кислород в кръвта е един от ранните и обективни диагностични признаци на дихателната недостатъчност (развитие на атипична пневмония), която е характерна за КОВИД-19. Стойността на насищане (сатурация) на венозната кръв с кислород SvO2 е показател за метаболизма на кислорода в тъканите, отразяващ баланса между доставката на кислород и потребността на тъканите от него. Разделителната способност на този параметър обаче е много ниска. Обикновено стойността на SvO2 е в рамките на 95–98%. В случай на критично падане (под 93%) хоспитализацията и подаването на кислород са задължителни, при спадане под 89% се регистрира пневмония в тежка форма и пациентът се настанява в реанимация. Поради тази причина индексът на сатурация е много подходящ за предотвратяване на екстрени състояния. По наше мнение за свръхранна диагностика на КОВИД-19 по-подходящ е индексът на перфузия Pi. Той има по-голяма информативна стойност.

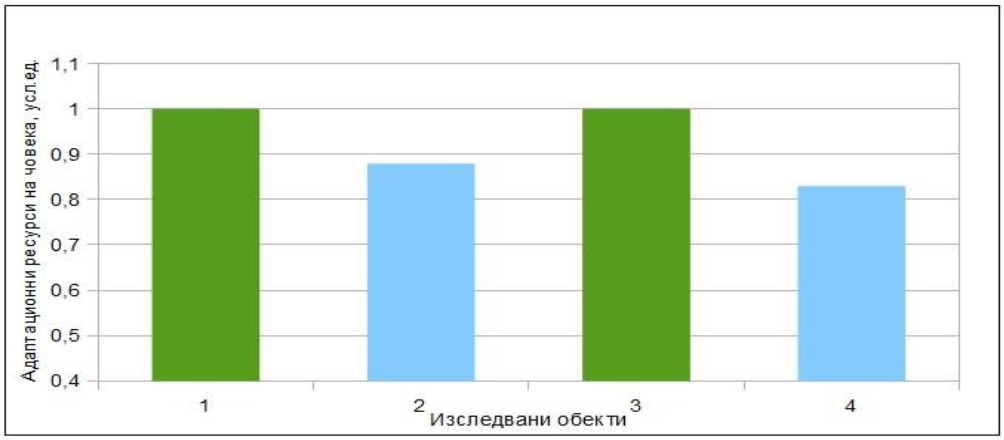
По-голяма информативна стойност за нашите изследвания носи индексът на перфузия. Pi е индикатор за интензивността на обемния периферен кръвен поток (по-точно за съотношението, в проценти, на пулсиращия кръвен поток към непулсиращата или статична кръв в периферната тъкан). С други думи, индексът на перфузия дава възможност да се оцени по-добре сърдечносъдовата компенсация и, в частност, да се определи изменението в нивото на стреса, като се анализира активността на симпатиковата нервна система. Нормата на индекса на перфузия Pi е в рамките на 4–7%; сериозни нарушения в метаболизма на кислорода има при намаляване на индекса под 2%. Превишаването на нормата не оказва значително влияние върху здравословното състояние, освен това при спортистите горната граница на нормата се измества до 10–12%. Както показа нашето изследване, при здрав човек средната стойност на Pi може да варира от 4 до 15% и е важно да се отбележи, че този показател отразява психоемоционалното състояние на изследвания. Необходимо е да се подчертае, че това е динамичен параметър. Коефициентът на вариация Pi може да достигне 30–40%. Нашите проучвания, цялостното тестване на нашата теза, ни дават основание да твърдим, че индексът на перфузията Pi, особено параметрите на вариацията му, могат да бъдат един от основните информативни показатели за степента за възстановяване на здравето след боледуване от КОВИД-19 и в същото време показател за ранно диагностициране на заболяването.

В проучванията ни е използван пулсов оксиметър JZK-303. Измерванията за пулсооксиметрия са съобразени с препоръките на Световната здравна организация („Указания на СЗО за пулсова оксиметрия“. СЗО, 2009 г.).

Анализиран е перфузионният индекс, като се прави анализ на извадка за определен период от време (най-малко една минута). Получената серия от вариации Pi се обработва по метода на вариационната реография.

Анализ на резултатите от изследванията

За да се оцени цялостният ефект от въздействието на видеофилмите, които имитират избрана околна среда, човешките ресурси за адаптация са избрани като критерий за оценка. В същото време стойността на адаптивните ресурси след пребиваване в биоенергийна зона условно се приема за единица. На фиг. 1 е представено изследване на адаптационните ресурси, типично за мъж на възраст 70–75 г.



Фиг. 1. Адаптационни ресурси на човека (мъж) в изследваните точки: 1 - Каньон на водопадите (Орфеев водопад); 2 - 3D филм «Каньон на водопадите»; 3 - Крушунски водопади; 4 - 3D филм «Крушунски водопади»

Както се вижда от диаграмата (фиг.1), нашето предположение за възможността да се създаде система за моделиране на избрана околна среда на базата на СВР като цяло се потвърждава. 3D филмът на съответната биоенергийна зона е само с 12–17% по-ниска ефективност от тази на реалната среда. Вярно е, че следва да се вземе предвид следното. Човекът, върху когото е проведено изследването, вече е бил в тази зона, напълно е възможно 3D филмът да стимулира спомени за благотворното влияние на това място (проявен е ефектът на асоциативната памет). Възможно е, когато филмът се гледа от непознаващ местността, ефектът да е по-малък.

Интересно е да се разгледа влиянието на 3D филма върху всички психо-биологични структури на човека. Анализът на литературни източници, посветени на изучаването на най-информативните признаци, отразяващи психосоматичното състояние при аудиовизуални влияния, позволява да се заключи, че в ГРВ грамите най-силно се променят площта на светене и ентропията. Затова по-нататък ще се анализират именно тези параметри.

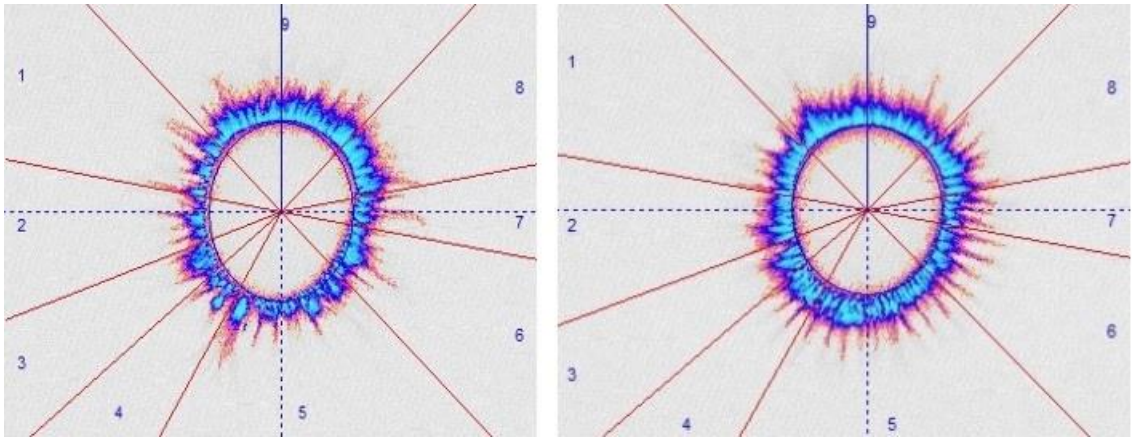
За удобство на анализирането на изследванията по-долу са посочени относителни резултати, т.е. с колко процента стойността на съответните разглеждани параметри се увеличава или намалява преди и след гледане на психостимулиращ филм (чрез СВР). На първо място трябва да се отбележи, че влиянието на водопадите в Родопите и Крушуна е значително различно по отношение на спектъра на въздействие върху хората.

След гледане на 3D филма „Каньон на водопадите“ се отчита увелечение на площта на светене (с 12% на ГРВ грамите на 4-ия пръст). Подобна промяна в този параметър показва, че стресът намалява, намалява активността на мозъчните структури (хипоталамус, хипофиза и др.), което означава, в съответствие с основните положения на психоимунологията, че имунната система се стимулира и нейната активност се увеличава.

След гледане на 3D филма „Крушунски водопади“ се отчита увеличение на площта на светене (със 17%) на ГРВ грамите на 4-ия пръст. Промяната в този параметър сочи тонизиращ ефект върху физиологичните системи и органи (предимно на черния дроб), които също отговарят за работата на имунната система. Това води до стимулиране на имунната система и повишаване на нейната активност. Положителният ефект на 3D филмите (гледани чрез СВР) може да се илюстрира с изображението на съответната ГРВ грама на стимулация на имунната система и повишаване на нейната активност.

Като пример на фиг. 2 е представено светенето на 4-ия пръст на лява ръка на мъж, 73 г., след като е гледал 3D филма «Каньон на водопадите».

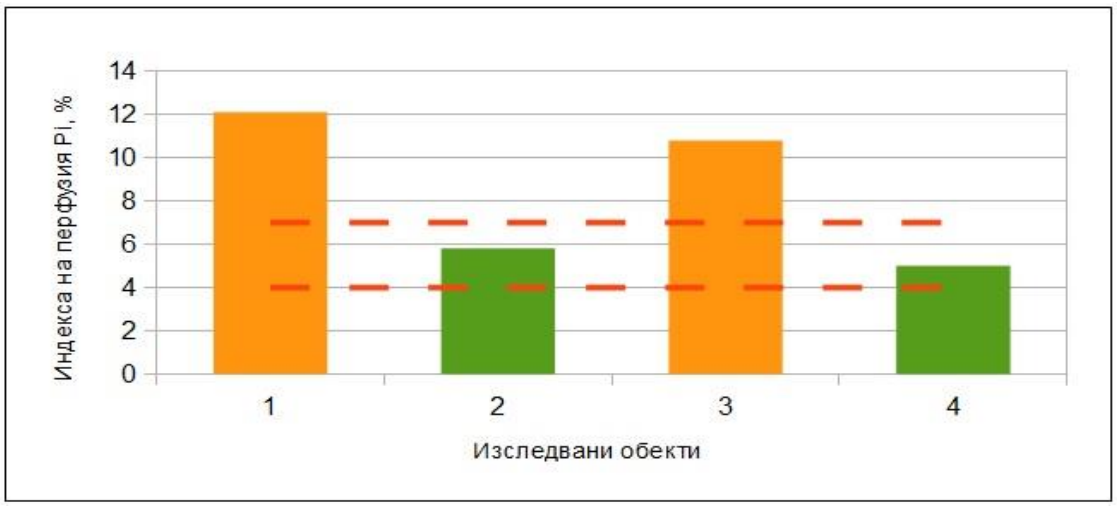
Дори с просто око се вижда, че интензивността на светене се е увеличила, като светенето става и по-равномерно. Това говори за силно положително въздействие върху организма. В частност може да се отбележи, че светенето в сектори 1–5 става по-равномерно, което означава значително подобряване работата на далака и ендокринните жлези (надбъбречните жлези, панкреас, половите жлези). Подобрява се работата на щитовидната жлеза (сектор 7) и хипофизата (сектор 8). Както е известно, във формирането на имунитета участват точно тези жлези и органи. Ето защо може да се заключи, че след гледането на филма работата на имунната система се подобрява, което дава основание да препоръчаме гледането на 3D филми в СВР (с кадри, заснети на биоактивни места) като допълнителни физио-терапевтични процедури за възстановяване на здравето след заболяване от КОВИД-19 и, главно, за повишаване защитните сили на организма, за да може той да противодейства на вирусни и други сериозни заболявания.



Фиг. 2. ГРВ грама на 4-ия пръст на лява ръка преди (а) и след (б) гледане на 3D филма «Каньон на водопадите» (интерпретация на светенето: 1-хипоталамус, 2-нервна система, 3-далак, 4-уро-генитална система, 5-надбъбречни жлези, 6-панкреас, 7-щитовидна жлеза, 8-хипофиза, 9-епифиза)

Представлява интерес анализът на данните за пулсовата оксиметрия след гледане на 3D филми. Във всички случаи се наблюдава увеличение на сатурацията до 98–99%. Както вече беше отбелязано, перфузионният индекс Pi е особено информативен.

На фиг. 3 е представено изменение на индекса на перфузия Pi, типично за мъж на възраст 70–75 г. след гледане на 3D филм.



Фиг. 3. Изменение на индекса на перфузия Pi на човека (мъж) в изследваните точки: 1,3 - преди гледането на видиофилмите; 2 – след гледането на 3D филм «Каньон на водопадите»; 4 - след гледането на 3D филм «Крушунски водопади»

Както се вижда от диаграмата (фиг.3), при гледане на някой от филмите се наблюдава намаляване на този показател до препоръчителната норма.

По този начин чрез СВР влиянието на различните екологични рехабилитиращи звуци се осъществява избирателно. Това налага определени ограничения в използването на 3D филми, а именно при избора на места за психокорекция и рехабилитация е необходимо да се вземат предвид препоръките на физиотерапевт, както и да се отчитат предпочитанията на пациента. Опростената версия (общо тонизиращи и поддържащи имунната система) 3D филми с гледане чрез СВР може да се препоръча за широко използване от населението. Обаче дори и в този случай е препоръчително да се вземат предвид индивидуалните предпочитания.

Заключение

Направените изследвания отново потвърдиха, че в България съществуват множество уникални зони със силно и благотворно въздействие. Техните възможности, за съжаление, не се използват достатъчно за укрепване на здравето по различни причини. Една от тях е, че директно „потопяване“ в благоприятна екологична среда не винагие е възможно като допълнителни физиотерапевтични процедури.

Създадените 3D филми, базирани на системи за виртуална реалност, показват много благоприятен ефект върху психосоматиката на човека и най-важното - имат стимулиращ ефект върху имунната система. С други думи, специални 3D филми, базирани на СВР, могат да се използват като допълнителна възстановителна терапия, за профилактика и възстановяване психосоматичното състояние на лица, прекарали вирусни заболявания, в частност КОВИД-19 .

Такъв подход е изключително подходящ и за възстановяване на психоемоционалното състояние на хора, заети в критични производства, изискващи от тях стабилна психика (авиация, космонавтика, оператори в АЕЦ и т.н.).

Литература:

1. Маклаков, Г., Караиванов М. Изследване на биоенергийни зони в Родопите по метода биоелектрография. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурност “SES-2019”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2019. С. 287–292.
2. Маклаков, Г., Георгиева Н., Малев Е. Изследване на перспективни рекреационни зони в България за рехабилитация и профилактика чрез хронофизиотерапия на работещи в аерокосмическия отрасъл. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурност “SES-2018”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2018. С. 335–340.
3. Маклаков, Г., Георгиева Н., Иванов И. Особености на екологията на Побитите Камъни (Варненски регион) и влиянието й върху човека. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурноси “SES-2018”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2018. С. 341–345.
4. Маклаков, Г., Георгиева Н. Приложение на метода газоразрядна визуализация за изследване на перспективни рекреационни зони в Крушунския край (България). // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурност “SES-2017”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2017. С. 255–261.
5. Маклаков, Г., Георгиева Н. Възможности за използване на ГРВ технологията за мониторинг на околната среда. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурност. “SES-2016”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2016. С. 327–334.
6. Маклаков, Г. Ю., Гецов П. С. Математическое моделирование поведения человека-оператора в сложных эргатических системах на основе виртуальной реальности. // Труды международной научной конференции «Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку». Институт кибернетики НАН Украины. Киев. 2013. С. 170–172.
7. Маклаков, Г. Ю. Психолого-дидактически аспекти на системите за виртуална реалност // Conference proceedings of II International Scientific-Practical Conference "Information Technologies in Education, Science and Technology" (ITEST-2014): Cherkasy, April 24-26, 2014 – 2 volumes. – Cherkasy: ChSTU, 2014. – V. 2. pp. 60–61.
8. Коротков, К. Основы ГРВ биоэлектрографии. СПб, Изд. СПбГИТМО, 2001.

ПРИЛОЖЕНИЕ НА БИОФОТОННАТА ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЗА МОНИТОРИНГ НА РЕКРЕАЦИОННИ ЗОНИ В РОДОПИТЕ И ВЪЗДЕЙСТВИЕТО ИМ ВЪРХУ ПСИХОСОМАТИКАТА НА ЧОВЕКА

Геннадий Маклаков[1,2], Надежда Георгиева[2], Момчил Караиванов[3]

[1]Санктпетербургски институт по информатика и автоматизация – РАН
[2]Научно-изследователски център за биофотоника – Смолян, България
[3]Областна администрация Смолян
e-mail: gmaklakov@mail.bg; https://biophoton-research.eu

Ключови думи: *екология, рекреационни зони, рехабилитация, биофотоника, имунна система КОВИД-19.*

Резюме: *Представени са резултати от проучвания на рехабилитационните свойства на околната среда в Родопите. Идентифицирани са най-благоприятни места за профилактика и възстановяване психосоматичното състояние на хора със слаба имунна система, с депресия, прекарали вирусни заболявания, в частност КОВИД-19. Показана е възможността биофотониката да се приложи за изследване на екологичните ресурси и влиянието им върху хората.*

APPLICATION OF BIOPHOTONIC MONITORING VISUALIZATION OF RECREATIONAL ZONES IN THE RHODOPES AND THEIR IMPACT ON HUMAN PSYCHOSOMATICS

Gennadii Maklakov[1,2], Nadejda Georgieva[2], Momchil Karaivanov[3]

[1]St. Petersburg Institute for Informatics and Automation – Russian Academy of Sciences
[2]Biophotonics Research Center - Smolyan, Bulgaria
[3]Regional administration of Smolyan
e-mail: gmaklakov@mail.bg; https://biophoton-research.eu

Keywords: *ecology, recreation areas, rehabilitation, biophotonics, immune system, KOVID-19.*

Abstract: *The results of studies of the rehabilitation properties of the environment in the Rhodopes are presented. Identified the most favorable places for prevention and recovery of the psychosomatic state of a person with a weakened immune system, with depression, having experienced viral diseases, in particular KOVID-19. The possibility to apply biophotonics to the study of the rehabilitation properties of the environment and their impact on humans is shown.*

Въведение

Проучванията на рекреационни зони в Родопите, представени в тази статия, продължават цикъла изследвания за околната среда и влиянието ѝ върху човека, публикувани в материалите на межнародната научна конференцията "Космос. Екология. Сигурност" през 2015–2019 години [1–5]. Отличителна особеност на нашия подход е, че рехабилитационните свойства на околната среда се разглеждат от гледна точка на възможностите те да бъдат използвани за профилактика и възстановяване психическото състояние на лица, прекарали вирусни заболявания, в частност КОВИД-19. Ние намираме най-подходящи за тази цел Родопите.

Използването на естествени фактори на околната среда като средство за физиотерапия става все по-актуално във възстановителната медицина. Ще напомним, че стабилизирнето на психическото състояние е изключително важно - особено в настоящия момент - поради

взаимовръзката му с имунната система. Както е известно, отстлабване на имунната система се наблюдава при жизнени ситуации като: продължителни нервни натоварвания (например, безработица, социална изолация, раздяла, загуба на близък човек и т.н.), а също при депресивни състояния на фона на инфекционни заболявания.

Тук природотерапията е ефективно решение. За нейното прилагане обаче е важно природните зони да се оценят обективно, за да се използват най-благоприятните от тях за рехабилитация и организация на лечебно-възстановителни процедури. Именно поради това за мониторинг на рекреационни зони в Родопите наред с класическите биофотонни методи за оценяване на психофизическото състояние са използвани и специално разработени методи за оценяване ефективността на имунната система.

Методология на изследванията

Последните резултати от изследвания в областта на психоневроимунологията убедително показват, че ендокринните и имунните функции в цялото тяло са интегрални системи с разнообразни преки и косвени връзки, особено с централната и вегетативната нервна система и чрез тях с външния свят. Установена е взаимозависимостта на психичната сфера и имунологичните реакции, показана е зависимостта на имунологичните реакции от състоянието на зоните на мозъчната кора, които осъществяват когнитивни функции. Проявява се тясно преплитане и взаимозависимост на трите регулаторни системи на човешкото тяло, които осъществяват хомеостазата и адаптацията: нервна, ендокринна и имунна. По този начин, анализирайки нивото на хомеостазата и състоянието на адаптивните системи, може индиректно да се прецени състоянието на имунната система.

Както показаха нашите изследвания, направени през 2015–2019 г. в Института по космически изследвания и технологии при БАН и продължени през 2020 г. в Научно-изследователския център по биофотоника, за регистриране параметрите на хомеостазата и адаптационните ресурси на човека особено ефективен метод е биофотонната визуализация, известна още като метод газоразрядна визуализация (ГРВ).

Принципът на ГРВ биоелектрографията и особеностите в използването на ГРВ диагностиката са описани достатъчно подробно в наши публикации [1–5], обсъждани са в рамките на межнародната научна конференцията "Космос. Екология. Сигурност" и няма да бъдат цитирани тук. С няколко думи същността на този принцип е: оценяват се параметрите на околната среда посредством специални оптоелектронни сензори, а влиянието на околната среда върху човека – чрез компютърен анализ на изображение на пръстите на ръцете, заснето във високочестотно поле (ГРВ грами). Нашите изследвания са основани на следните принципи:

а) оценяване параметрите на околната среда чрез регистрирането им с ГРВ грами, получени с оптоелектронен сензор;

б) оценяване влиянието на околната среда върху човека чрез регистриране на ГРВ грами на пръстите на ръката и на тази основа изчисляване параметрите на хомеостазата на организма.

Най-информативни параметри на ГРВ грамите за изследване на околната среда са следните показатели [1–5, 6]: обща площ на изображението (S); средна яркост на изображението (I_{av}); коефициенти на формата (K_f), на фракталността (K_{fr}) и на ентропията (K_{en}). За по-голямо удобство при анализа се използва опростен термин биоенергия на околната среда (W_{enb}) – обобщаващ показател, който характеризира въздействието на всички фактори върху човешкия организъм. В общия случай $W_{enb} = F(S, I_{av}, K_f, K_{fr}, K_{en})$. Колкото показателят е по-висок, толкова по-благотворно е влиянието на околната среда върху човека.

Сравнението на влиянието на екологията в различни места на Смолянски регион със София (ЖК „П. Яворов”) - еталонен (реперен) обект, се осъществява в петмерно пространство (S, I_{av}, K_f, K_{fr}, K_{en}) чрез оценяване отклонението на изследвания обект от реперния (по разстоянието между реперната и изследваната точка).

За да се осигури достоверност на измерванията, се използват статистически критерий на Стюдънт, критерий на Ман-Уитни, критерий на Валд-Волфовиц, критерий на Колмогоров-Смирнов и др.

Проучванията се извършват с многофункционален апаратно-програмен комплекс „ГРВ компакт ЭКО” на фирма «Kirlioniks Technologies International» при използването на специални сензори, разработени за мониторинг на околната среда и влиянието на нейните фактори върху човека. За определяне степента на йонизация на въздуха е използван прибор Air Ion Couner. Model AIC2 на фирма AlphaLab Inc., САЩ. Той позволява да се определят стойностите на положителната и отрицателната йонизация на въздуха с голяма точност.

За по-голяма точност на картината точките на изследванията са фиксирани с помощта на спътниковата система за навигация GPS (определени са географските координати, надморското равнище и т.н.).

Анализ на резултатите от изследванията

Както показаха изследванията, най-голяма стойност на биоенергията е регистрирана в Пампорово, пътеката от връх Снежанка за Орфееви скали, Каньона на водопадите - Орфеев водопад; м. Смолянски езера – езеро Лагера и Голямата ливада, в района на хотел «Oak Residence» (разликата в стойностите на биоенергията на тези места е по-малка от един процент). За удобство на сравнението равнището на биоенергията на средата в посочените места е приета за 100%.

Също за удобство на сравнението на биоенергията на околната среда и влиянието й върху човека в други места на България са представени измервания в София (ЖК „П. Яворов") и Стара планина (района на село Шипково).

На фиг. 1 са представени някои резултати от изследванията.



Фиг. 1. Биоенергия на околната среда в изследваните точки: 1 - София; 2 - Пампорово, пътека връх Снежанка - Орфееви скали; 3 - Пампорово, пътека за Орфееви скали, 4 - Каньон на водопадите, Орфеев водопад; 5 - м. Смолянски езера, езеро Лагера; 6 - м. Смолянски езера, Голямата ливада, в района на хотел «Oak Residence»; 7 - Пампорово, връх Снежанка, 8 - с. Момчиловци, храм св.св. Константин и Елена; 9 - с. Смилян, нива; 10 - Стара планина, близо до Шипковски бани

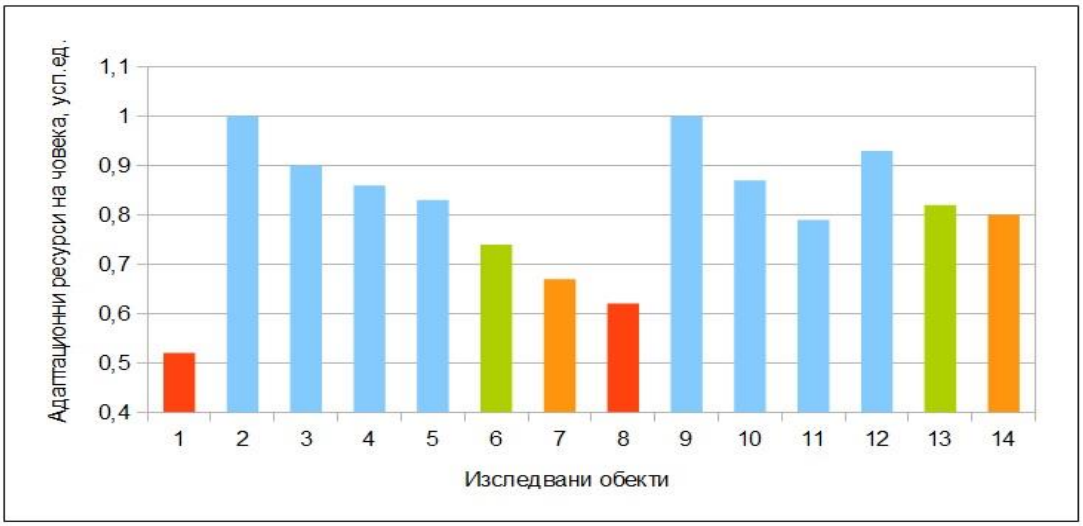
Както се вижда от диаграмата (фиг.1), биоенергията на околната среда във високопланинските райони (Пампорово, м. Смолянски езера) е примерно еднаква с другите изследвани точки. За сравнение: в София показателят биоенергия на околната среда е 57%, а в Стара планина – 81% от регистрираното в Пампорово и м. Смолянски езера.

Трябва да отбележим, че данните, представени на фиг.1, показват обобщена характеристика на биоенергията на въздушното пространство. Върху човека влияят и много други фактори (геоложки аномалии, наличие на подземни водоизточници, ниво на аеройонизация, състояние на заобикалящата гора и др.). За да оценим влиянието на околната среда на базата на ГРВ грами, определяхме състоянието на адаптационните ресурси на изследваните лица.

На фиг. 2 е представено изследване на адаптационните ресурси, типични за мъж на възраст 70–75 г. и за жена на възраст 70–73 г. От диаграмата се вижда, че най-добър резултат е фиксиран на пътеката връх Снежанка – Орфееви скали. За удобство на сравнението тази величината е приета за 100%. Също за удобство на сравнението са представени измервания в Каньона на водопадите (Орфеев водопад), Стара планина (близо до Шипковски бани) и в София (ЖК „П. Яворов").

Анализът на получените данни позволява да се заключи, че в Пампорово има много места, които са изключително полезни за възстановяване на психофизиологичното състояние на човека. Важно е да се отбележи също така, че най-ефективните места за благотворно

влияние понякога са разположени само на няколко метра от туристическите маршрути. Особено ясно се вижда промяната в оптималното въздействие близо до Орфеевия водопад. На разстояние само няколко метра от падащата вода лечебният ефект се променя няколко пъти. Тук водеща роля играе въздушната йонизация. Следователно е целесъобразно, използвайки съвременна диагностична апаратура, да се оптимизират туристическите маршрути и по този начин лесно да се приложи добре познатата в света методика за подобряване на здравето, наречена „горско къпане" (според японската терминология «шинрин-йоку».



Фиг. 2. Адаптационни ресурси на човека (мъж: 1-7, жена: 8-14) в изследваните точки: 1,8 - София; Пампорово, 2,9 - пътека връх Снежанка - Орфееви скали. 3,10 - връх Снежанка, 4,11 - Орфееви скали, 5,12 - пътека за Орфееви скали, 6,13 - Каньон на водопадите (Орфеев водопад); 7,14 - Стара планина (близо до Шипковски бани)

Най-голяма стойност на биоенергията е регистрирана в м. Смолянски езера, Голямата ливада, в района на хотел «Oak Residence» и езеро Лагера (разликата в стойностите е по-малко от процент). За удобство на сравнението стойността на биоенергията на средата в тези места е приета за 100%. Също за удобство на сравнението на всички диаграми, свързани с анализа на биоенергията на околната среда, са представени резултати от измервания в Стара планина (близо до Шипковски бани) и в София (ЖК „П. Яворов").

На фиг. 3 са представени някои резултати от изследванията.



Фиг. 3. Биоенергия на околната среда в изследваните точки:1- София; м. Смолянски езера, 2- езеро Лагера; 3 - Голямата ливада, в района на хотел «Oak Residence»; 4 - Мътното езеро, 5 - Тревистото езеро, 6 - Стара планина (близо до Шипковски бани)

На фиг. 4 са представени изследванията на адаптационните ресурси, типични за мъж на възраст 70–75 г. (т. 1–6) и за жена на възраст 70–73 г. (т. 7–12).

Най-добри резултати при мъжа са регистрирани на Голямата ливада, в района на хотел «Oak Residence». За удобство на сравнението тази стойност е приета за 100%. Също за

удобство на сравнението са представени измервания в Каньона на водопадите (Орфеев водопад), Стара планина (близо до Шипковски бани) и в София (ЖК „П. Яворов”). Най-голяма за жената стойност на адпатационните ресурси е регистрирана на Тревистото езеро. За удобство на сравнението величината е приета за 100%. Също за удобство на сравнението са представени измервания в Каньона на водопадите (Орфеев водопад), Стара Планина (близо до Шипковски бани) и в София (ЖК „П. Яворов”).

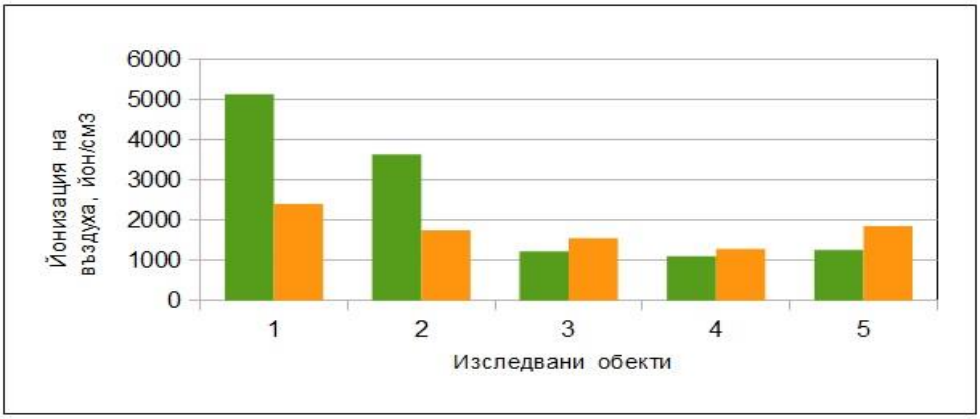


Фиг. 4. Адаптационни ресурси на човека (мъж: 1-6, жена, 7-12) в изследваните точки: 1,7- София; м. Смолянски езера , 2,8 - езеро Лагера; 3,9 – Голямата ливада, в района на хотел «Oak Residence»; 4,10 - Мътното езеро, 5,11 - Тревистото езеро, 6,12 - Стара планина (близо до Шипковски бани)

Родопите безспорно са едно от най-добрите места в света заради лечебните си ефекти върху хората. Това се дължи на цял комплекс от фактори, включително на хармоничното съотношение между положителна и отрицателна йонизация на въздуха. Няколко дума за йонизацията в някои обекти в Родопите.

Както показаха изследванията, най-голяма стойност на йонизация на въдуха е регистрирана близо до Орфеевия водопад (Каньон на водопадите). Непосредствено до падащата вода концентрацията на отрицателни йони (р-) достига 51 400 йони/см3, а концентрацията на положителни (р+) - 2400 йони/см3. С разстоянието концентрацията на отрицателни йони спада рязко и на разстояние 6–7 m намалява с около 5 пъти. Концентрацията на положителните йони варира леко. В тази връзка можем да заключим, че в района на водопада е лесно да се намери място, което е оптимално за благотворния ефект на аеройоните върху човека. При това е важно да се отбележи, че тук съотношението между отрицателни и положителни йони (кофициентът на униполярност) е изключително благоприятно и съответства на международните санитарно-хигиенични норми.

На фиг. 5 са представени резултати от изследванията на йонизацията на въздуха в Каньона на водопадите и в м. Пампорово.



Фиг. 5. Йонизация на въздуха в Каньона на водопадите и в м. Пампорово (р- -зелен, р+ -оранжев): 1 - Орфеев водопад, 2 - връх Снежанка , 3 - Орфееви скали, 4 - м. Язовира, пътека за Орфееви скали, 5 - пътека вр. Снежанка - Орфееви скали.

Както показва анализът, във всички изследвани места в Пампорово хармонично се съчетава концентрацията на отрицателни и положителни йони.

Анализът на концентрацията на аеройони в района на Смолянски езера сочи, че тук има интересни места, които могат да се използват за възстановителна терапия. Промяната в кофициента на униполярност (той се намира на границата на допустимите параметри) показва, че не всички места са еднакво ефективни. Това обаче изобщо не означава, че такива места не са подходящи за възстановяване на човешкото здраве.

Смолянски езера и Пампорово са значително по-добри за възстановяване здравето на човека, ако се съди само по степента на йонизация на въздуха, макар че и в селата има места, достатъчно добри за тази цел.

Заключение

Проучванията върху екологията на рекреационни зони в Родопите и въздействието им върху психосоматиката на човека показават, че мястото предлага уникални възможности за рехабилитация на психофизическото състояние. Родопите е изключително подходящ район за възстановяване на психоемоционалното състояние на хора, заети в критични производства, изискващи от тях стабилна психика (авиация, космонавтика, оператори в АЕЦ и т.н.). Използването на природните фактори за възстановяване на здравето би довело до осезателно подобряване на работоспособността и увеличаване на творческия потенциал. Това също е подходящо за възрастни хора и хора с недобро здравословно състояние, тъй като може да има принос за повишаване на имунитета им, за противодействие на появата на сериозни заболявания.

Като се вземе предвид силната връзка между психоемоционалното състояние на човека и неговата имунна система, няма никакво съмнение, че рекреационните зони в Родопите са изключително подходящи за профилактика и възстановяване психосоматичното състояние на лица, прекарали вирусни заболявания, в частност КОВИД-19 .

Благодарности

Изказваме голяма благодарност на инициатора и организатора на проучванията - заместник-кмета на гр. Смолян Марин Захариев, благодарение на чиято подкрепа стана възможно да се проведат тези изследвания. Особено искаме да отбележим сътрудничеството на г-н Рубин Хаджиев. Изказваме му благодарност за получената от него богата информация за уникални места в Родопите, за отличната организация и за съпричастието му при провеждането на изследванията.

Литература:

1. Маклаков, Г., Караиванов М. Изследване на биоенергийни зони в Родопите по метода биоелектрография. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурноси “SES-2019”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2019. С. 287–292.
2. Маклаков, Г., Георгиева Н., Малев Е. Изследване на перспективни рекреационни зони в България за рехабилитация и профилактика чрез хронофизиотерапия на работещи в аерокосмическия отрасъл. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурноси “SES-2018”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2018. С. 335–340.
3. Маклаков, Г., Георгиева Н., Иванов И. Особености на екологията на Побитите Камъни (Варненски регион) и влиянието й върху човека. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурноси “SES-2018”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2018. С. 341–345.
4. Маклаков, Г., Георгиева Н. Приложение на метода газоразрядна визуализация за изследване на перспективни рекреационни зони в Крушунския край (България). // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурноси “SES-2017”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2017. С. 255–261.
5. Маклаков, Г., Георгиева Н. Възможности за използване на ГРВ технологията за мониторинг на околната среда. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурност. “SES-2016”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2016. С. 327–334.
6. Коротков, К. Основы ГРВ биоэлектрографии. СПб, Изд. СПбГИТМО, 2001.

S E S 2 0 2 0
Sixteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
4 – 6 November 2020, Sofia, Bulgaria

ANALYSIS OF THE REASON FOR THE OUTBREAK AND TRANSFER OF COVID-19

Stoyan Velkoski, Jane Velkoski, Mihail Velkoski

GAPE Institute, Skopje
e-mail: contact@igape.edu.mk

Keywords: *COVID-19, Outbreak of COVID-19*

Abstract: *Based on the available knowledge so far, official medicine has not yet adopted an official attitude towards the outbreak of COVID-19 as this virus is not a "classic" one and cosmopathology and informative medicine are not included in official medicine research. Informative medicine is rapidly taking its place in the applied medicine of modern times. It is known that water, the material and the electromagnetic particles, are able to absorb and transfer information. It is also known that there is a cosmic knot named after Stojan Velkoski, who was the first to discover it and this grid is spread over the entire globe. The same grid is also a conductor of electromagnetic particles. Research conducted at the GAPE Institute in Macedonia indicate that the primary cases of COVID-19 were people exposed to knots of this grid, clearly indicating that COVID-19 is a conductive informative virus transferred through the knots in the Stojan's cosmic grid. At the same time, the analyses indicate that the frequency generated by the BIO-SPH neutralizer-transformer creates an anti-corona ambience and a corona-free space.*

АНАЛИЗ НА ПРИЧИНАТА ЗА ИЗБУХВАНЕ И ТРАНСФЕР НА COVID-19

Стоян Велкоски, Яне Велкоски, Михаил Велкоски

Институт GAPE, Скопие
e-mail: contact@igape.edu.mk

Ключови думи: *COVID-19, огнище на COVID-19*

Резюме: *Въз основа на наличните познания до момента официалната медицина все още не е приела официално отношение към огнището на COVID-19, тъй като този вирус не е „класически" и космопатологията и информативната медицина не са включени в официалните медицински изследвания. Информативната медицина бързо заема своето място в приложната медицина на съвремието. Известно е, че водата, материалът и електромагнитните частици са способни да абсорбират и предават информация. Известно е също, че има космически възел, кръстен на Стоян Велкоски, който пръв го е открил и тази решетка е разпространена по целия свят. Същата решетка е и проводник на електромагнитни частици. Изследванията, проведени в Института GAPE в Македония, показват, че основните случаи на COVID-19 са хора, изложени на възли от тази решетка, което ясно показва, че COVID-19 е проводящ информативен вирус, пренесен през възлите в космическата мрежа на Stojan. В същото време анализите показват, че честотата, генерирана от неутрализатора-трансформатор BIO-SPH, създава антикорона атмосфера и пространство без корона.*

Introduction

This present-day level of civilization could not have been achieved without the necessary technological and scientific development. Hence, humans strive for new discoveries and inventions in various fields; the permanent quest for the unknown. Some inventions were the outcome of the incessant human efforts to survive, but many others resulted from scientific research and experimentation. Such scientific research has been conducted at the IGAPE Institute in Macedonia, the subject being the possible reason for the outbreak of COVID-19 seen from another technical aspect.

One of the new discoveries in this century is Stojan's cosmic net, which "envelopes" the entire

Globe and is situated in the Kármán's atmospheric layer, characterized by the abundance of cosmic electromagnetic radiations, illustrated in Fig. 1. Countless so-called knots are released from the grid, penetrating through the atmosphere towards the Earth's surface.

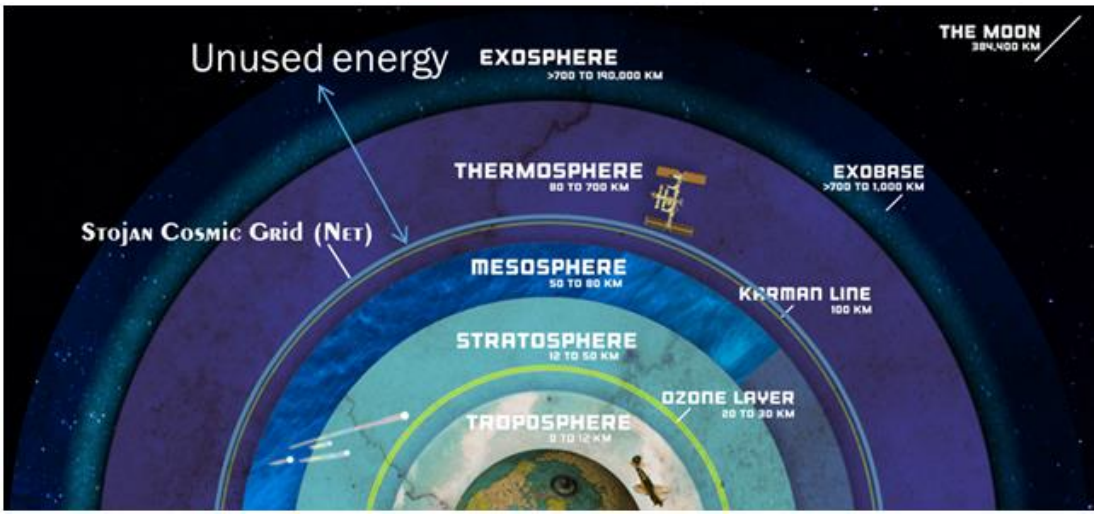


Fig. 1. The spread of the Stojan's cosmic grid

This leads to the conclusion that the Stojan's cosmic grid is located at approximately 100 km above the Earth's surface. The mesh formed by the lines of this grid has the dimensions of 100 x 110 cm, whereas its lines have the length of 10 x 10 cm. Hence the dimensions of its knots on Earth are 10 x 10 cm.

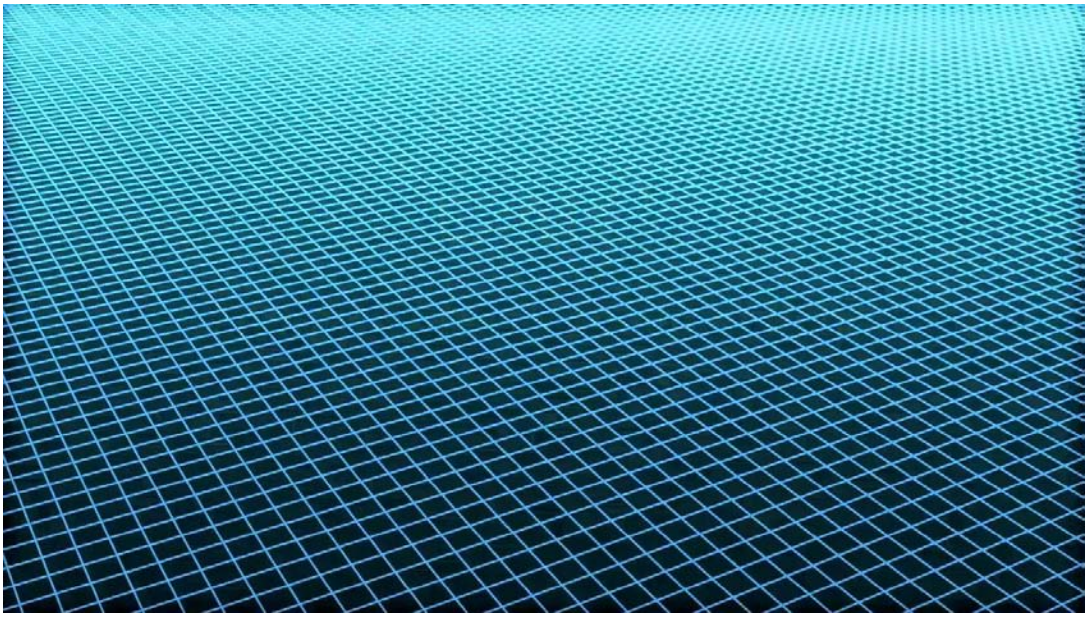


Fig. 2. The spread of the Stojan's cosmic grid in the Karman's space

This grid is of an electromagnetic and energy structure and the locations of intersections of its lines give rise to the so-called active Stojan's cosmic knots, but their concentration on Earth is denser, especially in cities with prominent industrial activities or in urbanized areas characterized by concentrations of electromagnetic radiation. Depending on the concentrations of metal, electromagnetic radiation and other radiation, reflection and refraction of the ozone layer is created which weakens the ozone shield itself, allowing some of the knots of that grid to penetrate to the Earth's surface. These active knots of Stojan's cosmic net with their particle structure are capable of receiving and transferring energy from one point to another on planet Earth. At the same time, they are also connected with the other active knots through the cosmic grid itself over the entire planet, see Fig. 3.

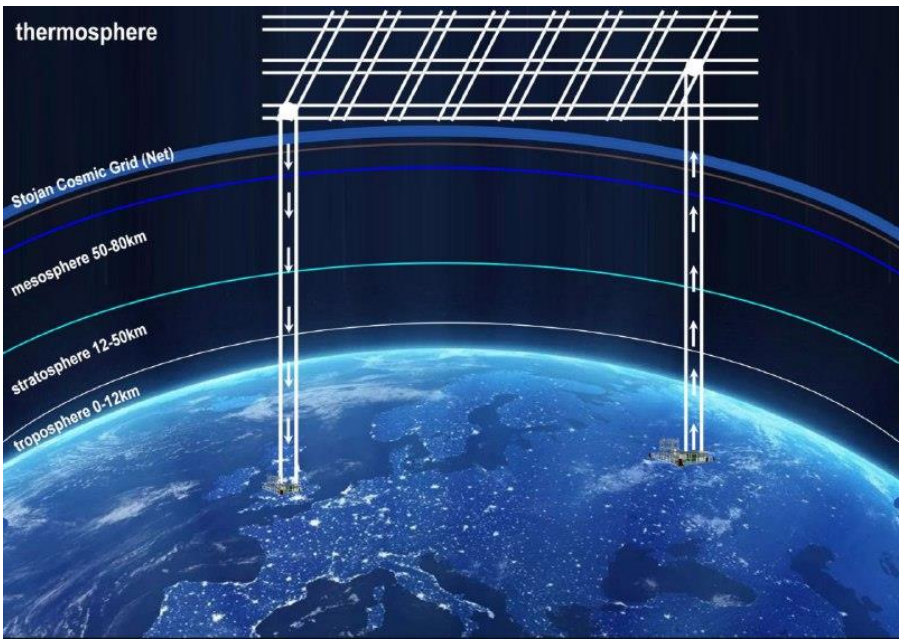
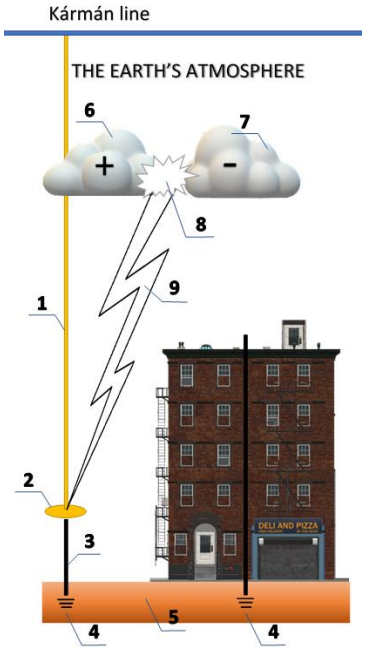


Fig. 3. Schematic presentation of the influence of the Stojan's grid cosmic knots

Cosmic S-knots – transmitters

Research conducted by the IGAPE Institute in Macedonia demonstrates that if the Stojan's cosmic knot is located on a good earthing point, as are the plants and their roots, or a metal pipe earthed on a knot location, the atmospheric electricity charges will discharge exactly on that point, as shown on Fig. 4.



Legend:

1. A cosmic knot of the Stojan's cosmic grid;
2. A copper plate fixed on a copper pipe;
3. A copper pipe partially earthed;
4. Earthing (0);
5. Soil -ground;
6. a cloud with + polarity;
7. a cloud with – polarity;
8. light and sound -electric explosion
9. lightning

Summary of Figure 4

Although there are higher buildings in the surroundings, equipped with normal earthing and lightning rods, the discharge still occurs at the point of the earthing knot.

Fig. 4. Discharge of atmospheric electrical charges through Stojan's cosmic knots

The research and the analysis conducted in Macedonia and in Bulgaria by the IGAPE Institute indicate that over 90% of the atmospheric electrical discharges take place on plants located under a Stojan's knot, hence the conclusion that Stojan's grid knots are electricity transmitters. It has been concluded that the cosmic knots are also transmitters of information elements, closely connected with the outbreak of COVID-19.

Materials and methods

Official medicine has not yet adopted a consistent attitude concerning the occurrence of COVID-19 as it is a compopathology phenomena which is not in the domain of medicine. The Stojan's cosmic grid with its knots have the real capacity to transmit both electricity and information through the so-called tele-informative field. It is known that the worst consequences for COVID-19 patients occurred in the most industrialized regions; such was the case in China, Italy, Spain and other areas worldwide. It is also known that pollution of the atmosphere by electromagnetic frequencies, by evaporation of various chemical components, by steel concentration and by technology, disturbs the geomagnetic field and weakens the Earth's ozone protection, which is only part of the reason for the frequent occurrence of Stojan's cosmic knots. This leads to the conclusion that by their accidental or intended informative memory pollution of any part of the Earth, the knots of Stojan's grid disorient the living cells of the exposed organism which, in turn, create virus identities compatible with the informative field of COVID-19 and further transmit those identities until it mutates after its third transfer.

Hense the phenomena where certain individuals had not been in contact with COVID-19 patients but still contracted the disease, as they had been exposed to the knots of the Stojan's cosmic grid.

What is bioinformatics?

As we already have transmitters of electricity through immateriality, of some type of plasma electromagnetic and energy particles that the Stojan's cosmic knots consist of, there are bioinformatics in question.

Bioinformatics (Hellenic βίος, English Informatics) is a science dealing with bioinformatic processes and phenomena in the living cells by some informational influence through light – electromagnetic fields, ionizing radiation upon the biological activity of bacteria and viruses, mechanisms of reception and processing of information on a cellular level, inter-cellular communication as well as other influences on the living organisms.

The Nobel Prize winner Claude Elwood Shannon (1916–2001) has been named as father of the informatics theory. He demonstrated that Boolian algebra can construct and solve any logical or numeric relation. Its meaning for the development of bioinformatics is huge.

The first bioinformatics programs were developed for a DNA sequential analysis.

The latest bioinformatic research is concentrated on cells and intercellular communication. Such research, in parallel with the genetic research dedicated to studying the mechanisms of hereditary information, created bioinformatics as a new branch of informatics. In fact, bioinformatics provides for a scientific basis to the development of informative medicine, as a very important and a new direction of medicine.

Samuel Hahnemann (1755–1843) was among the first to notice the influence of information upon the human cells.

The last 30 years have been marked with active studies of the principles of influence of the biological matter on isolated organs of people and animals, with a special emphasis on the informative condition of the cells. It has been concluded that chemical molecules influence the cellular structure by a direct contact as well as indirectly. In the experiments conducted, the biological effect on the cells depended not only on the dosage of the existing matter and their own energy, but also on the quality of information, i.e. informative components. The cell reacted to the structure of the informative field of the matter, whereby the transfer of signals did not depend on the quantity (the material dosage) of the chemical substance and energy.

Meanwhile, the application of bioinformatics spread to pharmacy, for calculation and prognosis of the protein structures and interaction. The simulation and the calculation of the biological experiments and data is called in silico calculation (bioinformatics). What is in question here is primarily the identification of repeated parts (patterns) in the long DNA sequences and solution of the problems of overlapping and positioning of two or more sequences in order to achieve their maximal coincidence. The algorithms of dynamic and methodological programming also found their application in that field. Exact coincidences of the short sequential parts are rarely sought in biological hypotheses, most often for separated "signals" as a starting and final sequence of the genetic code.

Alongside this, solutions for finding genes in unknown DNA sequences (gene prediction) have been developed as well.

Informotherapy is a branch of medicine that studies the influence of information on the physiological, biochemical and pathological processes on the human organism. It deals with the ways of acquisition, coding and use of such information and develops methods for prevention, diagnostic and treatment by means of information. The Japanese researcher Dr. Emoto Mazaru proved that water is

capable of memorizing and transferring information by quickly freezing, in a cryogenic chamber, water containing inserted information and then recording the water's structural grid.

Research on the possibility that the Stojan's cosmic knot is able to transfer information on the occurrence of COVID-19

It is known that there have been serious cases of COVID-19 patients, who were suffering from serious consequences of the disease or even died, without having any previous contact with a COVID-19 patient, but the analysis demonstrated their constant exposure to a Stojan's cosmic knot.

It has been noticed that the virus has fatal consequences on patients subjected to the Stojan's cosmic knot, which is in narrow correlation with the other knots affecting the Earth. Such patients are infectious to other people in their surroundings, hence, we can differentiate between two groups of patients:

a) primary;

b) secondary.

The primary group of COVID-19 patients include those directly exposed to the Stojan's grid cosmic knots; their clinical analysis results are serious and have a lethal outcome in over 80% of cases.

The secondary group of patients includes those who have contracted the virus either from a primary patient or indirectly, and their clinical examination results show lower values depending on the number of directly infected patients as previous carriers of the virus. After the third carrier the symptoms are far weaker or hardly observable. Those who have contracted the virus after the third carrier exhibit insignificant symptoms but are still considered as carriers of COVID-19.

Results

The study includes 45 families who used special devices known as BIO-SPH to protect against electromagnetic radiation (Fig. 5 and Fig. 6) and 45 families where the members did not use any protective device against the electromagnetic radiation. No primary infections were detected with the users of the BIO-SPH devices, while the primary patient suffering from worse consequences or being victims of the disease did not use the BIO-SH neutralizers-transformers.

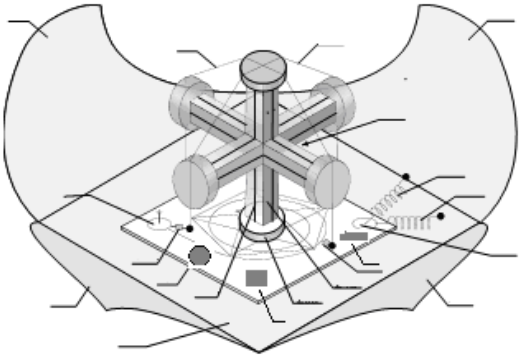


Fig. 5. Technical solution of passive electroelements creating their own field and transforming the electric field into a magnetic one



Fig. 6. External forms and look of BIO-SPH, as mounted electrically passive assemblies, Fig. 5

These devices have been clinically and technically attested, and consist of a printed circuit, dielectric elements, open and closed resonators, condensers, inductive elements, a polarization element and antenna receivers. Almost all the elements have been individually constructed especially for this device and 90% of them are not found on the market. Such an assembly has the capacity of self-activation and transformation of the electric into magnetic component of the surrounding space. (Fig. 7).

Their application in farms reduced the death rate from bronchial pneumonia and cancer by over 85%. Similar results have been achieved in people using it, manifested in the disappearance of many symptoms such as pain upon waking up, hypertension, tachycardia, some allergies, insomnia, somnolence etc.

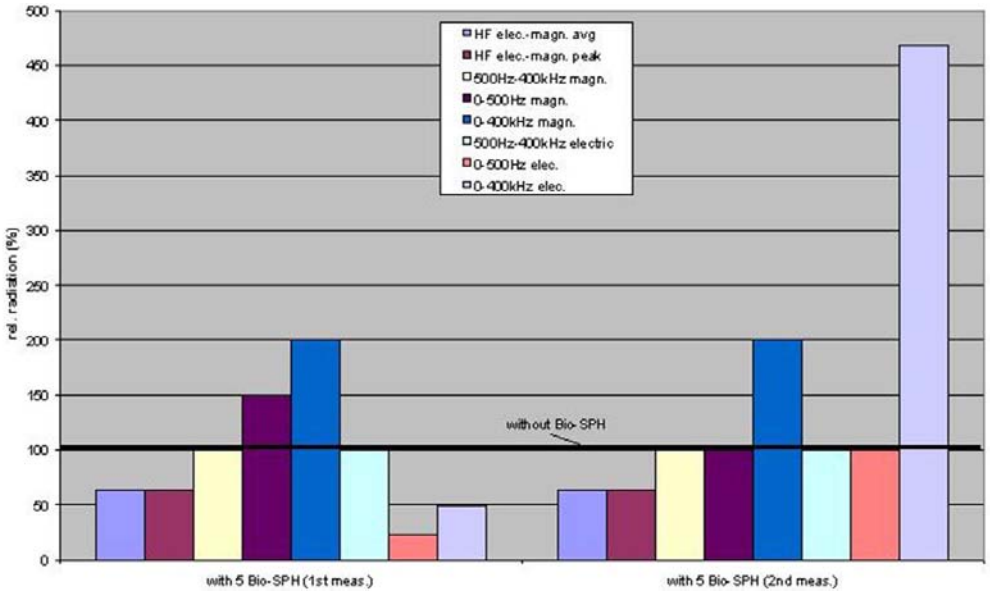


Fig. 7. Frequencies created by BIO-SPH that destroy COVID-19

The frequency created by BIO-SPH has the real capacity of killing the virus, thus, it is known that energy is all around and within us, but when an organism is placed in a room at 25 °C it will function harmoniously, but will immediately die at the room temperature not higher than 80 °C. In this case, although the temperature is not an issue and is invisible to the human eye, it has a great role in the survival of a living organism. In the previous case, where the frequencies created by the BIO-SPH neutralizer-transformer has a destructive effect on COVID-19 and protects people, the transformer creates changes in the lower electromagnetic frequencies, thus protecting both people and animals against the underground, cosmic and technical radiation sources. It is possible that the transformer enters in the disharmonic oscillation of COVID-19 and destroys the virus, as it is shown on Fig. 8. This means that protection is achieved by transforming the cosmic knots into magnetic ones, thus erasing the informative field of COVID-19 and no primary disease occurs.

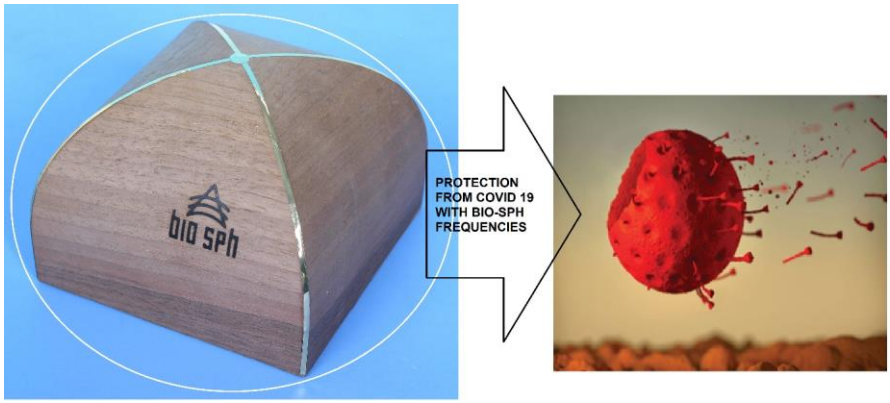


Fig. 8. Influence of the Neutralizer-transformer on the COCVID-19 virus

Conclusion

All of the above leads to the following conclusion: the active cosmic knots of the Stojan's cosmic knot are conductors not only of electricity but also of bio-informative microelements. Those bio-informative energy elements, inserted in an active knot of that cosmic grid, that information field has the capacity of being present in the whole cosmic grid and its knots that reach the Earth. If such a knot affects the sleep of a person, a serious bio-informative cell disharmony is created through the cellular informative field. As a result of that phenomenon, the cells in the person create COVID-19 and a COVID-19 primary patient. The infection through the Stojan's grid can be accidental but also on purpose.

The analysis indicates that the field naturally created by BIO-SPH significantly decreases the electric component from 0–400 kHz of the magnetic field and the increase of the magnetic component of the electromagnetic field from 0 to 500 Hz. Such transformations of the electromagnetic field can

provide protection against COVID-19. In such microbiological conditions the human organism functions normally and harmoniously, protected against cancer, against COVID-19 and other serious diseases.

Protection against COVID-19 can be provided by the neutralizer-transformers combined with bio-informative methods and techniques, applied to cleanse the Stojan's cosmic grid from the inserted informative field of the COVID-19. The BIO-SPH neutralizers-transformers can be used for protection against COVID-19 in parallel with the elimination of the inserted COVID-19 informative field of the Stojan's cosmic grid.

References:

1. Gayton, A. Medicinska fiziologija, Bakar-Bor, Beograd, 1988, 1390; c. 52–163.
2. Mardirossian, G. Natural Ecocatastrophes and Aerospace Techniques and Instrumentation for their Study; Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, Sofia, 2000.
3. Velkoski, S. COSMIC STOJAN-NET AND ITS UTILIZATION, http://igape.edu.mk/Dokumenti/2007_Cosmic_Stojan-Net_and_its_Utilization.pdf. UN/Russian Federation/European Space Agency Workshop on the Use of Micro-Satellite Technologies for Environmental Monitoring and Impact to Human Health, Kaluga (Tarusa), Russian Federation, 3–7 September 2007.
4. https://www.who.int/medicines/publications/essentialmedicines/Updated_sixteenth_adult_list_en.EML 16 (March 2010).pdf.
5. https://www.msh.org/sites/msh.org/files/mds3-ch34-medicineinfo-mar2012.pdf;
6. https://www.who.int/medicines/publications/druginformation/WHO_DI_30-3_GenericMedicines.pdf?ua=1, WHO Drug Information Vol. 30, No. 3, 2016;
7. Velkoski, S., J. Velkoski, M. Velkoski. Cosmopathology and the occurrence of cancer. SES 2016, Twelfth Scientific Conference with International Participation, SPACE, ECOLOGY, SAFETY, Sofia, Bulgaria, 2–4 November 2016.
8. https://www.researchgate.net/publication/323257248_Information_Theory_A_Tutorial_Introduction, February 2018;
9. Velkoski, S., V. Sterjovski, M. Velkoski, J. Velkoski. Protection against electromagnetic radiation by transformation of the radiation itself. Fifteenth International Scientific Conference SPACE, ECOLOGY, SAFETY, Sofia, Bulgaria, 6–8 November 2019.
10. http://zdravstvo.gov.mk/wp-content/uploads/2020/03/info-COVID-19-2.pdf;
11. http://zdravstvo.gov.mk/korona-virus/2020 pdf;
12. Own research.

ESTIMATION OF A NATURAL HAZARD RISK INDEX FOR THE EXTREME WEATHER EVENTS: TORNADOES, HURRICANES, DROUGHTS AND WILDFIRES. A METHOD AND A SOFTWARE PROPOSAL

Oleg Stepanyuk

UATL Private Research University – Helsinki
iAthena7 Labs
e-mail: stepanyuk.oleg@aol.com; os@iathena7.com

Keywords: *Natural hazards, climate change, extreme weather*

Abstract: *Risk indexing is a useful and powerful tool that can provide valuable information on the risks associated with natural hazards.*
Such methods were widely used during the last few decades for the purposes of natural hazards risks estimation, particularly in development, oil and gas, nuclear power and air transport industries.
Here the lack of the statistically sufficient historical data is the first obvious obstacle, while on-going climate change scenario requires more up-to-date methodologies as frequencies and magnitudes of the extreme weather events, among other factors, generally depend on the rising sea surface temperature.
Following mixed statistical-modeling approach where we use existing NOAA historical extreme events data, remote sensing imagery and atmospheric model outputs we present a method and a software product concept for calculation of the Natural Hazard Risk Index for extreme weather events - Tornadoes, Storms, Droughts and Wildfires.

Risk indexing is a powerful tool that can provide valuable information on the risks associated with natural hazards. Such methods were widely used during the last few decades, particularly indevelopment, oil and gas, nuclear power and air transportation industries. Greenhouse-gas induced climate change sets demands for more up-to-date methodologies since frequencies and magnitudes of extreme weather events depend on the global land and ocean surface temperatures.

Following mixed, statistical-modeling approach where we use existing NOAA historical extreme weather events data, atmospheric modeling , forecast reanalysis data and remote sensing imagery we present a method and a software product concept for calculation of the Natural Hazard Risk Index for extreme weather events — Tornadoes, Storms, Droughts, Floods and Wildfires within present and future climate scenarios.

The index is a product of the event probability and impact factor values. Parameters of probabilities distributions of the studied events are fitted with NTA (Neuman Type A) distribution [2] as it can provide better accuracy by taking into account closely happening rare events.

For the statistical analysis within present climate scenario for precipitation-related extreme events (Droughts, Inland Floods and, implicitly, Wildfires) we use ECMWF ERA-Interim [1] forecast reanalysis data. Low elevation, forestation and power grid locations are obtained from analysis of Landsat-7 and ASTER satellite images and together with historical data on events in a certain region they determine a group of weight coefficients in the index calculation scheme. Losses and economic damage are included depending on the final goal of the analysis.

For windspeed-related extreme weather events impact rate for a single event happening in a certain location is set to be proportional to the kinetic energy. Impact rates are put in accordance with a discrete scale similar to Fujita [3]. Event tracks are obtained by processing time series data on windspeeds and relative vorticities. Here, for the each time step the initial grid is transformed into the series of resolution scales by iterative convolution with a wavelet operator kernel. The feature recognition and tracking algorithm is applied to the scales with certain parameters which characterize the event type and strength which gives information about approximate tracks of the corresponding events. Initial set of events for fitting of the parameters of the pattern recognition algorithm are obtained from NOAA historical data on Natural Hazards.

Since calculation setup on a global domain could require significant computational costs, rapid estimations are performed with coordinates and historical events chosen stochastically with Monte-Carlo algorithm [4], provided the amount of considered events is large enough in statistical sense.



Fig. 1. Estimated tornado Risk Index for the State of Oklahoma

Within ongoing climate change scenario [5] one trying to do a long term risk forecasts faces a number of challenges, where concern about relevance of the historical data is one of the obvious ones, as frequencies and magnitudes of the extreme weather events, among other factors, generally depend on the rising sea surface temperature [6]

The ongoing greenhouse-gas induced climate change is generally expected to increase the intensity of heavy precipitation, with implications for flooding.Previously [9] the relative importance of different physical factors affecting vertical motions in different seasons and latitude zones was shown within a statistical study of one year simulation with an atmospheric model and generalized omega equation. Numerous studies have shown a relationship between precipitation and atmospheric vertical motions for both midlatitudes [7] and tropical regions [8].

Improving atmospheric gas parametrizations and increasing sea surface temperature by 1, 2, and 4 degrees in the initial modeling setup we perform statistical analysis of the atmospheric model output for 5, 10 and 15 simulation years which allows to estimate indexes of precipitation-related natural hazard risks for different seasons and regions within changing climate scenario.

References:

1. Dee, D, Uppala SM, Simmons AJ, Berrisford P, Poli P et. al. "The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system". Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 137(656), 553–597. DOI:10.1002/qj.828. (2011).
2. Ozel, G, Turkan S. “Neyman type A distribution for the natural disasters and related casualties in Turkey”. Journal of data science: JDS 13:533-550 (2015).
3. Edwards, R., LaDue J. G, Ferree J. T, Scharfenberg K, Maier C, Coulbourne W.L, "Tornado Intensity Estimation: Past, Present, and Future". Bull. Amer. Meteor. Soc. 94 (5): 641–53 (2013).
4. Metropolis, Nicholas; Rosenbluth, Arianna W, Rosenbluth, Marshall N, Teller, Augusta H, Teller, Edward. "Equation of State Calculations by Fast Computing Machines". The Journal of Chemical Physics. 21 (6) 1087–1092. (1953).
5. “IPCC Fifth assessment report. Intergovernmental Panel on Climate Change” (2014).
6. Holton, J. R, Hakim G. J. “An Introduction to Dynamical Meteorology.” 5th ed. Amsterdam: Academic Press. (2013).
7. Rose, B. E, Lin and C. A. "Precipitation from vertical motion: A statistical diagnostic scheme". Int. J. Climatol. 23(8), 903–919. DOI:10.1002/joc.919. (2003).
8. Back, L. E., Bretherton C.S. "A simple model of climato-logical rainfall and vertical motion patterns over the tropical oceans" J. Climate. 22(23), 6477–6497. DOI:10.1175/2009JCLI2393.1 (2009).
9. Stepanyuk, O. V., Räisänen J., Sinclair V., Järvinen H. «Factors affecting atmospheric vertical motions as analyzed with a Generalized Omega Equation and the OpenIFS model». Tellus A. Vol. 69, Issue 1 (2017).

КОНТРОЛ НА НЕОБРАТИМАТА ЕНЕРГИЯ, С ОГЛЕД НАМАЛЯВАНЕ НА ПАРНИКОВИЯ ЕФЕКТ, НА РАЗРУШЕНИЕТО НА ОЗОНОВИЯ СЛОЙ И НА ПОКАЧВАНЕТО НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА АТМОСФЕРАТА

Димитър Александров

Българско астронавтическо дружество, ЕТ Голдън Гейт, София
e-mail: deakhv@mail.bg

Ключови думи: *парников ефект, озонов слой, температура на атмосферата, необратима енергия, ексергиен КПД, Термодинамика на необратимите процеси, контрол на производствата*

Резюме: *В доклада е разгледано влиянието на необратимата енергия отделяна от всички видове производствени процеси на Земята, върху нарастването на парниковия ефект, разрушаването на озоновия слой и повишаване на температурата на атмосферата. Предложен е точен научен критерий за определяне на количеството отделена необратима енергия – Ексергийния КПД, спрямо който могат да се контролират различните видове производства по целия Свят.*

CONTROL OF NON-REVERSIBLE ENERGY, WITH REGARD TO REDUCTION OF THE GREENHOUSE EFFECT, DESTRUCTION OF THE OZONE LAYER AND THE INCREASE OF THE ATMOSPHERE TEMPERATURE

Dimitar Alexandrov

Bulgarian Astronautical Society, SP Golden Gate, Sofia
e-mail: deakhv@mail.bg

Keywords: *greenhouse effect, ozone layer, atmospheric temperature, irreversible energy, exergy efficiency, Thermodynamics of irreversible processes, production control*

Abstract: *The report examines the impact of irreversible energy released by all types of production processes on the Earth, on the growth of the greenhouse effect, the destruction of the ozone layer and rising atmospheric temperature. A proper scientific criterion is proposed to determine the amount of irreversible energy released - the Exergy Efficiency, according to which to control of different types of production around the World.*

Въведение

Контролирането на изменението на климата са ключови предизвикателства на 21-ви век. В центъра им стои въпросът с енергията, по-точно цялостното потребление на енергия. За да успее ограничаването на глобалното затопляне, навсякъде по света трябва спешно да започне да се използва енергията ефективно и пълноценно, като в същото време се даде предпочитание на чистите енергийни източници за целите на задвижване, затопляне, охлаждане, производства, както и на нови технологии.

Глобалният климат се променя и това води до все по-сериозни рискове за екосистемите, човешкото здраве и икономиката. Последната оценка на Европейската Агенция за Околна Среда сочи, че районите на Европа също вече изпитват въздействията на променящия се климат, включително повишаването на нивото на моретата и океаните, по-екстремните метеорологични условия, наводнения, суши, бури. Тези промени се дължат на големите количества парникови газове, отделяни в атмосферата в резултат на човешките дейности.

В световен мащаб използването на енергия е основната причина за образуването на емисии на парникови газове вследствие на тези дейности.

Употребата и производство на енергия оказват огромно въздействие върху климата, но обратният процес е от още по-голямо значение, тъй като измененията на климата могат да променят потенциала за производство на енергия и да се отразят на енергийните нужди на населението. По-високите температури увеличават нуждите ни от енергия за охлаждане през лятото, но разходите на енергия няма да се намалят чувствително през зимата. При централното отопление, ще се влага малко по-малко енергия при производството на по-нископотенциална топлина, но съоръженията няма да работят на номинална мощност, което от своя страна е загуба на КПД, а загубите от триене по трасето, за централно отопление, ще си останат същите, както ще си остане и необходимостта от транспортирането с електрически помпи. При твърдото гориво – ненужната топлина ще излита през комина и прозорците, защото печките ще продължават да горят, тъй като разликата от 1–2 °C външна температура няма да е достатъчно забележима, за да се преустановява отоплението. А съществено е влиянието на топлината и по-специално на необратимата енергия върху околната среда и атмосферата.

Световните усилия до момента за смекчаване на измененията на климата намират своята кулминация в Парижкото споразумение от 2015 г., където 195 държави приеха първата по рода си универсална и законообвързваща глобална договорка за климата. Целта е ограничаване на глобалното повишение на средната температура на атмосферата. Стремежът е, за сега, повишението на средната температура да е до 1.5 °C, от преди началото на индустриализацията (през 1850 г. е започнало отчитането на температурите на атмосферата) и до края на 21 век, което не може да бъде постигнато без фундаментална промяна на производството и потреблението на енергия в световен мащаб [9, 10].

ЕС прие обвързващи климатични и енергийни мерки с цел съкращаване на емисиите на парникови газове. По този въпрос най-голяма е отговорността на промишлеността и енергоснабдяването.

Парниковите газове навлизат в атмосферата не само защото са по-леки от въздуха, но и поради топлинната енергия в тях. Температурата на атмосферата се повишава вследствие на необратимата топлинна енергия излитаща в атмосферата.

Необратимата енергия, дължаща се на човешкото съществуване и дейност е в основата на образуването на парниковия ефект, на промяната на климата и разрушаването с все по-голяма скорост на нестабилния в химично отношение, но изключително важен за съществуването на живота на Земята озонов слой в стратосферата.

Теоретични предпоставки

Озоновият слой, защитаващ живота на Земята от убийствените ултравиолетови лъчи, намиращ се на границата на стратосферата и мезосферата на височина от 20 до 40 километра, при температури от -80 до -100 ^{0}C, се разрушава под въздействие на химични съединения – газове, като фреони, халони, разтворители и пестициди, [7,8,9,10], но и от затоплянето на нестабилния в химическо отношение озон. Топлината, която се издига в атмосферата е тази невъзвръщаема, необратима енергия, плод на човешката дейност. Газовете, макар и по-леки от въздуха, се издигат заедно с необратимата енергия, която се съдържа в тях.

Благоприятен е фактът в случая, че озоновият слой се възстановява (озоно-кислороден цикъл), пак под въздействието на ултравиолетовите лъчи, но от много години се отчита дисбаланс в този процес [9, 10].

За да се запази баланса между унищожението на озона и възстановяването му и дори да се постигне положителен баланс за възстановяване на загубите до сега; за намаляване на парниковия ефект, както и на покачването на температурата на атмосферата е необходимо не само ликвидиране на производството на вредните газове и използването им, но и съществено намаляване на излъчваната в атмосферата необратима енергия, на което искаме да обърнем внимание.

Докато производството и използването на газовете, подпомагащи създаването на вредния парников ефект, може да се проследява и контролира чрез Парижкото споразумение и други подобни договорености, както и чрез упражняване на контрол върху производствата, което е жизнено необходимо, така също в максимална степен е необходимо и контролирането на изпусканата в атмосферата невъзвръщаема необратима енергия, плод на човешката дейност, която все още не е възприето да се отчита, а тя е един от основните фактори за парниковият ефект, повишението на температурата и разрушаването на озоновия слой.

Благоприятен по отношение на контрола, обаче, е фактът, че благодарение на науката, на Термодинамиката на Необратимите Процеси [1], това количество необратима енергия може съвсем точно да се определи за всяка топлинна и механична дейност при различните видове производства [5]. Тази възможност позволява да се оцени ефективността на всеки един

производствен процес от гледна точка на количеството на вредната необратима енергия.

Коефициентите на полезно действие (КПД) на производствата, които се използват от много години, са потребителски и непригодни за тази цел. Те отчитат само икономически показатели - вложени и получени икономически средства. Тези КПД не отчитат влиянието на производствата върху околната среда и не е възможно да се направи точна екологична оценка на процесите. Съществува, обаче, един съвсем точен показател на всички топлинни и механични производства за оценка на необратимата енергия. Това е Ексергийният КПД, отчитащ вложената и използваната при производствата енергия, както и нейните загуби.

Теория на метода

В доклада не е възможно да се дадат задълбочени аналитични и графични изчисления, тъй като те се различават за различните видове процеси и производства и термодинамиците знаят как да бъдат изведени за всеки процес, а ще се представят чисто практични изводи за действия.

Ексергията е полезният работен потенциал на дадено количество енергия в дадено състояние [2,4]. Ексергията е възможно най-голямата работа, която може да се получи от една система, когато тя извършва обратим процес от дадено състояние до състояние на пълно термодинамично равновесие с околната среда - Адиабатен процес [1,6]. В действителност няма такива идеални процеси, поради наличието на загуби.

Загубите във всяка отделна система се дължат на необратимостта на извършвания процес. Колкото тази необратимост е по-голяма, толкова по-големи са вътрешните загуби на ексергия и толкова по-малка ще бъде получената полезна външна работа, т.е. ексергията е функция, както на състоянието на дадена система, така и на състоянието на околната среда [1,2]. Поради тази причина, независимо че съществуват много системи, които могат да отдават енергия – едни от техническа и термодинамична гледна точка са пригодни, а други – не. Това е известно на специалистите по термодинамика и няма съмнение по въпроса, че съществува необратима енергия, доказано отдавна в науката чрез втория принцип на термодинамиката, т.е. не съществуват 100% обратими, адиабатни процеси [1,3,5].

Идеята в доклада е да се посочи, че трябва да се наложи използването на единен критерий за производствата по отношение на отделянето на необратима енергия. Това е Ексергийният КПД. Той може да се изчисли за всички видове производства при всички процеси от началото до края им [4]. Така ще се определи кои от тях са достатъчно добри за околната среда, кои трябва да се подобрят, кои – да се забранят. Това няма да се понрави на някои собственици на производства и монополи, както и на някои научни работници, които ще продължават да твърдят, че тези три отрицателни явления: парниковия ефект, повишаването на температурата на атмосферата и разрушаването на озоновия слой, са плод на неоправдания страх на хората за бъдещето им и поради комерсиализация. Позволявам си да твърдя, че плод на комерсиализация е деструктивното задържане на едно и също ниво на вредните за околната среда производства.

Как се изчислява Ексергийният КПД?

Ексергийният КПД се изчислява с помощта на детайлен ексергиен анализ на всяко производство. Той разкрива природата на необратимостта, на основата на Първи и Втори Принцип на Термодинамиката. При този анализ се проучва и установява загубата на пригодна енергия. Ексергията, именно, е тази част от енергията, способна да се преобразува. Загубите на енергия при преобразуването й са ексергийните загуби.

Термодинамичният анализ може да се проведе по два начина [1,3] :

1. Чрез изчисление на потоците ексергия, изменението на които позволява да се съди за степента на необратимост на реалните процеси. Използват се ексергийни функции и диаграми.

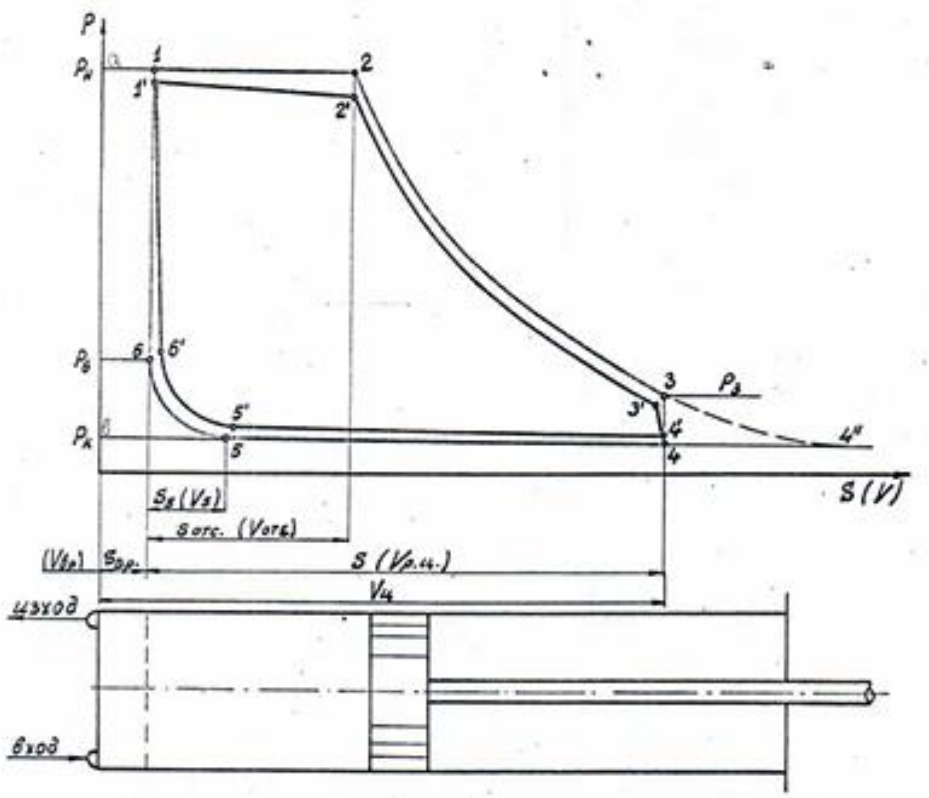
2. Чрез изчисление на ексергийните загуби, които също характеризират степента на отклонение на реалните процеси от обратимите.

За целта се съставят теоретични и работни диаграми за всеки процес на производството, чрез които графично и аналитично се изчисляват потоците ексергия и ексергийните загуби.

Загубите, в зависимост от разглеждане на работния процес могат да бъдат различни:

- от дроселиране;
- от вредно пространство в буталните машини;
- от хидравлични съпротивления;
- от триене, от топлообмен, от кондензация, от изходящите продукти, от изпарение и др.

Като пример, на Фиг. 1 са представени диаграми „P-V” (налягане – обем), чрез които може да се направи ексергиен анализ на бутални разширителни машини (детандри), произвеждащи нискотемпературен студ [4].



Фиг. 1. Диаграма „P-V” (налягане – обем) на бутална разширителна машина, чрез която може да се определи Ексергийния КПД (Пример)

На диаграмата са дадени процесите в буталната машина: идеален (а,2,3,4,в*)* (адиабатен процес) и реален (1^I,2^I,3^I,4^I). Разликата в площите отчита загубите от вредното пространство в цилиндъра, непълно разширение, триене, дроселиране в клапаните, вътрешен и външен топлообмен, използването на реален газ.

Реалният цикъл се пренася и изразява в работна индикаторна „T-S” диаграма (температура – енталпия), по която се изчисляват графично и аналитично всички загуби.

По подобен начин може да се направи ексергиен баланс и на други бутални машини – бутални двигатели, бутални компресори и др.

Подходът е специфичен за всеки отделен вид производствени машини и съоръжения.

На базата на термодинамичния анализ се съставя ексергиен баланс, от който се определя загубата на ексергия (D), [4] :

(1) $$D = \sum E^I - \left(\sum E^{II} + \Delta E\right), \text{ kJ},$$

където:

$\sum E^I$ – ексергия, подведена към системата,

$\sum E^{II}$ – ексергия, отведена от системата,

ΔE – нарастване на ексергията на системата.

Най-общо Ексергийният КПД (η_e) на всяко производство се определя от :

(2) $$\eta_e = \frac{\sum E_{еф.}}{\sum E_{разх.}} = \frac{\sum E_{разх.} - \sum D}{\sum E_{разх.}},$$

където:

$\sum E_{еф.}$ – ефективно използвана ексергия,

$\sum E_{разх.}$ – изразходвана ексергия,

$\sum D$ – загуби или необратима енергия.

Ексергийният метод за топлинен разчет на дадена топлинно-механична система отчита напълно загубите от необратимост в нея. Чрез метода на ексергийно изчисление на дадена система може да се разбере кои са източниците на ексергийни загуби и стойностите им. Това познание дава възможност за насока към усъвършенстване на конструкцията с оглед намаляване, първо, на най-голямата загуба.

Краткото теоретично обяснение показва, че за изчисляване на необратимата енергия – ексергийната загуба, чийто единен показател е Ексергийният КПД, е необходим задълбочен термодинамичен анализ на всяко производство и човешка дейност. Аналитичните и графични изчисления са строго специфични. След определяне направлението на анализа на всяко производство, аналитичните и графични методи ще могат да се обобщават и електронизират в компютърни програми. Този процес по своята същност е многопосочен и обемист, изискващ участието на специалисти със специфични познания в различните производствени дейности и не само.

Затова се налага извода, че за решаването на тази сложна задача е необходимо да се създаде институт с международна подкрепа и конвенции, където да работят специалисти от различни области: термодинамици, физици, еколози, метеоролози, климатолози, инженери, химици, IT специалисти и всички, които могат да спомогнат за изчисляването на Ексергийният КПД на всяка система от дадено производство.

Трябва да бъде определена и степен на критерия за достатъчен Ексергиен КПД, при който ще се одобряват, оценяват, разрешават производства или ще се дават предписания.

Този институт трябва да се превърне в международна световна законова институция. Допустимият Ексергиен КПД трябва да е съобразен със скоростта на възстановяване на озона в озоновият слой, която е известна, както и с влиянието на топлината върху парниковия ефект, водеща до повишението на температурата на атмосферата, както и с техническите възможности, на самите производства.

Този институт ще е необходимо да се утвърди със световна конвенция по въпроса за запазване на озоновия слой, намаляване на парниковия ефект и покачването на температурата на атмосферата, до степен да стане единствено меродавна институция в издаването на сертификати за различните видове производства.

Заключение

По този начин, чрез контролиране и намаляване на излъчваната необратима вредна енергия и използването на Ексергийния КПД като единен показател на оценка на процесите, постепенно ще се намалят и премахнат производствата, генериращи повече необратима енергия от научно изчислената и разрешената за дадения период, като се предполага, че ще се създадат етапи на действие.

Използването на точен критерий за оценка на производствата ще доведе до внедряване на някои от „замразените” и скрити някъде нови технологии, както и откриването на още по-нови, по-чисти и по-екологични.

Необходимо е да се ангажира вниманието на научните институти и академии по Света, които застъпват направлението за опазване на околната среда и атмосферата и провеждат изследвания за запазване на озоновия слой, намаляване на парниковия ефект и намаляване на повишаването на температурата на атмосферата.

Време е да се работи усилено за промяна на отношението към земните жизнено необходими дадености и запазването им за бъдещето и това да стане неотменима човешка цел.

Важно е Човечеството навреме да предприеме действия за въвеждане на необходимите мерки за защита на единствената си Земя и въздуха, жизнено необходими за

негово величество Живота, което със сигурност ще ги запази за по-дълъг период от време, въпреки консервативния скептицизъм в това отношение. Считам, че всяко световно съглашение и разбирателство по отношение на екологията, независимо от конкретното направление, е крачка напред в опазване на Земята и живота на планетата.

Литература:

1. Де Гроот, С., Термодинамика необратимых процессов , ГИТТЛ, Москва, 1956 г.
2. Шаргут, Я., Петел Р., Ексергия , Москва, 1968 г.
3. Бродянский, В.М., Ексергетический метод термодинамического анализа, Москва,1973 г.
4. Александров, Д., Разработка на ексергиен метод за изчисление на разширителни машини / детандри/, Сборник Научни Разработки, ВМЕИ, София, 1977 г.
5. Гуров, К. П., Феноменологическая термодинамика необратимых процессов, Издательство „Наука", Москва, 1978 г.
6. Попов, В., Термодинамика и статистическа физика, Издателство „Св. Климент Охридски", София, 2010 г.
7. ИАОС, Национална инвентаризация на парникови газове за 2009 г.
8. Manney, G. L., M. L. Santee, N. S. Zinoviev, Unprecedented Arctic ozone loss in 2011, *Nature* 478, pages 469–475(2011), 02.10.2011
9. Парижко споразумение относно изменението на климата, Париж, 12.12.2015 г.
10. Решение (ЕС) 2016/1841 на Съвета от 05.10.2016 г.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФИЗИЧНИ И ХИМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА КОМПОСТ ОТ СТАТИЧЕН БИОРЕАКТОР

Екатерина Серафимова[1], Вилма Петкова[2]

[1]Химикотехнологичен и металургичен университет – София
[2]Институт по минералогия и кристалография „Акад. Ив. Костов“ – Българска академия на науките
e-mail: ekaterina_sr@uctm.edu

Ключови думи: *компостиране, органични битови отпадъци*

Резюме: *Компостирането е един от най-ефективните начини за предотвратяване на третиране на органичните битови отпадъци. Това е процес, при който органичните вещества се разграждат и се превръщат в хумусен материал, наречен компост. Чрез него се предотвратява образуването на парникови газове в атмосферата. Той води до намаляване разходите за депониране и до произвеждане на полезен продукт – компост. Това е най-добрият начин за управление и рециклиране на органични отпадъци. В резултат се осъществява кръговрат, чиято цикличност спомага за правилното и непрекъснато функциониране на живите организми.*

В обхвата на настоящата работа се изследват възможностите за домашно компостиране. Целта на работата е: 1. да се разработи технология за домашно компостиране в статичен биореактор; 2. да бъдат охарактеризирани физичните и химичните характеристики на получения компост. На база на резултатите от изследванията може да се твърди, че новият продукт е подходящ за: - прилагане при типове почви с неутрална до слабо алкална реакция; - за разсадопроизводство (при обогатяване с макроелементи); - за отглеждане на растения в саксии и др.

Използването на посочените растителни био-отпадъци в качеството им на вторичен суровинен ресурс за производството на продукт с потенциално приложение в селското стопанство следва да се оценява и в светлината на все по-големия дефицит на суровини. Резултатите от работата доказват и възможността за постигане на по-висока устойчивост в този сектор на селскостопанското производство, което съответства и за постигане на целите на кръговата икономика

INVESTIGATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF COMPOST BY STATIC BIOREACTOR

Ekaterina Serafimova[1], Vilma Petkova[2]

[1]University of Chemical Technology and Metallurgy – Sofia
[2]Institute of Mineralogy and Crystallography “Acad. I. Kostov” – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ekaterina_sr@uctm.edu

Keywords: *composting, organic household waste*

Abstract: *Composting is one of the most effective ways to prevent the treatment of organic household waste. This is a process in which organic matter is broken down and turned into a humus material called compost. It prevents the formation of greenhouse gases in the atmosphere. It leads to a reduction in disposal costs and to the production of a useful product - compost. This is the best way to manage and recycle organic waste. As a result, a cycle takes place, the cyclicity of which contributes to the proper and continuous functioning of living organisms.*

In the scope of the present work the possibilities for home composting are investigated. The aim of the work is: 1. to develop technology for home composting in a static bioreactor; 2. to characterize the physical and chemical characteristics of the obtained compost. Based on the results of the research it can be stated that the new product is suitable for: - application in soil types with neutral to slightly alkaline reaction; - for seedling production (for enrichment with macronutrients); - for growing plants in pots, etc.

The use of these plant bio-wastes as a secondary raw material resource for the production of a product with potential application in agriculture should also be assessed in the light of the growing shortage of raw materials. The results of the work also prove the possibility for achieving higher sustainability in this sector of agricultural production, which corresponds to achieving the goals of the circular economy.

Въведение

В околната среда огромното разнообразие от растителни и животински видове съществува от векове. Това е една самоподдържаща се система – без добавяне на синтетични минерални торове за подхранване на растенията и без ненужни отпадъци. Тя се поддържа от милиони бактерии, гъби и насекоми, които усвояват и се хранят с растителни и животински отпадъци. Те ги преработват в продукт, който може да бъде използван отново за растежа на растенията [1].

В резултат се получава кръговрат, чиято цикличност спомага за правилното и непрекъснато функциониране на жизнените процеси в живите организми.

В съвременния свят на индустриализация и свръхикономически растеж, количеството на отпадъците (битови, строителни, органични, както и различните емисии в атмосферата),придобива застрашителни размери и се превръща в сериозна заплаха за биологичното равновесие, респективно и за човека. Потреблението на химически торове и препарати непрекъснато нараства, като ефектът им е разрушителен за околната среда [6].

Един от най-подходящите и икономични методи за третиране на биоразградими отпадъци е компостирането. Чрез него се предотвратява образуването на парникови газове в атмосферата. Той води до намаляване разходите за депониране и произвеждане на полезен продукт – компост.

В процеса на компостиране и анаеробно третиране на разделно събраните битови отпадъци се получават компост, мулч и други почвени подобрители с приложение в земеделието, цветарството, пътното строителство, рекултивацията и др. В случай, че не се оползотворят, те се превръщат в „стабилизиран отпадък", който в крайна сметка се депонира. За да не се допусне въвеждане на такава практика, е необходимо организиране и функциониране на пазар за произведените почвени подобрители в зависимост от вида и качеството им. Едно от условията за създаване на такъв пазар е определяне на критерии за качество и стандартизиране на произведените почвени подобрители. Тъй като в България използването на компост и др. почвени подобрители не е широко разпространена практика, тези продукти трябва да се популяризират сред потенциалните потребители [1-7].

Въпреки, че в много държави в Европа съществуват стандарти за качеството на компоста, те се различават съществено поради различия в политиките в областта на почвите. В момента няма всеобхватно законодателство на Европейския съюз. Обикновено, компост за използване в земеделието, се продава на символична цена (напр. 1 евро/тон), като цената може да включва дори транспорт и разстилане. Добре рекламираният компост с признато качество в някои страни от ЕС може да достигне до 14 евро/тон.

Специфични условия в България

Количеството на биоразградимите отпадъци, генерирани в населените места, както и приложимостта на възможности за тяхното намаляване, зависят от големината и функционалния тип на населеното място. В рамките на дадено населено място се среща различен тип жилищно застрояване – високи блокове и еднофамилни къщи, с или без прилежащи дворове. Докато в селата преобладават еднофамилните къщи, със сравнително големи дворове (над 600 m^2), то в градовете има два основни типа жилищно застрояване, където количеството и качеството на събраните биоразградими отпадъци е различно – квартали с високо етажно строителство, към които се отнася и централна градска част и квартали (главно в предградията), където преобладават еднофамилните къщи с дворове до 600 m^2 [1].

Домашното компостиране е една от предпочитаните мерки, включени в общинските програми за управление на дейностите по отпадъците. По принцип, техническите предимства от използване на пластмасови компостери са от по – малко значение, в сравнение с мотивиращия ефект от признанието от страна на местните власти за усилията на хората да минимизират отпадъците си.

Обхващането на все по-голям брой семейства в системи за домашно компостиране е възможно чрез постоянно информиране на населението за възможностите за оползотворяване на биоразградимите отпадъци и предоставяне на контейнери за компостиране на семействата, които желаят да компостират биоразградимите си отпадъци. При липса на средства, такива контейнери могат да бъдат изработени и от самите стопани.

За отчитане на ефекта от тази мярка е необходимо предоставянето на компостери на отделните домакинства да бъде обвързано с изискване за своевременно представяне на информация от общините за постигнатите нива на население на биоразградимите отпадъци, постъпващи за депониране [8].

Възможностите за оползотворяване на произведения компост, когато той е добре узрял и в него няма химични и механични замърсявания, са много разнообразни, в това число [1–8]:

• Рекултивация – на тревни площи около уличните платна, нарушени терени от мината дейност и от стари промишлени зони, заблатени места и др.

• Земеделие – биологично и конвенционално, овощни градини и лозя, фуражни култури и житни култури. За повишаване на почвеното плодородие, намаляване на изискванията за напояване, намаляване влагането на изкуствени торове и подобряване структурата на почвата.

• Смески за саксии и за зеленчукови градини – съществуват множество различни смески за повишаване плодородните качества, органичната материя, pH на почвата и други нейни компоненти.

• Разсадници/горски култури – за производството на коледни дръвчета и др. бързо – растящи култури. Компостът може да поддържа почвеното плодородие и замества материала, който се губи при изкореняване на растенията.

• Оранжерии – в оранжериите е необходимо използване на компост с постоянно качество, особено за чувствителните млади растения. Компостът може да се използва за намаляване на нуждите от напояване, увеличава растежа и устойчивостта на кореновата система на растенията и осигурява предпазване от някои видове заболявания.

• Тревни площи – спортни игрища, обществени паркове за формирането на здрава коренова система и повишаване устойчивостта на засушаване и подобрява оттичането на водите. Фино пресетият компост се използва за покриване на тревната площ с цел подхранване и аериране.

• Възстановителни работи при строителни обекти – тревните площи около уличните платна, озеленявае след строежи. Компостът участва в контрола на ерозията и бързото създаване на нова растителна покривка. Компост, използван за мулч, подпомага задържането на почвената влага и потиска растежа на плевели.

• Запръстяване на депа – при ежедневно запръстяване компостът има биофилтриращ ефект и намалява отделянето на неприятно миришещи газове и метан. Компост, включен в състава на горния изолиращ екран, ускорява появата на нова растителност и предотвратява вятърната и водната ерозия.

• Биофилтри – производства, които се нуждаят от пречистване на въздуха, могат да използват биофилтър, конструиран с активен компост, което в много случаи е ефективно, ниско-технологично и сравнително евтино решение.

• Голф игрища – за отглеждане на здрав тревен чим и намаляване нуждата от напояване и подобряване поносимостта на тревата към засушаване.[8]

На база гореизложеното може да се каже, че добре балансираният компост е с доказани свойства на подобрител на почвата. Ако редовно се добавя компост, почвата в градината става по-проветрива, по-лесно се отцежда и съдържа подобрен хранителен резерв, от който растенията могат да черпят.

Подобрената почва създава по-малко проблеми с насекоми или болести. Компостът е хранителна среда на многобройни полезни почвени микроорганизми, които контролират вредните микроорганизми. Той подпомага отглеждането на здрави и устойчиви на вредители растения.

Традиционното разбиране за ефекта на отпадъчните компоненти върху околната среда се основават на представата, че органичните отпадъци нямат отрицателен ефект върху околната среда, тъй като те са “естествени” и биоразградими (докато “изкуствените” продукти, като пластмасата, често се считат за по-опасни на депото). Често се пренебрегва негативния ефект на биоразградимата фракция в депото: образуване на инфилтрат, мобилизиране на тежките метали от органичните киселини, отделянето на метан и свързаната с това глобална промяна в климата. Като се има предвид факта, че днес около 1/3 от депата в България са заети с органични отпадъци от паркове, дворове, градини, кухни – точно материали, подходящи за компостиране, на този вид дейност трябва да се гледа като на ефективен метод за редуциране количеството на постъпващите за депониране отпадъци, паралелно с това произвеждания компост с всичките му екологични предимства да бъде въведен като компонент в системата за устойчиво екоземеделие [1–6, 8].

Днес превръщането на органичните отпадъци в полезна суровина се развива бързо в Европа и САЩ. Колкото по-скъпо става депонирането на отпадъците и хората стават по-загрижени за околна среда, толкова по-бързо се разпространява компостирането, особено в домашни условия.

В обхвата на настоящата работа се цели да се изследват възможностите за домашно компостиране. Да се внедри технология за домашно компостиране в биореактор – статичен. Да бъдат охарактеризирани физичните и химичните характеристики на компоста.

Теория на метода

В научните среди се използват различни термини за обозначаване на съоръженията за компостиране, като например силоз (статичните конструкции) и бавно въртящи барабани или ротационни (въртящи конструкции). В настоящото изследване понятието биореактор ще касае съоръжението, което се изгражда за домашно компостиране като се изхожда от дефиницията за биореактор, която гласи следното: „може да касае всяко едно изработено съоръжение или система, която поддържа биологично активна среда. От една страна, биореакторът е съд, в който текат химически процеси, които съставляват организми или извлечените от тях активни субстации, по биохимичен път. Тези процеси могат да бъдат или аеробни или анаеробни. Обикновено такъв тип биореактори са цилиндрични, с различен обем от литри до кубични метри, и често са изработени от неръждаема стомана."

Тестът на процеса компостиране се извърши в един статичен биореактор за градина от 50 m^2, намираща се на територията на еднофамилна къща в град Сухиндол. Конструирането на статичния биорекатор е според Ръководство за домашно компостиране на МОСВ [1]. Според което, е поставена инсталацията на сенчесто място в двора.

Построяване на домашен биореактор

За конструирането на статичния биореактор основна причина бе лесен, удобен и евтин модел за инсталация, който може лесно да бъде приложен във всеки дом, като бъдат направени подобрения в съда за компостиране с цел улесняване и ускоряване на процеса на компостиране. А именно дупки за аерация.

В железният съд са пробити дупки за по-добра аерация. Диаметърът на отворите е около 5 cm. Съдът има и капак.

Размери на съда
Височина на съда – 1 m
Диаметър на съда – 40/40 cm
Размер на дупки – 5 cm
Брой на дупки – 40 броя

Избор на растителна маса и пробоподготовка. Хомогенизиране и смесване на входящите материали

Една от основните цели за използване на свежи входящи материали за компостиране е да се постигнат максималните възможни нива на влага и в същото време материалът да не се сбива, така че да протичат процесите възможно най- добре. Идеята е да се постигнат оптимални условия на разграждане, без допълнително обръщане, поливане или всяко друго третиране на материала.

За да се постигне оптимизиране на микробиологичната трансформация, трябва да бъдат установени следните фактори:

• Наличие на свободна вода – съоръжението е разположено на открито;

• Достатъчно и равномерно разпределение на престо пространтсво, за продължително аериране и обмен на газовете – при зареждане на съда материалът няма да бъда подложен на натиск и ще бъдат направени допълнителни отвори по целия обем на съда;

• Добре балансирано съотношение въглерод/азот – ще бъде спазвано съотношението съгласно „Ръководство за домашно компостиране на МОСВ"[1].

От първостепенно значение е, микробиологично достъпните източници на въглерод и азот, да са осигурени в добре балансирани съотношение. Целта е да се предотвратят:

• Прекомерни емисии на амоняк, причинени от излишъкът на достъпни източници на азот;

• Инхибиране на разграждането и образуването на хумус, поради липса на налични източници на азот

Съгласно [1] и наличните в градината материали, при залагане на опитната постановка са използвани следните материали:

Стърготини – 10 cm
Стъбла от пипер – 10 cm
Стъбла от краставици – 10 cm
Стъбла от картофи – 10 cm
Стърготини – 10 cm
Стъбла от домати – 10 cm
Стъбла от зелен боб – 10 cm

Измерване на pH по време на компостирането

Изследванията са извършени за период от 6 месеца, като е измервана температурата и pH всяка седмица. Сравнявайки стойностите на pH за първоначалните етапи на разлагане и стойностите на pH впоследствие се наблюдава рязко понижение на pH в рамките на първите седмици, което се дължи на образуването на кисели органични съединения с ниско съдържание на молекулно тегло като летливи мастни киселини и CO_2. След няколко седмици се забелязва увеличение на pH, дължащо се на елиминиране на киселинни съединения и разлагането на протеини, пептиди и аминокиселини.

Разграждането през целия период се е извършвало при ниво на pH между 5 и 7, което се смята за ефективен процес, тъй като ако стойностите на pH са много високи, азотът се извежда във вид на амоняк и получения компост няма да има добри торови качества.

Химичен анализ – ICP анализ

За определяне качествения и количествен състав на изследваната проба е използван ICP анализ. Анализът се базира на атомната спектроскопия като аналитичната техника, която използва оптичната емисионна спектрометрия (OES). Използваният атомно-емисионен анализ извършва количествен анализ на следи на повече от 70 елемента (алкални, алкалоземни, преходни, редкоземни, и някои неметали) в разтвори. Апаратурата е HighDispersion ICP-OES Prodigy на компанията TeledyneLeemanLabs, САЩ.

Получените резултати от анализите на пробата – влажност, pH, химичен анализ - са представени в табличен вид (табл.1) като са сравнени с пределно допустимата концентрация по Наредба №3/01.08.2008 [7] за допустимото съдържание на вредни вещества в почвите.

Таблица 1. Резултати от изпитването на компост

Показател	**Мерна единица**	**Стойност**	**НПК за тежки метали и металоиди в почвите, mg/kg суха почва**
Влага	%	7.31	-
Сухо вещество	%	92.69	-
pH /H_2O/	pH	6.776	-
Общи количества минерални елементи (с. в.)			
Калий/K	$mg.kg^{-1}$	190.5±0.004	-
Натрий/Na	$mg.kg^{-1}$	18.5±0.04	-
Калций/Ca	$mg.kg^{-1}$	507.1±0.6	-
Магнезий/Mg	$mg.kg^{-1}$	55.0±0.03	-
Фосфор/P	$mg.kg^{-1}$	19.9±0.02	-
Общи количества метали (с. в.)			
Арсен/ As	$mg.kg^{-1}$	<0.010	10
Сяра/S	$mg.kg^{-1}$	11.09±0.14	-
Калай/Sn	$mg.kg^{-1}$	<0.010	-
Берилий/Be	$mg.kg^{-1}$	<0.005	-
Стронций/Sr	$mg.kg^{-1}$	2.280±0.003	-
Барий/Ba	$mg.kg^{-1}$	0.955±0.002	-
Ванадий/V	$mg.kg^{-1}$	<0.005	-
Хром/Cr	$mg.kg^{-1}$	0.017±0.001	65
Кадмий/Cd	$mg.kg^{-1}$	<0.005	0.4
Манган/Mn	$mg.kg^{-1}$	2.239±0.003	-
Желязо/Fe	$mg.kg^{-1}$	42.31±0.02	-
Кобалт/Co	$mg.kg^{-1}$	0.005±0.000	20
Никел/Ni	$mg.kg^{-1}$	0.047±0.002	46

Мед/Cu	$mg.kg^{-1}$	0.427±0.003	34
Цинк/Zn	$mg.kg^{-1}$	1.212±0.003	88
Молибден/Mo	$mg.kg^{-1}$	<0.010	-
Волфрам/W	$mg.kg^{-1}$	<0.010	-
Силиций/Si	$mg.kg^{-1}$	1.345±0.004	-
Арсен/As	$mg.kg^{-1}$	<0.010	10
Бисмут/Bi	$mg.kg^{-1}$	<0.010	-
Олово/Pb	$mg.kg^{-1}$	0.127±0.003	26
Антимон/Sb	$mg.kg^{-1}$	<0.010	-
Селен/Se	$mg.kg^{-1}$	<0.010	-
Живак/Hg	$mg.kg^{-1}$	<0.010	0.03

Сравнението е направено с нормите за предохранителни концентрации за тежки метали и металоиди в почвите (определени като общо съдържание в mg/kg суха почва при екстракция с aquaregia), заложени в Наредба № 3 от 1 август 2008 г. за нормите за допустимо съдържание на вредни вещества в почвите, Приложение № 1 към чл. 3 [7]. За настоящата дипломна работа са използвани нормите за стандартна почва с pH≤ 6.

Съдържанието на калций в растенията е твърде различно, но независимо от голямото му вариране при отделните растителни видове то е достатъчно за класифицирането на калция в групата на макроелементите. Общото съдържание на калция е по-високо при бобовите култури, бобовите треви в ливадите и пасищата. Именно заради това са използвани при залагането на опита листа и клони от зелен боб. Калцият притежава важна физиологична и биохимична функция (делене на клетките, фотосинтеза, колоидите, забавя стареенето на растенията, има антитоксично действие спрямо Cu, Fe, Zn, Mg, Sr и Al). Използва се при варуване на кисели почви за неутрализация на вредната киселинност, а при наличие на хумус способства създаването на агрономически ценната зърнена структура. Съдържанието му в компоста е достатъчно за извършване на тези функции, когато бива приложен в двор за отглеждане на култури за собствени нужди.

Калият притежава съществена роля в синтеза на аминокиселини и протеини; специфичен активатор е на над 40 фермента; обуславя общата адаптивност и специфична устойчивост спрямо фитопатогени, ниски температури и слаба осветеност; подпомага усвояването на азот от растенията Узрелият компост съдържа К в количество достатъчно, че да се използва директно за разсад, саксии и пр. както и да се внася в повърхностния почвен слой.

Магнезият от своя страна играе ключова роля при фотосинтезата на растенията и каталитичните процеси (активатор на ензими). Съдържанието на магнезий в пробите от компост е в добро съотношение и може да се прилага за подхранване на растенията. При установеното съдържание може да се използва директно за разсад, саксии и пр., както и да се внася в повърхностния почвен слой. Употребата му би подобрила почвените запаси на магнезий, както и растежа и развитието на отглежданите растения

Микроелементите играят важна роля при цъфтежа и плодоносенето на растенията (B), стимулират процесите на адаптация на растенията към стресови фактори на средата (Mo, Co, Cu), участват в състава на ферменти (Mn, Zn, Cu), стимулират дишането (Zn), повишават студоустойчивостта, зимоустойчивостта(Cu, Zn), както и соленоустойчивостта на растенията (B, Zn).

Заключение

Съгласно проведените анализи може да се изведат следните изводи:

• Разграждането през целия период се е извършвало при ниво на pH между 5 и 7, което се смята за ефективен процес, тъй като ако стойностите на pH са много високи, азотът се извежда във вид на амоняк и получения компост няма да има добри качества

• Основна характеристика на компоста е неговата ниска разтворимост и много ниско съдържание на подвижни форми на тежки метали. Установени са значителни количества на хранителни елементи. Не са установени превишаване на пределно допустимите концентрации. Макроелементите биха въздействали положително на агроекосистемата почва-растения. Микроелементите са в концентрации, благоприятни за растежа и развитието на растенията.

Тежките метали са в концентрации, благоприятстващи устойчивото развитие на агроекосистемите.

• Превръщането на посочените растителни отпадъци в суровинен ресурс за производството на продукт с положителен ефект в селското стопанство, следва да се оценява от гледна точка на все по-големия дефицит на суровинни ресурси и възможността за постигане на по-висока устойчивост в този сектор на селскостопанското производство, както и за постигане на целите на кръговата икономика.

Литература:

1. МОСВ, „Ръководство за домашно компостиране“, 2010 г.
2. Влахов, С., Микробиологични методи за пречистване на околната среда, София, 2003г
3. МОСВ, Национален стратегически план за поетапно намаляване на количествата на биоразградимите отпадъци, предназначени за депониране, 2009 г.
4. Василев, Д., Ст. Стоянова, Изграждане на съоръжение за компостиране на биоотпадъци в община Севлиево International Scientific Conference, 16-17 November 2018,
5. Todorova, S., Composting Organic Waste Using a Bacterial Supplement, http://conf.uniruse.bg/bg/docs/cp13/10.2/10.2-46.pdf
6. Pelovski, Y., I. Dombalov E. Todorova, V. Kiosseva, E. Sokolovski, P. Petrov, G. Kazaldzhiev, Methods for Treatment and Utilization of Solid Waste, BENCEE, 2007.
7. Наредба № 3 от 1 август 2008 г. за нормите за допустимо съдържание на вредни вещества в почвите в сила от 12.08.2008 г., издадена от Министерството на околната среда и водите, Министерството на здравеопазването и Министерството на земеделието и храните, Обн. ДВ. бр.71 от 12 Август 2008 г.
8. https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/file/Waste/Biowaste/biowaste_strategy_2010.pdf

СПЕКТРОМЕТРИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТЕЖКИ МЕТАЛИ В БИООРГАНИЧЕН ПРОДУКТ С ОЦЕНКА НА ЗДРАВНИЯ РИСК

Екатерина Серафимова[1], Вилма Петкова[2]

[1]Химикотехнологичен и металургичен университет – София
[2]Институт по минералогия и кристалография „Акад. Ив. Костов“ – Българска академия на науките
e-mail: ekaterina_sr@uctm.edu

Ключови думи: *тежки метали, козметичен продукт, здравен риск*

Резюме: *Замърсяването на околната среда с тежки метали оказва вредно влияние върху здравето на човека. То води до сериозни неблагоприятни ефекти и е основна причина за болести, генетични малформации и смърт. Целта на настоящата работа е изследване потенциалното присъствие на тежки метали в козметичен продукт и оценка на здравния риск за хората.*

Превенцията при борбата с интоксикация с тежки метали може единствено да се реализира чрез строг контрол на съдържанието им във всички потенциални източници. Тези източници могат да бъдат разделени на четири основни групи: въздух; вода - питейна и промишлена; храна и предмети, влизащи в контакт с храни.

Нормативната база и стандарти налагат ясни и подробни правила, които се отнасят до всеки предлаган продукт на пазара и са свързани със защитата на човешкото здраве. В тази връзка законово е въведено задължително обозначаването на състава на козметичния продукт, защото е от изключителна важност какво съдържа и дали е възможна проява на нежелан ефект от някоя съставка.

Чрез атомната спектрометрия с индуктивна свързана плазма са изследвани козметични продукти „сенки за очи“. Във всички образци на сенки са открити живак, ванадий, молибден и арсен с концентрация <0,010 mg/l.

Оловото с концентрация <0,010 mg/l е над допустимата норма <0,005 mg/l и това може да доведе нежелана реакция на кожата.

Никелът е в концентрации от <0,010 до 0,067 ± 0,003mg/l, която е най-висока и отчетена в продукт „USHAS4“. При по-високи концентрации от отчетените са възможни прояви на кожен дерматит.

SPECTROMETRIC INVESTIGATION OF HEAVY METALS IN A BIOORGANIC PRODUCT WITH HEALTH RISK ASSESSMEN

Ekaterina Serafimova[1], Vilma Petkova[2]

[1]University of Chemical Technology and Metallurgy – Sofia
[2]Institute of Mineralogy and Crystallography “Acad. I. Kostov” – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ekaterina_sr@uctm.edu

Keywords: *heavy metals, cosmetic product, health risk*

Abstract: *Pollution of the environment with heavy metals has a detrimental effect on human health. It leads to serious adverse effects and is a major cause of disease, genetic malformations and death. The aim of the present work is to study the potential presence of heavy metals in a cosmetic product and the health risk for humans.*

Prevention in the fight against heavy metal intoxication can only be achieved through strict control of their content in all potential sources. These sources can be divided into four main groups: air; water - drinking and industrial; food and objects in contact with food.

The normative base and standards impose clear and detailed rules, which apply to every product offered on the market and are related to the protection of human health. In this regard, it is legally introduced to indicate the composition of the cosmetic product, because it is extremely important what it contains and whether it is possible to show an adverse effect of any ingredient.

Cosmetic products "eye shadows" were studied by inductive coupled plasma atomic spectrometry. Mercury, vanadium, molybdenum and arsenic were found in all shades with a concentration <0.010 mg / l.

Lead with a concentration <0.010 mg / l is above the permissible norm <0.005 mg / l and this can cause an adverse skin reaction.

Nickel is present in concentrations of <0.010 to 0.067 ± 0.003 mg / l, which is the highest reported in USHAS4. At higher concentrations than reported, manifestations of skin dermatitis are possible.

Въведение

От хиляди години хората използват козметика, като първоначално козметичните продукти са били произвеждани от естествени съставки като цветя, масла, плодове, зеленчуци, глина и др. Но с развитието на човечеството започва и промяната в съдържанието на козметиката. Освен органични съставки, навлизат вече и неорганичните като талк, оксиди: железен, цинков, различни оцветители и др., които влияят по-различен начин върху организма [1].

Козметичният продукт представлява всяко вещество или смес, които са предназначени за контакт, с която и да е външна част на човешкото тяло или със зъбите и лигавицата на устната кухина с цел тяхната защита и подобряване на тяхното състояние [2].

В тази връзка законово е въведено задължително обозначаването на състава на козметичния продукт, защото е от изключителна важност какво съдържа той и дали е възможна проява на сериозно нежелан ефект от някоя съставка. Сериозно нежеланите ефекти водят до временна или трайна неработоспособност, инвалидност, хоспитализация, вродени аномалии, незабавен жизнен риск или смърт. Именно поради трябва да се обърне внимание на състава на козметиката и е препоръчително избягването на вредни съставки като:парабени, вазелин, парфюм, натриев лаурет сулфат и други [3].

Метална токсичност и оксидаторен стрес

Замърсяването на околната среда с тежки метали и други токсични химични елементи е особено важно за здравето на хората. Токсичните метали обхващат група минерали, които не са с известни функции в живия организъм, а в действителност са вредни. Токсичните метали са навсякъде и засягат всички живи организми на планетата земя. Те се превръщат в основна причина за болестите, застаряването и дори генетичните дефекти. Днес човечеството е изложено на най-високите нива регистрирани в историята за олово, живак, арсен, алуминий, мед, никел, калай, антимон, бром, бисмут и ванадий. Нивата са до няколко хиляди пъти по-високи, отколкото при първобитния човек [1–4].

Токсичните метали се сочат от редица автори като една от най-важните причини за заболяванията на съвременния човек. Тяхното отстраняване от организма би довело до решаването на много здравословни проблеми. Засегнатите от токсични метали ензими изявяват под 5% от нормалната си активност. Това може да доведе до много здравословни усложнения, трудни за диагностициране. Токсичните метали могат също така да заменят други вещества в тъканните структури. Такива тъкани като артерии, стави, кости и мускули отслабват поради процеса на подмяната. Освен това токсичните метали може просто да се акумулират в много органи, причинявайки местно дразнене и други токсични ефекти. Острите и хронични отравяния с тежки метали са особено опасни поради невъзможността в повече от случаите да се възстановят първоначалните функции на организма. Независимо от многогодишните изследвания все още няма ефективно лечение на хронични натравяния с олово, арсен и кадмий [5].

Хората са изложени на тези метали от множество източници- въздух, вода, почва, храни и козметика. Металната интоксикация изразяваща се в невротоксичност, генотоксичност и карциногенност е широко известна. Много учени от различни области работят върху изясняването на механизма, чрез който минералите и тежките метали предизвикват токсично въздействие върху живата материя. Последни проучвания показват, че металите действат като катализатор и в оксидативни реакции на биологични макромолекули и затова токсичността, свързвана с тези метали, може да се дължи на оксидативно тъканно увреждане. Докато редокси-активните метали като желязо, мед, хром, ванадий и кобалт участват в окислително–възстановителни реакции, свързани с трансфер на електрони, то редокси-неактивните метали като олово, кадмий, живак, никел и др. разрушават молекулите на основните антиоксиданти, особено на тиол-съдържащи антиоксиданти и ензими. За токсичното действие на арсена е предложен друг механизъм, свързан с образуването на водороден пероксид при физиологични условия. И редокси-активните и редокси-неактивните метали могат да доведат до увеличение на производството на реактивни форми на кислорода (кислородни радикали- ROS), като хидроксилни радикали (HO), супероксидни радикали(O_2^{1-}) или водороден пероксид (H_2O_2). Свръх производството на свободни кислородни радикали (ROS) може многократно да превиши

броя на молекулите, имащи “вътрешно присъща” антиоксидантна защита и да доведе до състояние, известно като оксидативен стрес. Клетките, намиращи се под оксидативен стрес, показват различни дисфункции поради пораженията, причинени от ROS върху липидите, протеините и ДНК. Вследствие на това се предполага, че оксидативният стрес на клетките се причинява от металите в това число и от тежките метали. Провеждат се много изследвания за определяне на ефекта от добавяне на антиоксиданти след експозиция на тежки метали. Данните сочат, че антиоксидантите могат да играят важна роля за намаляване на някои опасни въздействия на тежките метали [1–6].

Тежките метали се разделят според М. Соколов в три основни групи според вредното им влияние върху организма на човека, а в таблица 1 са посочени някои от основните проблеми, свързани с влиянието им върху здравето на човека [5].

Таблица. 1. Източници на замърсяване с As, Pb, Cd, Hg, Al, Ni и влиянието им върху човешкия организъм [5]

Елемент	**По-значими източници на замърсяване**	**Въздействие върху човека**
Арсен	пестициди, бира, сол, течаща вода, бои, пигменти, козметика, стъкло, фунгициди, инсектициди, замърсена храна, цигарен дим, бира, морска храна, препарати за пране.	коремни болки, ЕКГ нарушения, анорексия, дерматит, диария, отоци, повишена температура, загуба на течности, косопад, главоболие, ерпес, мускулни спазми, жълтеница, бъбречни и чернодробни увреждания, бледност, възпалено гърло, сънливост, слабост.
Олово	козметика, пластмаси, батерии, бензин, инсектициди, грънчарски глазури, боя, калайдисани съдове, води, храни, въздух.	коремни болки, надбъбречна недостатъчност, анемия, артрит, атеросклероза, гръбначни проблеми, слепота, рак, запек, конвулсии, глухота, депресия, диабет, дислексия, епилепсия, умора, подагра, нарушена гликогенна обмяна, импотентност, халюцинации, безплодие, възпаление, бъбречна дисфункция
Кадмий	цигари, тютюн, марихуана, преработени и рафинирани храни, риби, ракообразни, течаща вода, аусписи на автомобилите, никелирани контейнери, поцинковани тръби, моторни масла, пестициди, фунгуциди, поливинил пластмаси.	хипертония, артрит, анемия, атеросклероза, нарушена костна система, рак, сърдечно-съдови заболявания, намалена плодовитост, главоболие, остеопороза, бъбречни заболявания, шизофрения, отоци, загуба на коса.
Живак	стоматологична амалгама, риби, ракообразни, медикаменти, замърсяване на въздуха, производство на хартия, лепила, тъкани, омекотители, живачни термометри и восъци.	дисфункция на надбъбречната жлеза, алопеция, анорексия, биполярни нарушения, депресия, дерматит, замайване, умора, главоболие, загуба на слуха, безсъние, загуба на самооценка, нервност, обриви, шизофрения, тремори.
Алуминий	кухненски съдове и прибори, напитки алуминиеви съдове, вода, сол, печени ястия във фолио, избелено брашно, ваксини, антиациди и други лекарства.	болест на Алцхаймер, анемия, кръвни заболявания, колики, умора, зъбен кариес, деменция, бъбречни и чернодробни дисфункции, болест на Паркинсон, нервномускулни нарушения.

Никел	метални или керамични съдове, монети, бижутерия, маргарин, прибори за хранене, тенджери и тигани, стоматологични пломби и батерии.	рак, белодробни проблеми, генетични увреждания, депресия, сърдечни атаки, кръвоизливи, бъбречна недостатъчност, ниско кръвно налягане, парализа, гадене, кожни проблеми.

Съдържанието на тежки метали в сенките за очи оказва вредно въздействие и влияние върху човека. То води до сериозни неблагоприятни ефекти и е причина за болести, генетични дефекти и смърт. Превенция при борбата с интоксикация с тежки метали може единствено да се реализира чрез строг контрол на съдържанието им във всички потенциални източници. Нормативната база и стандарти налагат ясни правила, които се отнасят до всеки продукт на пазара и до висока степен са свързани със защитата на човешкото здраве [7-16]. Те представят също така методите, които се използват най-често за определяне на тежки метали в козметични продукти, което е и причината за избора на използваните методи в експерименталната част на статията. Статистическите данни от света и от Европа показват, че тежките метали водят до нежелани отравяния, които причиняват смърт [16-20]. Целта на настоящата работа е изследване на тежки метали, съдържащи се в козметичен продукт и здравния риск за хората.

Теория на метода

Обект на изследване са купени от търговската мрежа сенки - USHAS - цена 3,50 лв.

Произход: Китай

Състав: Талк, Магнезиев Терат, Феноксиетанол, Токоферил Ацетат, Етилхексил-глицерин, Диметикон, може да съдържат: Железни оксиди (CI 77491, CI 77492, CI 77499), Титаниеви диоксиди (CI 77891), fd&c blue aluminium lake (CI 42090 : 2), Слюди, Ултрамарин (пигмент) (CI 77007), Фероцианид Амония (CI 77510), Магнезиево виолетово (CI 77742), Хром оксид зелено (CI 77288), Алуминиева пудра (CI 77000), Алурено червено 40 al lake (CI 16035), Калаен оксид (CI 77861)

Пробите за взети и кодирани о цветове, като е използвано цялото съдържание от палитрата.

1 - бежов матов цвят USHAS1

2 - бежов блестящ цвят USHAS2

3 - светло кафяв блестящ цвят USHAS3

4 - кафяв блестящ цвят USHAS4



Фиг. 1. Сенки USHAS

Химичен анализ – ICP анализ

Използваният атомно-емисионен анализ извършва количествен анализ на следи на повече от 70 елемента (алкални, алкалоземни, преходни, редкоземни, и някои неметали) в разтвори. Апаратурата е от най-ново поколение HighDispersionICP-OES Prodigy на компанията

Teledyne Leeman Labs, САЩ с двойно наблюдение на плазмата (аксиално и/или радиално) и едновременно регистриране на анализираните сигнали, гарантиращо изключително точна работа. Конструкцията на оптичната система „Eshelle" и детекторът „L-PAD" (Large Format Programmable Array Detector) осигуряват ниски граници на откриване (ppm), висока разделителната способност (0.007nm) и непрекъснат спектрален диапазон (от 165 до 1100 nm). Спектрометърът е снабден с т.н. "freerunning" RF генератор, който осигурява мощност до 2 kW при 40.68 MHz за подготовка и на най-трудните проби [14,15].

В таблица 1 са представени резултатите от проведения анализ за четирите вида сенки за очи.

Показател mg/L±SD	**USHAS1**	**USHAS2**	**USHAS3**	**USHAS4**
Алуминий/Al	6.536±0.006	16.99±0.02	11.76±0.02	9.615±0.006
Сяра/S	0.816±0.008	1.115±0.008	1.092±0.008	1.067±0.008
Калай/Sn	0.052±0.002	0.339±0.003	0.221±0.003	0.077±0.003
Берилий/Be	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Натрий/Na	1.290±0.007	2.623±0.007	1.868±0.010	1.511±0.007
Магнезий/Mg	20.69±0.04	20.36±0.04	20.10±0.04	21.88±0.04
Калий/K	3.416±0.010	11.59±0.12	6.678±0.012	4.942±0.012
Калций/Ca	35.03±0.06	31.74±0.06	29.20±0.06	34.66±0.06
Стронций/Sr	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Барий/Ba	0.063±0.002	0.122±0.002	0.126±0.002	0.073±0.002
Ванадий/V	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Хром/Cr	0.005±0.000	0.012±0.001	0.070±0.001	0.147±0.002
Кадмий/Cd	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Манган/Mn	0.080±0.002	0.143±0.003	0.459±0.003	0.910±0.004
Желязо/Fe	5.171±0.007	16.27±0.012	172.7±0.7	234.5±0.8
Кобалт/Co	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Никел/Ni	<0.010	<0.010	0.020±0.002	0.067±0.003
Мед/Cu	0.025±0.002	0.040±0.002	0.041±0.002	0.107±0.003
Цинк/Zn	0.046±0.003	0.060±0.003	0.241±0.004	0.174±0.004
Молибден/Mo	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Волфрам/W	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Фосфор/P	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Силиций/Si	9.315±0.012	8.265±0.012	7.834±0.012	5.857±0.012
Бор/B	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Арсен/As	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Бисмут/Bi	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Олово/Pb	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Антимон/Sb	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Селен/Se	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Живак/Hg	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Титан/Ti	2.001±0.005	10.63±0.05	1.385±0.005	0.276±0.003
Сребро/Ag	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005

Във всички проби са открити живак, олово, молибден, ванадий и арсен с концентрация <0,010 mg/l, както и кадмий и кобалт, чиято концентрация е <0,005 mg/l.
Препоръчителна концентрация на живак според Световната здравна организация е 0,010 mg/l, следователно употребата на тези сенки за очи не води до сериозно нежелани ефекти и вредно въздействие върху хората. Оловото с концентрация <0,010 mg/l е над допустимата норма <0,005 mg/l, което може да доведе нежелана реакция на кожата, но може и да е от чувствителността на метода и затова не би могло да се даде категоричен отговор по отношение на този компонент.

Концентрацията на кадмий е в норма под <0,005 mg/l във всички изследвани обекти. Висока концентрация на титан е отчетена в сянка USHAS2 - 10,63 ± 0,005 mg/l. Никелът е в концентрации от <0,010 до 0,067 ± 0,003mg/l, която е най-висока и отчетена в номер USHAS4, по-високи концентрации от тези често са причина за кожен дерматит.

Най-висока концентрация на хром е измерена в номер USHAS3 - 0,070 ± 0,000 ppm. Барият с висока концентрация е намерен в USHAS3 – 0,126 ± 0,02 mg/l. Манганът е с най-високо съдържание в USHAS4- 0.910 ± 0,004 mg/l. Алуминият е в стойности от 16,99 ± 0,02 при USHAS2. Желязото в сенките за очи е между 5,1 до 234,5 mg/l, като препоръчителната пределно допустима концентрация е 10 mg/l [20]. Тя е превишена във всички сенки без USHAS1 Желязото замества цинка и други минерали в панкреаса, над бъбречните жлези и на други

места и може да допринесе за нарушена кръвна захар и диабет. Всички други тежки метали са в норма и под пределно допустимите концентрации.

Заключение

- Въз основа на резултатите, могат да се направят изводи, че има идентифицирана разлика в съдържанието на тежки метали при различните цветове на палитрата и има превишение на желязото от препоръчителната пределно допустима концентрация, което може да повиши здравният риск на хората, използвали този тип козметичен продукт.
- Необходимо е да се наблегне на редовния мониторинг на други тежки метали и химикали, използвани в производството на козметични продукти, които могат да причинят здравни рискове за потребителите.
- Регулаторните насоки за тежките метали в козметичните продукти следва да бъдат формулирани и прилагани от съответните органи в производството на козметични продукти и да бъдат ясно дефинирани и уеднаквени за различните държави.
- Обществото следва да бъде по-добре информирано по отношение на вредните последици от прекомерното или широкото използване на козметични продукти.
- Трябва да се приемат закони, за да се ограничи съдържанието на тежки метали в козметиката и други битови продукти и предмети.

Литература:

1. Chaudhri, S. K., N. K. Jain, History of cosmetics, Departmen of Pharmaceutical Sciences, Madhya Pradesh, India, 2009.
2. Lixandru, M.-G., Advertising for Natural Beauty Products: The Shift in Cosmetic Industry, University of Bucharest, Romania, 2017.
3. Suzuki, D., Backgrounder - The "Dirty Dozen", Foundation survey of chemicals in cosmetics, 2010.
4. Martin, S., W. Griswold, Human Health Effects of Heavy Metals, March 2009
5. Бекяров, Г., Експертно становище, Плодвид, 2009.
6. Закон за чистота на атмосферния въздух, Държавен вестник, бр. 12, 2017.
7. Eck, P., L. Wilson, , Toxic Metals in Human Health and Disease, Eck Institute of Applied Nutrition and Bioenergetics, Ltd., AZ, 1989.
8. L'oreal Emission Report, 2012.
9. Bogacki, Jan, Treatment of cosmetic wastewater using physocochemical and chemical methods, , CHEMIK, 2011.
10. Закон за храните, Държавен вестник, бр. 92, 2017.
11. Packaging of Cosmetics, Shivsharan U.S, DSTSM' College of Pharmacy, India, 2014.
12. Muralidhar P., Trends in cosmetic packaging, Department of Pharmaceutics, Raghavendra Institute of Pharmacautical education and research, India, 2016.
13. Наредба № 14, Държавен вестник, бр. 68, 2014.
14. Стандарт СД ISO/TR 17276 - Козметични продукти. Аналитичен метод за наблюдение и методи за количествено определяне на тежки метали в козметични продукти, 2016.
15. Regulation (EC) №1223/2009 of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on cosmetic products, Official Journal of the European Union, 2009.
16. The Public Health Impact of Chemicals: Knowns and Unknows, World Healt Organization, 2016.
17. Butschke, A., Experiences and Statistical Evaluation of Serious Undesirable Effects of Cosmetic Products in the EU, Federal Office on Consumer protection and food safety (BVL), Berlin, Germany, 2016.
18. Emad, F., Study of heavy metals concentration in cosmetics purchased from Jordan markets by ICP-MS and ICP-OES, , International Journal of Applied Environmental Sciences, 2015.
19. Braz, J., Determination of Lean in Eye Shadow and Blush by High-Resolution Continuum Source Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry Employing Direct Solid Sampling, Journal of the Brazilian Chemical Society, vol. 26, N1, Sao Paulo, 2015.
20. Recommended Health-Based Limits in Occupational Exposure to Heavy Metals, WHO, 1980.

PNEUMATIC ENGINEERING AUTOMOBILE TOOLS AGAINST CRASHES

Anelya Klisarova[1], Elka Radeva[2], Stanimir Karapetkov[3], Simeon Panev[4], Atanas Mangarov[5] , Philip Philipoff[6], Deian Rangelov[7], Blagovest Panev[8], Daniela Arnaudova[9], Diana Bankova[10], Stoyan Velkosky[11]

[1]Medical University-Varna, e-mail: klisarova@gmail.com
[2]Medical University-Sofia, e-mail: eliradeva@abv.bg
[3,4]TU-Sofia, e-mail: skarapetkov@yahoo.com
[5]Infectious Diseases Hospital, e-mail: amangarov@gmail.com
[6]Institute of Mechanics: philip.philipoff@gmail.com
[7]STREZA EOOD, e-mail: dianrangelov@gmail.com
[8]LevIns, e-mail: blago_99@yahoo.com
[9]News Paper Maritca Plovdiv, e-mail: daniela666@abv.com
[10]SU-Sofia, e-mail: diana_bankova@abv.com
[11]IGAPE, Nord Macedonia, e-mail: contact@igape.edu.mk

***Key words**: Pneumatic Engineering Automobile Tools Against Crashes*

***Abstract**: The pneumatic cover for the car is made by the respective company - manufacturer by inner tire. It is a multi-chamber pneumatic shell and has openings for: doors, car windscreens and headlights, rear-view mirrors, wheels. In seconds, he hopes for a stopped car and quickly inflates with the car's compressor, for example up to 2.2 atmospheres. It covers the car tightly and is a pneumatic shell throughout the car, increasing the size by 10–15 or 20 cm. When struck with another car with the same pneumatic cover, the accelerations are greatly reduced compared to the case of perfectly elastic impact due to the development of nonlinear deformations of the two pneumatic covers in the contact surfaces. The chance of slipping on impact is less than in the case of pneumatic armor, but in any case the accelerations at the moment of impact are small enough and do not endanger the life and health of the occupants of the two (or more) impacted vehicles. In certain places, safety valves are installed which, in the event of a sudden and very severe impact in local areas of the cloak, release some of the compressed air at a sudden pressure of more than 5 atmospheres (for example). The pneumatic cloak eliminates the possibility of damage to the structure of the car itself, even with very severe impacts due to the layer of compressed air in the chambers of the equipment, which, when impacted, deforms non-linearly and preserves both the life and health of the occupants and the structure of the vehicle itself. Additional local pneumatic shells may be affixed to the doors of the vehicle, which would protect the door structures from being struck sideways beyond the contours of the pneumatic cover itself.*

ПНЕВМАТИЧНИ ИНЖЕНЕРНИ СЪОРЪЖЕНИЯ ЗА АВТОМОБИЛ СРЕЩУ КАТАСТРОФИ

Анелия Клисарова[1], Елка Радева[2], Станимир Карапетров[3], Симеон Панев[4], Атанас Мангъров[5] , Филип Филипов[6], Деян Рангелов[7], Благовест Панев[8], Даниела Арнаудова[9], Диана Банкова[10], Стоян Велкоски[11]

[1]Медицински университет - Варна, e-mail: klisarova@gmail.com
[2]Медицински университет - София, e-mail: eliradeva@abv.bg
[3,4]Технически университет - София, e-mail: skarapetkov@yahoo.com
[5]Инфекциозна болница - София, e-mail: amangarov@gmail.com
[6]Институт по механика – БАН, e-mail: philip.philipoff@gmail.com
[7]STREZA ЕООД, e-mail: dianrangelov@gmail.com
[8]ЛевИнс, e-mail: blago_99@yahoo.com
[9]Вестник Марица - Пловди, e-mail: daniela666@abv.com
[10]Софийски университет, e-mail: diana_bankova@abv.com
[11]ИГАПЕ, Северна Македония, e-mail: contact@igape.edu.mk

Резюме: *Пневматичният капак за автомобила е изработен от съответната фирма - производител от вътрешна гума. Представлява многокамерна пневматична обвивка и има отвори за: врати, автомобилни предни стъкла и фарове, огледала за обратно виждане, колела. За секунди се надява на спрял автомобил и бързо се надува с компресора на автомобила, например до 2,2 атмосфери. Той покрива плътно колата и представлява пневматична обвивка в целия автомобил, увеличавайки размера с 10–15 или 20 cm. При удар с друга кола със същия пневматичен капак, ускоренията значително намаляват в сравнение със случая на идеално еластичен удар поради развитието на нелинейни деформации на двата пневматични капака в контактните повърхности. Шансът да се изплъзне при удар е по-малък, отколкото при пневматичната броня, но във всеки случай ускоренията в момента на удара са достатъчно малки и не застрашават живота и здравето на обитателите на двете (или повече) засегнати превозни средства. Пневматичното наметало премахва възможността за повреда на конструкцията на самия автомобил, дори и при много тежки удари поради слоя сгъстен въздух в камерите на оборудването, който при удар се деформира нелинейно и запазва както живота, така и здравето на пътниците и структурата на самото превозно средство. Допълнителни локални пневматични черупки могат да бъдат прикрепени към вратите на превозното средство, които биха предпазили конструкциите на вратите от странични удари извън контурите на самия пневматичен капак.*

1. Introduction

This report was written on an actual case on April 19, 2020 and is related to the death of the Bulgarian television journalist Milen Tsvetkov. The pneumatic car covers offered in the article will decrease terrible crash risk in Bulgarian roads.

2. Perfectly elastic or perfectly inelastic impact between two bodies

The mathematical modelling of dynamical systems by Method of Finite Elements could be seen at [1–11]. Here is given short description of Perfectly elastic or perfectly inelastic impact between two bodies. If considered an impact between two bodies with masses $\boldsymbol{m_1}$ and $\boldsymbol{m_2}$ **,** moving at speeds before the impact $\boldsymbol{v_1}$ and $\boldsymbol{v_2}$**,** it is possible to obtained the speeds after the impact $\boldsymbol{u_1}$ and $\boldsymbol{u_2}$**.**

From the law of conservation of the impulse (of movement of the two bodies dynamical system in the event of an elastic or inelastic impact between two bodies) it follows:

$$\boldsymbol{(2.1)} \qquad \boldsymbol{m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2}$$

The coefficient of recovery (k = 1 for a perfectly elastic impact and k = 0 for a perfectly inelastic impact) could be calculated by the formula:

$$\boldsymbol{(2.2)} \quad \boldsymbol{k = \frac{u_1 - u_2}{(v_1 - v_2)}}$$

The velocities of the bodies after the impact $\boldsymbol{u_1}$ and $\boldsymbol{u_2}$ could be obtained according to the formulas as a result of solving of the system (2.1) – (2.2):

$$\boldsymbol{(2.3)} \quad \boldsymbol{u_1 = v_1 - (1 + k)\frac{m_2}{(m_1 + m_2)}(v_1 - v_2)}$$

$$\boldsymbol{(2.4)} \quad \boldsymbol{u_2 = v_2 - (1 + k)\frac{m_1}{(m_1 + m_2)}(v_1 - v_2)}$$

3. Crossroads in front of Paradise Mall in Sofia - 19 April 2020

Between 18:03 and 18:04 on Easter, an “Audi Q7” with three people in it hit the back of a “Subaru Forrester”, driven by Milen Tsvetkov. At least two street cameras filmed the crash. It is clear from the videos, that the accident nearly affected six pedestrians who crossed seconds earlier. According to the Emergency Service, the signal was given at 18:16 (at least 12 minutes after the incident). The ambulance arrived at 18:23. Milen Tsvetkov died on the way to “Pirogov Hospital”. The car that caused the impact, was moving at 140 km/h: $V_{\text{Audi Q7}}$ =140 km/h and $V_{\text{Subaru Forrester}}$ = 0 km/h in the crash moment (allowed speed in a populated area 50 km/h !!!!!).

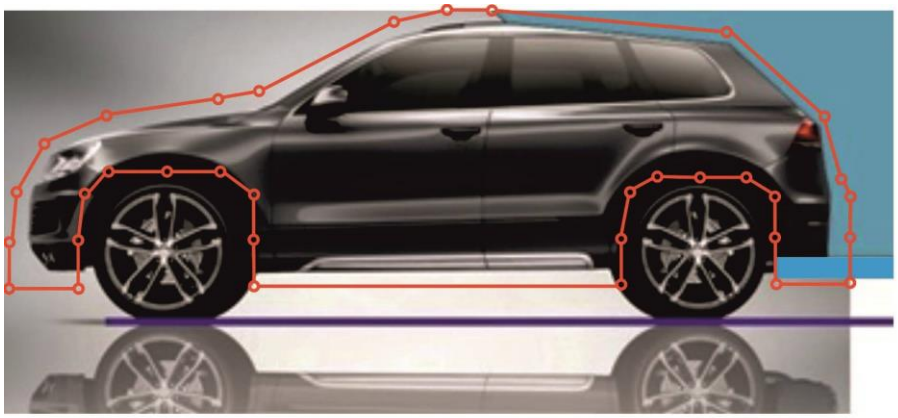


Fig. 1. Pneumatic cover



Fig. 2. Pneumatic armor

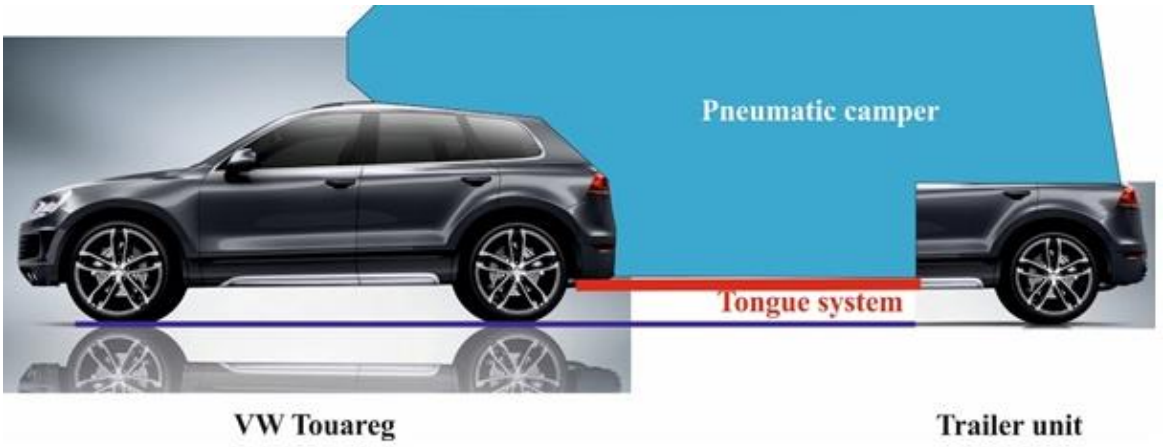


Fig. 3. Pneumatic camper. This advanced automobile structure could be combined with the Pneumatic Cover.

4. Conclusion

Offered pneumatic car equipment will minimize casualties on the roads of Bulgaria in strict compliance with the speed limits prescribed in the Bulgarian Road Traffic Act (in Bulgarian).

Последно обновяване: юни 2017 г.

Ограничения на скоростта в България

ППС от категория	В населено място	Извън населено място	Автомагистрала	Скоростен път
A	50	80	100	90
B	50	90	140	120
C, D	50	80	100	90
BE, CE, DE	50	70	100	90
T	50	50	-	-
M	45	45	-	-
Самоходни машини	40	40	-	-

Acknowledgements

The authors express their acknowledgement for the financial support of this study by the grant COST Action ES1301 FLOWS and special acknowledgement to Bulgarian companies STREZA Ltd (http://streza.bg) and PENTAHRON Ltd (http://pentahron.eu/lang/bg/architecture/) for the financial support of the study.

References:

1. Bushev, S., S. Stefanov , K. Ishtev, Ph. Philipoff, (1994), Processes of Shot Peening Mechanics, Comptes rendus de l'Academie Bulgare des Sciences, Physique, Tome 47, N 11, IF = 0,343, pp. 9–12.
2. Philipoff, Ph., N.Shopolov, K.Ishtev, P.Dineva, (1997), Wave Propagation in Multilayered Media, Pergamon, Nonlinear Analysis, Theory, Methods & Applications, Vol.30, No.4, IF = 1,405, pp. 2031–2040.
3. Philipoff, Ph., Ph.Michaylov, (2007), BELENE Nuclear Power Plant Numerical and Experimental Bedrock, Layers and Surface Signals, J. Applied Mathematical Modeling, Elsevier, Vol. 31, Issue 9, September 2007, IF = 1,766, pp. 1889–1898.
4. Kurteva, Maya, Philip Philipoff, Dimitar Dimitrov, (2009), Assessment of Some Elements of Environmental Risk Factors in the Bulgarian Mountains, Comptes rendus de l'Acad´emie bulgare des Sciences, Tome 62, Number 6, IF = 0,343, pp. 745–752.
5. Philipoff, Ph., D.Demirev, A.Yusuf, M.Islam, D.Stankov, D.Bankova, Ph. Michaylov (2010). Some Psychology and Technical Aspects of a Rescue Operation in the Musala Peak Region (Rila Mountain), Procedia Social and Behavioral Sciences, Elsevier, WCPCG-2010.
6. Jivkov, Venelin, Philip Philipoff, Anastas Ivanov, Mario Mucoz, Galerida Raikova, Mikhail Tatur, Philip Michaylov. "Spectral properties of quadruple symmetric real functions", Applied Mathematics and Computation – Elsevier, IF = 1,766, 221 (2013), pp. 344–350.
7. Jivkov, V., Philipoff, Ph., Nikolov, N., Velocities in Contact Area of Turning Elastic Tires, (2016) Journal of the Balkan Tribological Association, Vol. 22, N 3-1, 2016, ISSN 1310-4772, IF = 0,737, pp. 2210–2217.
8. Jivkov, V., Nikolov, N., Philipoff, Ph., Wheels Slip Angeles in a Hybrid Vehicle with KERS During Movement in a Turn, (2017) Journal of the BalkanTribological Association,book 1, Vol. 23 (2017) of J Balk Tribol Assoc**,** IF = 0,737.
9. Jivkov, V., Natarajan V., Paneva A., Philipoff, P., (2017) Forecasting of Strong Earthquakes M>6 According to Energy Approach. J Earth Sci Clim Change, IF = 1,161, 15 Dec. 2018, 8: 433. doi:10.4172/2157-7617.1000433
10. Venkatanathan Natarajan, Philip Philipoff, (2018). Observation of surface and atmospheric parameters using ''NOAA 18'' satellite: a study on earthquakes of Sumatra and Nicobar Is regions for the year 2014 (M > 6.0), Springer Science+Business Media B.V., part of Springer Nature 2018, Received: 7 May 2015/Accepted: 22 February 2018.
11. Philipoff, Philip. Structural Methods for Solving Some Boundary Value Problems, Senior Dr of Sci Dissertation (Project), VSU Liuben Karavelov, Sofia, 2018 (in Bulgarian).

SOFIA METROPOLITEN "UV" DISINFECTION FOR THE FIRST THREE METRO DIAMETERS - NOVEMBER 2020

Anelya Klisarova[1], Elka Radeva[2], Stanimir Karapetkov[3], Simeon Panev[4], Atanas Mangarov [5] , Philip Philipoff[6], Deian Rangelov[7], Blagovest Panev[8], Daniela Arnaudova[9], Diana Bankova[10], Stoyan Velkosky[11]

[1]Medical University-Varna, e-mail: klisarova@gmail.com
[2]Medical University-Sofia, e-mail: eliradeva@abv.bg
[3,4]TU-Sofia, e-mail: skarapetkov@yahoo.com
[5]Infectious Diseases Hospital, e-mail: amangarov@gmail.com
[6]Institute of Mechanics: philip.philipoff@gmail.com
[7]STREZA EOOD, e-mail: dianrangelov@gmail.com
[8]LevIns, e-mail: blago_99@yahoo.com
[9]News Paper Maritca Plovdiv, e-mail: daniela666@abv.com
[10]SU-Sofia, e-mail: diana_bankova@abv.com
[11]IGAPE, Nord Macedonia, e-mail: contact@igape.edu.mk

***Key words**: Metropolitain UV Desinfection*

***Abstract**: In all the final stations of the Sofia Metropolitan, after the passengers get off, the metro trains reverse the direction of traffic in a few minutes. Appropriate UV sources are then included in the wagons, which disinfect the metro trains. Similarly, vehicles from rail and urban transport are disinfected. Metro stations themselves are disinfected through suitable UV sources at night when there is no traffic. Also during the night, large UV food chains are included in the halls of large food chains for some time. Thus, every half hour the movement of metro trains, in addition to chemical disinfection, UV disinfection reduces the risk of contamination with harmful pathogens, including SARS-Cov-2.*

UV ДЕЗИНФЕКЦИЯ НА ТРИТЕ МЕТРОДИАМЕТЪРА НА СОФИЙСКИ МЕТРОПОЛИТЕН - НОЕМВРИ 2020

Анелия Клисарова[1], Елка Радева[2], Станимир Карапетров[3], Симеон Панев[4], Атанас Мангъров[5] , Филип Филипов[6], Деян Рангелов[7], Благовест Панев[8], Даниела Арнаудова[9], Диана Банкова[10], Стоян Велкоски[11]

[1]Медицински университет - Варна, e-mail: klisarova@gmail.com
[2]Медицински университет - София, e-mail: eliradeva@abv.bg
[3,4]Технически университет - София, e-mail: skarapetkov@yahoo.com
[5]Инфекциозна болница - София, e-mail: amangarov@gmail.com
[6]Институт по механика – БАН, e-mail: philip.philipoff@gmail.com
[7]STREZA ЕООД, e-mail: dianrangelov@gmail.com
[8]ЛевИнс, e-mail: blago_99@yahoo.com
[9]Вестник Марица - Пловди, e-mail: daniela666@abv.com
[10]Софийски университет, e-mail: diana_bankova@abv.com
[11]ИГАПЕ, Северна Македония, e-mail: contact@igape.edu.mk

***Ключови думи:** Метрополитен, УВ дезинфекция*

***Резюме:** Във всички крайни станции на софийския митрополитен, след слизане на пътниците, влаковете на метрото обръщат посоката на движение за няколко минути. Във вагоните се включват подходящи UV източници, които дезинфекцират влаковете на метрото. По същия начин превозните средства от железопътния и градския транспорт се дезинфекцират. Самите метро станции се дезинфекцират чрез подходящи UV източници през нощта, когато няма трафик. През нощта в залите на големите хранителни вериги за известно време са включени големи UV изтоници. На всеки*

половин час от движение на метро влакове се дезинфицират UV, в допълнение към химическата дезинфекция, UV дезинфекцията намалява риска от замърсяване с вредни патогени, включително sars-cov-2.

1. Introduction

It is believed that the Covid-19 virus spreads as an aerosol infection. The virus can enter the human body from a person carrying the virus through an aerosol infection through the mucous membranes of the recipient - the mucous membranes of the mouth and mouth, the mucous membranes of the nose and nostrils and mucous membranes of the eyes.

2. Metropolitain UV disinfection

The SARS-Cov-2 epidemic is declared in the Republic of Bulgaria on March 8, 2020. One of the anti-epidemic measures is the disinfection of the subway – Fig. 1 and vehicles with chemicals – Fig. 4. In case of subway disinfection is used, the capital is decomposed into separate areas with different epidemic characteristics. This increases the effectiveness of anti-epidemic measures.



Fig. 1. Sofia Metropolitain Scheme

3. Vaccine against Covid-19

The Bulgarian BCJ program from the national immunization calendar of the country against tuberculosis is one of the best in the world. During the state socialism in our country a number of obligatory immunization programs were carried out and today it turns out that this fact will have its effect. For example, after 1947, immunizations, re-immunizations, and re-immunizations were

administered against BCJ, Diff-Tet-Kok, and other infectious diseases. BCJ uses weakened tuberculosis bacteria, which cannot cause infection, but create a powerful lifelong immunity against tuberculosis. Today in the world there is an interesting positive phenomenon related to the BCJ program. According to the World Health Organization (WHO) in Eastern European countries, where the tuberculosis vaccine has been widespread and mandatory, the death rate from the Covid-19 pandemic, which is developing rapidly, is 5.8 times lower than in countries where such a program has not been implemented. Due to the mass and mandatory on the national immunization calendar of the then Bulgarian Ministry of Public Health, cross-immunity against a wide range of pathogenic pathogens was created, including against SARS-Cov-2. This is one of the reasons why the epidemic process in our country is currently proceeding at a moderate pace compared to other European countries, where the COVID 19 virus is widespread, there is a huge number of infected and dead citizens. Once the Coronavirus pandemic is controlled, it is good to consider restoring these Bulgarian immunization programs in a modern version.

Regarding Covid-19, people are three large groups. The first group of people who do not have the Covid-19 virus in their blood and do not have antibodies against it. These people have simply never encountered Covid-19 and have tested negative. However, they may have cross-immunity, which is discussed in the Bulgarian immunization programs paragraph. The second group of people are active carriers of the virus, they have positive tests, although they have no complaints. The third group of people do not have the virus in their blood, they have negative tests, but they have antibodies against it. They have had an asymptomatic attack of Covid-19 and are particularly valuable in the event that a blood serum with antibodies is required. In Germany, a variant of the method with blood serum has been developed, but not by humans, but by calves. Infected calves produce antibodies that are transfused through the blood serum to Covid-19 patients.

In early August 2020, Russia was the first in the world to produce a vaccine against Covid-19. USA, United Kingdom and China are ready with a vaccine against Covid-19 also.

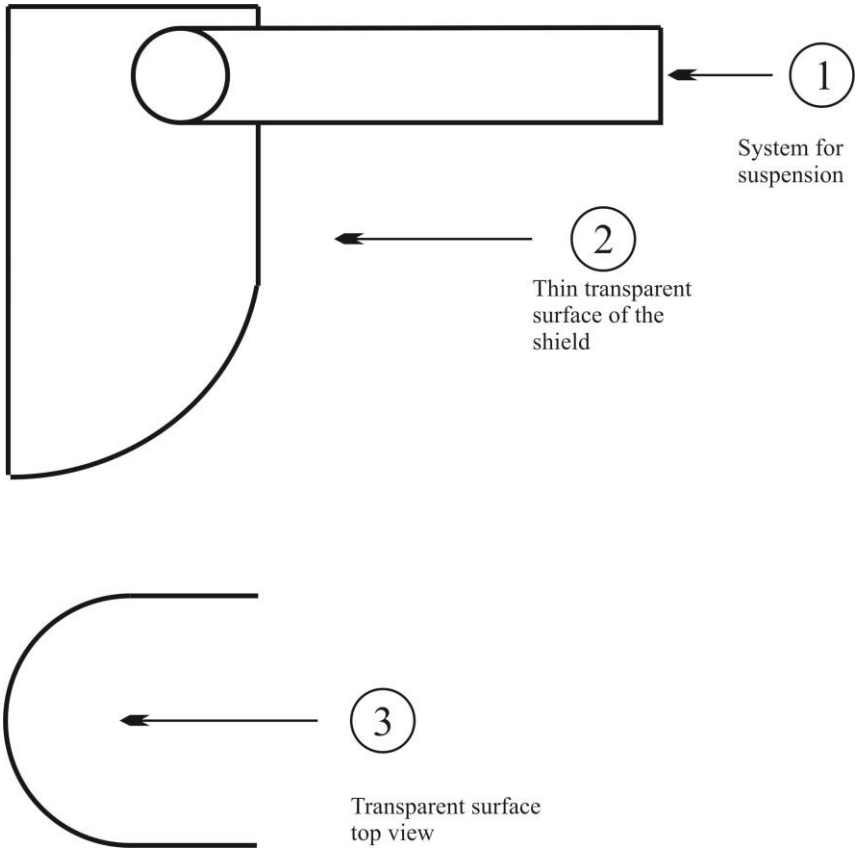


Fig. 2. Protective transparent shield

A good solution is to use an individual shield that protects 100% of all three mucous membranes simultaneously. Such a shield can be made of transparent plastic and has the dimensions of a two-liter bottle of Coca Cola – Fig. 2. It is easy to make, the materials, cost and effort of its manufacture are approximately the same as for the production of a two-liter bottle of Coca Cola. Can

be used repeatedly and combined with other protective equipment - masks on the inside, antibacterial gel on the outside. The shield protected the mouth, nose and mucous membranes of the eyes.

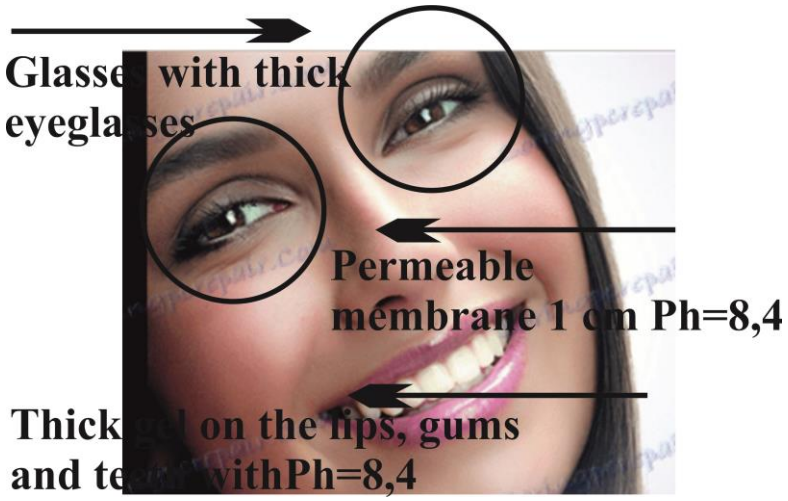


Fig. 3. Use of chemicals with an alkaline environment for protection

Another option is to wear glasses with thick glasses or very large fields of vision to protect the mucous membranes of the eyes and use chemicals with an alkaline environment - such as toothpaste, baking soda with Ph = 8.4 and others to destroy harmful pathogens, in the nose and mouth – Fig. 3.

In Sofia, in most food chains, huge flat shields have been introduced on the cash registers themselves, behind which cashiers or sellers of stands for unpackaged cheese, cold sweets and meat work. The most effective are the cash shields of Lidl, then of Kaufland, which introduced heavy shields for cheese and meat stands. At the back of this ranking are the Fantastico cash registers, which have not yet placed shields. Here is the place to point out that only Kaufland has free toilets, Fantastico has free washrooms somewhere (student town) but paid toilets, and Lidl has introduced mandatory disinfectant with disinfectant on the hands at the entrance and on shopping carts that are from metal.

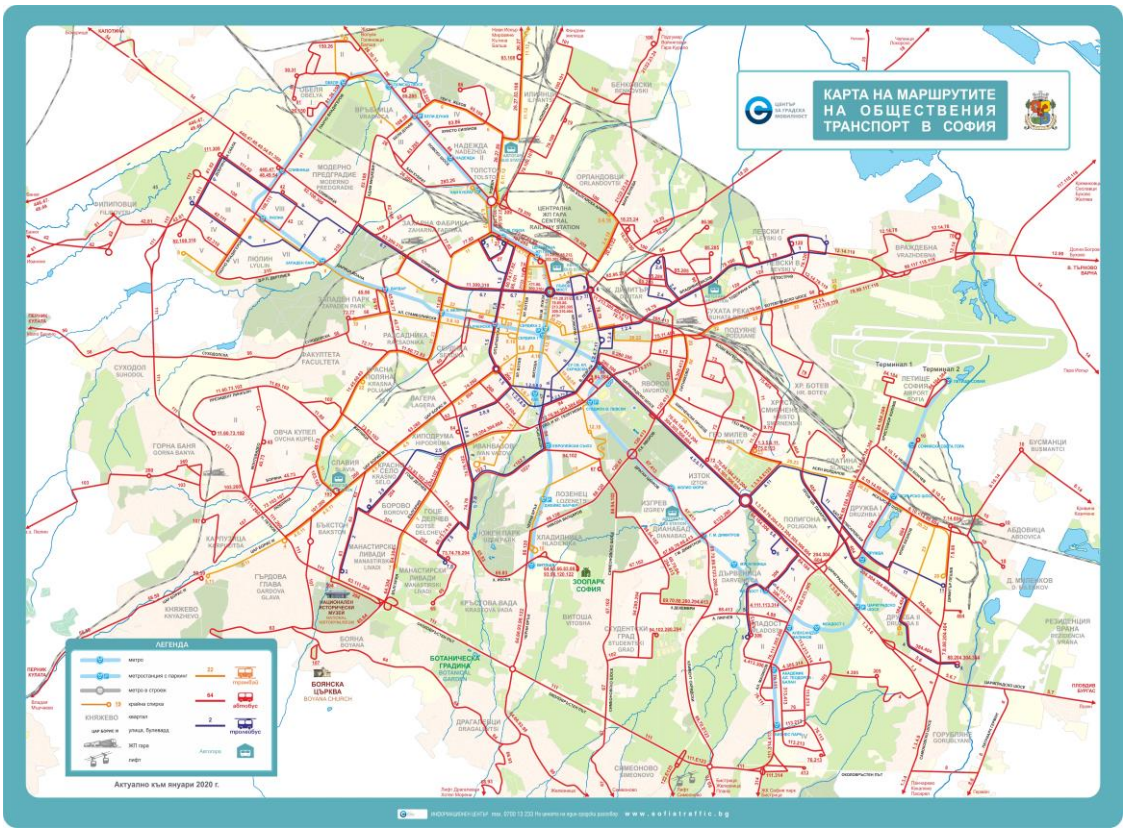


Fig. 4. Scheme of Public transport in Sofia

4. Conclusions

It is the time for the Parliament of the Republic of Bulgaria to OBLIGATE all chains, especially those that have a hot kitchen to organize free toilets and washbasins everywhere. By Sofia Metropolitain UV desinfection the capital could decomposes to the separate epidemic regions [1–9].

5. Acknowledgements

The authors express their acknowledgement for the financial support of this study by the grant COST Action ES1301 FLOWS and special acknowledgement to Bulgarian companies STREZA Ltd (http://streza.bg) and PENTAHRON Ltd (http://pentahron.eu/lang/bg /architecture/) for the financial support of the study.

References:

1. Bushev, S., S. Stefanov , K. Ishtev, Ph. Philipoff, (1994), Processes of Shot Peening Mechanics, Comptes rendus de l'Academie Bulgare des Sciences, Physique, Tome 47, N 11, IF = 0,343, pp. 9–12.
2. Philipoff, Ph., N.Shopolov, K.Ishtev, P.Dineva, (1997), Wave Propagation in Multilayered Media, Pergamon, Nonlinear Analysis, Theory, Methods & Applications, Vol.30, No.4, IF = 1,405, pp. 2031–2040.
3. Philipoff, Ph., Ph.Michaylov, (2007), BELENE Nuclear Power Plant Numerical and Experimental Bedrock, Layers and Surface Signals, J. Applied Mathematical Modeling, Elsevier, Vol. 31, Issue 9, September 2007, IF = 1,766, pp. 1889–1898.
4. Kurteva, Maya, Philip Philipoff, Dimitar Dimitrov, (2009), Assessment of Some Elements of Environmental Risk Factors in the Bulgarian Mountains, Comptes rendus de l'Acad´emie bulgare des Sciences, Tome 62, Number 6, IF = 0,343, pp. 745–752.
5. Philipoff, Ph., D.Demirev, A.Yusuf, M.Islam, D.Stankov, D.Bankova, Ph. Michaylov (2010). Some Psychology and Technical Aspects of a Rescue Operation in the Musala Peak Region (Rila Mountain), Procedia Social and Behavioral Sciences, Elsevier, WCPCG-2010.
6. Jivkov, Venelin, Philip Philipoff, Anastas Ivanov, Mario Mucoz, Galerida Raikova, Mikhail Tatur, Philip Michaylov. "Spectral properties of quadruple symmetric real functions", Applied Mathematics and Computation – Elsevier, IF = 1,766, 221 (2013), pp. 344–350.
7. Jivkov, V., Philipoff, Ph., Nikolov, N., Velocities in Contact Area of Turning Elastic Tires, (2016) Journal of the Balkan Tribological Association, Vol. 22, N 3-1, 2016, ISSN 1310-4772, IF = 0,737, pp. 2210–2217.
8. Jivkov, V., Nikolov, N., Philipoff, Ph., Wheels Slip Angeles in a Hybrid Vehicle with KERS During Movement in a Turn, (2017) Journal of the BalkanTribological Association,book 1, Vol. 23 (2017) of J Balk Tribol Assoc**,** IF = 0,737.
9. Jivkov, V., Natarajan V., Paneva A., Philipoff, P., (2017) Forecasting of Strong Earthquakes M>6 According to Energy Approach. J Earth Sci Clim Change, IF = 1,161, 15 Dec. 2018, 8: 433. doi:10.4172/2157-7617.1000433

ECOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF APPLES

Anton Sotirov[1], Nikolay Glavev[1], Dimitar Sotirov[2], Stanislava Dimitrova[2], Nikola Pistalov[3], Viktor Sotirov[3], Krasimir Sotirov[3]

[1]„Velanto Group" Ltd., Kyustendil, Bulgaria
[2]Institute of Agriculture, Kyustendil, Bulgaria
[3]Environmental Association "Club Vanguard", Kyustendil, Bulgaria
e-mail: sotirov_anton@hotmail.com

Key words: *provisions, apples, juices, ecology, technology*

Abstract: *The aim of the study is to investigate the most cultivated traditional varieties of apples from farmers in the Kyustendil region, Bulgaria which to be compared with the new varieties and hybrids grown by the Institute of Agriculture in Kyustendil for their main environmental and technological parameters, in view of their safety for the population and the possibilities for their use as a raw material in the food industry by the enterprises in the region. The study found that the apples are environmentally friendly. The highest yields (over 70%) have apples from the varieties Granny Smith and Hybrid 2/14. The most delicious juices of fresh fruit are separated from the varieties Florina, Golden Delicious, Granny Smith, and Pinova × Fuji. Juices with the best color of fresh fruit (not brown) produce Florina, Golden Delicious, Granny Smith, Hybrid 1/3, Hybrid 2/14, Hybrid 9, Hybrid 8/35, and Pinova × Fuji.*

ЕКОЛОГИЧНИ И ТЕХНОЛОГИЧНИ ПАРАМЕТРИ НА ЯБЪЛКИ

Антон Сотиров[1], Николай Главев[1], Димитър Сотиров[2], Станислава Димитрова[2], Никола Пищалов[3], Виктор Сотиров[3], Красимир Сотиров[3]

[1]"Веланто груп" ЕООД, клон Кюстендил
[2]Институт по земеделие, Кюстендил
[3]Екологично сдружение „Клуб Авангард", Кюстендил
e-mail: sotirov_anton@hotmail.com

Ключови думи: *продовоствия, ябълки, сокове, екология, технология*

Резюме: *Целта на това изследване е да бъдат проучени най-отглежданите традиционни сортове ябълки от земеделските производители в Кюстендилски регион, които да бъдат сравнени с новите сортове и хибриди, отглеждани в Институт по земеделие в гр. Кюстендил за техните основни екологични и технологични параметри, с оглед на тяхната безопасност за населението и за възможностите за използването им като суровина в хранително-вкусовата промишленост от предприятията в региона. Изследването установи, че ябълките са екологично чисти. С най-висок рандеман (над 70% сок отделят ябълките от сортовете Грени Смит и Хибрид 2/14. Най-вкусни сокове, с вкус на пресни плодове дават сортовете Златна превъзходна, Грени Смит, Ренора и Пинова × Фуджи. Сокове с най-добър цвят дават Флорина, Златна превъзходна, Грени Смит, Хибрид 1/3, Хибрид 2/14, Хибрид 9, Хибрид 8/35 и Пинова × Фуджи.*

Introduction

In connection with the security of the food provision of our country, the apples are the main food resource in the fruit category. Apples are durable fruits for raw consumption with a rich and useful nutritional composition. They produce turbid juices and nectars, clear juices, syrups, wine, vinegar, cider. They can be used for cooking, puree, dried apples, fruit flour, apple acid, marmalades, compotes, and etc. Apples are used for all types food and canning industry. Bulgaria, and particularly

Kyustendil region is a traditional apple producer with high quality of the fruits. For this reason, the creation and study of new hybrids and varieties of apples is mandatory.

The topic is not very common in the scientific literature, but there are studies related to the protection of apples from radiation during storage as an example [1,2,3] as well as information about possible sources of radioactive contamination, influence of the common radiation background, the radioactivity of soils, waters and air, published by [4,5,6]. Data about the environmental situation of the Kyustendil region is published by [7,8,9]. Data about different apple varieties in the region is published by [10,11].

The aim of the study is to obtain information about the environmental and technological characteristics of some of the new raw materials for the food industry and in particular of fruits – apple hybrides from the proved fruit-growing Kyustendil region, Bulgaria.

Materials and Methods

This study presents investigation of 7 apple varieties and 13 hybrids, produced by the Institute of Agriculture, town of Kyustendil, Bulgaria, designed for the food canning (juice) industry. Classical apple varieties as Granny Smith, Golden Delicious and some others were analyzed for comparison of the hybrids with them.

Turbid juice was obtained by cold pressing with a single-shaft juicer Star Light SJB-150 R.

Through portable digital instruments MA871 Brix Refractometer and “Waterproof IP57“ tester their main technological parameters were studied for total sugars in juice (Brix %), total acidity (pH), electro-conductivity (µS), TDS-total dissolved solids (ppm), total salt content (ppm). Yield juice content (%) was measured and calculated through analitical laboratory scale and also the main sensor parameters as taste, aroma, color and turbidity were analysed.

The total radiation background, the radioactivity of the fruit and the juice obtained from them were measured with a Geiger counter "Radex" RD1503 in the microsievert per hour (µSv/h). For each variety of apples and their juices, 4 consecutive measurements were performed, followed by averaging of the value, which were performed automatically. The measurements of the total radioactivity of the fruits were performed without dividing the individual types of radiation. Glucose content is measured with an instrument CodeFree, with range 0.6–33.3 mmol/l.

For measurements of the moisture and drying of the apples an electro-thermal incubator PJPX (0–100°C) series and a moisture measurement instrument KWB were used.

Nitrate and nitrite content in the juice were measured by using test strips with a range of 0–10–25–50–100–250–500 mg/l. Arsenic content was measured by the usage of test strips with a range of 0.005–0.0010–0.0025–0.05–0.1–0.25–0.5 mg/l. Zink content was measured by the usage of test strips with a range of 0–4–10–20–50 mg/l. Lead content was measured by the usage of test strips with a range of 20–40–100–200–500 mg/l. Manganese content in the juice was measured by the usage of test strips with a range of 2–5–20–50–100 mg/ l. Sulfate and sulfite content were measured by using test strips with a range of 200–400–800–1200–1600 mg/l for SO_4 and 10–40–80–180–400 mg/l for SO_3.

Results

The results of the performed measurements are presented in Tables 1 and 2.

Table 1. Measured ecological parameters of the apples

№	**Parameters measured** / **Apple varieties**	**Radiation background, µSv/h**	**Radioactivity of the apples, µSv/h**	**Juice Radioactivity, µSv/h**	**Juice Sulfate (SO4 2-), mg/l**	**Juice Sulfite (SO3 2-), mg/l**	**Juice Nitrate (NO3 -), mg/l**	**Juice Nitrite (NO2 -), mg/l**	**Juice Mn, mg/l**	**Juice Zn, mg/l**	**Juice Pb, mg/l**	**Juice As, mg/l**
1	**COOP 10**	0.16	0.17	0.16	300	0	0	0	2	1	0	0
2	**Florina**	0.16	0.12	0.13	300	0	0	0	2	1	0	0

3	**Golden Delicious**	0.16	0.14	0.12	300	0	0	0	2	1	0	0
4	**Golden Resistance**	0.14	0.12	0.14	300	0	0	0	2	1	0	0
5	**Granny Smith**	0.15	0.13	0.10	300	0	0	0	2	1	0	0
6	**Pinova × Fuji**	0.15	0.14	0.12	300	0	0	0	2	1	0	0
7	**Prima**	0.12	0.13	0.13	300	0	0	0	2	1	0	0
8	**Hybrid 1/3**	0.16	0.15	0.12	300	0	0	0	2	1	0	0
9	**Hybrid 1/37**	0.16	0.17	0.15	300	0	0	0	2	1	0	0
10	**Hybrid 2/14**	0.18	0.14	0.14	300	0	0	0	2	1	0	0
11	**Hybrid 2/28**	0.16	0.17	0.17	300	0	0	0	2	1	0	0
12	**Hybrid 2/30**	0.15	0.12	0.12	300	0	0	0	2	1	0	0
13	**Hybrid 2/4**	0.16	0.16	0.16	300	0	0	0	2	1	0	0
14	**Hybrid 2/8**	0.16	0.17	0.16	300	0	0	0	2	1	0	0
15	**Hybrid 6**	0.16	0.19	0.16	300	0	0	0	2	1	0	0
16	**Hybrid 7**	0.18	0.18	0.16	300	0	0	0	2	1	0	0
17	**Hybrid 8/22**	0.18	0.16	0.17	300	0	0	0	2	1	0	0
18	**Hybrid 8/35**	0.16	0.16	0.15	300	0	0	0	2	1	0	0
19	**Hybrid 9**	0.16	0.15	0.15	300	0	0	0	2	1	0	0
20	**Hybrid 9/36**	0.13	0.16	0.12	300	0	0	0	2	1	0	0

Table 2. Measured technological parameters of the apples

№	**Para-meters measured** **Apple varieties**	**Juice Yield, %**	**Juice Brix-total sugar, %**	**Juice Glucose, mmol/l**	**Juice PH-acidity**	**Juice Conductivity, µS**	**Juice TDS-total dissolved solids, ppm**	**Juice Salt, ppm**	**Juice Colour**	**Juice Turbidity**	**Juice Aroma**	**Juice Taste**	**Taste of the Dried Apple**	**Misture separated, %**
1	**COOP 10**	3.00	9.90	>33.3	3.66	763	509	371	yellow	puree	unidentified	tasteless	sweet	85.2
2	**Florina**	61.61	11.70	26.9	2.9	1391	935	699	yellow brown	high	fresh fruit	sweet-acid	sweet-acid	83.9
3	**Golden Delicious**	66.51	11.30	>33.3	3.26	1799	1204	908	yellow	high	fresh fruit	sweet-acid	sweet-acid	82.5
4	**Golden Resistance**	43.60	13.10	>33.3	2.88	738	495	357	brown	puree	dried fruit	sweet-acid	sweet-acid	86.4

5	**Granny Smith**	72.50	11.50	>33.3	2.94	1250	685	374	yellow-green	high	fresh fruit	acid-sweet	sweet-acid	84.2
6	**Pinova × Fuji**	49.50	14.00	>33.3	3.97	1914	1282	971	yellow	high	fresh fruit	sweet-acid	sweet-acid	82.1
7	**Prima**	<30	10.50	>33.3	3.1	727	664	478	brown	puree	dried fruit	sweet-acid	sweet	85.2
8	**Hybrid 1/3**	51.76	15.90	>33.3	4.02	1413	942	702	yellow-brown	high	dried fruit	sweet-acid	sweet	85.9
9	**Hybrid 1/37**	54.67	10.90	>33.3	3.87	1972	1321	1003	brown	high	dried fruit	sweet	sweet-acid	86.9
10	**Hybrid 2/14**	70.00	11.60	>33.3	2.72	1992	1323	1004	yellow-brown	high	fresh fruit	sweet-acid	sweet-acid	86.3
11	**Hybrid 2/28**	7.26	11.10	26.7	3.00	1908	1277	969	yellow-brown	puree	dried fruit	sweet-acid	sweet-acid	84.2
12	**Hybrid 2/30**	23.00	13.00	27.1	3.81	507	765	370	brown	high	dried fruit	sweet-acid	sweet	83.2
13	**Hybrid 2/4**	42.00	13.00	>33.3	3.00	3760	2520	2020	brown	puree	dried fruit	sweet-acid	sweet	86.4
14	**Hybrid 2/8**	<30	11.70	>33.3	3.15	1459	979	724	brown	puree	dried fruit	sweet-acid	sweet-acid	85.6
15	**Hybrid 6**	34.17	12.00	>33.3	3.70	3820	2560	2040	brown	puree	dried fruit	sweet-acid	sweet	84.2
16	**Hybrid 7**	21.28	10.30	>33.3	2.97	1911	1281	971	yellow-brown	puree	dried fruit	sweet-acid	sweet-acid	87
17	**Hybrid 8/22**	18.93	13.10	>33.3	3.11	1901	1276	968	brown	puree	dried fruit	sweet-acid	sweet-acid	83.9
18	**Hybrid 8/35**	61.99	13.80	>33.3	2.84	1460	982	730	yellow-brown	high	fresh fruit	sweet-acid	sweet-acid	86.5
19	**Hybrid 9**	19.82	14.10	>33.3	3.30	1833	1226	925	brown	puree	dried fruit	sweet-acid	sweet-acid	83.4
20	**Hybrid 9/36**	42.98	12.50	25.3	3.47	3770	2520	2010	brown	high	dried fruit	sweet-acid	sweet	82.7

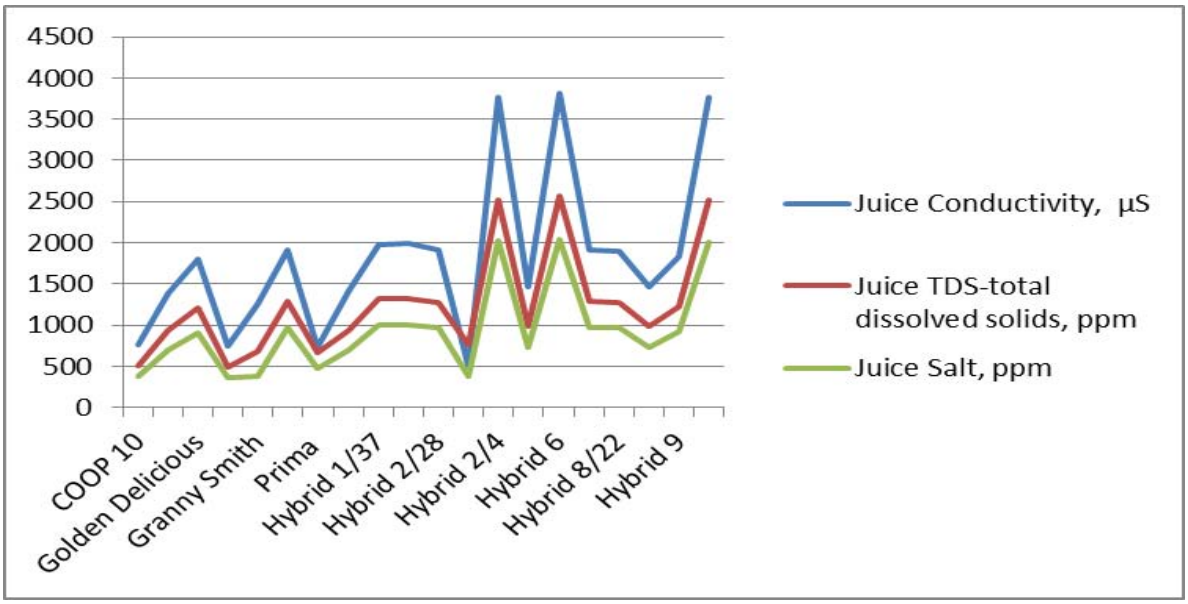


Fig. 1. Mutual depending of some technical parameters of the juice

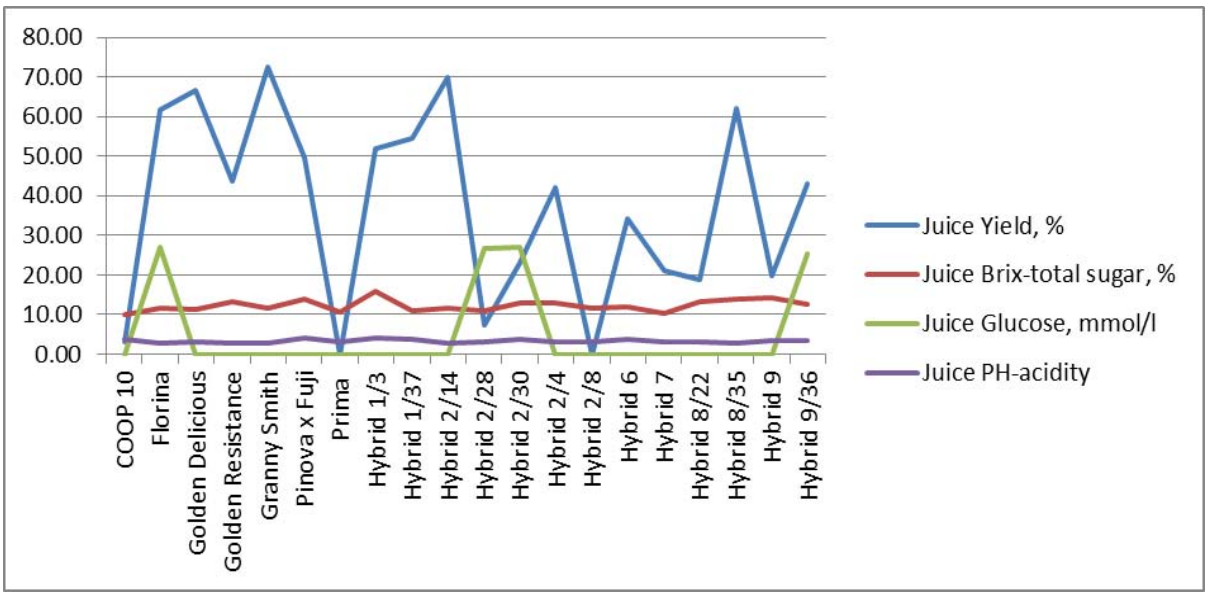


Fig. 2. Juice is the most variable parameter of the apples

Conclusion

All tested varieties and hybrids of apples and their juices have low radioactivity in accordance with regulations. The natural radiation background of the Kyustendil region is 0.16 μSv/h (as there is a fluctuation from 0.10 to 0.20 μSv/h), and less often it is outside these norms. With few exceptions, the radioactivity of the juice directly depends on the radioactivity of the fruit, with a slight decrease of the radiation values in the juice, probably part of it remains in the pressed fruit mass.

There are not established content of lead, arsenic, nitrate, nitrite and sulfite's content. The content of the sulfates is constant for all studied apple varieties and hybrids about 300 mg/l. They are probably a part of the amino-acids in the organic matter in the fruits.

The analyses of the technological parameters show that almost half of the hybrids can't produce juice, but they are good for producing of puree and dried apples and the most tasteless apple variety has excellent taste of the dried fruit.

The highest juice yields (over 70%) have apples from the varieties Granny Smith and Hybrid 2/14. The most delicious juices of fresh fruit are separated from the varieties Florina, Golden Delicious, Granny Smith, and Pinova × Fuji. Juices with the best color of fresh fruit (not brown) produce Florina, Golden Delicious, Granny Smith, Hybrid 1/3, Hybrid 2/14, Hybrid 9, Hybrid 8/35, and Pinova × Fuji.

Acknowledgements

The research and publication were supported by the Bulgarian Ministry of Education and Science (Fund "Scientific Research") – Project "Breeding and application on new yellow-green crisp apple varieties in Bulgaria and China" – Contract: № КП -06-China /4 from 20.12.2018.

References:

1. Al-Bachir, M. (1999). Effect of gamma irradiation on storability of apples (Malus domestica L.), Plant Foods for Human Nutrition, vol. 54, pages1–11(1999).
2. Bhushan, B., Thomas P. (1998). Quality of apples following gamma irradiation and cold storage. Journal International Journal of Food Sciences and Nutrition , Volume 49, 1998 - Issue 6, Pages 485-492.
3. Narvaiz, P., Graciela Lescano, P., LuciaKaupert, N. (1988). Preservation of apples by irradiation, Food Chemistry, Vol. 27, Issue 4, 1988, pp. 273–281.
4. Dolchinkov, N. (2018). Sources of natural background radiation, Security and Defence Quarterly 3 (2017)(2017: 3 (18))
5. Dolchinkov, N. (2017). Radiation Background of the Atmosphere, Soil and Water in Bulgaria and Its Monitoring in the Contemporary Political Conditions. Conference: Technics, technologies, education, safety 2017, Veliko Tarnovo, Bulgaria, Volume: 1.
6. Сотиров, А., Малууд, Д., Пищалов, Н., (2014). Фактори влияещи на общият радиационен фон. Сборник доклади на Годишна университетска научна конференция, НВУ „В. Левски”, Велико Търново, България, юли 2014, 5, 35–39.
7. Сотиров, А. (2013). Радиологичен контрол на град Кюстендил. Сборник доклади на Годишна университетска научна конференция 27-28 юни, Велико Търново, 91–97.
8. Сотиров, А., Везенкова, Р., Пищалов, Н., Савова С., Станчев, Л., Расулски, Т. (2013). Екологичен мониторинг на околната среда в град Кюстендил. Списание Екологично инженерство и опазване на околната среда, кн. 1, 19–28.
9. Sotirov, A. (2014). Environmental monitoring of town Kyustendil Bulgaria. E3 Journal of Environmental Research and Management, Vol. 5(2). pp. 019–041.
10. Serbezova, D., Dimitrova, S. (2016). Old local apple varieties from Kyustendil region. Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, vol. 19, 6, 2016, (172–191)
11. Джувинов, В., Гандев, С., Арнаудов, В., Ранкова, З., Начева, Л., Добревска Г. (2016). Ябълка. Биофрут БГ ЕООД, Пловдив 2016, 320 с.

КОСМОСЪТ – СИГУРНОСТ И ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ПЛАНИРАНЕ НА КОНКУРЕНТОСПОСОБНО БЪДЕЩЕ

Надя Маринова

Нов български университет
e-mail: nmarinova@nbu.bg

Ключови думи: *конкурентоспособност, сигурност, наука, Коперник, Космос, иновации*

Резюме: *Космосът вече не е нарицателно за непреодолима дистанция, а еманация на човешкия напредък. Успехите в сферата на космическите изследвания и иновации накараха Европейския съюз да обяви Космоса за таргет приоритет за научно-технически изследвания. Говори се и за създаването на Европейски космически фонд с бюджет от 1 млрд. евро за стимулиране на стартъп компании и достъп до сателити. Но какви възможности предоставя това и какво общо има с нашата сигурност и развитие? Отправяме поглед към програмата „Коперник“.*

SPACE - SECURITY AND THE ABILITY TO PLAN FOR A COMPETITIVE FUTURE

Nadia Marinova

New Bulgarian University - Sofia
e-mail: nmarinova@nbu.bg

Key words: *competitiveness, security, science, Copernicus, space, innovations*

Abstract: *The cosmos is no longer a name for insurmountable distance, but an emanation of human progress. Successes in space research and innovation have led the European Union to make space a target for scientific and technical research. There is already talk of setting up a European space fund with a budget of 1 billion euros to stimulate startups and access to satellites. But what opportunities does this provide and what does it have to do with our security and development? We take a look at the Copernicus program.*

Космосът вече не е нарицателно за непреодолима дистанция, а еманация на човешкия напредък. Успехите в сферата на космическите изследвания и иновации накараха Европейския съюз да обяви Космоса за таргет приоритет за научно-технически изследвания, заради което ще бъдат необходими 16 млрд. евро от следващия бюджет. Вече се говори за създаването на Европейски космически фонд с бюджет от 1 млрд. евро за стимулиране на стартъп компании и достъп до сателити. Но какви възможности предоставя това и какво общо има с нашата сигурност и развитие? Отправяме поглед към програмата „Коперник“.

Услугата на „Коперник“ за мониторинг на земната повърхност (CLMS) предоставя географска информация за земната покривка и нейните промени, използването на земята, състоянието на растителността, водата и енергийните променливи на земната повърхност на широк кръг от ползватели в Европа и по света в областта на екологичните наземни приложения. Тя подпомага приложения в различни области, като например пространственото и градското планиране, управлението на горите, управлението на водите, селското стопанство и продоволствената сигурност, опазването и възстановяването на природата, развитието на селските райони, екосистемното счетоводство и смекчаването на последиците от адаптирането към изменението на климата. Услугата за приложения за сигурност на програма „Коперник“ има за цел да подпомага политиките на Европейския съюз чрез осигуряване на информация в отговор на предизвикателствата за сигурността на Европа. По този начин се подобрява предотвратяването, подготовката и реакцията в три ключови области:

- Гранично наблюдение;
- Морско наблюдение;
- Подкрепа за външните дейности на ЕС.

В областта на наблюдението на границите, главните цели са намаляване на броя на смъртните случаи с нелегални имигранти в морето, увеличаване на вътрешната сигурност на Европейския съюз и борба срещу трансграничната престъпност.

В областта на морското наблюдение общата цел на Европейския съюз е да се подпомогнат целите на европейската морска сигурност и свързаните с нея дейности в морската област. Съответните предизвикателства са свързани главно с безопасността на корабоплаването, подкрепата за контрола на рибарството, борбата със замърсяването на моретата и прилагането на морското законодателство. Като фактор от световно значение Европа носи отговорност за осигуряване на стабилни условия за човешко и икономическо развитие, права на човека, демокрация и основни свободи. В този контекст ЕС може да предоставя помощ на трети държави в ситуация на криза или на възникваща криза и да помага за предотвратяване на глобални и трансрегионални заплахи с дестабилизиращ ефект.

Услугата на „Коперник“ в областта на изменението на климата (C3S) подкрепя обществото чрез предоставяне на достоверна информация за миналото, настоящето и бъдещето на климата в Европа и останалата част от света. Мисията на услугата е да подкрепя политиките за адаптация и смекчаване на последиците на Европейския съюз чрез последователна и достоверна информация относно изменението на климата.

А при управление на извънредни ситуации „Коперник“ осигурява на участниците в управлението на природни бедствия, причинени от човека извънредни ситуации и хуманитарни кризи, навременна и точна геопространствена информация от дистанционно спътниково наблюдение, допълнена с наличната in situ информация или информация от отворени източници.

Всичко това е възможно чрез огромно количество глобални данни от спътници и наземни измервателни системи, както и измервателни системи на борда на летателни апарати. Те се използват за предоставяне на информация, която да помогне на доставчиците на услуги, публичните органи и други международни организации да подобряват качеството на живот на гражданите на Европа. Безспорен е широкият обхват на програмата „Коперник“ като свидетелство за това, че достъпът до информация е предимство във всеки аспект от живота ни. Малко хора си дават сметка, че голяма част от удобствата на постмодерното общество се дължат на напредъка на човешката дейност и използването на достъпа до космическото пространство като неизчерпаем ресурс.

България също се обръща към поизгубената си слава от времето на съветската програма „Интеркосмос“ и от 5 години е заявила желание да стане част от държавите, управляващи Европейската космическа агенция. По този начин ние започваме процеса на присъединяване към Европейската космическа агенция. Въпреки че страната ни няма Космическа стратегия, в момента се правят проучвания, които да дадат яснота за потенциала на малките и среди предприятия, индустрията и научните организации ще могат ли да изпълняват проекти за развиване на дейностите на Агенцията. Едно от основните направления за развитие на Европа в областта на иновациите и изследванията ще бъде в областта на използването на данни от наблюдение на Земята. Подобрен проект има стойност един милиард евро.

Държавното влияние в голяма степен започва да се измерва с космическия напредък, а страни като САЩ и Русия са безспорни доайени. Макар и с времето космическите възможности да стават все по-демократични и отворени, те са все още твърде скъпи и отнема време да бъдат реализирани, нужна е и налична интелектуална енергия. Затова трябва да бъде решено кои способности ще бъдат част от суверенитета на съответната държава, кои възможности могат да бъдат споделени с други държави и кои бихме предоставили да бъдат контролирани от външни фактори, като например компании, организации, държави и частен сектор. Икономическото влияние, което има сателитната информация е неизмеримо. Например, секторът на селското стопанство е зависим от наличието на космическите технологии. Учените изчисляват, че ако сателитите спрат да функционират само 30 дни земеделският сектор ще понесе щети за около 15 милиарда долара.

В областта на опазването на околната среда – борбата с нелегалният дърводобив например вече може да се води на интерпланетарно равнище, а също и замърсяването на въздуха е видимо. Човечеството използва сателитите си изключително много. В селското стопанство, за наблюдение на горите, за наблюдение на бедствия, в извънредни ситуации. От Космоса се правят около милион и 300 хиляди снимки на ден. Много компании по света превръщат тези направени снимки в информация, услуги и им намират приложения. За тази цел се използва анализ и на изкуствения интелект. Той разпознава на изображението нещата, които

ни интересуват, а информацията от тях може да се превръща в статистически данни, на база на които да се планира. Основен лайтмотив на космическите технологии и бизнесите, свързани с тях, е чрез иновациите да се решават проблеми или да се предотвратяват такива. Това е и ценността, която космическите иновации ни предоставят.

В България до края на годината трябва да има национална космическа стратегия и програма, а догодина трябва да бъдат договорени новите условия за работа с Европейската космическа агенция. Как ще се представи страната ни в тези преговори ще предначертае възможностите за развитие, подобряване на конкурентоспособността и сигурността в нашия регион. Ако България стане част от Европейската космическа агенция, страната ни не само ще може да инвестира в космически програми, а и ще развива индустрията си на високотехнологично ниво.

Литература:

1. Едиз-Ханиф Баязидов Саидов. Планирането – ключов фактор при управлението на проекти, 2019, МВБУ.
2. Мардиросян, Г. Аерокосмически методи в екологията и изучаването на околната среда: Ч. 1. Методи и средства за дистанционно аерокосмическо изучаване на земята, София: Академично издателство "Проф. Марин Дринов", 2003,.206 с. ISBN 954-320-939-X
3. Маринова, Н.,Гъргаров З., Анастасовски Д.(2015). Рисковете в икономическата и финансовата дейност, София, 39 с.
4. Маринова, Н.,(2014). Управление на проекти за постигане на устойчиво развитие, С.,НБУ, 212 с.
5. Маринова Н., Карадочева К. – The eighth international scientific conference - “Employment, education and enterpreneurship” 10.2019.
6. Хаджиев, Кр., Самоуправляващи се работни екипи - теория и методология. Библиотека „Стопански свят”, Свищов, 2010.
7. Хаджиева, В., статия “Система на националния организиран пазар – същност и характеристика”, Ел. списания “Диалог”, книжка № 3/2010 г.
8. Avramov, V. 1. The Current State and the Objectives of the Bulgarian Electricity Market Within the Framework of the EU Internal Electricity Market, SEPIKE, 2013.
9. Avramov, V., Industry 4.0 - Challenges to Developing and Managing Human, Capital, Authority, governance and societal development (Global, regional and national perspectives), Panayotov, D., (editor), Sofia, 2017, pp. 531–539.
10. Davidson, J. (2003). Frame Managing projects in organizations: how to make the best use of time, techniques, and people, San Francisco,John Wiley and Sons ltd., CA: Jossey-Bass, pp. 73.
11. Ghemawat, P.(2007). Redefining global strategy: Crossing borders in a world where differences still matter. Boston, MA: Harvard Business School Press, pp.112.
12. Mühlbacher, H., H. Leihs, L. Dahringer.(2006). International marketing. A global perspective, 3rded., London, pp. 144.

РОЛЯТА НА СУБЕКТИВНИЯ ФАКТОР ПРИ РИСКОВИ РЕШЕНИЯ

Надя Маринова

Нов български университет
e-mail: nmarinova@nbu.bg

Ключови думи: *риск, мениджмънт, субект, обстоятвлства, преценка, знания*

Резюме: *Субектите в своето отношение към риска са различни. Един и същи субект може при едни обстоятелства да отива на риск, а при други – да избягва. Затова знанието и разбирането на отношението към риска, неговото възприемане и типът на поведение са много важни за вземането на адекватни и резултативни решения по управлението на риска. Риск-мениджърът следва да знае отношението на служителите към риска, на тяхното поведение пред лицето на риска и как те го възприемат. Знаейки това, той може да предприеме определени стъпки, за да коригира възприемането на риска при определени източници на опасност, да постигне по-адекватно възприемане на риска от персонала, което ще помогне да намали честотата и последствията от инциденти, водещи до загуби.*

THE ROLE OF THE SUBJECTIVE FACTOR IN RISK DECISIONS

Nadia Marinova

New Bulgarian University
e-mail: nmarinova@nbu.bg

Key words: *risk, management, subject, circumstances, judgment, knowledge*

Abstract: The subjects are different in their attitude to risk. The same subject may in some circumstances take a risk and in others avoid it. Therefore, knowledge and understanding of the attitude to risk, its perception and type of behavior are very important for making adequate and effective decisions on risk management. The risk manager should know the attitude of employees to the risk, their behavior in the face of risk and how they perceive it. Knowing this, he can take certain steps to adjust the perception of risk at certain sources of danger, to achieve a more adequate perception of risk by staff, which will help reduce the frequency and consequences of accidents leading to losses.

В продължение на много години хората са създавали различни икономически институции и са изработвали договори, които максимално са облекчавали ефективното разпределение на риска за сметка на разширяването на диапазона на диверсификацията и увеличаването на специализацията в областта на управлението на риска. Застрахователните компании и фючърсните пазари са пример за институции, чиято първа и основна функция се заключава в съдействието за преразпределението на риска в рамките на икономическата система. Разпределението на риска е едно от най-важните съображения, например, при емисиите на ценни книжа. Не случайно компаниите пускат и облигации, и акции, тъй като тези два вида ценни книжа се различават по характера на риска, който е свързан с тях. Избирайки в какво да инвестират – в облигации, в акции, или и в едното, и другото – инвеститорите избират риска, на който са готови да отидат. В последните няколко десетилетия значително се увеличи скоростта за внедряване на иновации, които облекчават управлението на риска. Пример за това са станалите изменения в търсенето и предлагането на пазарите, свързани с разпределението на риска. Новите открития в областта на телекомуникациите, в обработката на информацията и във финансовите теории значително намалиха разходите за постигане на по-мащабна диверсификация и специализация при поемането на риска. В същото време, нарасналата волатилност (променливост) на валутните курсове, на лихвите и на цените, повиши търсенето на

адекватни способи за управление на риска. По този начин, стремителното и повсеместното развитие на фючърсите, опциите и суапите, което започва през 70 – 80-те години на миналия век, в значителна степен може да обясни реакциите на пазара. Успоредно с поевтиняването на разходите за използването на инструментите за управлението на риска се стигна и до повишаване на тяхното търсене. Хипотетичен идеал за пазар, съвършен по отношение на разпределението на риска между неговите участници, никога няма да бъде постигнат, тъй като в реалния свят съществува огромно количество ограничаващи фактори, което никога не може да се преодолее напълно. Към, ограничаването на ефективното разпределение на риска, като ключови фактори се отнасят: *операционните разходи* и *психологичните проблеми*. *Операционните разходи* са свързани с разходите на фирмите и формирането на такива институции като застрахователни компании и фондови борси, плюс разходите за сключване и изпълнение на договорите. Тези институции се появяват, когато финансовите преимущества от тяхното създаване надхвърлят свързаните с тях разноски.

Психологията на икономическото поведение като наука, възникнала на стика между икономиката и психологията си поставя за цел да изучава поведението на субектите, отразени в психиката на човека, под влиянието на икономическите фактори. Психологията на икономическото поведение разширява своята сфера не само за сметка на включването ѝ в така наричаната непроизводствена сфера, но и при комплексния подход към изучаването на поведението на субектите. Предмет на изучаване от психологията на икономическото поведение е човешкото поведение при неговия избор между алтернативи под влияние на икономически и психологични фактори. Когато не се отчита сферата на временно неосъзнатото, се изпуска от внимание, например, изследването на влиянието на разделението на пари и власт в партньорските отношения при семейния бизнес. До неотдавна икономистите се интересуваха основно от поведението на големите групи от хора, но в последните години вниманието е насочено към изучаване и на микроотношенията в бизнеса. В съвременните изследвания в областта на икономическото поведение трудно се разграничава какъв е авторът – психолог или икономист, маркетолог или икономически психолог по образование, тъй като и в едните и в другите се сочат общите подходи, които достатъчно взаимно са обогатили методите им и са сближили техните интереси. Именно, актуалното поведение на отделния индивид започна да интересува всички посочени специалисти. Независимо, че икономистите в своите концепции използват психологични теории – мотивация и вземане на решения, те разглеждат поведението на субектите по-опростено. Субективното поведение се характеризира с *осъзнаване на целите*. Без това е трудно да се говори за субективната полезност и реда на предпочитанията. Именно с това е свързана възможността за построяване йерархията на целите, по степен на желанията и реда на предпочитанията, изхождайки от което винаги може да се каже, коя от двете цели е за предпочитане и че на смяната на постигнатата цел идва друга цел, която следва по реда на предпочитанията. Друга черта в поведението на „хомоикономикус“ се явява инструменталното *подчинение на средствата на целите*. Изборът на средствата (методи, способи за действие) се извършва въз основа на оценката за тяхната ефективност за постигане на целта. Характерът на средствата се определя не толкова от целта, колкото от условията, обстоятелствата и възможностите. Следваща черта се явява *пресмятането на резултатите*, последствията, т.е. ефективността от поведението. Дейността се оценява по нейната ефективност, т.е. по резултата. В този смисъл цел на дейността се явява нейният резултат. Вземането на решение се свързва с оценка на алтернативи, пресмятане на последствията, избор на начин на действие в зависимост от относителната ценност на очаквания резултат. В случай, че постигането на целта изисква прекалено голям риск и/или разходи, то, както преценяват икономистите, „хомоикономикус“ се отказва от целта. Затова рационалността на икономическото поведение се разбира като пресмятане (на цели, средства, резултати) последователността на посочените стъпки. Безусловно, именно такава представа за рационалното и целенасоченото поведение на субекта е достатъчно основание, за да се оцени и възпроизведе спецификата на самата управленска дейност. Освен това, такъв тип поведение е лесно наблюдаем, измерим, изчислим и затова прогнозируем. И накрая, той е най-добре управляем, тъй като неговите основни компоненти – цели и средства за възнаграждение, служат в същото време и като компоненти на системата за въздействие, стимулиране, възпитание и управление. За недостатъците на модела „хомоикономикус“ се изказват много икономисти-психолози. Цялото нецелево и нерационално поведение на субекта в сферата на икономиката практически не се вмества в този модел. Например, това са импулсивното и емоционалното поведение, а също и поведението, което се детерминира в областта на подсъзнателното. Немският социолог, икономист и историк М. Вебер

разграничава определен тип рационалност, която не е свързана с рационалната дейност и я определя като субективна рационалност. Рационалното поведение в повечето слумаи обеднява дейността, тъй като лишава от смисъл много от нейните елементи и периоди. Всичко, което се разглежда като средство, автоматично губи самостоятелния смисъл, и колкото по-целеустремен е човекът, колкото повече сили, мотиви, време, жизнени сфери той подчинява на целите, превръщайки ги в средство, толкова по-тясна става областта на смисленото в неговата дейност. Рационалното поведение построява полето на живота в една линия, лишавайки го от алтернативност. Вземането на решение води до закриване на много алтернативи в полза на една. Изхождайки от този модел, колкото повече са взетите решения, толкова повече са закритите алтернативи. Всяко последвало решение прави връщането към отхвърлените алтернативи все по-малко възможно. Понятието „размяна“ се използва широко в западната социология за анализ на социалното поведение, в частност на икономическото. Тази концепция също претендира да обяснява поведението на „хомоикономикус“. Обаче това е вярно само в незначителна степен. Едностранното икономизирано тълкуване на размяната предизвиква сериозни възражения при опита за универсално обясняване на икономическото и социалното поведение. Схемата за размяната може в действителност да включва в числото на реалните подбуди не само парите, вещите и други материални условия, но и нематериални условия за получаване на престиж и власт, а също и духовна подбуда. Теоретично, във всеки обмен може да бъде включен почти всеки набор от цели или очаквания на индивида (например, потребностите според йерархията – „пирамидата“ на А. Маслоу). Ефективността от дейността на индивида се определя от това, доколко изгодно му се вижда съотношението между неговия трудов принос и възнаграждението за този принос. Понякога се правят опити да се определи какво срещу какво се разменя:

- *пари срещу работно време;*
- *социално признание и безопасност срещу работа и лоялност към организацията;*
- *възможност за творчество и свободен труд срещу по-висока продуктивност и качество и т.н.*

Обаче, за излизането от рамката на представите за „хомоикономикус“ е важно не толкова включването на неикономически понятия и мотиви в дейността, колкото изграждането на друга структура, разкриване на специфичните механизми на социалния обмен. Взаимната критика на психолози и икономисти в продължение на повече от сто години доведе до разширеното разбиране за поведението на субектите. Икономистите започват в по-голяма степен да отчитат психологичните особености на субекта, а психолозите – да приемат икономическите фактори в неговото поведение. Върху икономическото поведение съществено влияние оказват три групи фактори:

- *първо,* фактори на околната среда и общите социални ситуационни фактори;
- *второ,* субективни фактори*;*
- *трето,* икономическо поведение*.*

В *първата група* фактори могат да се включат три подгрупи:

- ✓ *ситуационни фактори*, към които се отнасят общата система за данъчно облагане, икономическите закони, масмедиите, нивото на инфлация, общото ниво на доходите;
- ✓ *фактори на средата*, субективните условия и ограничения, които непосредствено са свързани със субекта – доход, оценка на дохода, дългове, статус, в който влизат демографски характеристики свързани с други икономически категории (възраст, пол, образование, граждански статус, местожителство, брой на деца, материален статус);
- ✓ *фактори, свързани със социалното влияние* на други субекти.

Втората група фактори също включва три подгрупи:

- ➢ *възприятията* като функция, свързваща околната среда, ситуационните фактори и поведението като фактор, чрез който се пречупват всички икономически категории;

- *соматични* фактори, които включват физиологични и биологични особености на субекта, които ограничават или спомагат за някакви решения на субекта;
- *психически* фактори – знания, мотиви, емоции, очаквания, личностни особености, умения.

Характерът и динамиката на тези фактори в голяма степен зависи от икономическите подбуди, мотиви и личностни особености на работещите субекти. Човекът е неотменим активен компонент на икономическата система, и е невъзможно тя да се опознае без представа за неговото икономическо поведение. Затова икономическата теория отделя особено внимание върху формирането на модела „хомоикономикус“, в частност, въз основа на постулата за неговото рационално поведение. Опитът на преуспяващите бизнес-структури показва, че успехът в дейността на предприемаческите организации в голяма степен зависи от личностните характеристики на субектите - както на собствениците на компаниите, така и на наетите мениджъри, на които е присъщ предприемачески талант. Предприемачеството постоянно изисква от индивида, занимаващ се с активна икономическа дейност, определени качества, както генетично заложените, така и придобити в практиката, а също така и чрез изучаване на чужд опит и получаване на необходимите знания за бизнеса. Изследователите на проблема за личностните качества на субектите разкриват богато разнообразие от различни знания и умения. Така например Администрацията на дребния бизнес в САЩ смята, че предприемачът е длъжен да притежава следните пет най-важни характерни черти, гарантиращи му успех в най-рисковата дейност:

- *енергия, умението да се застави да работи;*
- *умението да мисли;*
- *умението да изгражда взаимоотношения с хората;*
- *комуникативност;*
- *знания за техниката и технологиите.*

Средностатистическият предприемач постоянно се намира в ситуация на избор между конкуриращи се цели. Движен от търсенето на изгодата, той смята, прогнозира, избира и конструира своето поведение по такъв начин, че да подобри собственото положение. Известно е, че различните индивиди се отнасят нееднозначно към риска. Едни не обичат да рискуват, а други се смятат за късметлии, на които непременно ще им провърви. Затова по отношение на риска индивидите условно се делят на две групи – предпочитащи риска и избягващи риска. Подобно отношение към риска се среща и в бизнеса. Някои предприемачи и даже мениджъри в крупни компании вземат рискови решения и се въвличат в много съмнителни дейности, а други предпочитат само такава дейност, която е свързана с минимален риск. Избягването на риска е важна характеристика на субекта за неговите предпочитания в ситуации, свързани с риск. То е мярка за готовност да се заплати за намаляване на риска, на който субектът е подложен. Нежелаещите да рискуват, оценявайки компромиса между разходите за намаляване на риска и изгодите от него, предпочитат по-малко рисковите варианти при същите разходи. Например, ако като цяло субектът е готов да приеме по-ниска ставка на доходността, вземайки едно или друго инвестиционно решение, тъй като в този случай се предлага по-предсказуема ставка за доходност, то означава, че той е склонен към това, за да избегне риска. При избор на варианти за инвестиране с еднакво очаквана ставка на доходност субектите, за които е свойствено да избягват риска, избират вариант с по-ниска степен на риска. Разбирането на поведението в рискова ситуация може да бъде използвано във всички сфери за управлението на риска, включително и при функцията вземане на решения. Колкото повече ресурси се управляват, толкова по-интензивни са отношенията между инвестиционния мениджър и клиента. Много от тези аспекти могат да бъдат разбрани, изхождайки от разбирането, че причини за това са в различията на мненията за способността на мениджъра да прави „добри залагания“. Ето защо, в повечето случаи, клиентите разпределят своите средства между двама и повече мениджъри. Такова разпределение практикуват преобладаващата част от пенсионните фондове. Съществуват две причини за това явление: *първо*, възможността да се ползват услугите на мениджъри, имащи различни навици или използващи различен стил на инвестиране. и *второ*, възможността погрешните залагания да се намалят чрез диверсификация на средствата между мениджърите, тъй като именно те правят тези залагания. В същото време, ако клиентът прибягва

до широка диверсификация на средствата между мениджърите, без да отчита техните инвестиционни способности, то общият портфейл е по-голяма възможност да донесе същите резултати, като и пазарният. Затова прекаленото раздробяване на средствата е равносилно на тяхното инвестиране в пасивни фондове, но при по-висока цена за клиента във връзка с транзакционните разходи и комисионните, заплащани на инвестиционния мениджър. Отношението към риска и към поведението в рискова ситуация може да бъде съвършено различно и зависи, в частност, от тези външни обстоятелства, с които субектите се сблъскват. Така например, риск-мениджърът може да смята, че разглежданият риск е недопустим и би желал да предприеме мерки за неговото намаляване, но на него му се налага да промени своите намерения по бюджетни ограничения, установени от финансовия мениджър. Понякога възникват ситуации, които не се поддават на разумно обяснение. Много често външни обстоятелства могат да доведат субекта до определено друга форма на поведение, която би била обусловена изключително от неговото отношение към риска. Затова е полезно да се прогнозира отношението на субектите към един или друг вид риск. И, ако това е възможно, то по-добре е да се изключи привличането към подобен вид дейност на субекти, които прекалено рискуват в опасни ситуации, а също така да се изключва използването на субекти, които, обратно, избягват риска в ситуации, когато определени рискове са необходими. Прогнозирането на поведението на субектите в рискови ситуации осигурява тяхната безопасност, а на работодателите носи допълнителна печалба. Понякога субектите проявяват съжаление, че са предприели скъпоструващи мерки за намаляване на риска. Съжаленията, обаче, се изказват, естествено, след като лошите прогнози, от които са се страхували, не са се потвърдили. Когато се продадат рискови акции, а след това цената им е скочила тройно, несъмнено ще се съжалява за подобно решение. Обаче, следва да се отчита, че всички решения, взети с отчитане на неопределеността, се вземат преди тази неопределеност да изчезне. Необходимо е да се отчита, че едно решение е най-доброто, когато е въз основа на информация, налична в момента на неговото вземане, в сравнение с всички останали, които биха могли да бъдат взети. Практиката показва, че е трудно да се определи, къде завършва умението да се предвиди и къде започва обикновеният късмет. По определение, решенията за управление на риска се вземат в условия на неопределеност, следователно, съществуват няколко варианта за развитие на събитията. В крайна сметка винаги се реализира само един вариант. Адекватността на решението по управлението на риска следва да се разглежда в съответствие с информацията, достъпна във времето, когато това решение е било взето. Например, специфичен е рискът, когато субектът като фермер е подложен на риск от неурожай или падане на цените или когато бизнесът е свързан с вноса или износа на стоки, той е подложен на риска от неблагоприятно изменение на валутния курс.

В обобщение - рискът, с който е свързано притежаването на активи или извършването на сделки, не може да се оценява без отчитането на специфичните фактори, или да се отчита абстрактно. При едни обстоятелства покупката или продажбата на едно или друго имущество увеличава риска, а при други обстоятелства същата операция може да го намали. Особена роля при решаването на рискови задачи играе *интуицията* на мениджъра. Интуицията представлява способност непосредствено, като че ли внезапно, без логично осмисляне да се намира правилното решение на проблема. Интуитивното решение възниква като вътрешно озарение, просветление, разкриващо същността на изучавания въпрос. Интуицията е задължителен компонент на творческия процес. Психологията разглежда интуицията във взаимовръзка с чувственото и логичното познание и практическата дейност като непосредствено знание в неговото единство с опосредстваното знание, придобито предварително. В случаите, когато е невъзможно да се пресметне рискът, вземането на рискови решения става с помощта на *евристиката*. Тя представлява съвкупност от логични способи и методически правила на теоретичното изследване и търсене на истината. С други думи, това са правила и способи за решаване на особено сложни задачи. Евристиката е по-малко надеждна и по-малко определена от математическите разчети, но тя дава възможност понякога да се получи напълно определено решение. Риск-мениджмънтът има своя система от практически правила и способи за вземане на решения в условията на риск. Основните правила за рисковите решения на мениджмънта се свеждат до следното:

- *не трябва да се рискува повече, отколкото позволява наличният капитал;*
- *винаги следва да се мисли за последствията от риска;*

- *не следва да се рискува голямото за малкото;*
- *положително решение се взема само при отсъствие на съмнения;*
- *при наличието на съмнения се взема отрицателно решение;*
- *не трябва да се мисли, че винаги съществува само едно решение (по-вероятно е да има и други решения).*

При решаването на всеки проблем, колкото малък и прост да е, винаги присъства елементът на риска. Обаче, за мениджъри с тесен опит вероятността от риск е много малка, а интуиция при избора на вариант за решение практически не се изисква по силата на многобройни прецеденти в миналото. При това и загубата, ако е извършена оперативна грешка, е незначителна и достатъчно леко поправима. По друг начин стоят нещата при мениджъри с широк опит. На тях много по-често им се налага да се срещат с нови проблеми, нямащи аналог в тяхната минала дейност. Във връзка с това расте делът на интуицията в процеса на разработването и вземането на решенията и степента на риска нараства. Следва ясно да се разграничават мненията или оценките за грешки и вероятности от всякакъв тип, тъй като по никакъв начин не е възможно да се групират случаите по достатъчно еднородни групи, за да може точно да се изчисли истинската вероятност. Например, при вземане на решения в сферата на бизнеса се налага да се действа при толкова уникални ситуации, че в общия случай никаква статистическа информация не може да послужи като ръководство за действие. Тук понятието обективно измерима вероятност е неприложимо. Неопределеността, която може по някакъв начин да се сведе до обективна количествено определима вероятност, е възможно да се сведе до пълна определеност чрез групирането на случаите. Деловият свят е разработил редица организационни механизми, позволяващи да се осъществи такава групировка, и затова при достатъчно високо ниво на развитие на технологиите на деловите организации, измеримите неопределености въобще не внасят в бизнеса никаква неопределеност. Съществуват способи за разкриване и даже за количествена оценка на отношението на субектите, поемащи риск, към риска и по този начин по-добре да се разберат особеностите на вземаните от тях решения. В заключение следва да се подчертае, че субектите в своето отношение към риска са различни. Един и същи субект може при едни обстоятелства да отива на риск, а при други – да избягва. Затова знанието и разбирането на отношението към риска, неговото възприемане и типът на поведение са много важни за вземането на адекватни и резултативни решения по управлението на риска. Риск-мениджърът следва да знае отношението на служителите към риска, на тяхното поведение пред лицето на риска и как те го възприемат. Знаейки това, той може да предприеме определени стъпки, за да коригира възприемането на риска при определени източници на опасност, да постигне по-адекватно възприемане на риска от персонала, което ще помогне да намали честотата и последствията от инциденти, водещи до загуби.

Литература:

1. Александрова, М. Управленски решения и риск. Издателство „Авангард Прима“, С., 2009.
2. Ангелов, И. Световната икономическа криза и България. Академично издателство „Проф. М. Дринов“, С., 2010.
3. Балабанов, И. Риск-мениджмент. Издательство „Финансы и статистика”, Москва, 1996.
4. Георгиев, Р. Делови решения и сигурност на организацията. Издателство „Софт Трейд”, С., 2007.
5. Jorion, Ph., Financial risk manager handbook, 2nd edition, Wiley, 2003.
6. Pfaff, B. Financial Risk Modelling and Portfolio Optimisation with R. Series: Statistics in Practice, John Wiley & Sons, London, 2013.
7. Reilly, F. K., K. C. Brown. Investment Analysis – Portfolio Management. Thomson Learning, NY, 2003.

Session 5

Space Material Science and Nanotechnology

Chairman: Prof. Dimitar Teodossiev
Secretary: Daniela Shuleva

S E S 2 0 2 0
Sixteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
4 – 6 November 2020, Sofia, Bulgaria

ВЗРИВНО ПРЕСОВАНЕ НА МЕТАЛНИ ПРАХОВЕ

Людмил Марков

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

Ключови думи: *Метален прах, взривно пресоване*

Резюме: *В работата е разгледан въпросът за взривното пресоване на прахове от волфрам и алуминий. На обработка са подложени смеси с различно процентно съдържание на двата метала. За регулиране скоростта на детонация на взривните вещества, а оттам и налягането на ударната вълна в металния прах, са използвани различни рецептури на ВВ. Получени са качествени пресовки, които се явяват добра основа за последваща обработка.*

EXPLOSIVE PRESSING OF METALLIC POWDERS

Ludmil Markov

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

Keywords: *Metallic powder, explosive pressing*

Abstract: *The matter of blast pressing of tungsten and aluminum dust is considered. Different percentage mixtures of both metals have been treated. To regulate the detonation speed of the explosives and the air blast pressure, different dispensing of explosives have been used. The obtained pressed materials of high quality provide a basis for a further treatment.*

Въведение

Получаването на заготовки и изделия с методите на праховата металургия позволява да се избегнат неблагоприятните явления, които са свързани с леенето /пукнатини, кухини, нееднородна грубозърнеста структура/.

С методите на праховата металургия могат да се изготвят почти всички метали и сплави, получавани чрез леене и да се създадат композити, недостъпни за обичайните способи. Например сплавяването на волфрам и алуминий се възпрепятства от голямата разлика в относителните тегла на двата метала, което води до тегловна сегрегация при топенето. Ако се смесят прахове от двата метала, пресоват и след това обработят подходящо, ще се получат псевдосплави с различно съдържание на компонентите.

Праховата металургия позволява да се получат:

- псевдосплави от метали, несплавяващи се и несъединяващи се помежду си;
- порести материали с точно регулиране на порестостта и размерите на порите, запълвани при необходимост със смазка или други пълнители;
- комбинация от метали и неметали, различни видове интерметалически съединения от типа на карбидите, силицидите, боридите и др.
- метали и сплави, уякчени с включения от тънкодисперсни окиси и други химически съединения, а така също армирани с високоякостни влакна, мрежи и др.

Разширяването на номенклатурата на материалите за сметка на труднопресованите композиции, увеличаването на габаритите и усложняването на тяхната форма довеждат до това, че традиционните методи стават нерационални или въобще невъзможни. Ефективно в тези случаи се явява взривното пресоване.

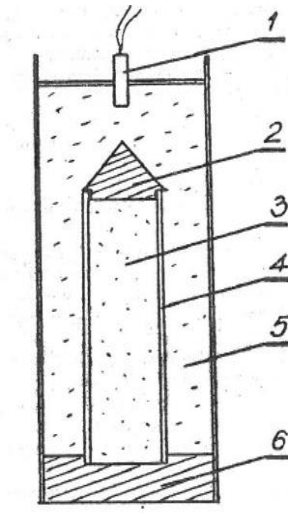
Експериментални изследвания и резултати

Операциите по взривното пресоване се разделят на дистанционни и контактни. Към дистанционните се отнасят тези, при които енергоносителят се намира на определено разстояние от пресования материал. Енергията на взрива се предава чрез междинна предаваща среда от твърди, течни, газообразни тела или техни съчетания.

Към контактните операции се отнасят тези, при които източникът на енергия /зарядът ВВ/ е разположен в непосредствен контакт с пресования материал или контактува с него чрез контейнера, в който е поставен.

В настоящата работа е разгледан втория метод, като е избрана цилиндрична схема на взривно пресоване, показана на Фиг. 1.

Пресования материал 3 е поставен в контейнер 4. Зарядът от ВВ 5 е разположен концентрично около заготовката и се инициира чрез детонатора 1. За да се избегне проникване на продукти от взрива в пресования материал и за да се запази контейнерът от разрушаване, са поставени защитен конус 2 и основата 6.



Фиг. 1. Схема на взривно пресоване с контактен заряд

Като контейнери за пресования прах бяха използвани тръби от алуминий и дуралуминий, а ВВ беше насипвано в картонени и PVC тръби.

На пресоване беше подложена смес от прахове на волфрам и алуминий с размери на зърната съответно 4–12 и 250 μm. Изходната предпоставка за избора на тези размери е свързана с факта, че промишленото производство е ориентирано именно към тях.

Бяха приготвени смеси с тегловно съдържание на волфрам 3, 12, 25 и 35%.

Важно условие за получаване на еднородни по състав пресовки се явява предварителната хомогенизация на сместа, която беше извършена в ахатова планетарна мелница.

Плътността на пресовките е един от най-важните показатели, характеризиращи процеса на взривно пресоване и качеството на пресовките. Резултатите от различни изследвания показват, че е твърде трудно да се получат пресовки без вътрешна осева кухина и равномерна плътност по сечението. При това в зависимост от насипната плътност или степента на предварително пресоване, физико-механичните свойства на праха и размерите на заготовката могат да се получат зони с повишена или понижена плътност.

При провеждане на експериментите беше използвано ВВ „Амонит 6“. За постигане на оптимална скорост на детонация, съответно налягане върху стените на контейнера, ВВ беше смесвано с амониева селитра в съотношение 1–1,5 : 1 и с царевично брашно в съотношение 10–30 : 1.

Най-добри резултати /плътност на пресовките 99% спрямо теоретичната /бяха постигнати при скорост на детонация от 2600 до 3000 m/s, дуралуминиев контейнер за металния прах и картонен за ВВ (Фиг. 2).



Фиг. 2. Контейнер с метален прах след взривно пресоване

При използването на контейнер за ВВ от PVC тръба и по-високи скорости на детонация се получиха кухини по оста на пресовките (Фиг. 3).



Фиг. 3. Контейнер с метален прах, пресован при висока скорост на детонация на ВВ

Заключение

В заключение може да се каже, че по метода на взривното пресоване е възможно получаването на качествени пресовки с висока плътност от прахове на волфрам и алуминий, които са добра основа за последваща обработка.

Литература:

1. Крупин, А., В. Соловьов, Н. Шефтель, А. Коболев. Деформация металлов взрывом. М., Металлургия, 2012.
2. Бабуль, В., Я. Багровский, К. Бережанский. Взрывная прессовка порошков. Сб. Детонация, Варшава, 2014.
3. Поздняков, З., Б. Росси. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания. М. Недра, 2008.

NANOTECHNOLOGY IN MILITARY APPLICATIONS

Adelina Miteva

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ad.miteva@gmail.com

Keywords: *nanotechnology, military applications, nanodevices, smart weapons, nanomaterials, nanoelectronics*

Abstract: *This paper presents a brief review on some current and potential military applications of nanotechnology. Some examples of what can be created by nanotechnology are: ultra-small computers; new types of weapons and sensors; implants introduced into the body of military personnel; production of lightweight, strong and multi-functional materials for use in clothing, both for protection and to provide enhanced connectivity, etc. A critical discussion is presented. Possible future extensions of the work in this field are considered.*

НАНОТЕХНОЛОГИИ ВЪВ ВОЕННИТЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Аделина Митева

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: ad.miteva@gmail.com

Ключови думи: *нанотехнологии, военни приложения, наноустройства, интелигентни оръжия, наноматериали, наноелектроника*

Резюме: *Тази статия представя кратък обзор на някои настоящи и потенциални военни приложения на нанотехнологиите. Някои примери за това, което може да бъде създадено от нанотехнологиите, са: ултра малки компютри; нови видове оръжия и сензори; импланти, въведени в тялото на военния персонал; производство на леки, здрави и многофункционални материали за използване в облеклото, както за защита, така и за осигуряване на подобрена комуникацията и др. Представена е критична дискусия. Представени са възможни бъдещи изследвания на работата в тази област.*

Introduction

Nanotechnology (NT) can meet almost all of our needs. The words of the Polish satirist Stanislaw Jerzy Lek that "no matter what a scientist works on, the result is always a weapon", are fully applicable to nanotechnology. Currently, most experts agree that nanotechnology will shape the entire 21st century. Nanotechnology is an interdisciplinary field of applied and fundamental science and technology that deals with a set of theoretical foundations as well as practical research, synthesis and analysis, production methods and the use of products with a given atomic structure through the controlled manipulation of individual molecules and atoms. It should be noted that today in the world there is no single standard describing what nanoproducts and nanotechnologies are.

Measurement at NT level is in nanometers (nm). Fig. 1 illustrates the differences in scale that range from hair diameter down to one hydrogen atom.

Nanotechnology can be difficult to determine and define. There are different definitions of nanotechnology as: 1. NT involves research and technology development at the 1nm-to-100nm range; 2. NT creates and uses structures that have novel properties because of their small size; 3. NT builds on the ability to control or manipulate at the atomic scale. According to the “Concept for the development of nanotechnology work in the Russian Federation for the period up to 2015”, NT was understood as a set of techniques and methods that allow modification and creation of controlled objects, including components with dimensions smaller than 100 nm, which in As a result, they have

acquired fundamentally new qualities that allow their integration into full-fledged systems on a larger scale. At the same time, the practical aspect of nanotechnology involves the production of various devices and their components needed to process and manipulate molecules, atoms and nanoparticles.

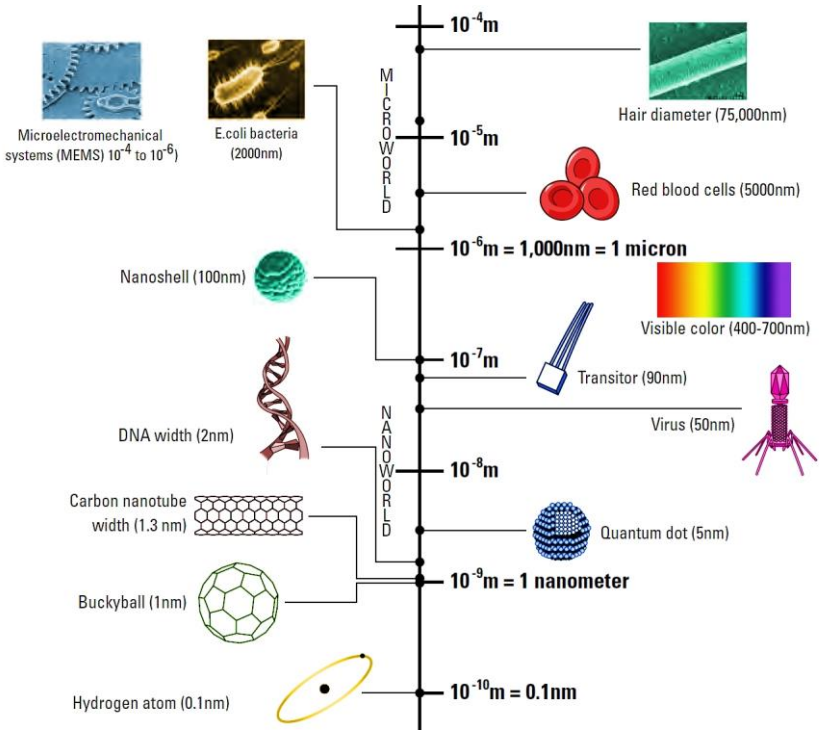


Fig. 1. Size comparisons, from hair diameter (75.000 nm) to the hydrogen atom (0.1 nm)

For example, the realm of nanoscience is not new; chemists will tell you they have been doing nanoscience for hundreds of years. Stained-glass windows found in medieval churches contain different-size gold nanoparticles incorporated into the glass — the specific size of the particles creating orange, purple, red, or greenish colors. What's new about current nanoscience is its aggressive focus on developing applied technology — and the emergence of the right tools for the job.

Corporations, universities, and military/government laboratories are all working together to further nanotechnology research because it's got so much promise in so many applications.

Many nanotechnology products [1] (e.g. nanolayered magnetic disk heads, nanostructured catalysts, nanoparticles in cosmetics, quantum well optoelectronic devices etc.) are already on the market. Today, most countries have their own NT research programs.

The first fact about the use of nanotechnology for military purposes should be considered the fact discovered by scientists from the Technical University of Dresden (Germany) when examining a sample of damask steel (known for its highest strength), from which the sword (Fig. 2, a) is made. Made in the 16th century, it is kept in the Historical Museum of Bern (Switzerland). After etching the surface of a metal sample in hydrochloric acid, the researchers found threadlike objects with nanometric transverse dimensions (Fig. 2, b). A detailed study of the surface using a scanning tunneling microscope revealed that these are multilayer carbon nanotubes, also filled from the inside with cementite - iron carbide (Fe_3C), which has a very high hardness. The distance between the layers in the studied nanotubes turned out to be close to the typical one for such systems - 0.34 nm. Since nanotubes have record breaking strength (elastic modulus is approximately equal to 10^{12} TPa), it is not surprising that the components of damask steel provide such high strength properties of the saber material [2].

The point of view that the widespread introduction of nanotechnology in the construction and development of the armed forces will make it possible to win an inhumanly rapid and destructive war is firmly entrenched in military circles. Therefore, the world is already working hard to create new weapons and protection against them, using nanotechnology [2]. Nanotechnology is concerned with materials, systems structures and components that exhibit novel and significantly improved physical, chemical and biological properties, phenomena and processes due to their nanoscale size. Nanostructures and devices have unique chemical, electrical, magnetic, optical and biological

properties. Nanotechnology introduces an understanding of nanoscience to create new materials, structures or devices using nanoscale properties.



(a) (b)

Fig. 2. (a) – Damascus steel sword and (b) - Damascus steel nanostructure

Examples of some nanotechnology and nanomaterials in national defense and military applications

What can nanotechnology do for the military? NT research in the following areas can help the military [3]:

- Clothing with greater tolerance for temperature changes
- Increase surveillance for better protection
- Smaller cameras
- Cheap, small, and more effective weapons
- Exploration of the oceans
- Augmenting human performance
- Scratch resistant surfaces
- Stronger, thinner and cheaper glass
- Change shape of objects, i.e. armor-like fabric
- Coatings that don't degrade (doesn't need repainting)
- "Invisibility"
- Faster intensive medical help
- Lighter, faster aircraft which use less fuel
- Submarines and planes that can go undetected by radar
- Smart materials
- Intelligent apparel system
- MEMS and NEMS
- Explosives and propellants
- Nanorobots
- Armaments electronics
- Aerodynamics and propulsion
- Sensors and transducers

Militaries of many countries are aiming towards weapons based on nanotechnology. Weapons can be used in three different ways: (1) To massively damage the lungs. Ultrafine particles from diesel machines, power plants and incinerators can cause considerable damage to human lungs. This is because of their size (as they can get deep into the lungs) and also their ability to carry other chemicals including metals and hydrocarbons along with them; (2) To get into the body through the skin, lungs and digestive system. This helps to create free radicals that can damage the cells. There is also a serious concern that, once the nanoparticles are in the bloodstream, they are able to cross the blood–brain barrier; (3) The human body has developed a tolerance to most naturally occurring elements and molecules with which it has contact. However, it has no natural immunity to new nanosubstances and therefore is more likely to find them toxic; and; (4) The most dangerous nano-application used for military purposes is the nano-bomb, which contains engineered self-multiplying deadly viruses that can continue to wipe out a community, country or even entire civilization. Militaries all around the world are about to embark upon the use of nanomaterials, nanobots and nanotechnologies that are likely to make weapons of mass destruction. Armies of enormous strengths can be wiped out slowly without even fighting a single battle. Because of this, the soldiers may never know when they have been nanopoisoned [4].

The study of friction, wear and lubrication has been of great practical importance for a long time, since the functioning of many mechanical and electrical systems embedded in military installations depends on the corresponding processes of friction and wear. The newest repair-regeneration oil nanoadditives have an important place in the application of lubricants. Added to oils or

greases they assure partial regeneration of worn surfaces under special friction conditions. Forming an antifriction protective layer during a selective transfer between the working surfaces, they decrease friction and wear, and increase the wear-resistance in the contact pairs of machines [5].

Security is a broad field, covering everything from the security of our borders to the security of our infrastructure to the security of our computer networks. Here is our take on how nanotechnology will revolutionize the whole security field:

- Superior, lightweight materials: Imagine materials ten times stronger than steel at a fraction of the weight. With such materials, nanotechnology could revolutionize tanks, airframes, spacecraft, skyscrapers, bridges, and body armor, providing unprecedented protection.

- Advanced computing: More powerful and smaller computers will encrypt our data and provide round-the-clock security. Quantum cryptography — cryptography that utilizes the unique properties of quantum mechanics — will provide unbreakable security for businesses, government, and military. These same quantum mechanics will be used to construct quantum computers capable of breaking current encryption techniques (a needed advantage in the war against terror). Additionally, quantum computers provide better simulations to predict natural disasters and pattern recognition to make biometrics — identification based on personal features such as face recognition — possible.

- Increased situational awareness: Chemical sensors based on nanotechnology will be incredibly sensitive — capable, in fact, of pinpointing a single molecule out of billions. These sensors will be cheap and disposable, forewarning us of airport-security breaches or anthrax-laced letters. These sensors will eventually take to the air on military unmanned aerial vehicles (UAVs), not only sensing chemicals but also providing incredible photo resolutions. These photos, condensed and on an energy-efficient, high resolution, wristwatch-sized display, will find their way to the soldier, providing incredible real-time situational awareness at the place needed most: the front lines.

- Powerful munitions: Nanometals, nano-sized particles of metal such as nanoaluminum, are more chemically reactive because of their small size and greater surface area. Varying the size of these nanometals in munitions allows us to control the explosion, minimizing collateral damage. Incorporating nanometals into bombs and propellants increases the speed of released energy with fewer raw materials consumed — more (and better-directed) “bang” for your buck [6].

- Robotics: However, there are a few driving forces making robotics economically feasible: defense, space exploration, and labor. In the near term, autonomous UAVs (short for Unmanned Aerial Vehicles) will keep continuous watch over our borders, and robots will dispose of roadside bombs in the battlefield. Space exploration will be done by robots, cutting the need for human involvement and thus allowing us to go farther than we’ve ever gone before.

As nanotechnology develops better sensors and processors and the energy revolution provides abundantly cheap energy, robots will be in demand as cheap manual labor, increasing our overall standard of living. Not only will we have robotic dogs and vacuum cleaners but also assembly-line industrial labor, bringing money back to Western nations. Perhaps a “robotic arms race” will emerge, not as a mighty military machine but as a productivity machine — each nation trying to make the cheapest goods as quickly as possible. All this will gradually grow over the next few decades — but once the hardware is in place (around 2030), the software and artificial intelligence will soon follow.

For example VMRAM (Vertical Magnetoresistive Random-Access Memory) is so robust that it resists change even from hard radiation — great for military and space applications. No wonder it’s being researched by the Navy.

Additionally, adaptive optics (AO) may revolutionize all sorts of sporting and military optics. If the computer components were adapted, AO technology could work on binoculars and similar equipment. The aforementioned universities have already shown that an observer’s recognition of shapes and orientations improve when looking at AO-enhanced images. Everybody from Army snipers to birdwatchers will be able to get a better idea of what they’re looking at.

Bell Lab micro mirror technology improves the modulation of beams used in projection optics. This could be used to improve military and other communications.

In the long term, it seems likely that most military technology depends on nanomaterials. Some of the more speculative applications in this area include:

- Nano-machines for simulating the action of human muscles in an exoskeleton
- Stealth coatings
- Self-healing (self-healing) material
- Smart leather materials
- Adaptive camouflage
- Responsive structures

There is a wide range of applications of NT and it is expected to increase. Some potential military applications of nanotechnology are already mature enough to come into force much earlier

than others. Sensors are one example of this - many sensors have already been developed that take advantage of the unique properties of nanomaterials to make them smaller and more sensitive than traditional technologies.

Portable and efficient sensors are extremely valuable for the military, for example:

- Highly sensitive infrared thermal sensors
- Small lightweight accelerometers and GPS for motion and position detection
- Miniature high quality camera systems
- Biochemical sensors
- Sensors for health monitoring and drug / nutrition delivery systems

Materials have always played an important role in the design and development of applications. Therefore, the development of new materials is an important area of research for all areas of science [7]. In military operations, advanced material systems play a crucial role in the success of an operation and military organization from the tactical to the strategic level. Some modern materials are used to reflect or absorb radar and infrared radiation, providing stealth or deception for detection and tracking systems. For sensor technologies such as detectors and electronic card components such as chips, microprocessors and diodes, various materials have been developed from the nano to the macro level. Advanced electronic devices such as processors or nano / microchips are needed for high-speed data and imaging, computing and networking, especially for big data processing and optimization. 2D materials are one of the most popular areas of advanced materials research in the last decade, and well-known 2D materials are graphene, MoS_2, hBN, WS_2, WSe_2. They can also be combined to create new materials with improved thermal, electronic, mechanical, or optoelectronic properties called heterostructures.

Future of NT in military industry and conclusions

The potential NT military applications are largely unlimited. This brief overview of some of NT's military applications can improve the overall understanding of some modern and up-to-date knowledge and materials.

Last but not least, both experimental and theoretical research on NT is very important and should be developed to look for unknown and possible properties for new potential military applications of NT. Future applications require materials with exceptional mechanical, electronic and thermal properties that can withstand a variety of environmental conditions and are readily available at reasonable prices.

State-of-the-art materials will be key to the future development of modern devices, where 2D materials play an important role in this development process. Sensors, MPE, electronic devices on diodes, microcircuits, transistors; and energy storage systems such as batteries and fuel cells will be more efficient with 2D materials than traditional ones. Modern sensors and detectors based on 2D materials will provide a significant opportunity to obtain the accurate data required for planning, optimization and decision-making, which are fundamental factors in the management of military operations. It is necessary to carry out interdisciplinary work between the basic sciences and related engineering fields; that is, mechanical engineers, electrical engineers, electronic engineers and industrialists in the development of advanced 2D systems for military materials [7].

References:

1. Altmann, J. and J. Altmann. Military nanotechnology: Potential applications and preventive arms control. Taylor & Francis, 2006.
2. lekciya-2-p-mnanotekhnologii-v-voennom-delenad-chem-bi-ni-rabotal-uchenij-v-153635
3. http://ice.chem.wisc.edu/Small%20Science/From_Small_Science_Comes_Big_Decisions/Choices_files/Military.pdf
4. Kharat, D. K., H. Muthurajan and B. Praveenkumar. Present and futuristic military applications of nanodevices. Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic and Nano-Metal Chemistry. 36(2), 2006, 231–235.
5. Kandeva, M., B. Ivanova, E. Assenova and A. Vencl. Influence of additives and selective transfer on wear reduction in the lubricated contact. Proceedings of the International Conference on Materials, Tribology, Recycling–MATRIB, 2014, 26–28.
6. Booker, R. D. and E. Boysen. Nanotechnology for dummies. John Wiley & Sons. 2005.
7. Özkan, D., M. C. Özekinci, Z. T. Öztürk and E. Sulukan. Two Dimensional Materials for Military Applications. Defence Science Journal. 70(6), 2020.

АЕРОЗОЛНИ ЧАСТИЦИ И МЕХАНИЗМИ НА ЗАМРЪЗВАНЕ НА ОБЛАЧНИТЕ КАПКИ

Валерия Стоянова[1], Аделина Митева[2]

[1]Институт по физикохимия "Акад. Ростислав Каишев", Българска академия на науките
[2]Институт за космически изследвания и технологии, Българска академия на науките
e-mail: valeriastoyanova@gmail.com, ad.miteva@gmail.com

Ключови думи: *Замръзване на облачни капки, механизми на хетерогенно зародишообразуване, характеризиране на атмосферни аерозоли*

Резюме: *Описани са механизмите на образуване и замръзване на водните капки, които имат отношение към процесите в облачните системи. Накратко са характеризирани различните по размер, състав и произход аерозолни частици като кондензационни и ледообразуващи ядра и тяхната роля за атмосферните процеси и екологията. По темата са добавени препратки и кратки споменавания на експериментални методи и техники за изучаване на хетерогенното зародишообразуване в облаците чрез депозиционен, имерсионен, кондензационен и контактен механизъм с участието на различни аерозоли.*

AEROSOL PARTICLES AND MODES OF CLOUD DROPS FREEZING

Valeria Stoyanova[1], Adelina Miteva[2]

[1]Institute of Physical Chemistry "Acad. Rostislaw Kaischew", Bulgarian Academy of Sciences
[2]Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: valeriastoyanova@gmail.com, ad.miteva@gmail.com

Key words: *Cloud drops freezing, heterogeneous nucleation modes, atmospheric aerosols characterization*

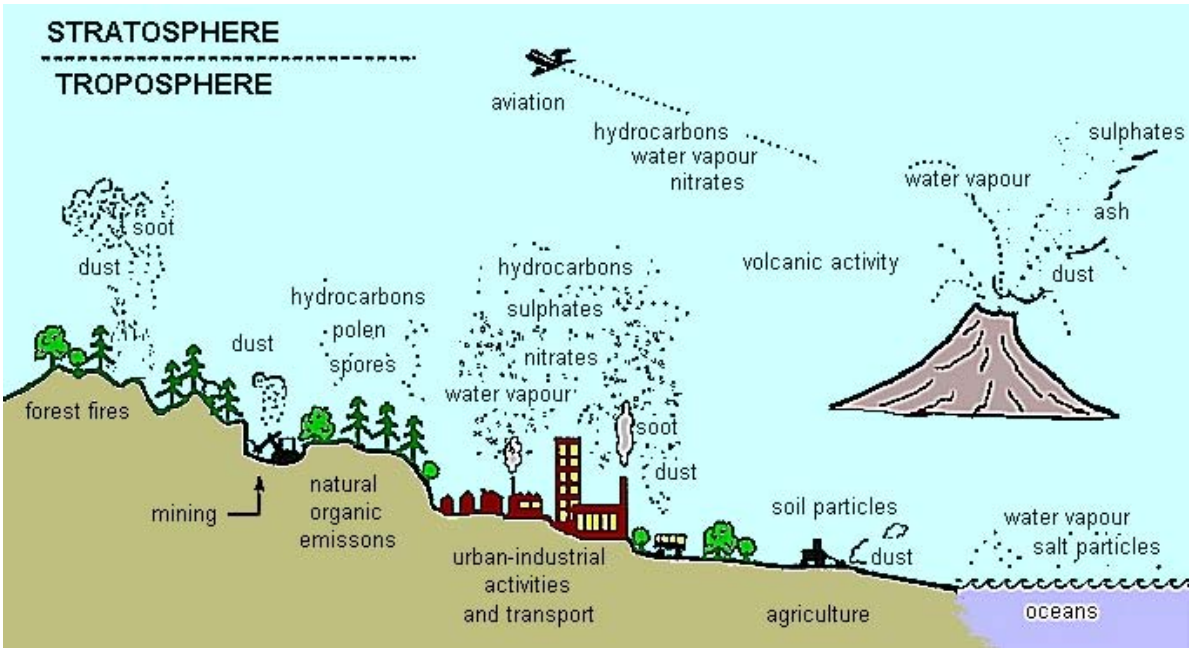
Abstract: *The modes of formation and freezing of water droplets, which are related to the processes in cloud systems, are described. The aerosol particles of different size, composition and origin are briefly characterized as condensation and ice-forming nuclei having a role in atmospheric processes and ecology. References and concise mentions of experimental methods and techniques for studying the heterogeneous nucleation in clouds by deposition, immersion, condensation and contact mechanism with participation of different aerosols have been added on the topic.*

Въведение

Атмосферните аерозоли, често наричани фини прахови частици (ФПЧ), са обект на задълбочени изследвания от началото на 80-те години, тъй като играят жизненоважна роля за глобалния климат на Земята, образуването на облаците, хидрологичния цикъл, видимостта и качеството на въздуха, здравето на хората и благосъстоянието на екосистемите. Тъй като около 70% от земната повърхност е покрита с облаци, аерозолите в голяма степен контролират глобалния радиационен бюджет като отразяват към космоса късовълновата слънчева радиация, охлаждаща Земята, и абсорбират и излъчват обратно към Земята дълговълнова радиация от повърхността на Земята, причинявайки затопляне.

Твърдите аерозолни частици представляват смес от органични и неорганични съединения с различен химичен състав, тъй като произхождат от различни източници. Естествени източници са например вулканичната пепел, пустинният прах, почвените частици от

типа на минерален прах и глини, димът от горски пожари, а антропогенните аерозоли са резултат от промишлени и транспортни дейности, например индустриален прах от металургията, строителни дейности, производството на цимент, изгаряне на въглища и други отпадъци. Примери са показани на Фиг. 1.



Фиг. 1. Естествени и антропогенни източници на атмосферни аерозолни частици

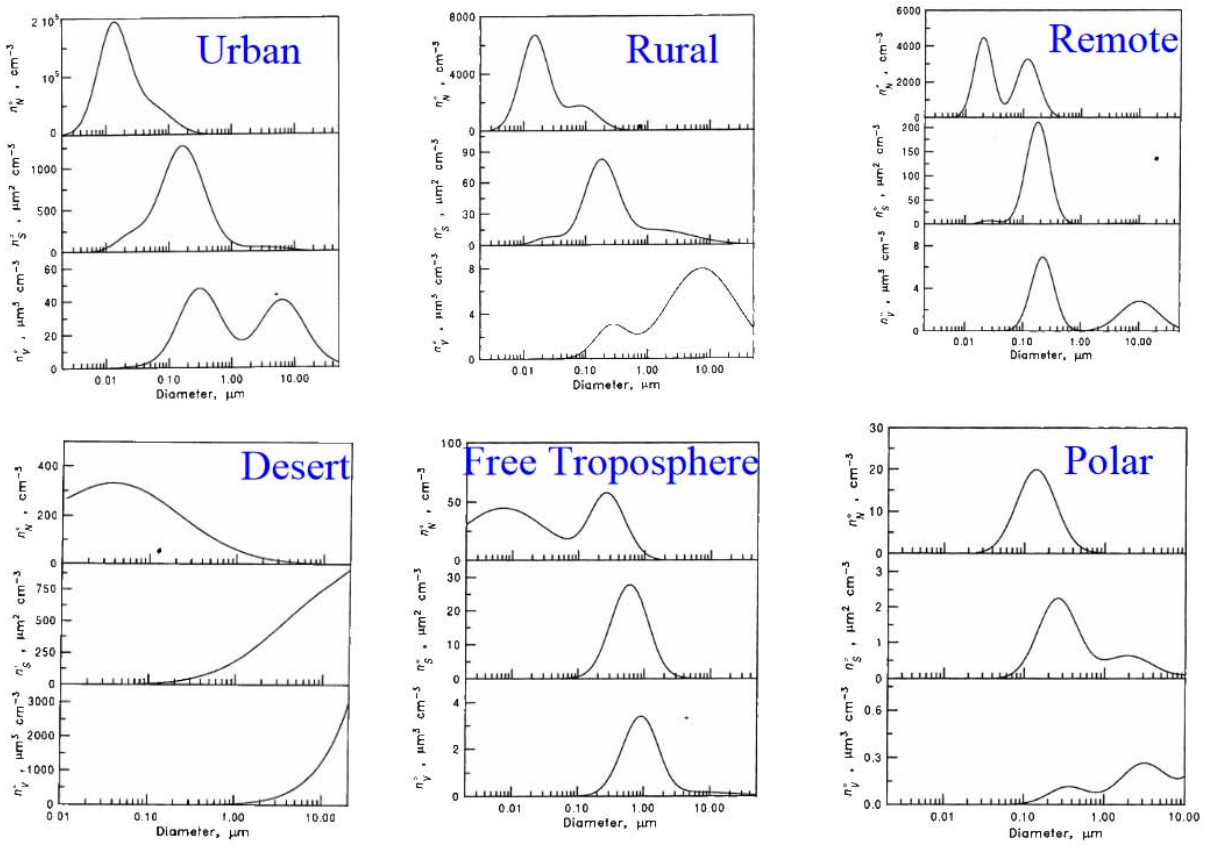
Физико-химични характеристики на аерозолните частици

Праховите и минерални частици с размер под 10 μm (ФПЧ10) и особено инхалаторните с размер под 2.5 μm (ФПЧ2.5), към които човешкият организъм е по-чуствителен, показват силна сезонност с по-високи стойности през лятото, поради по-честите и интензивни епизоди на транспортиране от пустините, а и по-сухите метеорологични условия благоприятстват ресуспендирането на праха от земята. Проучванията показват, че пътните превозни средства са сред основите източници на ФПЧ в градските райони, а емисиите от въздухоплавателни средства значително повишават масата и концентрацията им близо до летищата. Среднодневните средни стойности на концентрацията на ФПЧ варират от няколкостотин до над 50 000 cm^{-3}, с по-ниски стойности в морския граничен слой и свободната тропосфера и по-високи концентрации в планетарния граничен слой. Нарастващ градиент се наблюдава от естествените природни зони към градската околна среда, като в градските зони концентрацията на ФПЧ показва максимуми в сутрешните и вечерни пикови часове [1].

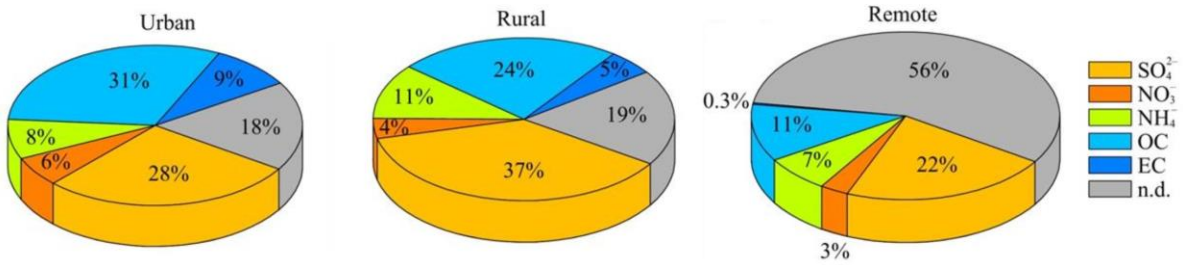
Сред важните физико-химични параметри, необходими за пълното характеризиране на аерозолите, са разпределението по размер, брой, маса и повърхност на частиците, тяхната плътност, форма, фаза и химичен състав. Размерът на частиците е основна характеристика. Аерозолните диаметри могат да варират от нанометри до десетки микрони. Примери за разпределенията по брой (см-3), повърхност (μm^2 cm^{-3}) и обем (μm^3 cm^{-3}) на аерозолни частици, събрани от различни типове атмосфера (градска, селска, отдалечени райони, пустинна, тропосфера и полярни области) са изобразени на Фиг. 2 в зависимостта от диаметъра на частиците (μm), [2]. Размерът и съставът на ФПЧ определят редица свойства като летливост, хигроскопичност, химическа реактивност, способността за разсейване и поглъщане на светлина, също и активността им като зародиши на капки и ледени кристали в облаците. Смята се, че аерозолните частици с добра ледообразуваща активност имат участъци с ледоподобна кристална структура и/или възможност да образуват водородни връзки и да притежават активни места (т.е. пукнатини, несъвършенства, ъгли и/или стъпала върху повърхността на частиците). Възможните физични и химични влияния са обобщени в работите на Pruppacher и Klett [3] и Vali [4].

Атмосферните аерозоли обикновено се състоят от променливи количества сулфати, нитрати, амоний, морска сол, елементи от земната кора, въглеродни съединения (елементарен

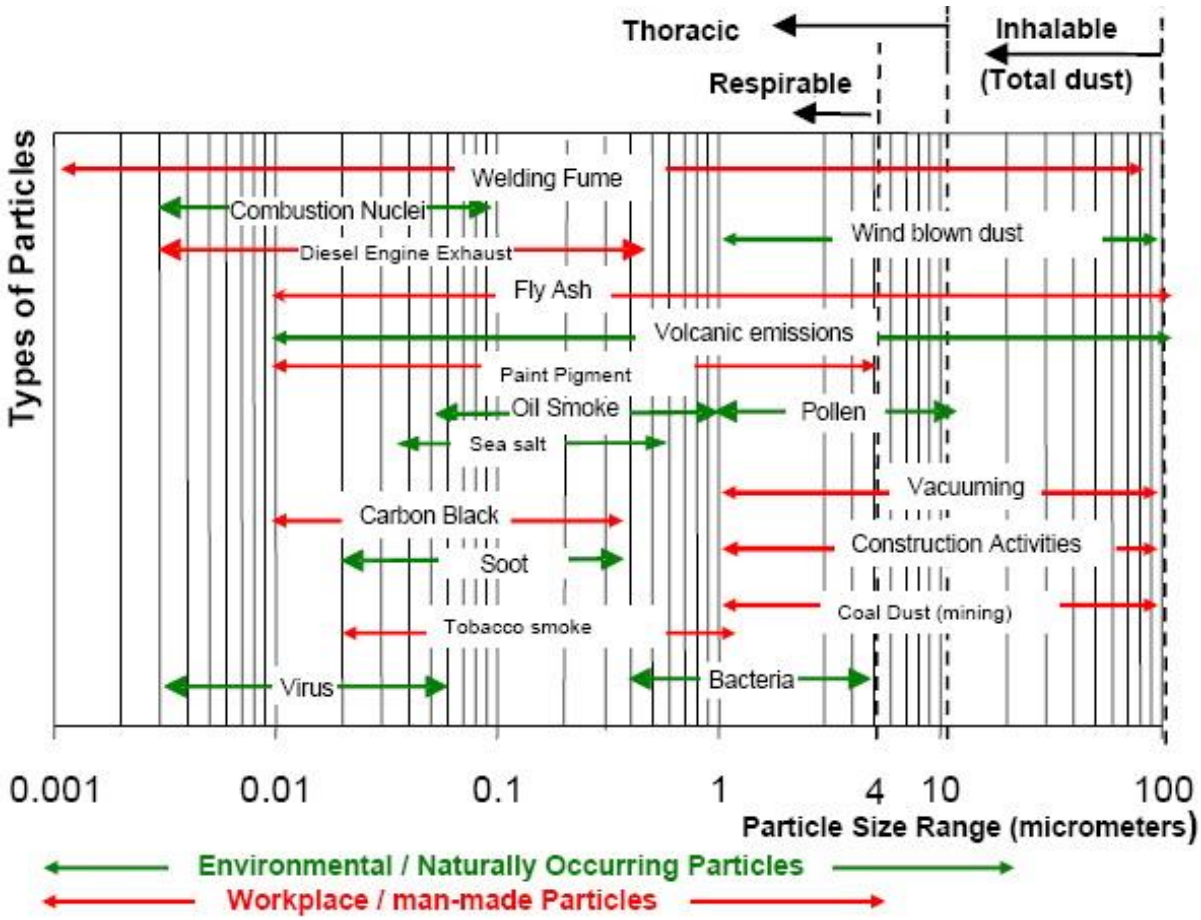
и органичен въглерод) и други неорганични и органични материали. Фините частици съдържат предимно сулфати, нитрати, амоний, елементарен и органичен въглерод и някои следи от метали (например олово, кадмий, никел, мед и др.). Примери за състава на фините аерозолни частици, събрани от три представителни района с типична градска среда, континентална селска среда и от отдалечен район са представени на Фиг. 3, а според произхода и размера им са типизирани на Фиг. 4, [5, 6].



Фиг. 2. Примери на разпределението по брой (cm^{-3}), повърхност ($mm^2\ cm^{-3}$) и обем ($mm^3\ cm^{-3}$) в зависимостта от размера (μm) на аерозолни частици от различни типове атмосфера [2]



Фиг. 3. Усреднен състав на фини аерозолни частици, събрани от градска среда, континентална селска среда и от отдалечен район. Данните съответстват на масовата част в проценти от общата маса на частиците. EC=елементарен въглерод, OC=органичен въглерод [5].



Фиг. 4. Типове аерозолни частици, сортирани според техния размер и произход [6]

Механизми на замръзване на облачните капки

Повечето аерозолни частици действат като облачни кондензационни ядра (cloud condensation nuclei, CCN) за водните капки. Количеството, морфологията, размерът и химичният състав на CCN, както и атмосферните условия (влажност, температура, скорост на вятъра) влияят върху броя и размера на облачните капки и следователно върху микрофизичните свойства на облаците. Когато капките нарастнат до адекватен размер, те се утаяват под формата на валежи, т.е. дъжд или при отрицателни температури сняг, градушка и т.н. Под -38 °C водните капки могат да замръзнат и в отсъствие на CCN, т.е. чрез хомогенно зародишообразуване [7].

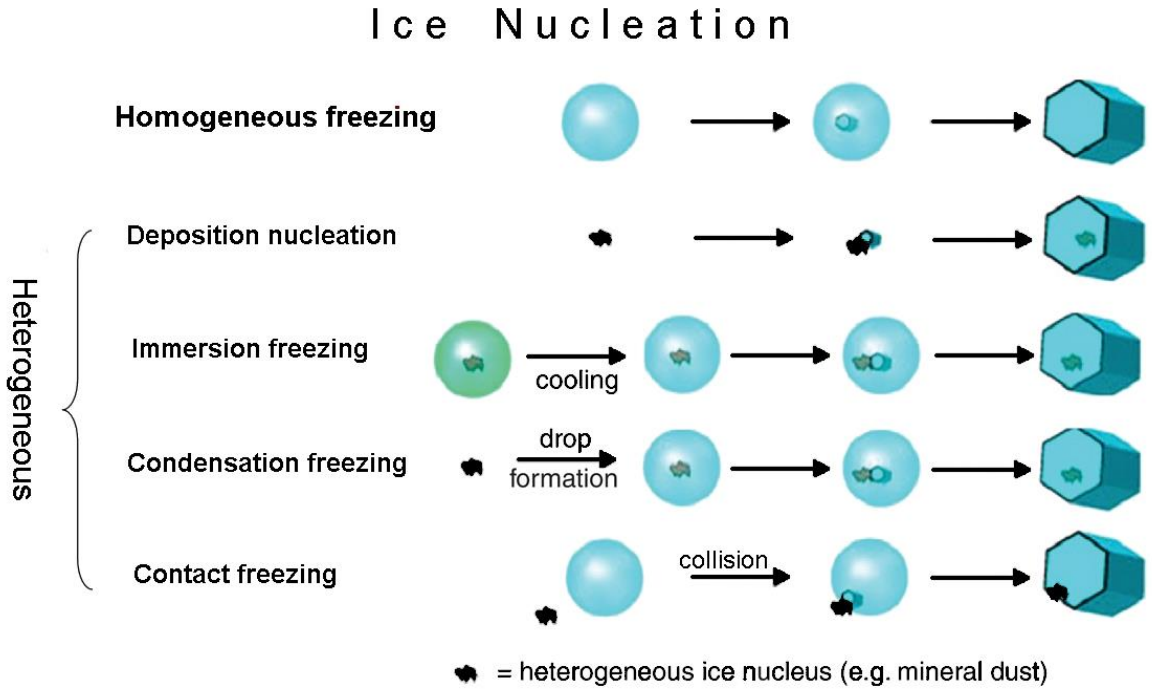
Твърдите аерозолни частици започват да действат под 0 ^{o}C като ледени зародиши (ice nuclei, IN) за образуването на лед. Ледените кристали в атмосферата се образуват единствено чрез хетерогенно зародишообразуване върху IN, които имат свойството да понижават енергийния бариер за кристализация. За да се разбере замръзването на водните капки в облаците, от решаващо значение е да се познават начините, по които аерозолните частици дават начало на леден зародиш в атмосферата. Хетерогенното зародишообразуване на лед става чрез тъй наречените механизми на депозиционно, имерсионно, кондензационно и контактно замразяване на водната капка (Фиг. 5). Предпочитанието на един замразяващ механизъм пред друг зависи от състава на ледените зародиши, температурата в облака, пресищането спрямо ледената или водна повърхност и наличието или отсъствието на преохладени капки.

- Депозиционно зародишообразуване се получава при директно отлагане на водни пари като лед върху твърдата повърхност на IN в пренаситена парна среда.

- Замразяването е имерсионно, когато твърдата аерозолна частица е предварително потопена в обема на незамръзнала преохладена водна капка, като последващото охлаждане инициира образуването на леден зародиш (IN).

- Кондензационно замръзване се случва, когато водна пара кондензира върху твърда аерозолна частица (CCN) при температури под 0 °C, вероятно поради наличието на някакъв хигроскопичен материал, и се образува преохладена течна капчица, която впоследствие замръзва.

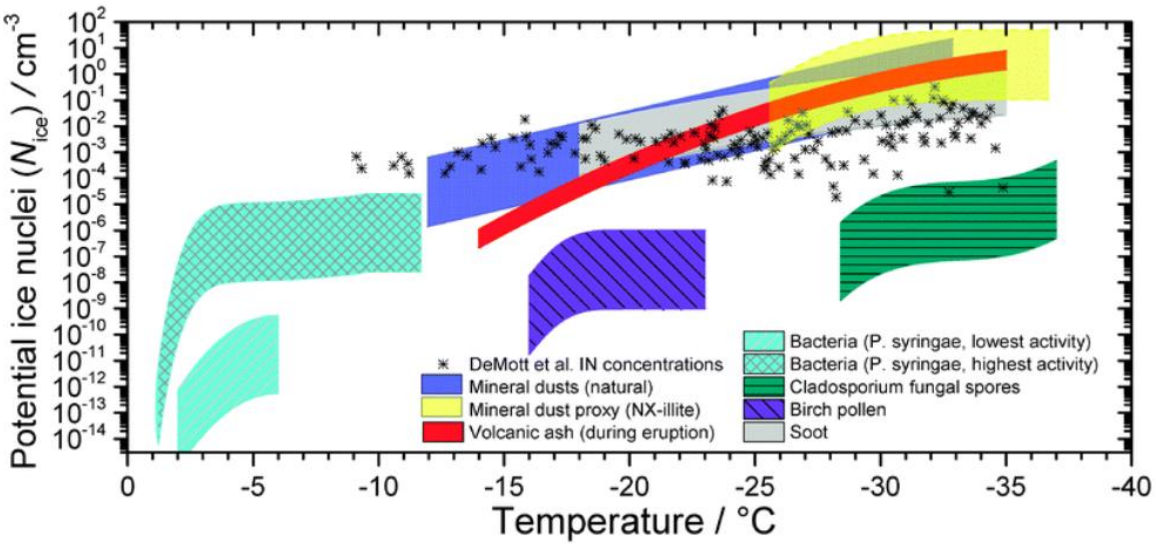
- Контактното замразяване се дефинира като процес, при който твърда аерозолна частица влиза в контакт с повърхността на преохладена водна капка, което води до зараждане на лед.



Фиг. 5. Схематично представяне на механизмите на хетерогенно ледообразуване в облачни водни капки [4]. Хомогенно замръзване е възможно само в лабораторни условия при температура под -38 ºC и с използването на свръхчиста вода, но не и в облаците.

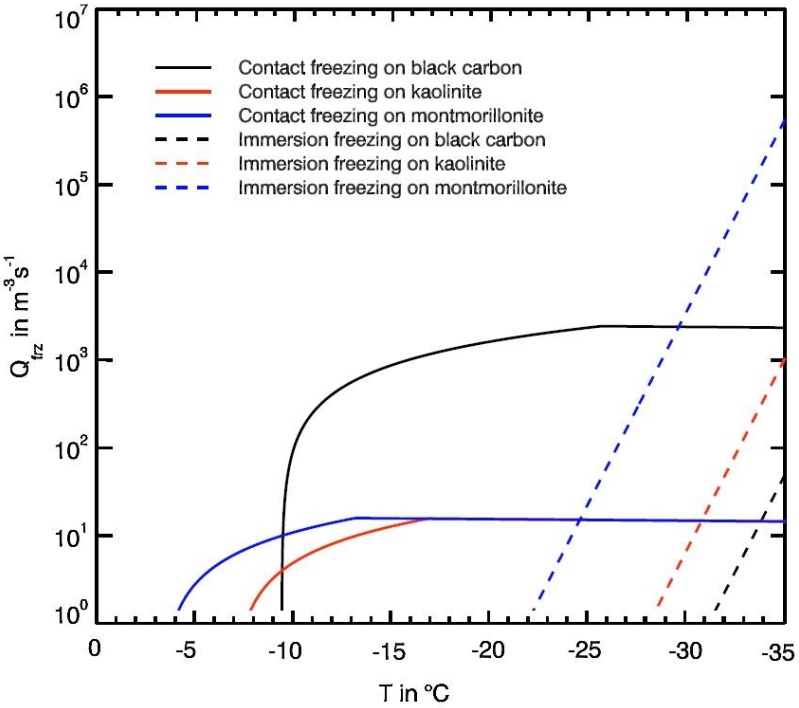
Механизмите на замръзване на водни капки се изучават интензивно от редица изследователи, използвайки различни прибори и техники, при които срещата на аерозолните частици с водните капки се осъществява по различни начини. Много от тези подходи, както и получените резултати и тяхното разминаване са описани подробно в [8].

Разграничаването на механизмите на депозиционно, имерсионно и кондензационно замразяване на водната капка може да се определят количествено чрез излагане на аерозолни частици на подходящите комбинации от влажност и температура, виж Фиг. 6 и 7, [9, 10]. Например, депозиционните ядра могат да бъдат открити и преброени чрез поставяне на аерозолните частици при известна температура и относителна влажност по отношение на леда. Тогава ледените кристали ще са образувани в резултат на депозиционно зародишообразуване, тъй като вероятността за хомогенно зараждане на лед директно от паровата фаза е пренебрежимо малка. Режимите на имерсия и кондензация също могат да бъдат количествено определени чрез първоначално излагане на аерозола на пренасищане спрямо вода и след това охлаждане на образуваната капка при ниска температура и проследяване на нейната фаза. За извършване на такава обработка се прилагат разнообразни способи, включително филтърни проби, смесителни камери и дифузионни камери с паралелни плочи.



Фиг. 6. Температурна зависимост на концентрацията на ледени зародиши, действащи чрез имерсионен механизъм при различни атмосферни аерозоли [9]

Измерванията на контактното зародишообразуване, обаче, не могат да се реализират по този начин, тъй като аерозолните частици трябва да попаднат на повърхността на преохладената водна капка. Наблюдения на явлението са извършвани чрез поръсване или внимателно прибутване на праха върху преохладените капки, които обикновено са закрепени върху подложка или нишка. Техниките за измерване на контактната нуклеация включват също поставяне на капките върху студени плочи, окачването им в електродинамични капани, аеродинамични тунели или проточни облачни камери [11].



Фиг. 7. Сравняване на скоростите на замръзване при ледени зародиши, действащи чрез имерсионно и контактно зародишообразуване, използвайки различни атмосферни аерозоли [10]

В литературата са описани и известен неголям брой опити за теренни измервания с цел характеризиране на ледообразуващите ядра в различни облачни системи. Подобно уникално полево проучване на концентрацията на замразяващи ядра в атмосферата е проведено от

Deshler и Vali в Уайоминг [12]. Събраните аерозолните частици с размер около 10 nm се сблъскват в хладилна камера с окачените на термодвойки преохладени водни капки с диаметър 2.6 mm и се определя температурата им на замръзване. От скоростта на замръзване на капките и въз основа на теоретични съображения се определят стойности например за контактни IN около 2–3 l^{-1} при -25 ^{o}C. Концентрацията на събрани от същата област депозиционни зародиши е един поряък по-ниска [12, 13].

Заключение

Според водещи учени в областта [14], изучаването на реакциите на облаците и валежите към вариациите в атмосферните аерозоли остава една от важните изследователски теми, имаща за крайна цел да се подобри прогнозирането на климата. Най-голямо внимание следва да се обърне на начините, по които аерозолите влияят върху образуването на лед в облаците, тъй като тяхното потенциално въздействие върху климата е най-голямо. След дълъг период на затишие в изследователските усилия, с помощта на ново поколение инструменти за измерване на ледообразуването и с наличието на мощни компютри за лабораторни симулации на облачните процеси, очакванията да се определи количествено първичното образуване на лед от атмосферните аерозоли имат шанс да получат своя реален напредък.

Литература:

1. Fuzzi, S., U. Baltensperger, K. Carslaw, S. Decesari, H. Denier van der Gon, M. C. Facchini, D. Fowler, I. Koren, B. Langford, U. Lohmann, E. Nemitz, S. Pandis, I. Riipinen, Y. Rudich, M. Schaap, J. G. Slowik, D. V. Spracklen, E. Vignati, M. Wild, M. Williams, S. Gilardoni. Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs. Atmos. Chem. Phys., 15, 2015, 8217–8299.
2. http://cires1.colorado.edu/jimenez/AtmChem/CHEM-5151_S05_Aerosols_all.pdf
3. Pruppacher, H. R., Klett, J. D. Microphysics of Clouds and Precipitation - Second Edition. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, 1997.
4. Vali, G. Ice Nucleation – Theory. Presentation at the NCAR/ASP 1999 Summer Colloquium, 1999.
5. Lagzi, I. L., R. Mészáros, G. Gelybó, Á. Leelőssy. Atmospheric chemistry, 2013. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_atmospheric_chemistry/ch09s02.html
6. Popescu, F., I. Ionel. Anthropogenic Air Pollution Sources. In Air Quality. Ed. A. Kumar. 2010. https://www.intechopen.com/books/air-quality/anthropogenic-air-pollution-sources
7. Kanji, Z. A., L. A. Ladino, H. Wex, Y. Boose, M. Burkert-Kohn, D. J. Cziczo, M. Krämer. Overview of Ice Nucleating Particles. Meteor. Monogr. 58, 2017, 1.1–1.33.
8. Ladino Moreno, L. A., O. Stetzer, U. Lohmann. Contact freezing: a review of experimental studies. Atmos. Chem. Phys., 13, 2013, 9745–9769.
9. Murray, B. J., D. O'Sullivan, J. D. Atkinson, M. E. Webb. Ice nucleation by particles immersed in supercooled cloud droplets. Chem. Soc. Rev. 41, 2012, 6519-6554.
10. Hoose, C. Aerosol processing and its effect on mixed-phase clouds in a global climate model. Doctoral Thesis, 2008, ETH Zurich, https://doi.org/10.3929/ethz-a-005580951
11. Niehaus, J., K. W. Bunker, S. China, A. Kostinski, C. Mazzoleni, W. Cantrell, A Technique to Measure Ice Nuclei in the Contact Mode. J. Atmos. Oceanic Technol. 31(4), 2014, 913–922.
12. Deshler, T., G. Vali. Atmospheric concentrations of submicron contact-freezing nuclei. J. Atmos. Sci., 49, 1992, 773–784.
13. Lohmann, U. Possible aerosol effects on ice clouds via contact nucleation. J. Atmos. Sci. 59, 2002, 647–656.
14. DeMott, P. J., O. Möhler, O. Stetzer, G. Vali, Z. Levin, M. D. Petters, M. Murakami, T. Leisner, U. Bundke, H. Klei, Z. A. Kanji, R. Cotton, H. Jones, S. Benz, M. Brinkmann, D. Rzesanke, H. Saathoff, M. Nicolet, A. Saito, B. Nillius, H. Bingemer, J. Abbatt, K. Ardon, E. Ganor, D. G. Georgakopoulos, C. Saunders. Resurgence in Ice Nuclei Measurement Research. Bull. Amer. Meteor. Soc. 92(12), 2011, 1623–1635.