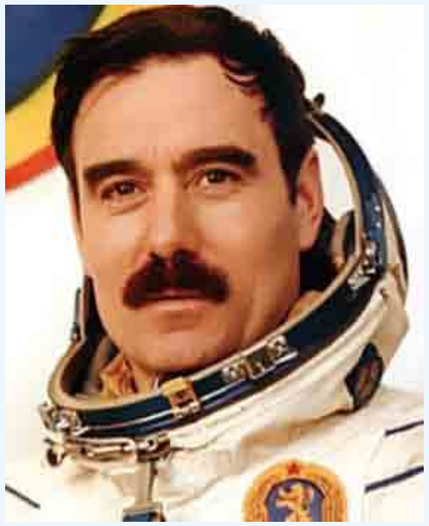
Intelligence is the ability to adapt to change. - Stephen Hawking (1942-2018)

Интелигентността е способността да се адаптираш към промените.
Стивън Хокинг (1942-2018)



Bulgarian pilot-cosmonaut
Georgi Ivanov

SES 2019

© Space Research and Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences
p-ISSN 2603 – 3313
e-ISSN 2603 – 3321
2019

SES 2019

Fifteenth International Scientific Conference

SPACE, ECOLOGY, SAFETY

6 - 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

SPACE RESEARCH AND TECHNOLOGY INSTITUTE

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
Space Research and Technology Institute

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY

REPRESENTATIVE OFFICE OF ROSSOTRUDNICHESTVO IN BULGARIA

FIFTEENTH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

DEDICATED TO

THE 150-th ANNIVERSARY OF THE BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
THE 50-th ANNIVERSARY OF THE SPACE RESEARCH AND TECHNOLOGY INSTITUTE - BAS
THE 40-th ANNIVERSARY OF THE MISSION OF THE FIRST BULGARIAN ASTRONAUT GEORGI IVANOV

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

S E S 2019

PROCEEDINGS

The Conference is supported by Bulgarian National Science Fund
Contract № КП - 06 - МНФ/5 – 19.06.2019

2019

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. Alen Hauchecorne – 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. Bogdan Zagajewski – Poland
Dr. Stoyan Velkoski – North Macedonia
General Dr. Georgi Ivanov
General Dr. Alexander Alexandrov
Acad. Chavdar Roumenin, DSc
Corr. Member Petar Getsov, DSc
Corr. Member Peter Velinov, DSc
Corr. Member Filip Filipov, DSc
Prof. Garo Mardirossian, DSc
Prof. Nikola Vichev, DSc
Prof. Dr. Roumen Nedkov
Prof. Dr. Boyko Ranguelov
Assoc. Prof. Dr. Georgi Jelev
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 Fifteenth International Scientific Conference „Space, Ecology, Safety - SES 2019", which was held on 6– 8 November 2019 in Sofia.

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

The reports 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

Bulgarian pilot-cosmonaut

Georgi Ivanov

First class military pilot, honored pilot, lieutenant-general

Hero of Bulgaria and Soviet Union

from 10 to 12 April 1979

CONTENTS

Plenary Session

Tsvetan Dachev, Jordanka Semkova, Borislav Tomov, Yury Matviichuk, Plamen Dimitrov, Nikolay Bankov, Rositsa Koleva, Krasimir Krastev, M. Jordanova, Vyacheslav Shurshakov, Victor Benghin, O. Ivanova, Lev Zelenyi, Igor Mitrofanov, Alexey Malakhov, Maxim Mokrousov, Vladislav Tretyakov, P. Saganti, D. Holland, K.-i. Okuyama, I. Fajardo, A. Zanini, S. Vernetto, M. Colazo, D. Caruso, M. Rabolli, V. Ciancio
Current and Future Spase Missions with Liulin Type Instruments. 11

Session 1
Space Physics

Румен Шкевов, Николай Ерохин, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская, Костадин Шейретски
Анализ на структурата на фазовата равнина и динамика на елементите на траекторията на частицата при сърфатронно ускорение на електрони от пакет електромагнитни вълни в космическа плазма. 23

Костадин Шейретски, Румен Шкевов, Николай Ерохин
Аналитичен подход за изследване на нелинейно махало. 31

Igor Shibaev
Old and New Versions of Wolf Sunspot Numbers: Consistency of Characteristics for Restored and Instrumental Parts of Series. 37

Красимир Кръстев, Йорданка Семкова, Росица Колева, Виктор Бенгин, Сергей Дробишев
Времеви вариации на потока галактични космични лъчи, измерен от прибора Люлин – МО на научна орбита около Марс. 42

Rolf Werner, Boyan Petkov, Dimitar Valev, Veneta Guineva, Atanas Atanassov, Dimitar Danov, Andey Kirillov
Forecast Scheme of the Local UV-Index over Bulgaria – First Test Results. 46

Tsvetan Tsvetkov, Rositsa Miteva, Emil Ivanov, Velimir Popov, Yoana Nakeva, Ljube Bojevski, Tobias Damm, Nikola Petrov
White-Light Solar Corona and Atmospheric Conditions Registered during Total Solar Eclipses. 52

Daniela Boneva, Evgeny Mikhailov, Maria Pashentseva
Modeling Magnetic Fields of Accretion Discs in Binary Stars Using no-z Approximation. 57

Красимира Янкова
Адвекция в многоизмерна среда. 62

Peter Tonev
Ground-Level Modifications in Global Atmospheric Electrical Circuit during Solar Proton Events. 66

Atanas Atanassov, Lilia Atanasova
Development of New Functionalities for a Space Missions Simulation Program System. 70

Session 2
Aerospace Technologies and Biotechnologies

Петър Гецов, Димитър Йорданов
Настройка на модел в *"Matlab-Simulink"* за изследване на системата за управление. 77

Malina Jordanova, Frank Lievens
Finding the Right Term: from Telemedicine to Digital Health. 83

Зоя Хубенова, Константин Методиев, Светла Димитрова
Приложение на айтрекинга за оценка на човешкия фактор при експлоатация
на безпилотни летателни системи. 89

Радостина Христова, Зоя Хубенова, Антонио Андонов
Свойства и приложение на несинусоидални цифрови носещи в свръхшироколентови
авационно космически радиолинии за връзка и управление. 97

Svetoslav Zabunov
Online Postfix Complex Scientific Calculator for Mobile Devices. 101

Konstantin Metodiev
Weighing Scales Design for Balancing Longitudinally an Unmanned Aerial Vehicle. 107

Людмил Марков
Детонационен синтез на ултрадисперсен диамант. 114

Павлин Граматиков
Нови технологии на силовата електроника с аерокосмическо приложение. 119

Session 3
Remote Sensing and Geoinformation Systems

Gkatzioura Paraskevi, Gitsakis Nikos, Perakis Konstantinos
Exploring Remote Sensing Trends and Opportunities: Google Earth Engine Application
on Urban Green Areas. 129

Rosen Iliev, Boyko Ranguelov, Antoaneta Frantzova
Comparative Analysis of the Lunar Poles Using Fractal Dimension. 140

Венцеслав Димитров, Юлин Тепелиев, Радка Колева, Юлия Крумова,
Надежда Илиева, Тодор Любенов, Борислава Борисова
Мониторинг на земната повърхност по програмата „Коперник" през 2017–2018 г.
за България - основни резултати. 146

Daniela Avetisyan, Galya Cvetanova
Water Status Assessment in Maize and Sunflower Crops Using Sentinel-2 Multispectral Data. 152

Васил Кавърджиков, Десислава Пашкулева, Георги Стоилов, Иван Николов
Мониторинг на структурното здраве на инженерни съоръжения
чрез дистанционни изследвания. 158

Dora Krezhova, Kalinka Velichkova
Plant Disease Detection by Means of Remotely Sensed Hyperspectral Leaf Reflectance Data. 164

Ангел Манев
Спътникови изследвания на Каспийско море. 170

Иван Димитров
Някои грешки в топографските карти на Никулицел. 174

Иван Димитров
Триконхална църква в района на крепостта край Никулицел. 180

Tanja Dreischuh, Zahari Peshev, Ivan Grigorov, Ljuan Gurdev, Atanaska Deleva,
Georgi Kolarov, Dimitar Stoyanov
Lidar Monitoring of the Near-Surface Atmospheric Aerosol Content over Sofia Urban Zones. 186

Георги Желев
Видове камери, използвани на дронове. 193

Session 4
Ecology and Risk Management

Boyko Ranguelov, Orlin Dimitrov, Andrey Korzhenkov, Evgeny Rogozhin, Alexandr Ovsyuchenko
Archaeoseismological Studies – Bulgaria-Russia Cooperation. 205

Boyko Ranguelov, Fathimath Shadiya, Fathimath Nistaran, Mariyam Humra, Mariyam Eeman, Mohaned Haikal Ibrahim
Project CABARET – Educational Platform (WP7, MOOCs and Development). 209

Димитър Димитров
Резултати от изследване и мониторинг на сеизмогенната зона „Крупник“ в Югозападна България. 213

Emil Oynakov, Valentina Protopopova, Emil Botev
Some Results of a Retrospective Multifractal Analysis of Microseismic Noise before Earthquakes in Bulgaria and Adjacent Lands. 219

Ралица Берберова, Биляна Костова
Свлачищни кризисни събития на територията на Р. България за периода 2010–2017 г. 227

Димитър Илков, Ралица Берберова, Георги Петров
Приложение на радиотелекомуникационните средства за превенция и реакция при природни бедствия. 232

Maria Dimitrova, Plamen Trenchev, Emilia Georgieva, Nadya Neykova, Rozeta Neykova, Roumen Nedkov, Deyan Gochev, Dimiter Syrakov, Blagorodka Veleva, Dimiter Atanassov, Tatiana Spassova
Seasonal Changes of Aerosol Pollutants over Bulgaria. 241

Maria Dimitrova, Roumen Nedkov, Dimiter Syrakov, Emilia Georgieva, Deyan Gochev, Plamen Trenchev, Blagorodka Veleva, Dimiter Atanassov, Tatiana Spassova, Ekaterina Batchvarova
Identification of Optimal Satellite Data for Use in the Air Quality Modeling System BgCWFS. 253

Antoaneta Frantzova
Holistic and Multifactorial Methodology for Natural Disaster Risk Assesment. 261

Yavor Chapanov, Cyril Ron, Jan Vondràk
Solar Origin of Common Interannual Cycles of Earth Rotation, MSL and Climate. 268

Yavor Chapanov
Solar Influence on River Streamflow. 275

Димитър Вълев, Веселин Ташев, Ролф Вернер, Венета Гинева
Статистически анализ на връзката между температурата и сумарната слънчева енергия в Базова обсерватория при ИКИТ, Стара Загора. 281

Геннадий Маклаков, Момчил Караиванов
Изследване на биоенергийни зони в Родопите по метода биоелектрография. 287

Георги Белев, Десислава Костова, Антоанета Францова
Екологични проблеми в горския фонд на Странджа, изразени чрез анализ на данни от сателитни изображения. 293

Антоанета Кирова, Даниела Тодорова
Екологично чисти транспортни средства в изпълнение на стратегията за устойчиво развитие на транспортната система. 298

Венцеслав Стоянов, Добромир Попов, Вилма Петкова, Екатерина Серафимова
Структурни изследвания на бетонни смеси с естествен и рециклиран едър добавъчен материал при високи температури. 304

Венцеслав Стоянов, Вилма Петкова, Екатерина Серафимова
Рециклиране на отпадъчна биомаса и варовиков шлам. 312

Мила Илиева-Обретенова
Виртуална топология за внедряване на IoT в Smart Grid. 318

Svetla Dimitrova, Famil Mustafa, Elchin Babayev
Geomagnetic Activity Variations of Solar Origin and Dynamics of Sudden Cardiac Deaths. 324

Ерол Буюклиев
Милитаризацията на Космоса като проблем на сигурността. 329

Stojan Velkoski, Vasil Sterjovski, Mihail Velkoski, Jane Velkoski
Protection against Electromagnetic Radiation by Transformation of the Radiation Itself. 334

Stojan Velkoski, Mihail Velkoski, Jane Velkoski
Sound Protection by a Directed Electromagnetic Curtain. 341

Надя Маринова
Концепции и системи за мониторинг на опасни природни явления. 348

Надя Маринова
Екологичният риск и експертната дейност. 356

Plenary Session

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

CURRENT AND FUTURE SPASE MISSIONS WITH LIULIN TYPE INSTRUMENTS

Tsvetan Dachev[1], Jordanka Semkova[1], Borislav Tomov[1], Yury Matviichuk[1], Plamen Dimitrov[1] Nikolay Bankov[1], Rositsa Koleva[1], Krasimir Krastev, M. Jordanova[1], Vyacheslav Shurshakov[2], Victor Benghin[2], O. Ivanova[2], Lev Zelenyi[3], Igor Mitrofanov[3], Alexey Malakhov[3], Maxim Mokrousov[3], Vladislav Tretyakov[3], P. Saganti[4], D. Holland[5], K.-i. Okuyama[6], I. Fajardo[6] A. Zanini[7], S. Vernetto[7], M. Colazo[8], D. Caruso[8], M. Rabolli[8], V. Ciancio[9]

[1]Space Research & Technology Institute, Bulgarian Academy of Science (SRTI-BAS), Sofia, Bulgaria
tdachev@bas.bg, btomov@bas.bg, ymat@bas.bg, pdimitrov1957@abv.bg, ngb43@abv.bg, jsemkova@stil.bas.bg, rkoleva@stil.bas.bg, werholak@abv.bg, mjordan@bas.bg
[2]State Research Center Institute of Biomedical problems, Russian Academy of Science, Moscow, Russia
shurshakov@inbox.ru, v_benghin@mail.ru, olivette@mail.ru
[3]Space Research Institute, Russian Academy of Science, Moscow, Russia
lzelenyi@iki.rssi.ru, imitrofa@space.ru malakhov@iki.rssi.ru, mokromax@iki.rssi.ru, vladtr@mx.iki.rssi.ru
[4]Radiation Institute for Science and Engineering Prairie View A&M University, TX, USA
pbsaganti@pvamu.edu
[5]Holland-Space LLC, Houston TX, USA
sdholland777@yahoo.com
[6]Kyushu Institute of Technology, Fukuoka, Japan
okuyama@ise.kyutech.ac.jp, q595902f@mail.kyutech.jp
[7]Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Torino, Italy
zanini@to.infn.it, vernetto@to.infn.it
[8]Comisión Nacional de Actividades Espaciales, Buenos Aires, Argentina
colazo@conae.gov.ar, caruso@conae.gov.ar, rabolli@conae.gov.ar
[9]Universitad National de La Plata, La Plata, Argentina
ciancio@netverk.com.ar

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

Abstract: *The paper is divided in 2 parts. The first part describes the current space and ground experiments, which were developed in Space Research and Technology Institute at the Bulgarian Academy of sciences (SRTI-BAS). The second part of the paper describes the following future space experiments: The Liulin-ML particle telescope; The Liulin-AF spectrometers; The Liulin-AR spectrometer; The RD3-B3 spectrometer; The Liulin-L particle telescope and the Liulin-ISS-2 system. Short information for the Liulin Ten-Koh instrument for the new Japanize HTV-X resupply vehicle and Liulin-F2 instrument for the Phobos-Grunt 2 sample return mission are given.*

ТЕКУЩИ И БЪДЕЩИ КОСМИЧЕСКИ ЕКСПЕРИМЕНТИ С ПРИБОРИ ОТ ТИПА ЛЮЛИН

Цветан Дачев[1], Йорданка Семкова[1], Борислав Томов[1], Юрий Матвийчук[1], Пламен Димитров[1], Ст. Малчев[1], Николай Банков[1], Росица Колева[1], Красимир Кръстев[1] М. Йорданова[1], Вячеслав Шуршаков[2], Виктор Беньгин[2], О. Иванова[2], Лев Зелени[3], Игор Митрофанов[3], Алексей Малахов[3], Максим Мокроусов[3], Владислав Третьяков[3], П. Саганти[4], Д. Холанд[5], К.-и. Окуяма[6], И. Фажардо[6], А. Занини[7], С. Вернето[7], М. Колацо[8], Д. Карузо[8] М. Заболи[8], В. Цианцио[9]

Резюме: *Статията е разделена на 2 части. Първата част описва настоящите космически и наземни експерименти, разработени в Института за космически изследвания и технологии към БАН (SRTI-BAS). Втората част на статията описва следните бъдещи космически експерименти: Телескопът за частици Liulin-ML; Спектрометрите Liulin-AF; Спектрометърът Liulin-AR; спектрометърът RD3-B3; Телескопът за частици Liulin-L и системата Liulin-ISS-2. Предоставена е кратка информация за инструмента Liulin Ten-Koh за новият японски спътник HTV-X и инструмента Liulin-F2 за междупланетната станция Phobos-Grunt 2, която ще върне проба от почвата на спътника на Марс – Фобос.*

1. Introduction

Ionizing radiation is recognized to be one of the main health concerns for humans in the space radiation environment.

The dominant radiation component in the space radiation environment are the galactic cosmic rays (GCR), which are not rays at all but charged particles that originate from sources beyond the Solar System. They are thought be accelerated at highly energetic sources like neutron stars and supernovae within our Galaxy. GCR are the most penetrating among the major types of ionizing radiation [1]. The energies of GCR particles range from several tens up to 10^{12} MeV/nucleon [2].

Another component are the solar energetic particles (SEP). The SEP are mainly produced by solar flares, sudden sporadic eruptions of the chromosphere of the Sun. They T may deliver very high doses over short periods, that is why could be associated with lethal equivalent doses in the interplanetary space. SEP are high fluxes of charged particles (mostly protons, some helium and heavier ions) with energies up to several GeV.

In addition, there are two distinct belts of toroidal shape surrounding the Earth, where high energy charged particles are trapped in the geomagnetic field. The inner radiation belt (IRB), located between about 1.1 and 2 Earth radii, consists of electrons with energies up to 10 MeV and protons with energies up to ~700 MeV. The outer radiation belt (ORB) starts from about 4 Earth radii and extends to about 9–10 Earth radii in the anti-sun direction. The outer belt consists mostly of electrons, whose energy is below 10 MeV. They do not have enough energy to penetrate a heavily shielded spacecraft, such as the Inter-national Space Station (ISS) wall, but may deliver large additional doses to astronauts during extravehicular activity (EVA) [3].

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

2. Current space experiments

A total of 10 different space instruments were developed, qualified and used in 16 space missions between 1988 and 2019 [4–6] by the scientists from the Solar-Terrestrial Physics Section, Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences (SRTI-BAS).

Currently SRTI-BAS participate in the operation and analysis of data from 2 instruments on 2 satellites. The first, Liulin-MO instrument at the ExoMars Trace Gas Orbiter (TGO) satellite is at about 400 km circular orbit around Mars. The second, Liulin Ten-Koh instrument is at the Japanese Ten-Koh satellite at about 600 km circular orbit around the Earth. Moreover, the Liulin-6MB internet instrument is fully operational measuring since September 2006 the flux and dose rate at the Basic Environmental Observatory (BEO) of the Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy (INRNE-BAS) at Musala peak (2925 m A.S.L.) in Rila mountain. Also, the Liulin-ISS system is still in the Russian segment of ISS in potential operation conditions.

2.1 ExoMars missions

The first participation of SRTI-BAS scientists in an interplanetary mission was in the Mars-96/98 missions in 1996. Next is the Fobos-Grunt sample return mission in 2011. For both missions SRTI-BAS developed and qualified for space Bulgarian build instruments. Because of problems with the rocket burns, intended to set the crafts on a course for Mars, both missions failed. The first fully successful is the ExoMars mission.

ExoMars is a joint ESA-Roscosmos program for investigating Mars [7]. Two missions are foreseen within this program. The first: consists of the TGO, which carries scientific instruments for the detection of trace gases in the Martian atmosphere and for the location of their source regions, plus an Entry, Descent and landing demonstrator Module (EDM), launched on March 14, 2016. The second, featuring a rover and a surface platform, with a launch date of 2020. On October 19, 2016 TGO was captured in high elliptic Mars' orbit with an apocenter about 101,000 km and an epicenter about 250 km. Since 1 May 2018 TGO is in a circular ~400 km orbit around Mars.

The Fine Resolution Neutron Detector (FREND) instrument [8] measure thermal, epithermal and high energy neutrons with energies ranging up to 10 MeV, whose variations are an excellent signature of H bearing elements presence in the regolith at up to 1 meter depth.

Fig. 1. Liulin-MO particle telescope

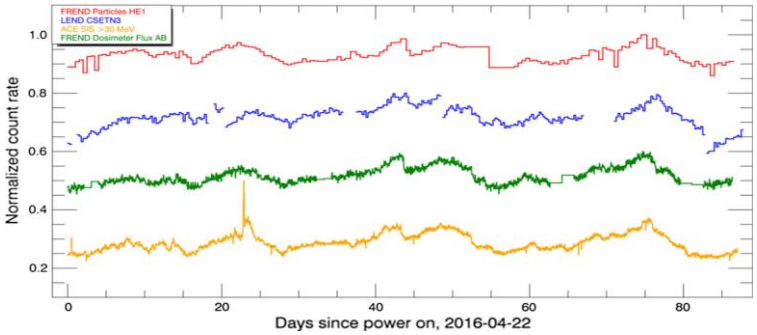


Fig. 2. FREND data compared to LEND onboard LRO, Liulin-MO dosimeter module and ACE neutron telescope

The FREND's dosimeter module (specified as Liulin-MO particle telescope) [5] is another important part of the system, providing measurements of the dose and the flux of charged particles every minute and measurements of the energy deposited and the linear energy transfer spectra every hour.

The Liulin-MO particle telescope (Fig. 1) contains two dosimetric telescopes arranged at two perpendicular directions. Every pair of telescopes consists of two 300 µm thick, 20x10 mm area Si PIN photodiodes (Hamamatsu S2744-08 type), operating in a coincidence mode to obtain linear energy transfer (LET). The detectors, the charge-sensitive preamplifiers - shaping amplifiers, and the voltage bias circuits are mounted in a separate volume inside the box of the Liulin-MO instrument and are connected to printed circuit boards that contain threshold discriminators, pulse height analysis circuits, coincidence circuits, and other circuitry, mounted in another separate volume. The last volume also contains a CPU board, including microprocessor, flash memory for data storage, timer, DC-DC converters, and an interface to the board telemetry/command system. The entire package has a mass of 0.5 kg and consumes less than 3 W.

Fig. 2 [8] shows a set of results compared to other space data for the normalized count rate. In deep space, FREND is sensitive to charged particles that are registered in its lower channels. Thus, it can be explained that the data from FREND's HE1 detector agree quite well with the other particle detectors. The FREND data are compared to Liulin-MO, but also to the data from the LEND in Lunar orbit [9] and ACE [10] spacecraft in orbit close to the L1 Lagrangian point.

Table 1 presents a comparison of the GCR parameters, measured by Liulin-MO instrument onboard of ExoMars TGO during the TGO circular orbit between 1 May 2018 and 15 October 2019 and Oulu Neutron monitor count rates (data (http://cosmicrays.oulu.fi/), averaged in 90 days intervals around the mentioned in column 1 dates. Well seen increase with time of all data in the table is revealed. It is caused by the solar activity decrease, when GCR increase interacts with the decreasing solar wind and its embedded turbulent magnetic field, undergoes convection, diffusion, adiabatic energy losses, and particle drifts because of the global curvature and gradients of the heliospheric magnetic field [11].

2.2 Liulin instrument on the Ten-Koh satellite

Table 1.Comparison of Liullin-MO data obtained during the TGO circular orbit between 1 May 2018 and 15 October 2019 wit Oulu Neutron monitor data.
(The flux was calculated as the number of particles passing through the detector divided by the area of the detector and the measurement time.)

Time frame	F (AB)/ F (DC) $cm^{-1}s^{-1}$	D(Si) (AB)/ D(Si) (DC) µGy h^{-1}	D(water) (AB)/ D(water) (DC) µGy h^{-1}	Q(AB)/ Q(DC)/	H (AB)/ H (DC) µSv h^{-1}	Oulu NM count rate counts min^{-1}
01.05. 2018-31.07.2018	3/3.1	14.26/14.97	18,54/19,46	3.47/ 3.45	64.33/ 67.14	6672-6704
01.08. 2018-31.10.2018	3.02/3.12	14.35/14.98	18,65/19,47	3.48/ 3.48	64.92/ 67.77	6704-6747
01.11.2018-31.01.2019	3.06/3.16	14.47/14.98	18,81/19,47	3.47/ 3.46	65.27/ 67.38	6717-6694
01.02.2019-30.04.2019	3.11/3.2	14.78/15.32	19.21/19.92	3.49/3.48	67.06/69.31	6694-6702
01.05.2019-31.07.2019	3.15/3.24	14.91/15.46	19.38/20.1	3.5/3.47	67.83/69.75	6702-6715
01.08.2019-15.10.2019	3.15/3.24	15.07/15.63	19.59/20.32	3.5/3.47	68.46/70.51	6715-6745

The 23.5-kilograms mass satellite Ten-Koh, developed in Kyushu Institute of Technology by Prof. K. Okuyama and his team [12, 13] was successfully launched on 29 October 2018, at about 623 km altitude and at 98° inclination. Ten-Koh's primary science instrument is the Charged Particle Detector (CPD), developed at the Prairie View A&M University and NASA Johnson's Space Center of

Houston, TX, USA. The Liulin Ten-Koh instrument (see the anodized aluminum box) is mounted on the top of the CPD. The following three primary radiation sources were expected and recognized in the data obtained with the Liulin

Fig. 3. CPD with mounted at the top Liulin Ten-Koh instrument

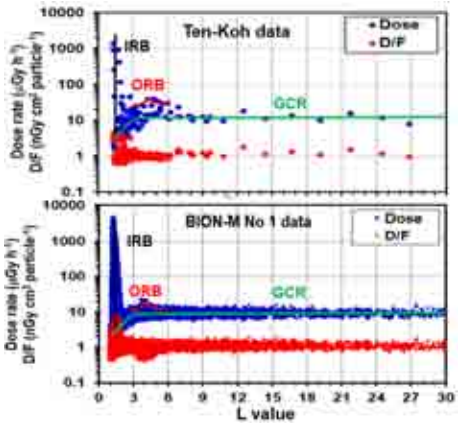


Fig. 4. Comparison of the L value profiles at Ten-Koh and BION-M No 1 satellites

Ten-Koh instrument: (i) globally distributed primary GCR particles and their secondary products, (ii) energetic protons in the South Atlantic Anomaly (SAA) region of the inner radiation belt (IRB); (iii) relativistic electrons and/or bremsstrahlung in the high latitudes of the Ten-Koh orbit, where the outer radiation belt (ORB) is situated [14].

Fig. 4 shows a comparison of the L-value profiles obtained at Ten-Koh and BION-M No 1 [15] satellites. In both parts of the figure are presented the measured dose rates (blue points) and the calculated D/F ratio, which according to the Haffner formulas [16] specifies the type of the radiation.

Fig. 4 reveals that: 1) the shape of the different radiation sources is very similar. The D/F values in both cases are around 1 nGy cm^2 particle^{-1} for GCR source below 1 nGy cm^2 particle^{-1} and above 1 nGy cm^2 particle^{-1} for the IRB source; 2) the GCR dose rates, measured at Ten-Koh satellite are higher than these on BION-M No 1, because the solar activity at the end of 2018 and the beginning of 2019 is smaller than in April-May 2013.

Despite of the fact that the first amount of data from Liulin Ten-Koh spectrometer are relatively limited in number the comparison with the larger amount of BION-M No 1 data shows that they have the expected dose to flux values and shapes of the deposited energy and maybe used for a further more comprehensive analysis of the LEO environment.

2.3 Liulin-6MB internet instrument

The Liulin-6MB internet instrument is fully operational, measuring since September 2006, the flux and dose rate at Musala peak (2925 m A.S.L.) in Rila mountain. It is the last operational internet

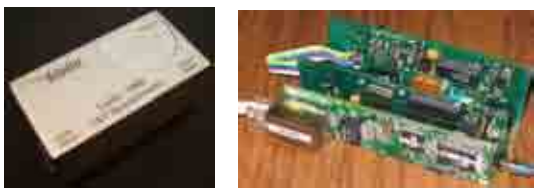


Fig. 5. External and internal view of Liulin-6MB

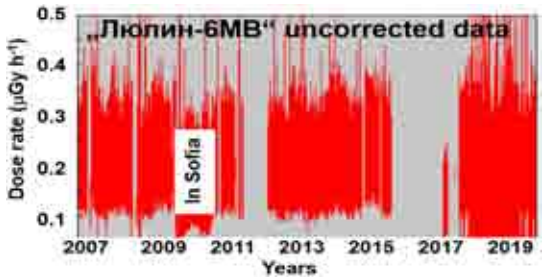


Fig. 6. Long-term dose rate variations

instrument from a series of four. The other 3 were as follows: Liulin-6R operated by Andoya rocket Range, Andoya, Norway from 10/2005 to 07/2010; Liulin-6SI operated by Physikalisches Institut, University of Bern, 10/2007–12/2016 at Jungfrau peak (4158 m) in Switzerland; and Liulin-6K1, operated by Ústav experimentálnej fyziky SAV, Oddelenie kozmickej fyziky, Košice, Slovak republic at Lomnický štít peak (2 634 m), 2009–2015.

Left part of Fig. 5 presents the external view of the Liulin-6MB LET spectrometer. It is an aluminum box with size of 84x40x40 mm and weight of 0.12 kg. In the right part of the figure are seen the 3 internal plates. The back one produces all necessary voltages from external 12 V DC. The middle plate contains the LET spectrometer. The top plate is commercial internet module with its own microprocessor unit and a LAN connector at the left side. The module generates and posts WEB page, open for all interesting users. It also performs, via FTP protocol, the transmission of the stored in the flash memory data toward the users. The instrument is designed for multi-session use. Specially developed software and hardware allow changing Internet settings parameters. Liulin-6MB is integrated in the WEB page of BEO Musala and the described above features was not used.

Fig. 6 shows the long-term dose rate data obtained from http://beo-db.inrne.bas.bg/moussala/index.php on Musala peak (2925 m A.S.L.) between October 2006 and October 2019. The data are not corrected for the atmospheric pressure. That is why these data keep all the time an average value of 0.2–0.3 μGy h^{-1}, as expected. The latter are a bit higher than the data obtained in 2010, when the instrument was moved to work in INRNE-BAS in Sofia at about 600 m.

3. Future space missions with participations of SRTI-BAS instruments

At the end of 2019 there are 8 projects, including participation of Liulin type instruments in future space missions. Some of them as Liulin-ML are at the stage of a ready flight instrument for 2020, while another are at the stage of preliminary discussions. Next part of the paper will overview them.

3.1 Liulin-ML instrument on the ExoMars surface platform

Fig. 7. Schematic presentation of the experiments with the Liulin-MO and Liulin-ML instruments on ExoMars TGO around Mars and in the surface platform at Mars

Fig. 7 illustrates the schematic presentation of the experiments with the Liulin-MO and Liulin-ML instruments on ExoMars TGO satellite around Mars and on the surface platform and rover at Mars. Liulin-ML particle telescope is in the scientific payload of the surface platform and will measure the dose rate and flux on the surface of Mars. All data will be transmitted to the ExoMars TGO and together with Liulin-MO data will be retransmitted to the Earth for analysis. The flight instrument was already delivered to Space Research Institute, Russian Academy of Science (SRI-RAS) for integration in the payload of the platform.

According to the now a days plans of ESA and ROSCOSMOS not later than August 2020 the second part of the ExoMars project will begin with the launch of the interplanetary station. The latter payload includes ESA Mars rover and ROSCOSMOS surface platform. The station will land on Mars surface in March 2021 (https://exploration.esa.int/web/mars/).

3.2 Liulin-AF instruments for the Matroshka-III phantom on the ISS

2 Liulin-AF instruments are part of the Matryoshka-III research project. Participants from Germany, Russia, Japan, Poland, Hungary and Bulgaria will study the dynamics of the cosmic radiation accumulation in a tissue-equivalent phantom in the Russian segment of the ISS.

Fig. 8 presents the main idea of the proposed configuration of two Liulin-AF instruments in the both sides of Matroshka-III phantom. In Fig. 8a demonstrates the calculated SAA 500 MeV proton directional distribution [17]. It is seen that the main amount of protons in the SAA region is coming

from a relative small azimuthal angle, i.e. there is large asymmetry. In figures 8b and 8c, a view from above of the phantom is presented. The two Liulin-AF instruments are painted in yellow, while their detectors – in red. Fig. 8b illustrates the best situation, when the two Liulin detectors are exposed perpendicularly to the ion drift velocity. The first detector will be exposed on the direct flux of SAA protons, while the second will measure and analyze the effect of the shielding in the material of the phantom.

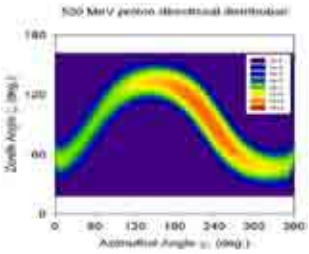


Fig. 8a. Directional distribution of the SAA drift

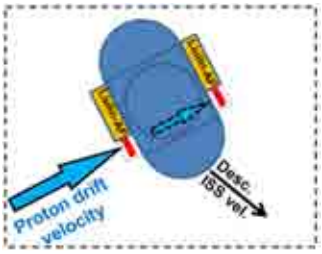


Fig. 8b. Descending configuration

Fig. 8c. Location of the Liulin-AF instruments and their expected appearance

In the left part of Fig. 8c reveals the Matroshka-III phantom surrounded by different instruments. The Liulin-AF instruments are located in the yellow circles. At the right part of the figure the expected appearance of the Liulin-AF instruments is shown. MATROSHKA-III experiment is scheduled for launch to the ISS in 2021 (https://event.dlr.de/en/maks2019/matroshka-iii/).

3.3 Liulin-AR instruments for the Argentina-Brazilian SABIA-Mar 1 satellite

The SABIA-Mar (Satélite Argentino Brasileño para Información del Mar) is a dual satellite, a joint Argentine-Brazilian Earth observation mission. Its objective is to study the oceanic biosphere, its changes over time and how it is affected by and reacts to human activity. SABIA-Mar 1 satellite (Fig. 9) is planned to be launched at 702 km sun-synchronous circular orbit in 2023 (http://www.conae.gov.ar/index.php/espanol/introduccion-sace).

Fig. 9. The SABIA-Mar 1 satellite

Fig. 10. Liulin-AR spectrometer

The Liulin-AR [18] instrument was proposed by Italian and Argentinian scientists and involved in the scientific payload (http://www.conae.gov.ar/index.php/espanol/instrumentos) of the SABIA-Mar 1 satellite for determination and quantification of the global distribution of the four possible primary sources of space radiation, outside the satellite. The Liulin-AR instrument is already built, calibrated and delivered for use to Dr. A. Zanini.

3.4 РД3-Б3 (RD3-B3) instrument for the BION-M No2 satellite

SRTI-BAS, in collaboration with the University of Erlangen, Germany and State Research Center Institute of Biomedical problems, (IMBP-RAS) Russia, will participate in the experiment of the BION-M No 2 in the 2022 mission at an altitude of 800-1000 km and an inclination of the orbit 62°.

Fig. 11. РД3-Б3 spectrometer

Fig. 12. РД3-Б3 in BION-M No.1 capsule

РД3-Б3 (RD3-B3) instrument (Fig. 11) was created for the flight of the BION-M No 1 satellite [15]. It contains the R3D-B3 instrument, which was developed through collaboration of the Bulgarian and German teams, and flown into the Biopan-6 facilities on Foton-M3 satellite [19]. The second block, seen in Fig. 11, is a power supply unit with 2 D size Li-Ion batteries. This will be the third space flight of the R3D-B3 instrument. The first was on Foton-M3 satellite. The second was on BION-M No 1 satellite (Fig. 12). The aluminum box of RD3-B3 instrument has a size of 53x82x28 mm and 120g weight. The launch of BION-M No 2 satellite is foreseen for 2023 (https://3dnews.ru/980441).

3.5 Liulin-L instrument of the Luna-26 satellite

The Liulin-L instrument is foreseen to be flown at 100–200 circular orbit on the Russian Moon-26 Moon satellite, which will be launched into orbit in 2024.

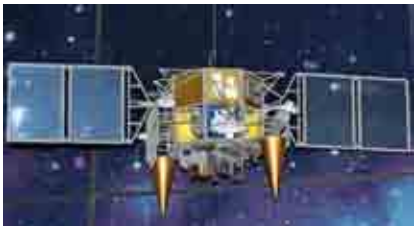


Fig. 13. The Luna-26 satellite

Fig. 14. Expected view of the Liulin-L particle telescope

The following objectives of the experiment with the Liulin-L instrument on Luna-26 were specified:

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

3.6 Liulin-ISS-2 system for the Russian segment of the ISS

The engineering version of Lyulin-ISS-2 system was developed between 2014 and 2019 [20]. The aim was to create a service dosimetric system for monitoring of the personal dose of crew members in the Russian segment and outside the ISS. The priority is measuring the dynamics of the

Fig. 15. Liulin-ISS-2 system

Fig. 16. Expected view on the screen of the IB when ISS crosses first the ORB and next the IRB

dose accumulation, while the crew member moves out of the station in the outer space. The instrument "Lyulin-MKS-2" consists of five blocks: 4 personal dosimeters and one interface block (IB) with a stationary dosimeter. The IB is based on a fully rugged tablet Getac T800.

3.7 Liulin Ten-Koh instrument for the new Japanese HTV-X resupply vehicle

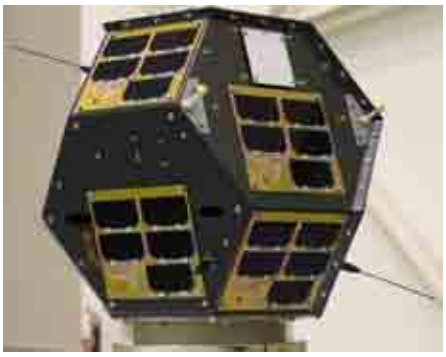


Fig. 17. Ten-Koh satellite

New mission with similar to Ten-Koh satellite (Fig. 17) was discussed between Prof. K-i. Okuyama and Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) in the end of November 2019. The new Ten-Koh satellite will be launched in the exposed area of the new HTV-X ISS resupply satellite.

3.8 Liulin-F2 instrument for the Phobos-Grunt 2 sample return mission

IMBP-RAS has sent a formal proposal for the inclusion of a Liulin-F2 instrument in the scientific composition of the Phobos-Grunt 2 instrumentation, which will return to the Earth from Phobos after 2024 (http://www.russianspaceweb.com/phobos_grunt2.html) Liulin-F2 instrument will be similar to Liulin-AR.

Conclusions

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

Acknowledgements

This work is partially supported by the Bulgarian Academy of Sciences, Agreement between BAS and RAS on fundamental space research, contract 4000117692/16/NL/NDe funded by the Government of Bulgaria through an ESA contract under the Plan for European Cooperating States (PECS) and contract on the project input N 129, funded by National Science Fund-Bulgaria under the competition for financial support for bilateral projects Bulgaria – Russia 2018–2019.

Notes

Dose rate, flux and depositing energy spectra from 10 space experiments performed between 1991 and 2019 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 of long-term dose monitoring of aircraft flights (3285 flights, 16925 hours) by the Czech airline CSA is available online: http://hroch.ujf.cas.cz/~aircraft. The database was created by scientists from Nuclear physics institute at the Czech Academy of Sciences [21].

References:

1. Mewaldt R. A.,Cosmic Rays, available online at http://www.srl.caltech.edu/personnel/dick/cos_encyc.html, 1996.
2. Simpson, J. A., in: Shapiro M.M. (Ed.) Composition and origin of cosmic rays, NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences. Vol. 107, Reidel, Dordrecht, 1983.

3. Dachev, T. P., Relativistic Electron Precipitation Bands in the Outside Radiation Environment of the International Space Station, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 177, 247–256, 2018, https://doi.org/10.1016/j.jastp.2017.11.008
4. Dachev, T. P., et al., Overview of the Liulin type instruments for space radiation measurement and their scientific results, Life Sciences in Space Research, 4, 92–114, 2015. http://dx.doi.org/ 10.1016/j.lssr.2015.01.005.
5. Dachev, T. P., et al., Analysis of the First Space Radiation Data, Obtained by Liulin Ten-Koh Instrument on the Japanize Ten-Koh Satellite, Proceedings of Eleventh Workshop "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere", 171–178, Primorsko, Bulgaria, June 3÷7, 2019, ISSN 2367-7570, https://doi.org/10.1016/j.asr.2014.01.004
6. Semkova, J., et al., 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, Volume 303, 15 March 2018, Pages 53–66, 2018. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2017.12.034
7. Vago, J., et al., ESA ExoMars program: the next step in exploring Mars. Solar Syst. Res. **49**(7), 518–528 2015. https://doi.org/10.1134/S0038094615070199
8. Mitrofanov I., G. et al., Fine Resolution Epithermal Neutron Detector (FREND) Onboard the ExoMars Trace Gas Orbiter, Space Sci Rev, 214:86, 2018. https://doi.org/10.1007/s11214-018-0522-5
9. Mitrofanov, I., G. et al., Lunar exploration neutron detector for the NASA Lunar Reconnaissance Orbiter. Space Sci. Rev. 150(1–4), 183–207 (2010a). https://doi.org/10.1007/s11214-009-9608-4
10. Stone, E. C. et al., The Advanced Composition Explorer. Space Sci. Rev. 86(1/4), 1–22, 1998. https://doi.org/ 10.1023/A:1005082526237
11. Strauss, R.D. and Potgieter, M.S., 2014. Where does the heliospheric modulation of galactic cosmic rays start?. Advances in Space Research, 53(7), pp.1015–1023. https://doi.org/10.1016/j.asr.2014.01.004
12. Okuyama, K.-I., et al., Observation of Ionospheric Disturbance Near the End of the 24th Solar Cycle Period and Space Deterioration Situation of Advanced Materials Using the Micro-Sat Ten-Koh, 32nd International Symposium on Space Technology and Science, ISTS Japan, June 2019.
13. Fajardo, I.,et al., Design, Implementation, and Operation of a Small Satellite Mission to Explore the Space Weather Effects in LEO, Aerospace 2019, 6, https://doi.org/10.3390/aerospace6100108
14. Dachev, T. P., et al., Analysis of the First Space Radiation Data, Obtained by Liulin Ten-Koh Instrument on the Japanize Ten-Koh Satellite, Proceedings of Eleventh Workshop "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere", 77-83, Primorsko, Bulgaria, June 3–7, 2019, ISSN 2367-7570, https://doi.org/10.31401/WS.2019.proc
15. Dachev, T. P., et al., "BION-M" №1 spacecraft radiation environment as observed by the RD3-B3 radiometer-dosimeter in April-May 2013, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 123, 82–91, 2015. http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2014.12.011
16. Haffner, J. W., Yadernoe izluchenie i zashchita v kosmose (Nuclear Radiation and Protection in Space), pp 115, Atomizdat, Moscow, 1971. (book in Russian)
17. Badavi, F., Correlation of ISS Liulin/TEPC Measurements with HZETRN Simulations 41st International Conf. on Environmental Systems 17-21 July 2011, Portland, Oregon, AIAA 2011-5250, pp. 1–27.
18. Zanini, A., et al., Liulin-AR spectrometer for radiation environment observation on SABIA-MAR 1 satellite, 3rd International Conference and Exhibition on Satellite & Space Missions, May 11-13, 2017 Barcelona, Spain, DOI: 10.4172/2168-9792-C1-017
19. Häder, D. P., et al., R3D-B2 - Measurement of ionizing and solar radiation in open space in the BIOPAN 5 facility outside the FOTON M2 satellite, Adv. Space Res. 43, 1200-1211, 2009. doi:10.1016/ j.asr.2009.01.021
20. Dachev, T. P., et al., "LIUILIN-ISS-2" system for cosmonauts' dosimetric control in the ISS radiation environment, Aerospace Research in Bulgaria, 28, 38-58, 2016. http://journal.space.bas.bg/ arhiv/n%2028/Articles/4.pdf
21. Ploc, O., I. et al., Publicly available database of measurements with the silicon spectrometer Liulin on board aircraft, Radiation measurements, 58, 107–112, 2013. http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2013.09.002

Session 1

Space Physics

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

АНАЛИЗ НА СТРУКТУРАТА НА ФАЗОВАТА РАВНИНА И ДИНАМИКА НА ЕЛЕМЕНТИТЕ НА ТРАЕКТОРИЯТА НА ЧАСТИЦАТА ПРИ СЪРФАТРОННО УСКОРЕНИЕ НА ЕЛЕКТРОНИ ОТ ПАКЕТ ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ ВЪЛНИ В КОСМИЧЕСКА ПЛАЗМА

Румен Шкевов[1], Николай Ерохин[2], Надежда Зольникова[2], Людмила Михайловская[2], Костадин Шейретски[3]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Институт за космически изследвания – Руска академия на науките
[3]Университет за национално и световно стопанство, София, България
e-mail: shkevov@space.bas.bg, nerokhin@mx.iki.rssi.ru

Ключови думи: *сърфатронно ускорение, структура на фазова равнина, траектория на частицата, потенциална яма, пакет от електромагнитни вълни, космическа плазма.*

Резюме: *Представено е изследване на сърфатронно ускоряване на електрони от пакет електромагнитни вълни, разпространяващ се напречно на слабо постоянно магнитно поле в космическа плазма. Проведен е комплексен анализ на зоната за ускорение на електроните въз основа на точните числени решения на нелинейното нестационарно диференциално уравнение от втори ред за фазата на вълната на траекторията на частицата. Изследването е проведено чрез анализ, основан на числените пресмятания за структурата и динамиката на фазовата равнина на вълновия пакет за пълния цикъл за ускорение на частицата. В проведения числен експеримент е използван набор от начални параметри съответстващ на слаборелативистки начални енергии на електроните като частицата е позиционирана първоначално в центъра на вълновия пакет. За целите на изследването пълния цикъл за ускоряване на частицата е разделен на няколко зони, в зависимост от етапа на взаимодействията между вълната и частицата. Най-важните структурни елементи на фазовата равнина за пълния цикъл за ускоряване на частицата са обсъдени и представени в графична форма. Направени са заключения за структурата на фазовата равнина и нейната динамика, както и характеристиките на траекторията на частиците при сърфатронно ускоряване електрони от вълнови пакет в космическа плазма.*

ANALYSIS OF THE PHASE PLANE STRUCTURE AND PARTICLE TRAJECTORY ELEMENTS DYNAMICS FOR THE ELECTRONS SURFATRON ACCELERATION BY A WAVE PACKET IN SPACE PLASMA

Rumen Shkevov[1], Nikolay Erokhin[2], Nadezhda Zolnikova[2], Ludmila Mikhailovskaya[2], Kostadin Sheiretsky[3]

[1]Space and Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
[2]Space Research Institute – Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
[3]University of National and World Economy, Sofia, Bulgaria
e-mail: shkevov@space.bas.bg, nerokhin@mx.iki.rssi.ru

Key words: *surfatron acceleration, phase plane structure, particles trajectory, potential well, electromagnetic wave packet, space plasmas.*

Abstract: *A study of the electrons' surfatron acceleration by a wave's packet propagating transversely to a weak constant magnetic field in space plasma is presented. A comprehensive analysis of the electron acceleration period, based on the exact numerical solutions of a second order nonlinear non-stationary differential equation for the wave packet phase on the particle trajectory, has been carried out. The research is conducted through an analysis based on numerical calculations for the wave's packet phase plane dynamics and structure for the whole particle's acceleration stage. In the conducted numerical experiment, a single set of initial*

parameters corresponding to the electrons low relativistic energies is used and the particle is initially positioned in the center of the wave packet. For the purpose of the research, the whole particle's acceleration cycle is subdivided into several zones, depending of the stage of the wave-particle interaction. The most important structural elements of the phase plane for the whole particle acceleration cycle are discussed and presented in graphical form. Conclusions about phase plane structure, its dynamics and the particles' trajectory features at surfatron acceleration by wave packet in space plasma are drawn.

Въведение

В настоящата работа е представено едно теоретично изследване на процеса на сърфатронно ускорение на електрони от пакети електромагнитни вълни в космическа плазма. Основната насоченост на изследването е към детайлното познаване на протичането на процесите и взаимодействията преди, по време на, и в края на процеса на ускоряване на частицата от вълновия пакет. Смятаме, че към настоящия момент голяма част от протичащите резонансни взаимодействия между вълновия пакет и частицата не са изучени достатъчно детайлно. Чрез настоящата работа се надяваме да допринесем за по-пълното разбиране на сложните и многостранни процеси, имащи своето място в пространствено времевия континуум на зоната за ускоряване на частицата при изпълнени изисквания за резонанса на Черенковски. Разгледано е ускоряването на електрони със слаборелативистка и релативистки начални енергии от пространствено локализиран пакет от електромагнитни вълни в космическа плазма, при наличие на слабо, напречно на разпространението на пакета, постоянно магнитно поле. Резонансното ускоряване на електрони от електромагнитни вълни и в частност сърфатронното ускорение на заредени частици е разглеждано преди в работите [1–5]. В работите [6–15] са обсъдени различни аспекти на това физично явление, като взаимодействия в нееднородна плазма [6, 7, 14], динамика [8] и взаимодействия с две вълни [9], а в работите [10, 11] е изследва на ефективността на ускоряването на частиците. Публикациите [6, 7, 13, 16–18] разглеждат сърфатронното ускорение на заредени частици е един от възможните механизми за генериране на потоци от ултрарелативистки частици в природата. Разглежданият процес принадлежи към категорията на резонансните процеси на взаимодействие между електромагнитните вълни и заредените частици, в които има относително голямо увеличение на енергията на частиците - нарастването на енергията на частицата е надхвърля 3–4 порядъка [10, 11]. Едно от основните изисквания за осъществяването на този клас взаимодействие е необходимостта да се изпълни условието за резонанс на Черенков [6, 7, 10, 11].

В този доклад на базата на числени пресмятания се анализира структурата на фазовата равнина и нейните отделни елементи, както и траекторията на частицата по време на протичането на същинския процес на ускоряване. Така подбраните начални параметри на числения експеримент съответстват на слаборелативистки и релативистки скорости и енергии за вълновия пакет и ускоряемите електрони. Поради ограничения обем страници в този формат, са представени в графичен вид малка част от резултатите получени при пресмятанията и последващият анализ на числените експерименти.

Теоретична обосновка и основни уравнения

Разглеждаме ускоряването на слабо релативистки и релативистки електрони от пакет електромагнитни вълни с p-поляризация имащ гладка лоренцова обвиваща на амплитудата. Вълновия пакет се разпространява по оста x в магнитоактивна плазма напречно на слабото външно магнитно поле $\mathbf{H_0}$, което е насочено по оста z. Подобни теоретични обосновки могат да бъдат намерени в работите [3, 4, 8–14]. Разглеждаме случая, в който честотата на вълната е близка до честотата на горния хибриден резонанс, но се различава от него, когато е изпълнено следното условие: $\omega_{He} / \omega = u < 1$, където ω_{He} е циклотронната честота на нерелативистки електрони на плазма.

При пресмятанията предполагаме, че фазовата скорост на вълната $v_{ph} = / k$ е по-ниска от скоростта на светлината във вакуум и имаме реализиран резонанс Черенков между ускорените частици и електромагнитния пакет. Според проведените по-ранни изчисления [8] задачата за изучаването на силното ускорение на електрони в космическа плазма може да бъде опростен чрез пренебрегване на вихрови компоненти на вълновите полета E_y и H_z, защото влиянието им върху резултата от изчисленията е незначително. В този случай електрическото поле на вълната може да се счита за електростатично, т.е. E_x (x, t) = A cos Ψ, където $\Psi = \omega_o t - k_o x$, където ω_o е носещата честота на пакета, $k_o = k(\omega_o)$ вълновия вектор, а A (x, t) е функцията определяща гладката лоренцова обвиваща на амплитудата на пакета.

Нека разгледаме релативистките уравнения за импулса **p** за движението на ускоряемия електрон [4, 8–14]:

$$dp_x / dt = - e E_x – e v_y (H_0 + H_z) / c ,$$

(1) $$dp_y / dt = - e E_y + e v_x (H_0 + H_z) / c$$

$$dp_z / dt = 0 , p_z = const,$$

Въвеждаме безразмерните променливи и параметри $\boldsymbol{\beta} = \mathbf{v} / c$ - скорост на електрона, $\sigma = e E_o / m c \omega_o$ - амплитуда на вълната, $\tau = \omega_o t$, $\xi = \omega x / c = k_o x$ – безразмерна координата, $\gamma = 1 / (1 – \beta^2)^{1/2}$ – релативистки фактор на частицата, $u = \omega_{He} / \omega_o$, $\omega_{He} = e H_o / mc$ нерелативистка циклотронна честота на електроните, E_o - амплитуда на електрическото поле в центъра на вълновия пакет. Захващането на заредени частици в режим на сърфатронно ускорение е възможно, когато амплитудата на електрическото поле – една от компонентите на електромагнитната вълна, е над определена критична стойност, т.е. за $\sigma = e E_o / m c \omega > u \gamma_p = u / (1 - \beta_p^2)^{1/2}$. Необходимо е да обърнем внимание, че безразмерната скорост на заредената частица може да бъде изразена с $\beta_x = \beta_p [1 – (d\Psi/d\tau)]$, $\beta_p = \omega_o / ck_o$, импулса на електрона е равен на $\mathbf{p} = m c \gamma \boldsymbol{\beta}$, а показателя на пречупване на плазмата $N = c k / \omega$ е свързан с фазовата скорост на вълната с израза $\beta_p = 1 / N$.

Използвайки горните изрази, нека да запишем релативистките уравнения за движение за импулса на ускоряемия електрона в безразмерен вид [4, 8, 10, 11] :

$$d (\gamma \beta_x) / d\tau = - \Lambda \cos \Psi - u \beta_y$$

(2) $$\gamma \beta_z = const \equiv h$$

$$d (\gamma \beta_y) / d\tau = u \beta_x$$

$$d \gamma / d\tau = - \Lambda \beta_x \cos \Psi ,$$

където $\Lambda = \sigma / \{ 1 + [(\tau – \Psi) / \rho]^2 \}$ е лоренцовата обвиваща на амплитудата на вълновия пакет, параметъра за ширината на вълновия пакет ρ се смята достатъчно голям за реализация на ултрарелативисткото ускорение на захванати частици при $\rho = \omega_o L / c \sim (10^4 – 10^6)$, където 2L е характерната ширина на вълновия пакет. Използвайки (2) можем да намерим интегралите за движение на ускоряемия електрон. Подробно извеждане на уравнението (3) може да бъде намерено в работите [4, 8, 10, 11]. Отчитайки всички полагания можем да запишем крайния вид на нелинейното нестационарно уравнение от втори порядък за фазата на вълната на траекторията на частицата:

(3) $$d^2 \Psi/ d \tau^2 – [\sigma (1 – \beta_x^2) / \gamma \beta_p] \cos \Psi – (u \beta_y / \gamma \beta_p) = 0.$$

На основата на численото решаване на нелинейното, нестационарно уравнения (3) за фазата на вълновия пакет $\Psi(\tau) \equiv \Psi [x(\tau), \tau]$ на носещата честота е изследвано захващането на слаборелативистки електрони в режим на силно сърфатронно ускорение от пакет електромагнитни вълни [8, 11, 12].

При решаването на (3) началните данни вземаме във вида $\Psi(0) = \Psi_o$, $\Psi_\tau(0) = a$. Съответно имаме $\beta_x(0) = \beta_p (1 – a)$. Нека да въведем компонентите за безразмерния импулс на частицата $g_x = \gamma \beta_x$, $g_y = \gamma \beta_y$. За достатъчно големи времена на ускоряване на електрона численото решение трябва да достигне асимптотични значения за компонентите на скоростта и релативисткия фактор на частицата $\gamma(\tau) \approx u \beta_p \gamma_p \tau$, $\beta_x \approx \beta_p$, $\beta_y \approx 1 / \gamma_p$, а темпът на нарастване на ускорението е постоянен и не зависи от амплитудата на вълната σ, определяща се от асимптотичното значение на функцията $\sigma < \beta_x \cos \Psi >$.

Резултати от числените пресмятания

Проведеният числен експеримент е насочен към изучаването на протичането на процеса за ускоряване на слаборелативистки електрони от пакет електромагнитни вълни. В даденото изследване сме приели, че частицата се намира в центъра на вълновия пакет, т.е в началната топология на експеримента е заложено условието $\Psi_0 = \Psi(0) = 0$. В съответствие с предходния параграф, на базата на точното решаване на уравнението (3) за фазата на вълновия пакет на траекторията на частицата ще представим детайлен анализ на структурата

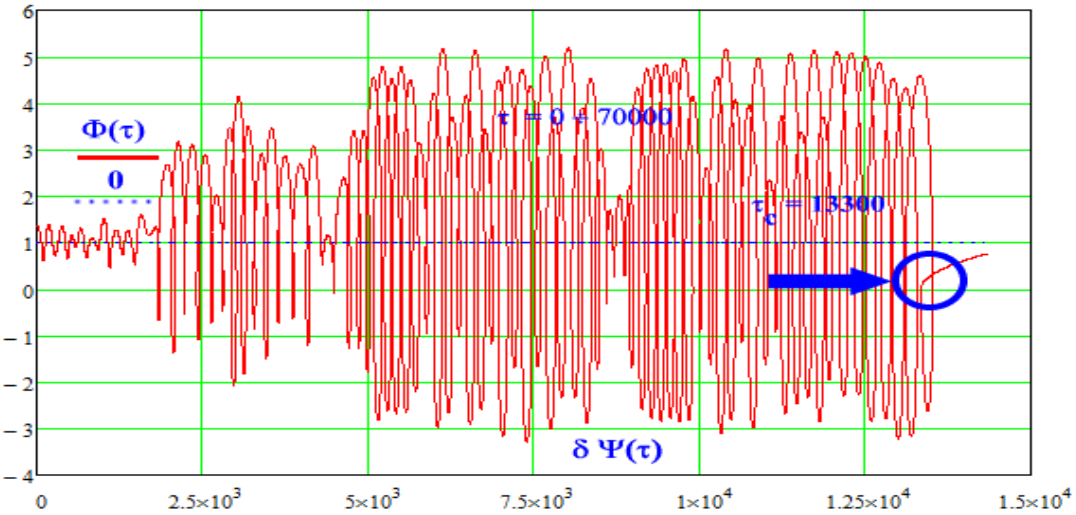
на фазовата плоскост. Проведените числени пресмятания позволяват точното изследване на нейната динамика по време на процеса на ускоряване на частицата. Численото решаване на уравнението (3) позволява разделянето на процеса на ускоряване на частицата на отделни специфични зони изобразяващи базови елементи от фазовата равнина. Отделните елементи съответстват на поредицата от части от основни процеси през които преминава един пълен цикъл за ускоряване на частицата. Под пълен цикъл на ускорение разбираме последователността от състояния отразяващи - свободен електрон изпълняващ циклотронно въртене в полето H_o , захващане и задържане на частицата от динамичната потенциална яма породена от полетата на вълновия пакет и H_o. В зависимост от типа и началната топология на процеса на резонансните взаимодействия между вълновия пакет и частицата съществуват няколко сценария за достигане дъното на динамичната потенциална яма. На базата на представените по-долу числени резултати, и в частност за конкретния разгледан случай, след захващането частицата започва процеса на сърфатронно ускорение. След като достига до дъното на потенциалната яма, частицата се оттласква от него и преминава през друг основен етап на ускорение докато достигне до излитане от ямата. След излитането частицата преминава отново към циклотронно въртене в полето H_o като електронът е с 3 порядъка по-висока енергия в резултат на неговото сърфатронно ускоряване.

Проведения числен анализ на реализирания експеримент е направен с помощта на набора от начални параметри, представени в Таблица 1. Полагането $\Psi_0 = \Psi(0) = 0$ съответства на началната позиция на частицата в центъра на вълновия пакет [11]. При началните параметри от Табл. 1 електронът има начален релативистки фактор γ (0) = 1.116.

u	β_p	h	$g_y(0)$	$\Psi(0)$	a	ρ	σ/σ_c	τ_{calc}	τ_c	τ_d
0.20	0.25	0.30	0.28	0	0	70k	1.65	70k	0	56920

Таблица 1. Набор от начални параметри за диференциалното уравнение (3) съответстващ на слаборелативистки енергии на електроните и скорости на вълновия пакет.

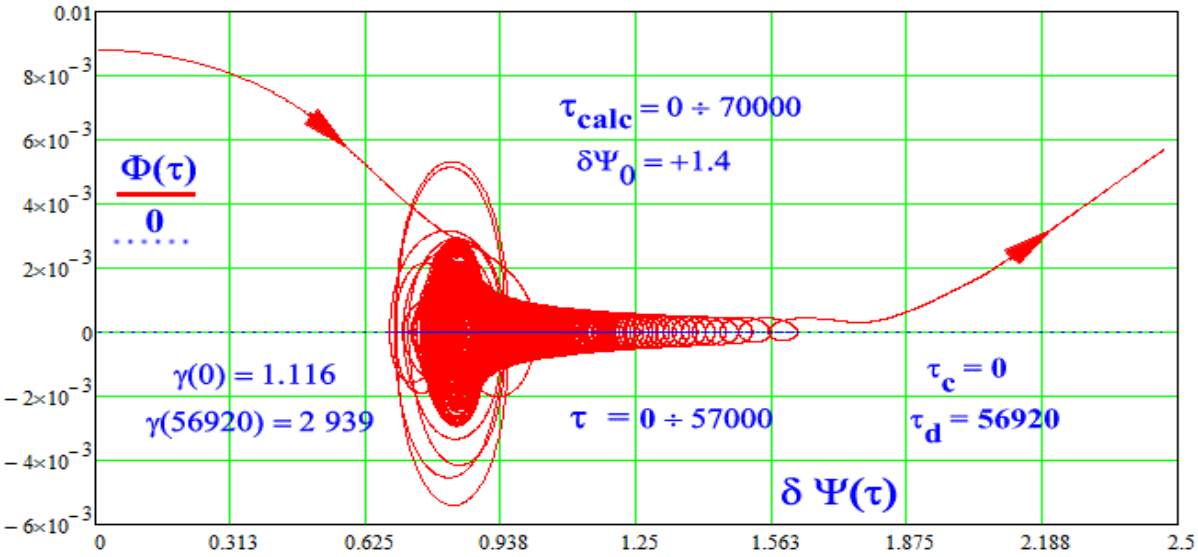
Нека разгледаме взаимодействията между слаборелативистки електрон изпълняващ циклотронно въртене в полето H_o и пакет от електромагнитни вълни разпространяващ се напречно на вектора на H_o. На Фиг.1 е показана структурата на фазовата равнина ($\Phi(\tau)$, $\delta\Psi(\tau)$), където $\Phi(\tau) = d\Psi / d\tau$ и $\delta\Psi = \Psi(\tau) - \Psi(0)$. На Фиг.1 за $\delta\Psi = < 13000$ електрона не е уловен от вълновия пакет. Всички фигури тази работа са построени с така дефинираната ($\Phi(\tau)$, $\delta\Psi(\tau)$).



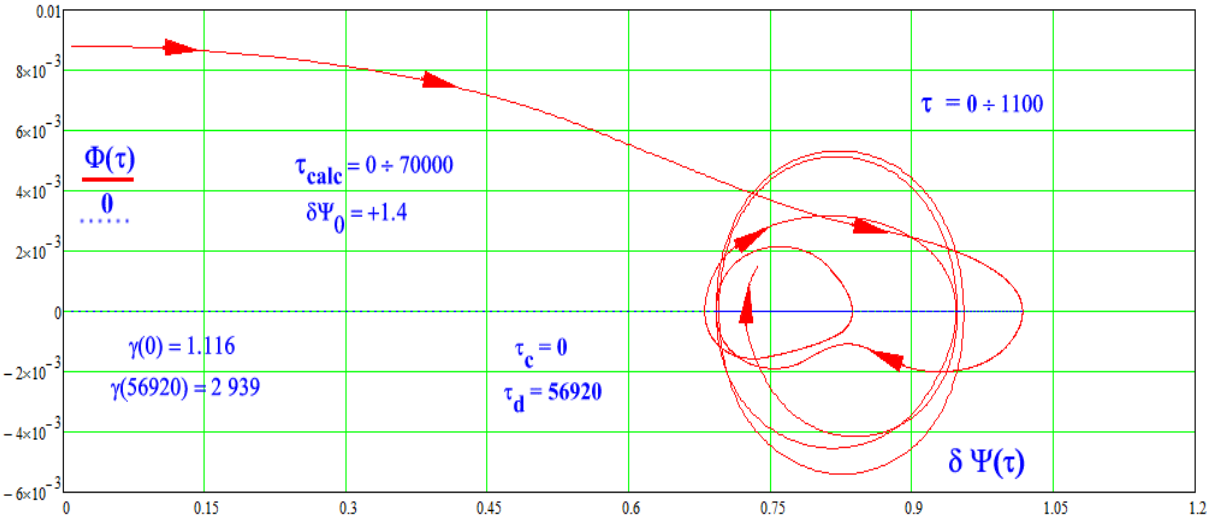
Фиг. 1. Структура на фазовата равнина ($\Phi(\tau)$, $\delta\Psi(\tau)$) за свободен електрон взаимодействащ с вълновия пакет. Флуктуациите в амплитудата на функцията $\Phi(\tau)$, се дължат на обмен на енергия между вълновия пакет и частицата. Частицата е захваната при $\delta\Psi = \Psi(\tau) - \Psi(0) > 13300$.

Наблюдаваните флуктуации в амплитудата на функцията $\Phi(\tau)$, се дължат на обмен на енергия между вълновия пакет и частицата, които не са довели до захващане и ускоряване на частицата. Частицата е успешно захваната от вълновия пакет при $\delta\Psi = \Psi(\tau) - \Psi(0) > 13000$.

За основа на числения експеримент беше избран един от средностатистическите случаи. За начално значение на фазата на вълновия пакет е избрано значението $\Psi(0) = -1.4$, при началните условия за уравнението (3) от Табл. 1. На Фиг. 2 е показан пълният цикъл на сърфатронно ускоряване на електрон при време за захват $\tau_c = 0$ и време за излитане от ямата $\tau_d = 56920$. За пълния цикъл на сърфатронно ускорение от вълновия пакет релативисткият фактор на частицата при излитането от потенциалната яма достига $\gamma(56920) = 2.939.10^3$.

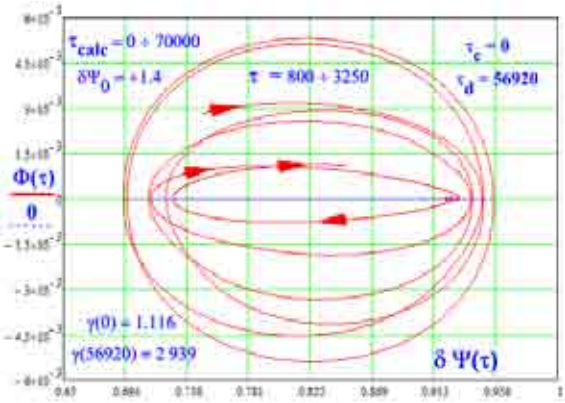


Фиг. 2. Фазова равнина при сърфатронно ускорение на електрон от вълнови пакет, отразяваща пълния процес за ускоряване на частицата в диапазона $\tau = 0 \div 57000$. При начални условия, показани в Табл. 1, електронът има $\tau_c = 0$, $\tau_d = 56920$ и начална енергия $E_{INI} \cong 0.57$MeV.

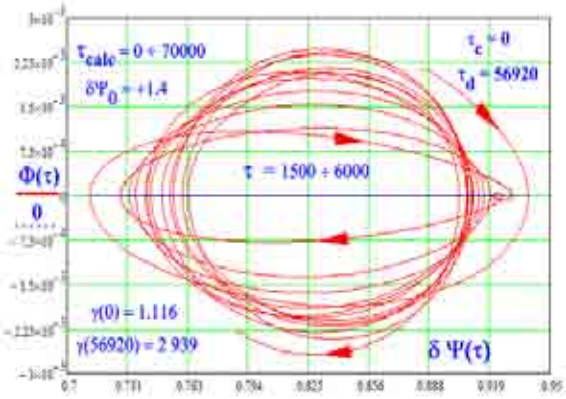


Фиг. 3. Първи стадии на обмен на енергия между вълновия пакет и частицата – първоначално улавяне на частицата. На фигурата е представен диапазонът $\tau = 0 - 1100$ при $\tau_c = 0$, $\beta_p = 0.25$ и $E_{INI} \cong 0.57$ MeV. Силно нелинейната крива на траекторията на частицата отразява изключително сложния процес на начално улавяне на частицата в потенциалната яма.

Фиг. 4 отразява стадия при който частицата е уловена, но все още се намира в нестабилното пространство на горния ръб на потенциалната яма. Наблюдаваните „възли“ в десния

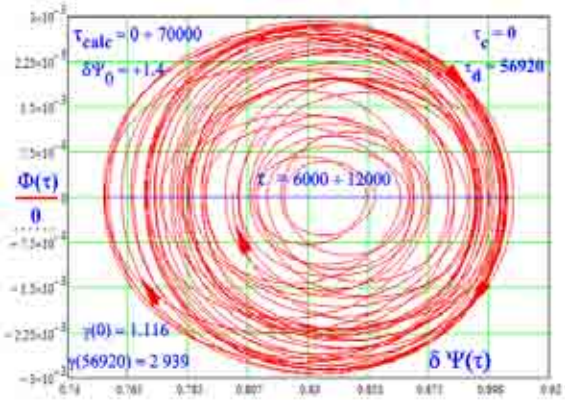


Фиг. 4. Елемент от фазовата равнина отразяващ периода τ = 800 – 3250

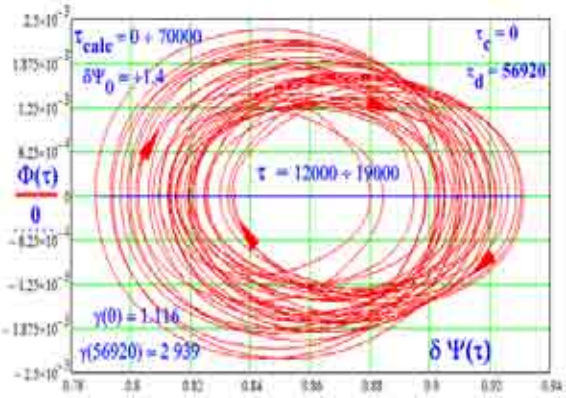


Фиг. 5. Елемент от фазовата равнина отразяващ периода τ = 1500 – 6000

край на Фиг.4 са показателни за все още силно нелинейния характер на взаимодействията за периодите. τ = 800 ÷ 3250. Фиг.5 отразява зоната τ = 1500 ÷ 6000, в която процеса е в началото на понижаване на силно нелинейните участъци във структурата на фазовата равнина .

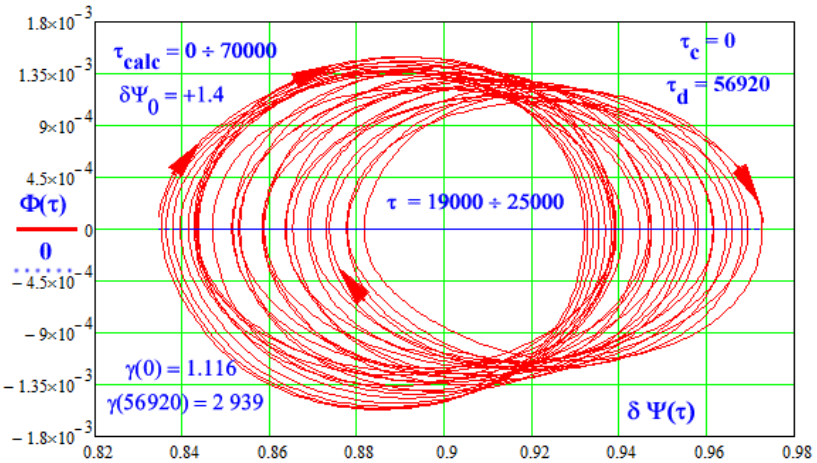


Фиг. 6. Елемент от фазовата равнина отразяващ периода τ = 6000 – 12000



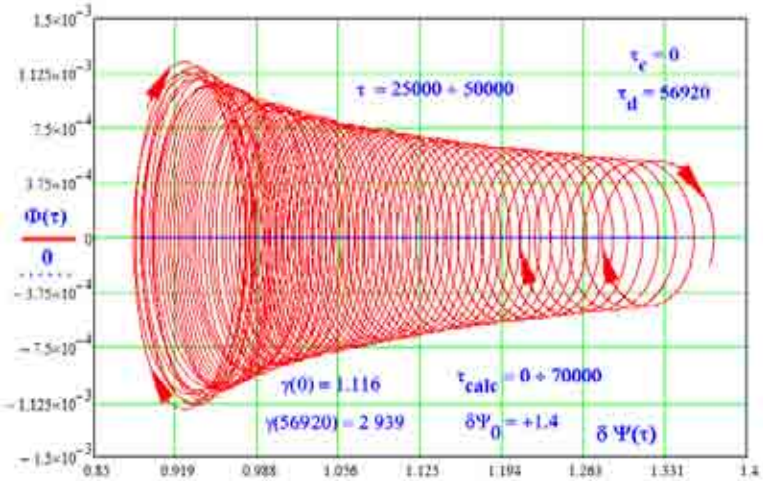
Фиг. 7. Елемент от фазовата равнина отразяващ периода τ = 12000 – 19000

Фиг. 6 и Фиг. 7 отразяват зоните τ = 6000 – 12000 и τ = 12000 – 19000 представящи траекториите във фазовата равнина (Φ(τ), δΨ(τ)), намиращи се в зоната преди основата на симетричния ускорителен конус, характерен за този тип резонансни ускорителни процеси.

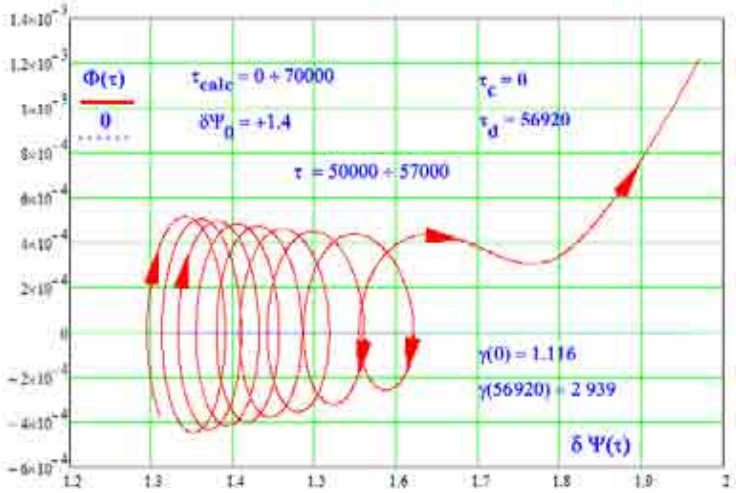


Фиг. 8. Кривата отразява периода τ = 19 000 – 25 000. Дясната част на спиралата е пространството, в което се формира основата на симетричния ускорителен конус.

На Фиг. 8. кривата отразява периода τ = 19 000 – 25 000 в структурата на фазовата равнина. Дясната част на спиралата е пространството, в което се формира основата на симетричният ускорителен конус. На Фиг. 9. е представен периодът τ = 25 000 – 50 000. Типична форма на симетричен ускорителен конус във фазовата равнина (Φ(τ), δΨ(τ)) - резонансна крива при сърфатронно ускоряване на заредени частици. Кривата показва наличие на особена точка от типа стабилен фокус, или с други думи атрактор.



Фиг. 9. Представен периодът τ = 25к – 50к. Типична форма ускорителен конус във фазовата равнина (Φ(τ), δΨ(τ)) - резонансна крива при сърфатронно ускоряване на заредени частици. Кривата показва наличие на особена точка от типа стабилен фокус - атрактор.



Фиг. 10. При τ_d = 56920 настъпва кай на сърфатронното ускоряване на електрони от пакет електромагнитни вълни в космическа плам. Кривата показва периодът τ = 50000 – 57000.

В дясната част на Фиг. 8 и лявата част на Фиг. 9, в основата на ускорителния конус, се наблюдават и специфични модулационни процеси отразени неговата обвиващата повърхност. Тяхната амплитудата с нарастването на τ намалява и повърхността на конуса в дясната част се изглажда. На Фиг.10 е показан върхът на ускорителния конус и края на процеса на сърфатронно ускоряване на електрони от пакет електромагнитни вълни в космическа плама. На Фиг. 2–10 са показани на основата на числени пресмятания всички отделни елементи на структурата на фазовата равнина при сърфатронно ускоряване на електрони от пакет електромагнитни вълни.

Заключение

В настоящата работа изследван механизма на резонансно сърфатронно ускоряване на електрони от пакет електромагнитни вълни в космическа плазма. Чрез точни решения на нелинейното нестационарно диференциалното уравнение от втори порядък за фазата на

вълната на траекторията на частицата е проведен числен експеримент за слаборелативистки енергии на електроните и скорости на вълновия пакет.

Потвърдена е високата ефективност на процеса на сърфатронно ускоряване първоначално анализирана в работите [10, 11]. В полза на това твърдение са получените резултати в настоящата работа, а именно слаборелативистки електрон с начална енергия E_{INI} = 0.57 MeV достига след процеса на ускоряване енергия от E_{OUT}= 1,5 GeV. Нарастването на енергията в разгледания средностатистически случай е с повече от три порядъка.

Изследвана е динамиката и структурата на фазовата равнина при протичане на процеса на сърфатронно ускоряване. Изучен е пълния цикъл на процеса на резонансно ускоряване на електрони от вълнови пакет чрез анализ на динамиката и структурата на фазовата равнина.

Детайлното е изучено протичането на процесите и взаимодействията преди, по време на, и в края на процеса на ускоряване на частицата от вълновия пакет.

Дефинирани са най-важните структурни зони изграждащи пълния цикъл за ускоряване на частицата. Ясно са разграничени са отделните етапи при протичането на процеса на ускоряване на частицата и са представени в графична форма.

Показан е сложния характер на взаимодействията от типа вълна-частица особено в периода на захващане на частицата и началните етапи от процеса на ускоряване – Фиг. 3–5.

Получените знания могат да намерят приложение и в други научни области свързани с изследвания изучаващи ускоряване на заредени частици, протичащи както в условията на синтетична плазма, така и в естествените условия на космическото пространство.

Това изследване е част от съвместния руско-български проект „Сърфатрон” между ИКИ-РАН и ИКИТ-БАН по Програмата за фундаментални космически изследвания между РАН и БАН

Литература:

1. Сагдеев, Р. З., Сб. Вопросы теории плазмы, М:, Атомиздат, 1964.
2. Сагдеев, Р. З., Шапиро В. Д. Влияние поперечного магнитного поля на затухание Ландау. Письма в ЖЭТФ. Т.17, № 7., 1973, 389–394.
3. Tajima, T. and J. M. Dawson Laser electron accelerator. Phys. Rev. Let. V.43, No.4, 1979, p.p. 267-270.
4. Katsouleas, N., J. M. Dawson. Unlimited electron acceleration in laser-driven plasma wave. Physical Review Letters, V. 51, № 5, 1983, pp. 392–395.
5. Грибов, Б. Э., Р. З. Сагдеев, В. Д. Шапиро, В. И. Шевченко. О затухании плазменных волн и ускорении резонансных электр. в поперечном магнитном поле. Письма в ЖЭТФ, т. 42, № 2, 1985, 54–58.
6. Ерохин, Н. С., А. А. Лазарев, С. С. Моисеев, Р. З. Сагдеев. Увлечение и ускорение заряженных частиц замедленной волной в неоднородной плазме. ДАН СССР, т. 295, № 4, 1987, 849–852.
7. Ерохин, Н. С., С. С. Моисеев, Р.З. Сагдеев. Релятивистский серфинг в неоднородной плазме и генерация космических лучей. Письма в Астрономический журнал, т. 15, № 1, 1989, 3–10.
8. Ерохин, Н. С., Н. Н. Зольникова, Е. А. Кузнецов, Л. А. Михайловская. Динамика релятивистского ускорения заряженных частиц в космической плазме при серфинге на пакете электромагнитных волн. Вопросы атомной науки и техники, сер. Плазменная электр. № 4(68), 2010, 116–120.
9. Erokhin, N. S., N. N., Zolnikova, R. Shkevov, L. A. Mikhailovskaya, P. Trenchev. On the charged particles surfatron acceleration in space plasmas. C.R. Acad. Bulg. Sci., 60, № 9, 2007, pp. 967–972.
10. Shkevov, R., N. S. Erokhin, L. A. Mikhailovskaya, N. N. Zolnikova. Numerical investigation of the surfatron acceleration efficiency of charged particles by wave packets in space plasma. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, JASTP, V. 99, 2013, pp. 73–77.
11. Shkevov, R., N. S. Erokhin, V. M. Loznikov, N. N. Zolnikova, L. A. Mikhailovskaya. Surfatron acceleration of weakly relativistic electrons by electromagnetic wave packet in space plasma. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, JASTP, Volume 177, October 2018, pp. 266–273.
12. Shkevov, R., Erokhin, N. S., Loznikov, V. M., Zolnikova, N. N., Mikhailovskaya, L. A. Dynamics analysis of the electrons surfatron acceleration by a wave packet in space plasma. Proceedings SES2018, ISSN: 2603-3313, 2018, pp. 23–29.
13. Кичигин, Г. Н. Серфотронный механизм ускорения космических лучей в галактической плазме. ЖЭТФ, т. 119, № 6, 2001, 1038–1049.
14. Dieckmann, M. E., P. K. Shukla. Electron surfing acceleration by the electron two-stream instability in a weak magnetic field. Plasma Phys. Control. Fusion, V. 48, Issue 10, 2006, pp. 1515–1530.
15. Нейштадт, А. И., А. В. Артемьев, Л. М. Зеленый, Д. Л. Вайнштейн. Серфотронное ускорение в электр.. волнах с малой фазовой скоростью, Письма в ЖЭТФ. т. 89, вып. 9, 2009, 528–534.
16. Loznikov, V. M., N. S., Erokhin, L. A. Mikhailovskaya. An explanation of variable peculiarities in spectra of electrons and positrons of cosmic rays. Cosmic Research, V. 51 (3), 2013, pp. 177–188.
17. Loznikov, V. M., Erokhin, N. S., Zolnikova, N. N. and Mikhailovskaya, L. A. On the reason for the kink in the rigidity spectra of cosmic ray protons and helium nuclei near 230 GV. Plasma Physics Reports, V. 42 (7), 2016, pp. 658–665,
18. Loznikov, V. M., N. S. Erokhin, N. N. Zol’nikova, L. A. Mikhailovskaya. Surfatron Accelerator in the Local Interstellar Cloud. Plasma Physics Reports, 43 (1), 2017, pp. 51–61.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

АНАЛИТИЧЕН ПОДХОД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА НЕЛИНЕЙНО МАХАЛО

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

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

Ключови думи: *Автономни диференциални уравнения, специални функции, осцилиращи системи, аналитични методи, нелинейна динамика*

Резюме: *Предложен е обобщен метод за изследване движението на нелинейно махало. Подходът дава възможност за кратко и ясно описание на класически резултати, но от един друг поглед на проблема. Получените аналитични изрази, описващи различни видове движение, получени чрез предложения метод напълно съответстват на вече известните решения, получени от други методи. Направени са заключения относно функционалността и предимствата на получените аналитични изрази чрез предложения метод.*

AN ANALYTICAL APPROACH FOR STUDY OF NONLINEAR PENDULUM

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

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

Keywords: *Autonomous differential equations, special functions, oscillating systems, analytical methods, nonlinear dynamics.*

Abstract: *A generalized method for investigating the motion of a nonlinear pendulum is proposed. The approach allows a brief and clear description of the classic results, but from another perspective of the problem. The analytically obtained expressions describing various types of motion received thru proposed method completely corresponds to the already known solutions received by other methods. Conclusions about the functionality and advantages of the analytical expressions obtained through the proposed method are drawn.*

Въведение

Едно от уравненията, допускащи точно решение в специални функции е уравнението на махалото [1]:

(1) $$\ddot{q} + \omega^2 \sin q = 0 ,$$

където q е ъгълът сключващ се между правата в посока на гравитационната сила, отчетена от точката на окачване и нишката за която е свързана тежестта на махалото.

Чрез подходящо преобразувание свеждаме уравнението до система от две диференциални уравнения от първи ред:

$$\dot{q} = p ,$$

(2) $$\dot{p} = -\omega^2 \sin q .$$

Ще въведем специално преобразувание [2, 3], което да приведе система (2) във възможно най- проста математическа форма. Задачата, която си поставяме е да направим изследване на фазовите траектории на системата, при различни режими на движение, от гледна точка на въведените нови променливи.

Преобразуване на системата, описваща махалото

Използваме преобразуването:

(3) $$\tilde{\psi} = \omega \sin\frac{q}{2} + i\frac{p}{2},$$

(4) $$\tilde{\psi}^* = \omega \sin\frac{q}{2} - i\frac{p}{2}.$$

Диференцираме (3) и (4) по времето, като първите производни отбелязваме с точка. Достига се до уравненията:

(5) $$i\dot{\tilde{\psi}} = \omega \cos\frac{q}{2}\tilde{\psi},$$

(6) $$i\dot{\tilde{\psi}}^* = -\omega \cos\frac{q}{2}\tilde{\psi}^*.$$

Лесно се получава законът за запазване на енергията:

(7) $$\left|\tilde{\psi}\right|^2 \equiv \tilde{\psi}\tilde{\psi}^* = const = h.$$

Наистина:

$$i\frac{d}{dt}\left|\tilde{\psi}\right|^2 = \omega \cos\frac{q}{2}\left(\tilde{\psi}\tilde{\psi}^* - \tilde{\psi}^*\tilde{\psi}\right) = 0.$$

Като следствие от този закон, може да изведем математическия израз на закона за запазване на енергията, включващ координатата и импулса:

(8) $$\frac{p^2}{2} + \omega^2\left(1 - \cos q\right) = 2h,$$

изразът следва непосредствено от пресмятане на произведението $\psi\psi^*$.

Нека:

$$\tilde{\psi}\left(0\right) = \tilde{\psi}_0,$$

$$\tilde{\psi}^*\left(0\right) = \tilde{\psi}_0^*,$$

Тогава решенията на двете диференциални уравнения (5) и (6) са съответно:

(9) $$\tilde{\psi} = \tilde{\psi}_0 \exp\left(-i\omega I\right),$$

(10) $$\tilde{\psi}^* = \tilde{\psi}_0^* \exp\left(i\omega I\right),$$

(11) $$I = \int_0^t \cos\frac{q}{2}dt.$$

От по-горните равенства се извежда математическата формула:

(12) $$\tilde{\psi}_0\tilde{\psi}_0^* = h.$$

Изследване на възможните режими за движение на махалото

Сепаратрисно решение

Нека: $h = \omega^2$. Тогава:

(13) $$\tilde{\psi}\tilde{\psi}^* = \frac{p^2}{4} + \omega^2 \sin^2 \frac{q}{2} = \frac{p^2}{4} + \omega^2 - \omega^2 \cos^2 \frac{q}{2} = \omega^2,$$

следователно:

(14) $$\omega \cos \frac{q}{2} = \pm \frac{p}{2}.$$

Да приемем за улеснение, че $q(0) = q_0$. Тогава лесно интегрираме и се получава:

(15) $$\ln tg\left(\frac{\pi}{4} + \frac{q}{4}\right) - \ln tg\left(\frac{\pi}{4} + \frac{q_0}{4}\right) = \mp \omega t.$$

Тогава се достига до израза:

(16) $$q = 4arctg\left[tg\left(\frac{\pi}{4} - \frac{q_0}{4}\right)e^{\mp \omega t}\right] - \pi.$$

Ако се интересуваме от конкретният вид на функцията ψ, лесно може да се съобрази, че:

(17) $$\omega I = \pm \int_0^t \frac{\dot{q}}{2} dt = \pm \frac{q}{2}.$$

Взема се под внимание, че:

(18) $$\frac{\tilde{\psi} + \tilde{\psi}^*}{2} = \frac{\tilde{\psi}_0 e^{\mp i\frac{q}{2}} + \tilde{\psi}_0^* e^{\pm i\frac{q}{2}}}{2} = \omega \sin \frac{q}{2},$$

(19) $$\tilde{\psi}_0 \tilde{\psi}_0^* = \omega^2.$$

Тогава:

(20) $$\tilde{\psi}_0 = -\frac{\omega}{i} \text{ и } \tilde{\psi}_0^* = \frac{\omega}{i} \text{ или } \tilde{\psi}_0 = \frac{\omega}{i} \text{ и } \tilde{\psi}_0^* = -\frac{\omega}{i}.$$

В този случай се достига до решението:

(21) $$\tilde{\psi} = \pm i\omega \exp\left(\mp i\frac{q}{2}\right),$$

(22) $$\tilde{\psi}^* = \mp i\omega \exp\left(\pm i\frac{q}{2}\right).$$

Подготовка за изследване на системата в трептящ режим и режим на въртене

Отчита се фактът, че:

(23) $$\frac{\tilde{\psi}+\tilde{\psi}^*}{2}=\frac{\tilde{\psi}_0 e^{-i\omega I}+\tilde{\psi}_0^* e^{i\omega I}}{2}=\omega\sin\frac{q}{2}=\pm\omega\sqrt{1-\dot{I}^2}\ .$$

Тогава, ако положим:

(24) $$\tilde{\psi}_0=-\frac{\sqrt{h}}{i}\ \text{ и }\ \tilde{\psi}_0^*=\frac{\sqrt{h}}{i},$$

се достига до уравнението:

(25) $$\sqrt{h}\sin\omega I=\pm\omega\sqrt{1-\dot{I}^2}\ .$$

Това уравнение лесно се свежда до вид удобен за изследване:

(26) $$\dot{\varphi}=\pm\sqrt{h}\sqrt{k^2-\sin^2\varphi}\ ,\ \varphi=\omega I\ ,\ k^2=\frac{\omega^2}{h}\ .$$

Режим на трептене: $k^2<1$

Нека дефинираме определения интеграл [4]:

(35) $$u=\int_0^{\varphi}\frac{d\xi}{\sqrt{1-k^2\sin^2\xi}}$$

амплитудата φ я определяме посредством равенството:

(36) $$\varphi=amu\ .$$

Функциите *елиптичен синус* и *елиптичен косинус* се определят съответно така:

(37) $$sn(u,k)=\sin(amu)\ ,\ cn(u,k)=\cos(amu)$$

Дефинираме още една функция наречена *делта амплитуда:*

(38) $$dn(u,k)=\sqrt{1-k^2(\sin\xi)^2}\ .$$

Функциите елиптичен синус, елиптичен косинус и делта амплитуда се наричат функции на Якоби. Тези функции са свързани посредством равенствата:

(39) $$sn^2(u,k)+cn^2(u,k)=1,$$

(40) $$dn^2(u,k)+k^2\sin^2\xi=1.$$

В сила са и равенствата:

(41) $$\frac{d}{du}sn(u,k)=cn(u,k)dn(k,u),$$

(42) $$\frac{d}{du}cn(u,k)=-sn(u,k)dn(k,u),$$

(43) $$\frac{d}{du}dn(u,k)=-k^2sn(u,k)cn(k,u).$$

Важно значение в теория на елиптичните функции имат *пълните елиптични интеграли от първи род:* $K(k)$, *втори род:* $E(k)$, които съответно се дефинират с формулите (4, 5):

(44) $$K(k)=\int_0^{\frac{\pi}{2}}\frac{d\xi}{\sqrt{1-k^2\sin^2\xi}}$$

(45) $$E(k)=\int_0^{\frac{\pi}{2}}\sqrt{1-k^2(\sin\xi)^2}$$

Полагаме:

(46) $$\sin\varphi=k\sin x.$$

Тогава се достига до израза:

(47) $$\int_{x_0}^{x}\frac{dx}{\sqrt{1-k^2\sin^2 x}}=\pm\sqrt{h}(t-t_0).$$

Следователно:

(48) $$\sin x=sn\left[\pm\sqrt{h}(t-t_0)+F,k^2\right],\ \int_0^{x_0}\frac{dx}{\sqrt{1-k^2\sin^2 x}}=F.$$

Като краен резултат се получава:

(49) $$\sin\frac{q}{2}=sn\left[\pm\sqrt{h}(t-t_0)+F,k^2\right].$$

Режим на въртене: $k^2>1$.

Полагаме:

(50) $$k_1^{\ 2}=\frac{1}{k^2}.$$

Тогава по аналогичен начин се достига до:

(51) $$\int_{\varphi_0}^{\varphi}\frac{d\varphi}{\sqrt{1-k_1^{\ 2}\sin^2\varphi}}=\pm\omega(t-t_0).$$

(52) $$\varphi=am\left[\pm\omega(t-t_0)+F_1,k_1^{\ 2}\right],\ \int_0^{\varphi_0}\frac{d\varphi}{\sqrt{1-k_1^{\ 2}\sin^2\varphi}}=F_1.$$

Следователно:

(53) $$\cos\frac{q}{2}=\frac{d}{d(\omega t)}am\left[\pm\omega(t-t_0)+F_1,k_1^{\ 2}\right].$$

Заключение

Използваното от нас преобразувание свежда системата уравнения (2), описваща махалото, до система (5) и (6), от която по най-елементарен начин се извежда закона за запазване на енергията. Този подход дава възможност за ясен физичен анализ на получените резултати. Методът изцяло се съгласува с резултатите, получени чрез традиционните средства [6, 7]. Използваният подход, може да се прилага към доста по-сложни модели на физични системи. Целта на настоящата публикация е да го представи за система (5) и (6), при която са известни решенията, за да се демонстрира неговата пригодност при решаване на такъв тип задачи, а по-нататък да се развие и методика за прилагането му при разрешаване на сложни математически модели.

Литература:

1. Арнольд, В. И, Математические методы классической механики. Москва, “Наука”, 1989.
2. Ландау Л., Е. Лифшиц. Теоретическая физика. Том 1. Механика. Москва, “Наука”, 1988.
3. Косевич, А., А. Ковалев. Введение в нелинейную физическую механику. Киев. “Наукова думка”, 1989.
4. Двайт, Г. Таблицы интегралов. Москва, “Наука”, 1973.
5. Моисеев Н. Н. Асимптотические методы нелинейной механики. Москва, “Наука”, 1969.
6. Малинецкий, Г. Г. Математические основы синергетики. Москва. УРСС, 2011.
7. Заславский Г. М., Р. З. Сагдеев. Введение в нелинейную физику: от маятника до турбулентности и хаоса. Москва, “Наука”, 1988.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

OLD AND NEW VERSIONS OF WOLF SUNSPOT NUMBERS: CONSISTENCY OF CHARACTERISTICS FOR RESTORED AND INSTRUMENTAL PARTS OF SERIES

Igor Shibaev

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

Keywords: *Restored and reliable parts of WSN, Cycle group, statistical estimates, approximation*

Abstract:: *The paper considers the Zurich series of monthly averaged sunspot numbers W (W = Wrest U Wtool), which includes the restored Wrest series (from 1749 to 1849) and Wtool, a series of reliable Wolf numbers (regular instrumental observations from 1849 to the present). When comparing extended fragments, the local data residual plays a smaller role and more balanced estimates are obtained. Classification of cycles by duration allows us to describe the relationship between the parameters of reliable cycles and to show the inconsistency of these parameters for the 1÷9 cycle group. A more realistic scenario for the Wrest series corresponds to a simultaneous reduction in the length of the series by 4–5 years and an increase in the "average" W by 1.25 times.*

СТАРАЯ И НОВАЯ ВЕРСИИ РЯДА ЧИСЕЛ ВОЛЬФА: СОГЛАСОВАННОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ВОССТАНОВЛЕННОЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТЕЙ РЯДОВ

Игорь Шибаев

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

Ключови думи: *Восстановленная и достоверная части ряда WSN, статистические оценки, группа циклов, аппроксимация*

Резюме: *Естественно желание включать столетний интервал восстановленной части ряда чисел Вольфа Wrest (1749–1849 гг.) в исследования наравне с инструментальной (достоверной) частью ряда Wtool (с 1849 г. по настоящее время). Но при объединении отрывочных данных с различными плотностью наблюдений, амплитудным разрешением и масштабированием исказятся, в первую очередь, локальные характеристики регистрируемого процесса и взаимосвязь (гладкость) временных фрагментов разного масштаба. Поэтому важно оценить степень согласованности рядов Wrest и Wtool, а также непротиворечивость параметров самого восстановленного ряда. В работе использована классификация циклов по длительности, что позволило параметризовать и аппроксимировать некоторые характеристики циклов достоверного ряда. Полученные зависимости расширили возможности анализа ряда Wrest.*

Introduction

The paper considers the Zurich series of monthly averaged sunspot numbers W (W = Wrest U Wtool), which includes the restored Wrest series (from 1749 to 1849) and Wtool , a series of reliable Wolf numbers (regular instrumental observations from 1849 to the present). Naturally, there is a desire to include the centennial interval of the restored part of the series of Wolf numbers Wrest in studies along with the instrumental part of the series Wtool. The data reliability for the Wrest series and possible use of them in research is still a challenge. When combining fragmentary data [1] with

different density of observations, amplitude resolution and scaling, the local characteristics of the recorded process and the consistency of time fragments of different scales (for example, the structure of the cycles and their relationship) are distorted. Therefore, it is reasonable to research the parameters of extended fragments without detailing their "complex" history of development. One approach that evaluates the consistency of the Wrest and Wtool series is to compare the characteristics of the selected intervals [2]. For instance, the correspondence of statistical estimates of cycle basic parameters (cycle duration Tc and its growth branches Tm, cycle maximum Wm, cycle area Sq) for two groups of cycles: a group of restored cycles 1–9 and a group of reliable cycles 10–23. The Table shows the average, the root of the variance and their ratio calculated for these groups. The upper readings correspond to the old version; the lower readings correspond to the new one. The cycle parameters in the new version of a Wolf number series are taken from paper [3]. It can be seen that the characteristics of the second group, in italics, are better, and much better for Tc, Tm. Additionally, cycles 1, 5 and 7 have abnormally long growth branches – more than half of the cycle.

Table. Statistical Estimates of Wrest and Wiool series cycles

	mean **I ÷ IX / X ÷ XXIII**	**σ½** **I ÷ IX / X ÷ XXIII**	**σ½ / mean** **I ÷ IX / X ÷ XXIII**
Tc	134.33 / 131.14 134.33 / 131.14	18.95 / 10.02 18.88 / 9.48	0.141 / *0.078* 0.141 / *0.072*
Tm	56.56 / 46.43 56.67 / 47.93	17.51 / 6.39 17.67 / 7.25	0.310 / *0.138* 0.312 / *0.151*
Wm	105.59 / 119.66 175.98 / 184.92	40.16 / 38.02 66.95 / 47.75	0.380 / *0.318* 0.380 / *0.258*
Sq	6301.52 / 7329.54 10609.16 /11341.85	2238.57 / 2115.12 3833.60 / 2532.89	0.355 / *0.288* 0.361 / *0.223*

For more correctness, let us compare the groups with the same number of cycles, then the group of restored cycles can be assigned six groups of nine cycles from the reliable part of the Wtool series: 10–18, 11–19, 12–20, 13–21, 14–22, 15–23. Let us denote these groups of reliable cycles, respectively, as G1, G2, G3, … , G6, and the group of restored cycles as G0. An example of the (**σ½ / mean)** ratio for the Tc and Sq parameters for all groups is shown in Fig. 1, where the readings of the new version are marked with "+". And in this case, the time parameters of the reliable groups with close values differ from the corresponding estimates for the cycles 1–9. We also note that the estimates of the G1–G6 and G0 group area in the new version are less consistent than in the old one.

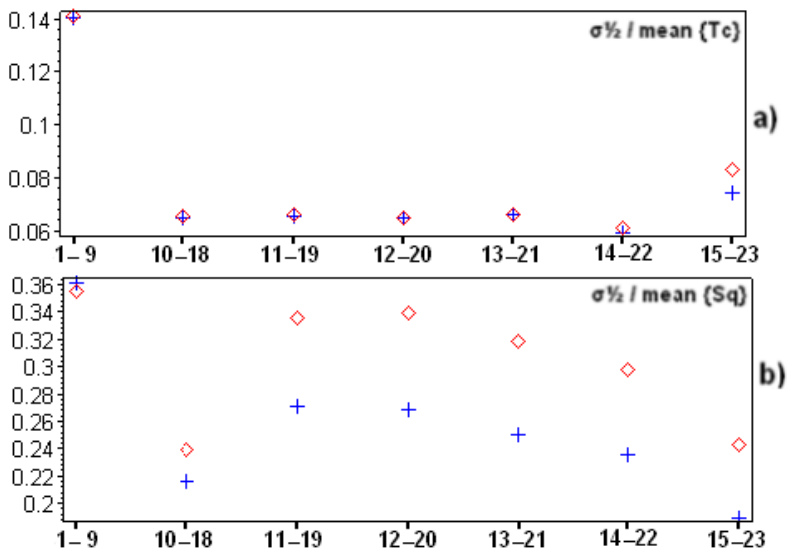


Fig. 1. Relative characteristics of Tc (a) and Sq (b) for cycle groups;
"+" readings of the new Wolf number version

This work is aimed at analysing groups and comparison of their properties for the Wrest and Wtool series, in both versions of the Wolf number series. It is important to evaluate not only the consistency degree for these series, but also the consistency of the Wrest series parameters. In the analysis, we used the classification of cycles by duration: “long” cycles with Tc > 133 months and “short” cycles (Tc < 133 months).

Characteristics of cycle groups for the Wrest and Wtool series

Let us rely on the characteristics of the G0÷G6 groups. We associate the total duration of the ΣT cycles and the area of the ΣSq cycles in the group with each group, let us set w = ΣSq/ΣT for the estimate of the “average” W value in the group. For the G0 group of restored cycles, these parameters are equal: ΣT_0 = 1209 months, ΣSq_0 = 56713.65/95482.44 (old/new version), w_0 ~ 46.91/78.98 (old/new version). The duration of each group in months is illustrated in Fig. 2a, the horizontal line is the average ΣT value for G1–G6 groups equal to 1159.0 months. The numbers in parentheses (5)–(2) indicate the number of “long” cycles in this group.

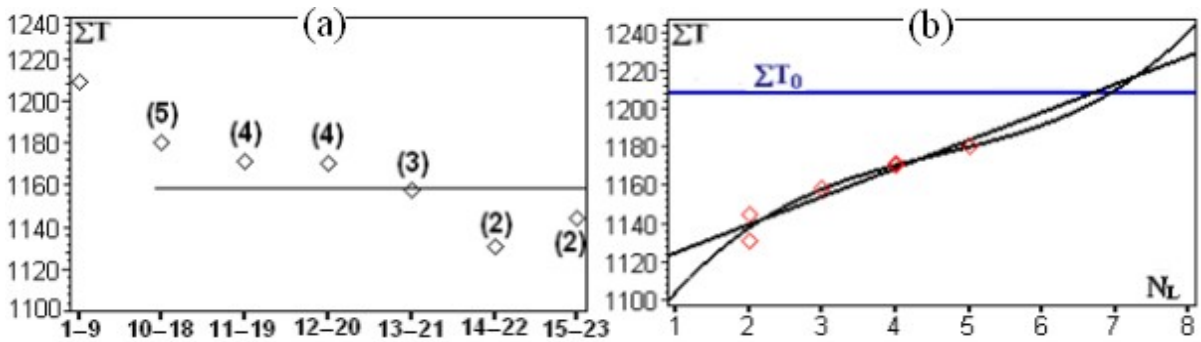


Fig. 2. Distribution of ΣT in cycle groups – (a);
dependence of ΣT on the number of “long” cycles N_L in the group – (b)

It can be seen that the ratio of “long” and “short” cycles in a group adequately reflects its length and can be used to classify groups of reliable cycles. The Figure 2b shows the dependence of ΣT on the number of “long” cycles N_L in the group, for groups G1–G6, and the value of ΣT_0. The linear and cubic approximating functions are superimposed on ΣT. Let us denote that the ΣT values for both versions of the Wolf series actually coincide. For ΣSq, the relationship with the number of “long” cycles N_L in the group is different for these versions, as shown by Fig. 3, where ΣSq_0 are marked. Quadratic approximating functions are superimposed on Σsq.

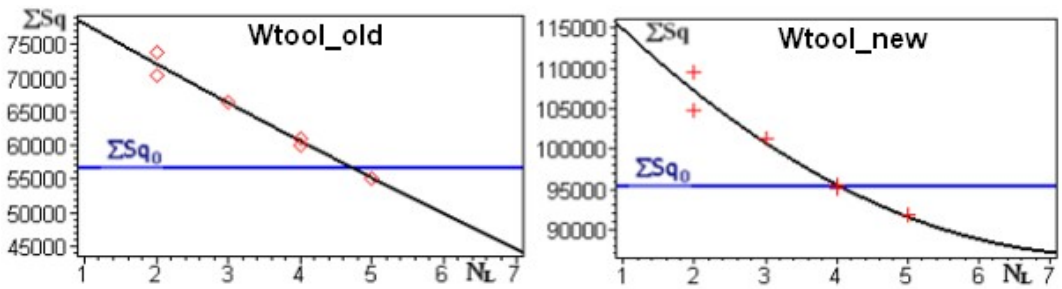


Fig. 3. Dependence of the total area of cycles in the group ΣSq on the number of “long” cycles N_L in the group

Assessment of the parameter consistency for the group of restored cycles G0

The group of restored cycles, including six “long” cycles, has the associated parameters ΣT_0, ΣSq_0, and N_L=6. Let us evaluate their consistency using the obtained dependences for the following three options.

V-1. We proceed from the tabular duration ΣT_0 of the 1÷9 cycles. According to the ΣT curves (Fig. 2b), this corresponds to N_L=7 (seven “long” and two “short” cycles). Using the curves ΣSq (Fig. 3) for N_L=7, we find the total area for this combination of nine cycles without detailing their sequence. For the old

version $\Sigma Sq(N_L=7)$ = 45850.26, for the new version, $\Sigma Sq(N_L=7)$=87191.60. These values are much less than ΣSq_0 – tabular total areas of the 1–9 cycles (according to the Table, more than by the average area of the cycle). In fact, we get an even lower level of solar activity at the Dalton minimum and its surroundings, which is very exotic.

V-2. Based on the ΣSq_0 = 56713.65 total area (old version), then, using the ΣSq curve, we find N_L= 5 (five "long" and four "short" cycles) and then (Fig. 2b) $\Sigma T(N_L=5)$ = 1180 months, which is 2.5 years shorter than the tabular duration of the 1–9 cycles. In the new version, ΣSq_0=95482.44, N_L=4 and $\Sigma T(N_L= 4)$ = 1169 months, which is 3.3 years shorter than the tabular duration.

V-3. Let us estimate the group parameters based on N_L= 6, i.e. general characteristics of its structure. For the old version, we get $\Sigma T(N_L= 6)$ =1194, $\Sigma Sq(N_L= 6)$ = 49807.86, w ~ 41.68. For the new version, $\Sigma T(N_L= 6)$ = 1194, $\Sigma Sq(N_L= 6)$=88771.25, w ~ 74.29. Again, we get an underestimated activity level ($w < w_0$ ~ 46.91/78.98) with the group duration reduced by 15 months.

Moreover, it was impossible to use the total length of growth branches in this approach because of its significant value in the group of restored cycles, which was noted above and corresponds to the Tm values in the Table.

Scenarios for the 1–9 cycle group G0

When projecting the "rules" obtained for the G1–G6 groups onto the G0 group, we see a mismatch between its duration and "energy". The estimates obtained indicate the need to change, first of all, the Wrest series structure, i.e. correlation of "long" and "short" cycles (correction of the duration of individual cycles is also possible). Increasing proportion of "short" cycles leads definitely to the growth of average activity level. Several options for such a correction are given below.

Let us set the average ΣT value, being equal to 1159.0 months (Fig. 2a), by the G1–G6 groups for a weighted estimate of the G0 group length, which is very close to the estimate after the period of the basic harmonic of 129*9 = 1161 months. We have a scenario of three "long" and six "short" cycles (N_L= 3) with $\Sigma Sq(N_L= 3)$ = 66975.50/100762.50 (old / new version) and w~ 57.8 / 86.9, which exceeds w_0. For close variants with N_L= 2 and N_L= 4 we have:

-- N_L= 2, $\Sigma T(N_L= 2)$ =1137.50, $\Sigma Sq(N_L= 2)$= 72519.52 / 107177.02, w ~ 63.8 / 94.2;

-- N_L= 4, $\Sigma T(N_L= 4)$=1170.50, $\Sigma Sq(N_L= 4)$ = 61209.02 / 95556.70, w ~ 52.3 / 81.6.

Let us note that the requirements for the G0 group correction are more stringent in the new version of Wolf numbers. An overview of the options considered in the coordinates (ΣT, ΣSq) for the old version of the G0 group is presented in Fig. 4 with clear separation of "weighted estimates" (N_L=2–4) and "agreed parameters" (V-1 – V-3) areas.

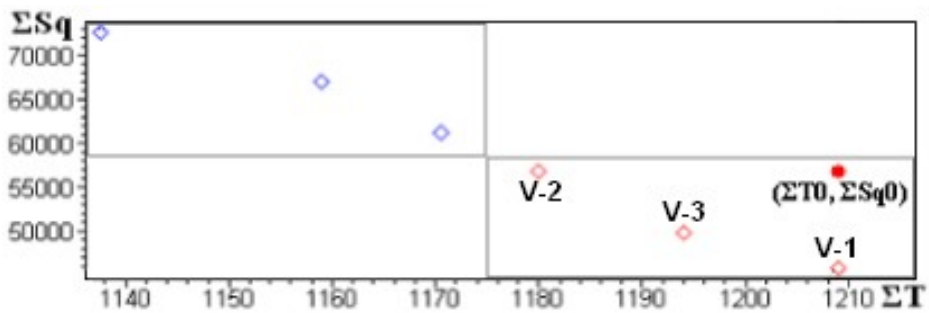


Fig. 4. Overview of scenarios for Group G0 (old version)

Conclusions

When comparing extended fragments, the local data residual plays a smaller role and more balanced estimates are obtained. Classification of cycles by duration allows us to describe the relationship between the parameters of reliable cycles and to show the inconsistency of these parameters for the 1–9 cycle group. A more realistic scenario for the Wrest series corresponds to a simultaneous reduction in the length of the series by 4–5 years and an increase in the "average" W by 1.25 times.

These conclusions are consistent with the result of paper [2], where Wolf numbers and temperature series of several European centres are compared. It was noted in the work that, around 1925 and later, a tendency toward synchronization of temperature characteristics is visible, which

reflects the growth and increased influence of solar activity. A similar synchronization of temperature characteristics was also noted before 1850, that is, the necessary “increase” in solar activity in this interval (by analogy with the period after 1925) was superimposed on the Dalton minimum.

In conclusion, we note that a number of authors express a critical attitude to the restored series in the works of the Solar-Terrestrial Communications, Weather and Climate Symposium (1978) [4]. An attempt to balance the temporal characteristics of the W series cycles due to the “lost” cycle was undertaken in [5]. We also note the paper [6], analysing the series fractal properties for the annual ring width of eleven sequoias. The authors identified time intervals coinciding with the Speper and Maunder minima, without the Dalton minimum manifestation.

References:

1. David H. Hathaway (2015) The Solar Cycle / https://arxiv.org/pdf/1502.07020.pdf
2. Шибаев, И. Г. (2010) Оценка восстановленной части ряда ежемесячных чисел Вольфа (1700–849 гг.) по характеристикам его достоверной части (1849—2009) и температурным рядам/Труды Всер. Конф.«ССЗФ-2010», СПб, ГАО РАН, 2010, 455–458.
3. Шибаев, А. И. (2017) Сопоставление характерных параметров солнечных циклов новой и старой версий рядов чисел Вольфа и динамика длиннопериодных компонент рядов/Труды XIV конференции молодых ученых. Москва, ИКИ, 2017. 143–148.
4. (1979) Solar-Terrestrial Influences on Weather and Climate // Proc. of a Symposium, The Ohio State University, Columbus, Ohio, 24–28 August 1978 // Dordrecht, Holland, 1979.
5. Usoskin, I. G., Mursula K., Kovaltsov G. A. (2003) The lost sunspot cycle: Reanalysis of sunspot statistics // A&A. 2003. V. 403. P. 743.
6. Отсука, К., Корнелиссен Г., Халберг Ф. (2009) Хроном климатических измерений ширины древесных колец // Геофизические процессы и биосфера. 2009. Т. 8, № 1. С. 63–72.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

ВРЕМЕВИ ВАРИАЦИИ НА ПОТОКА ГАЛАКТИЧНИ КОСМИЧНИ ЛЪЧИ, ИЗМЕРЕН ОТ ПРИБОРА ЛЮЛИН – МО НА НАУЧНА ОРБИТА ОКОЛО МАРС

Красимир Кръстев[1], Йорданка Семкова[1], Росица Колева[1], Виктор Бенгин[2], Сергей Дробишев[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Институт медико-биологических проблем – Российской академии наук
e-mail: krastev.kras@yandex.ru

Ключови думи: *Поток на галактични космични лъчи ГКЛ, албедо*

Резюме: *В настоящата работа са представени данните получени от прибора LIULIN - MO за времето за което той се намира на научна орбита около Марс. Сравнително дългият интервал от време през който прибора получава данни, позволява да се проследи зависимостта между интензитета на галактичните космични лъчи и слънчевата активност – основен фактор за изменението на този интензитет.*

TEMPORAL VARIATIONS OF THE MEASURED FLUXES OF GALACTIC COSMIC RAYS IN MARS ORBIT BY LIULIN-MO INSTRUMENT

Krasimir Krastev[1], Jordanka Semkova[1], Rositca Koleva[1], Viktor Benghin[2], Sergej Drobishev[2]

[1]Space Research and Technology Institute – BAS, Sofia, Bulgaria
[2]Institute of Biomedical Problems – RAS, Moscow, Russia
e-mail: krastev.kras@yandex.ru

Keywords: *Galactic cosmic ray flux, albedo*

Abstract: *This paper presents data obtained by the LIULIN - MO instrument when it is in scientific orbit around Mars. The relatively long time interval during which the instrument works allows one to trace the relationship between the intensity of galactic cosmic rays and solar activity - a major factor of the change of this intensity.*

Въведение

Приборите от серията LIULIN са предназначени за измерване на космическата радиация и радиационния риск при космонавтите. Приборът FREND [1] в който се включва LIULIN-MO [2] е част от ExoMars Trace Gas Orbiter – научен комплекс за изследване на марсианската атмосфера. TGO беше изведен на марсианска орбита на 19.10.2016. През април 2018, TGO бе въведен на научна орбита – приблизително кръгова, на 400 km височина, с период два часа. При анализа и съпоставката на получените данни трябва да се има предвид, че те в немалка степен се различават от тези в свободното пространство. Измереният поток галактични космични лъчи ГКЛ, от една страна се различава от истинския главно заради екраниращото действие на Марс, а от друга заради отразения и разсеян поток от повърхността и атмосферата на планетата, така нареченото албедо.

Зависимост между измерените и реалните стойности на потоците галактични космични лъчи

Основната идея, която се използва при извода на аналитичната зависимост между измерен и реален поток е представена на фиг. 1. Считайки размерите на детектора пренебрежими спрямо Марс, за коефициента на засенчване K_{sh} се получават следните изрази:

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

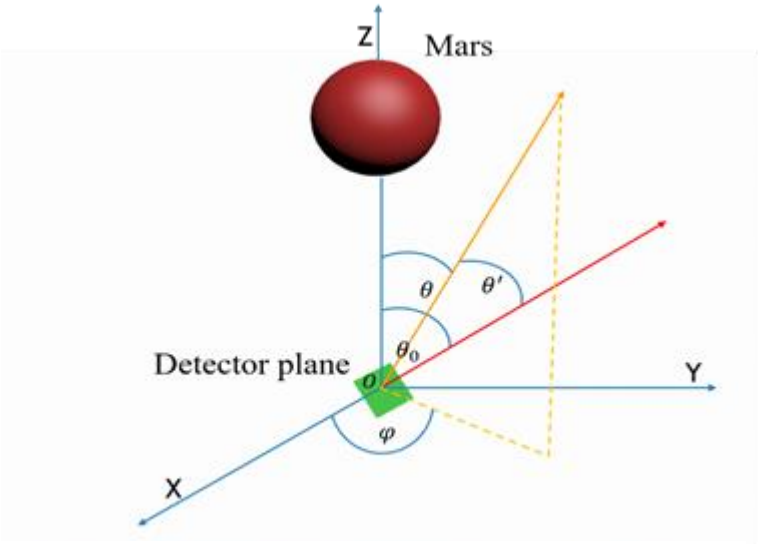
където θ' е ъгълът между равнината на детектора и диференциалния поток,

$\sin\theta_1 = \frac{\text{радиуса на Марс}}{\text{разстоянието до Марс}}$, θ_0 е ъгълът между равнината на детектора и надира.

Нека в i - я момент от време е измерена стойността f(i) за потока ГКЛ. Връзката между измерения поток $f(i)$ и този в междупланетното пространство F(i) се дава от израза:

(2) $f(i) = F(i)\big(1 - K_{sh}(i)\big) + \Phi(i)K_{sh}(i)$

тук $\Phi(i)$ е сумарният поток отразен от повърхността и атмосферата на Марс.



Фиг. 1. Геометрия на системата LIULIN-MO - Марс

Ако запишем последното уравнение за два последователни момента от време, ще получим системата уравнения:

(3) $f(i) = F(i)\big(1 - K_{sh}(i)\big) + \Phi(i)K_{sh}(i)$

(4) $f(i+1) = F(i+1)\big(1 - K_{sh}(i+1)\big) + \Phi(i+1)K_{sh}(i+1)$

(5) $\Phi(i+1)F(i) = F(i+1)\Phi(i)$

Последното от уравненията се получава от предположението, че отразеният поток (албедото) е пропорционален на потока ГКЛ. Тук неизвестните величини са четири: $F(i)$, F(i+1), $\Phi(i)$, $\Phi(i+1)$. Приемайки някое от неизвестните за параметър например F(i), може да изразим останалите неизвестни чрез него. Максималното значение, което може да приема F(i) се определя от това, че стойността на албедото трябва да е положителна стойност. От предишните съображения за F(i) -- максимална получаваме:

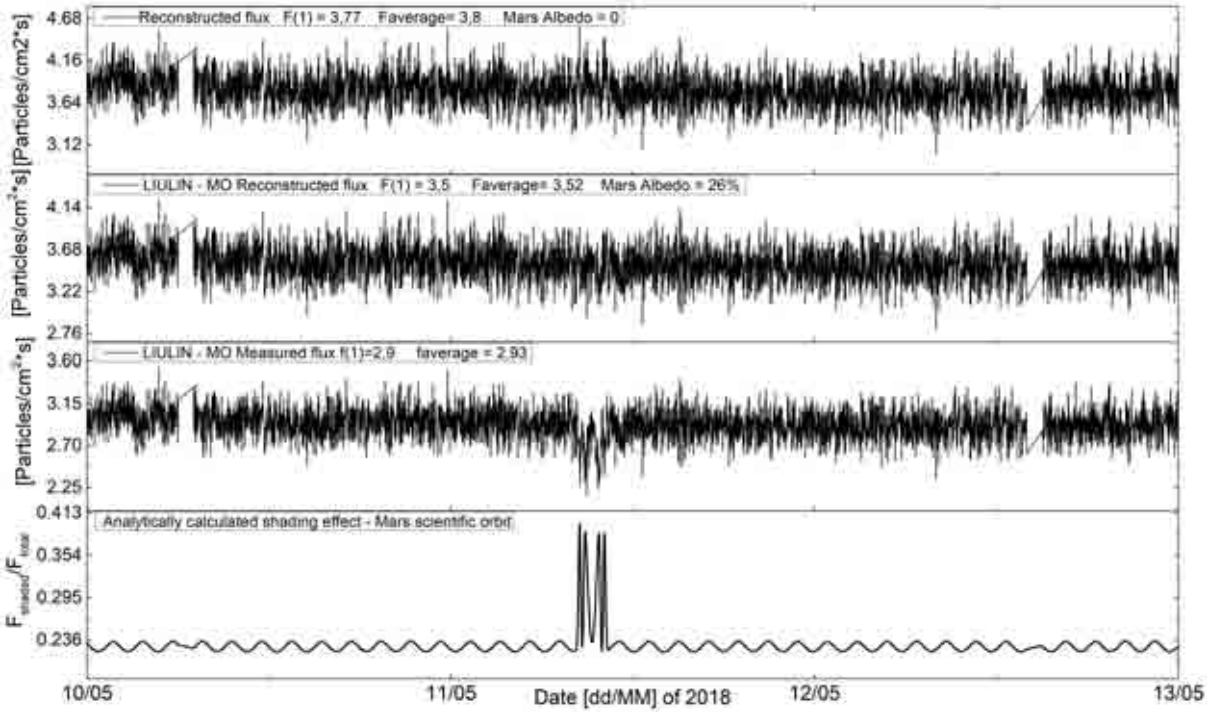
(6) F(i) - максимална = $\frac{f(i)}{1-K_{sh}(i)}$

На фиг. 2 са показани измереният и реконструирани потоци ГКЛ за две различни стойности на F(1). Когато F(1) е 3,5 частици/ $см^2$с, за средната стойност на потока ГКЛ в свободното пространство се получава 3,5 частици/ $см^2$с. Съответната стойност за албедото е 26%. Максималната средна стойност, която може да приеме потокът ГКЛ в свободното пространство е 3,8 частици/ $см^2$с и съответно нулево албедо. Най-целесъобразната стойност за F(1) може да се избере на база статистически изчисления. Ако имаме измерванията на друга физична величина, която е в зависимост с реконструирания поток, то F(1) ще приеме тази стойност, която дава най-добра корелация между реконструирания поток и физичната величина.

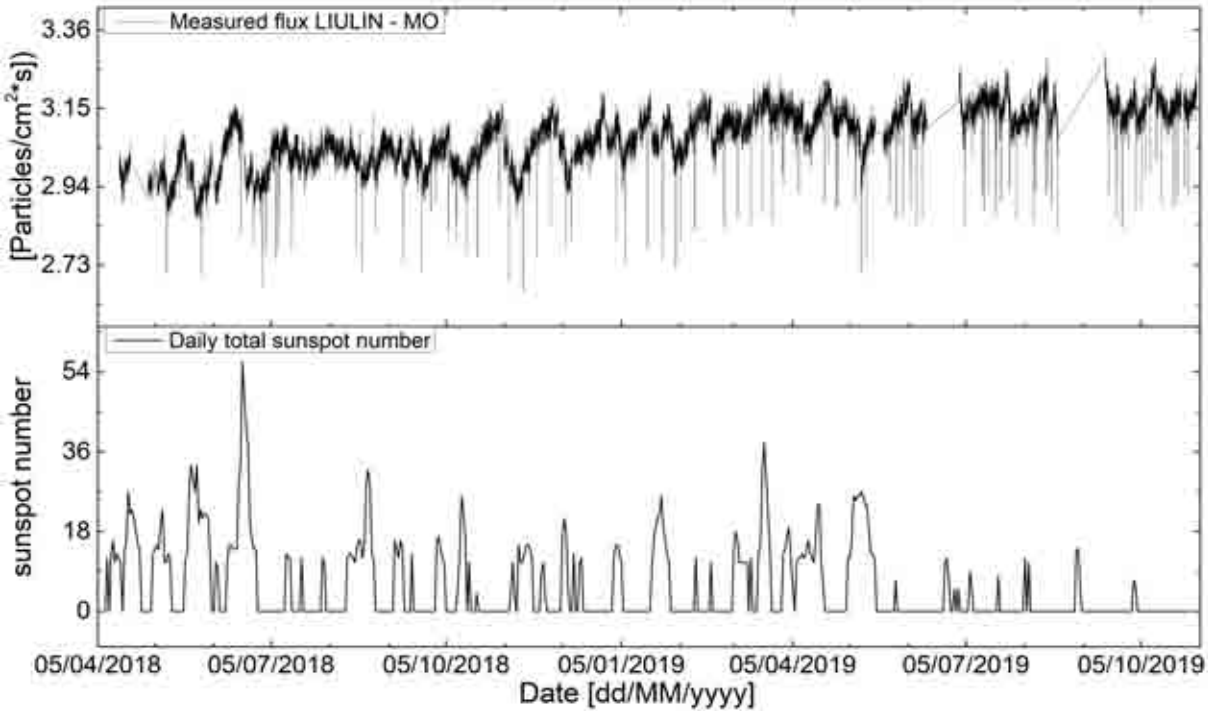
Наблюдение и сравнение на редове от експериментални данни

На фиг. 3 е показана зависимостта на потока ГКЛ измерен от LIULIN–MO на научна орбита от броя слънчеви петна. Отчетливо се вижда обратната корелация между увеличението на потока и спада на броя слънчеви петна. Зависимостта и характера на кратковременните вариации на потока ГКЛ от слънчевата активност е подробно разгледана в [3].

Заключение



Фиг. 2. Реконструирани потоци ГКЛ на база направени измервания от LIULIN-MO



Фиг. 3. Времевото изменение на потока ГКЛ в зависимост от броя слънчеви петна

Данните за потока ГКЛ получени от LIULIN–MO, който се намира на научна орбита около Марс се различават от тези за свободното пространство. Въпреки това направените разглеждания показват, че като цяло характера на времевия ред се запазва. Предложената методика позволява да се направи оценка за средната стойност на потока.

Литература:

1. Mitrofanov, I., Malakhov, A., Bakhtin, B., Golovin, D., Kozyrev, A., & Litvak, M. (2018, August). Fine Resolution Epithermal Neutron Detector (FREND) Onboard the ExoMars Trace Gas Orbiter. Space Science Reviews, 214(86). doi:org/10.1007/s11214-018-0522-5
2. Semkova, J., Koleva, R., Benghin, V., Dachev, T., Matviichuk, Y., Tomov, B., & Krastev, K. (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, 303*, 53–66. doi:org/10.1016/j.icarus.2017.12.034
3. Алания М. В., Л. Х. Шаталашвили. (1974). Квазипериодические вариации космических лучей.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

FORECAST SCHEME OF THE LOCAL UV-INDEX OVER BULGARIA – FIRST TEST RESULTS

Rolf Werner[1], Boyan Petkov[2], Dimitar Valev[1], Veneta Guineva[1], Atanas Atanassov[1], Dimitar Danov[1], Andey Kirillov[3]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria
[2]Institute of Atmospheric Sciences and Climate – Council of National Researches, Italy
[3]Polar Geophysical Institute – Russian Academy of Sciences - Apatity, Russia
e-mail: rwerner@space.bas.bg

Keywords: *Solar irradiance, total ozone, UV-index*

Abstract: *The UV-index (UVI) is a measure of the erythemally effective solar radiation reaching the Earth surface. It was introduced to alert people about the need of sun protection and to help for elaborating recommendations about safety exposure to solar UV radiation. Therefore, the UVI has to be determined with adequate accuracy and its forecast appears to be an essential task. To minimize the risk of too high sunburn levels, the UVI previsions are usually made for clear sky conditions (cloud and aerosol free atmosphere). In such conditions, the solar UV irradiance over a given geographical location depends mainly on the total ozone column (TOC) and thus, the UVI forecast implicates the knowledge of the TOC. Schemes of one-day UVI forecast for Stara Zagora and Bulgaria are presented and discussed in the present report. A detailed analysis has been supported by results of the first tests performed from 19th Sep. to 19th Oct. 2019.*

СХЕМА ЗА ПРОГНОЗА НА ЛОКАЛНИЯ УВ-ИНДЕКС НАД БЪЛГАРИЯ – ПЪРВИ РЕЗУЛТАТИ ОТ ТЕСТОВЕТЕ

Ролф Вернер[1], Боян Петков[2], Димитър Вълев[1], Венета Гинева[1], Атанас Атанасов[1], Димитър Данов[1], Андрей Кирилов[3]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска Академия на науките, България
[2]Институт за атмосферни науки и климат, Съвет за Национални Изследвания, Болоня, Италия
[3]Полярен геофизически институт, Руска академия на науките, Апатити, Русия
e-mail: rwerner@space.bas.bg

Ключови думи: *Слънчева радиация, Общо съдържание на озон, УВ-индекс*

Резюме: *УВ-индексът (УВИ) представлява мярка за еритемално ефективната слънчева радиация, достигаща земната повърхност. Той беше въведен, за да предупреждава хората за необходимостта от защита от слънчевото лъчение и за да помогне за разработване на препоръки за сигурност при експозиция на слънчева УВ радиация. Затова УВИ трябва да се определя с адекватна точност и прогнозирането му представлява много важна задача. За минимизация на риска от силно слънчево изгаряне, прогнозата на УВИ обикновено се прави за условия на ясно време (безоблачна и свободна от аерозоли атмосфера). В такива условия слънчевото УВ лъчение над дадено географско място зависи главно от общото съдържание на озон (ОСО) и така предсказването на УВИ включва сведения за ОСО. В доклада са представени и дискутирани схеми за еднодневна прогноза на УВИ за Стара Загора и за България. Детайлният анализ е съпроводен* от *резултатите от първите тестове, проведени от 19ти Септември до 19 Октомври 2019 г.*

Introduction

The ultraviolet (UV) irradiance reaching the Earth surface has an impact on the human's health. The UV-B irradiance stimulates the production of vitamin D, important for good being. However the overexposure to solar ultraviolet evokes erythema and over long time it represents a risk of DNA

damage and of skin cancer [1]. Sun related eye diseases and in acute cases snow blindness are well established. To alert people about the need of sun protection, the UV-index (UVI) was introduced as a measure of the erythemally effective solar radiation reaching the Earth surface. At a given moment *t* it is defined as scaled integral over the wavelength given in nm of the solar irradiance at the Earth surface $F_t(\lambda)$ measured in mW/(m^{2}nm) weighted by the erythema action spectrum $A_e(\lambda)$, where the value of 1/25 mW/m^2 is used as scaling factor [2]. By the scaling the UVI is a dimensionless quantity and it is in the range up to 10 at midlatitudes at noon under cloudless conditions when the risk of harmful sunburn is the highest. The UVI can be determined by highly precise spectrometric measurements, by multichannel filter instruments and by UV photometers of the solar irradiance [3, 4], which are ground based or represent part of satellite instrumentation.

In many countries, UV monitoring networks were established. In Canada there are 13 spectral UV stations. In Austria the network involves 12 stations at different locations, equipped with broadband UVB radiometers [5]. In Europe currently 160 stations in 25 countries deliver online values to the public *via* Internet [6]. In Bulgaria a comparable net of automatic working stations does not exist.

To minimize the risk of too high levels of sunburn the UV-index is determined usually for clear sky conditions (cloudless and aerosol free) at solar noon, when the risk of harmful sunburn is the highest. Under clear weather conditions the UVI depends strongly on the total ozone column (TOC). The UVI varies with the surface albedo and with the sun elevation change.

1. Data used for forecasting the ozone and UVI

1.1. Stara Zagora Observatory ground based station

The total ozone columns over the Stara Zagora Observatory are retrieved from UV irradiance measurements by a GUV 2511 instrument. To determine the TOC and the UVI lookup tables [7, 8] were calculated by help of the radiation transfer model TUV of Madronich [9]. Some instrument parameters were chosen to adjust the TOC to the TOC OMI level 3 data. The data processing procedure is described in detail in Werner et al. [7, 8]. In comparison with the OMI TOC the Stara Zagora TOC over the whole measurement time interval of almost 5 years is biased by about -1 DU and the root mean squared difference is 7.5 DU.

1.2. GOME-2 instrument satellite data

The Gome-2 instrument on Meteorological Operational satellites (MEOTOP) A and B is a scanning spectrometer with a scanning width of 1920 km and a pixel field of view on the ground of 80x40 km^2. Different websites make data and maps available. Level 3 data of the GOME-2 MEOTOP-B are gridded at longitudes by 1.25° and at latitudes by 1.0° and can be found at https://www.ospo.noaa.gov/Products/atmosphere/gome/gome_to3_dat_B.html. To provide the near-real time forecast the observed by GOME-2 ozone data are input in a data assimilation program considering chemical ozone production and loss and dynamical processes as well [10]. The GOME-2 forecast total ozone column and the calculated UVI field data are available as HDF-files with a resolution of 1.5° by 1° for ozone and 0.25° by 0.25° for the UVI. The METOP-B satellite orbits are sun-synchronous and the satellite overpasses Stara Zagora about one and a half hour before solar noon. Ozone overpass data are placed on the same website. UVI and all GOME forecast data for six days in advance are published on the Temis website http://www.temis.nl/protocols/O3global.html for selected locations and for the UVI map on http://www.temis.nl/uvradiation/world_uvi.html.

1.3. OMI instrument satellite data

The OMI instrument on board the AURA satellite is a scanning spectrometer, the same as GOME-2 instrument. The swath width is 2600 km with a pixel area on the ground of 12 by 24 km^2 [11]. Level 3 data of ozone measurements are published at https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/data/omi as ASCII data. The data grid is 1° by 1°. The AURA satellite orbits are also sun-synchronous, and the satellite overflies Stara Zagora about one and a half hour after solar noon.

1.4. Topographical data for downscaling

For downscaling to higher resolution elevation corrections are used. The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) provided global elevation data with 1 and 3 arcsec resolution. Here we have used the 3 arcsec data set to retrieve the elevation map for the geographic region where Bulgaria is located. (The map data were downloaded from the website https://gdex.cr.usgs.gov/gdex/ (now a similar site can be found at http://dwtkns.com/srtm30m/). The elevation map for the Bulgarian Area (8° x 4°) with 3 arcsec resolution originally consists of 8400 by 4800 grid cells.

2. Forecasting Method

2.1. Forecast for the Stara Zagora location

To forecast TOC statistical methods can be used. However, in statistical models which have been developed, for each location a lot of every day additional inputs of meteorological and chemical character like the used ones in the GOME assimilation program are necessary. With the main goal of UVI forecast usually an easier way to do this is preferred, where persistence of the ozone column is assumed for the next day, which guarantees a quality that is convenient with the requirements of UV Index forecast procedures [12]. From the GUV UV radiation measurements TOC and UVI, determined for the actual day by calculated lookup tables are used as forecast for the next day. To validate the ground based TOC and UVI the results were compared with satellite OMI and GOME-2 METOP-B measurements and GOME-2 forecast data. For this purpose TOC over Stara Zagora (25.633 °E, 42.217 °N) was retrieved from the OMI and GOME-2 METOP-B maps by interpolation of the gridded values for the Stara Zagora location. GOME-2 forecast at a location data were used, where the values of the four nearest to Stara Zagora grid point values were downloaded and bilinearly interpolated. The elevation differences of the four grid points of about 250 m are small and an elevation correction (see the next section) was not taken into account. The UVI-LT using the lookup tables were determined for the solar noon and were compared with the UVI-E calculated from the satellite TOC observations based on an empirical model [13].

2.2. Forecast for the Bulgarian region

Because the absence of a Bulgarian ground based monitoring net for forecasting of TOC and UVI the satellite Gome-2 forecast gridded data are used. Bulgaria is extended over the geographic region between about 22 °N and 29 °N longitude and from 41 °E to 45 °E latitude, an area of 8° by 4°. Thus the GOME-2 “forecast ozone at a specific location” and the UVI field data over Bulgaria are determined by a matrix of 33 by 17 ozone values with a resolution of 0.25°. The ozone field has not strong gradients over small geographic regions, which allows to minimize the time expense to retrieve the forecasted values. A rougher grid with steps of 1° is used, with the lower left grid cell centre at 21.125 °E, 41.125 °N and the higher right grid cell centre at 29.125 °E, 45.125 °N (a matrix of 9 x 5 values). The data were further reduced using a grid step of 2° x 2° (a matrix of only 5 x 3 values). The downloaded TOC and UVI 9 by 5 (respectively 5 by 3) values, characterizing the TOC and UVI distribution over the Bulgarian area were downscaled taking into account the topography. The UVI distribution can be extracted directly from the HDF file as well.

In the first step the retrieved forecasted TCO values were recalculated to sea level height by:

(1) $$TOC(h=0)^{low} = TOC(h^{low})/(1 - c_{elev}^{ozone} * h^{low}/1000m)$$, with h^{low} in meters

where the value of c_{elev} = 0.01 per km results from the assumption that the tropospheric ozone content is about 10% of the TOC and the mean tropopause is at about 10 km height [14]. Schmalwieser [12] based on UV measurements at the Austrian Sonnenblick high mountain station in comparison with EP TOM satellite observations found an altitude dependce of 1.13% per 1000 m. In eq. (1) h^{low} is the mean elevation over the grid cells of 0.25° x 0.25°.

In a similar way the retrieved forcasted UVI values are recalculated to sea level.

(2) $$UVI(h=0)^{low} = UVI(h^{low})/(1 + c_{elev}^{uvi} * h^{low}/1000m)$$, with h^{low} in meters

In the second step the TOC and UVI values for sea level heights are interpolated to a new topographic grid with the higher resolution of about 1km. TOC values are recalculated by:

(3) $$TOC(h^{high}) = TOC(h=0)^{high} * (1 - c_{elev}^{ozone} * h^{high}/1000m)$$, with h^{high} in meters

from the sea level heighs to the mean elevations h^{high} given in the Bulgaria elevation map. The UVI values were recalculated by:

(4) $$UVI(h^{high}) = UVI(h=0)^{high} * (1 + c_{elev}^{uvi} * h^{high}/1000m) * c_{alb}$$, with h^{high} in meters

where c_{alb} is an albedo correction factor. Using the TUV model we found out that the UVI elevation correction $c_{elev.}$ depends only weakly from the sun elevation and from the sea level TOC. We obtained an UVI increase with increasing elevation of 0.06 per km in very good agreement to the value of 6% to 8% per km given by Vanicek et al. [15] and Dahlback et al. [16]. Other authors have reported higher altitude corrections, e.g. Diffey has established 16% per km [17]. (For more details see Schmalwieser,

and the citations herein [18].) The albedo correction has to be introduced because it is substantially higher in winter, when the surface or parts of it is snow covered. For the albedo correction we use the UVI ratio

$$c_{alb} = \frac{UVI(albedo)}{UVI(reference\ \ albedo)} \quad . \tag{5}$$

The effective albedo of soils and vegetation is about 0.03, which is used here as reference albedo. Feister and Grewe found an albedo for surface fully covered by polluted snow of 0.62 to 0.76 [19]. McKenzie et al. established an enhancement in the UVA region of 22 % and in the UVB of 28 % by snow corresponding to an albedo of 0.62 ± 0.08 [20]. It has been established a stronger UV irradiance enhancement for fresh snow and a decrease later when the snow pollution increases and the snow is more packed. By means of the Madronich model we have found an albedo correction of 1.25 for a mean snow albedo of 0.6. An albedo correction of 1.06 was determined for beach sands with an albedo of 0.14 [19].

The elevations h^{high} in equations (3 and 4) are taken from the SRTM elevation map, where the original data were box care smoothed by 11 x 11 points and the grid number in the Bulgaria map was reduced from 8400 by 4800 to 763 by 436 pixels corresponding to a horizontal resolution of approximately 1 km. The obtained elevation map for the Bulgaria region is shown in Fig. 1.

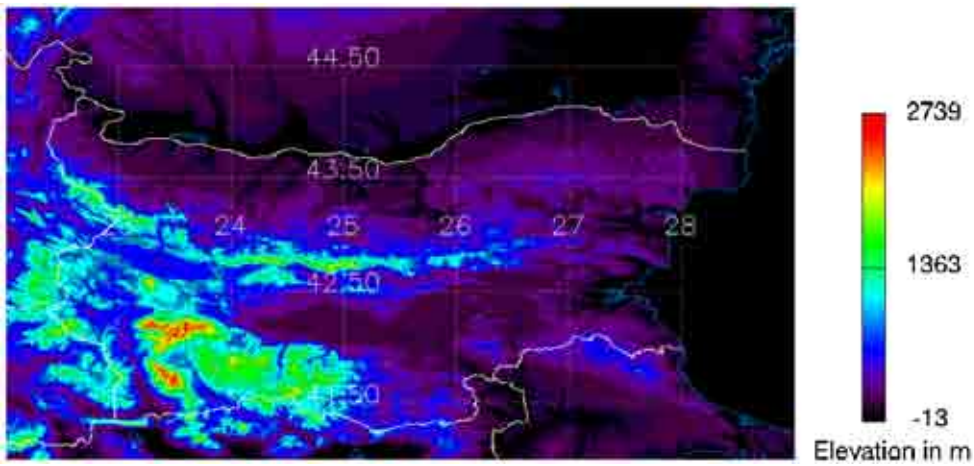


Fig. 1. Elevation map for Bulgaria (in an area of 22°E - 29°E and 41°N - 45°N). The elevations are the means over the grid cells of 0.00917° x 0.00917°. The land frontiers are shown as white lines, the coasts as light blue lines.

3. Results

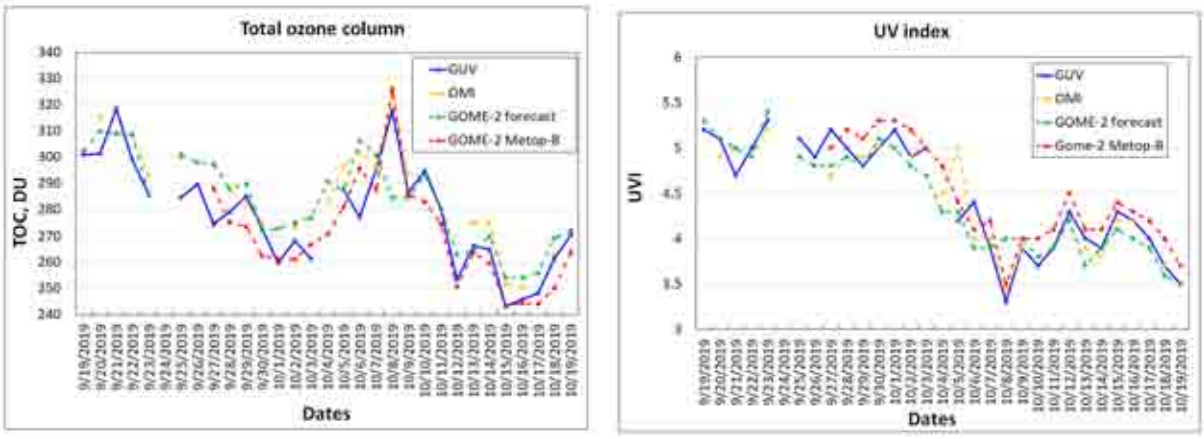
3.1. UVI calculation

The UVI are calculated from the obtained ozone values for zenith angle at solar noon 12.17 LT at Stara Zagora. The moment of solar noon at Stara Zagora changes only by ± 2 minutes over the year. The found out UVI at solar noon and for optical depths of zero during the test interval from 19th Sep. to 19th Oct. 2019 are higher than the GOME-2 forecast values by approximately 1 to 1.5 UVI units. In the empirical model [13] the cosine of the zenith angle was corrected and an aerosol optical depth of 0.58 is used to compensate atmosphere scattering effects to calculate the UV irradiance for clear days. The UVI of the Stara Zagora TOC series was calculated by both methods – first the UVI-LT using the lookup tables and the UVI-E using the empirical model. If in the UVI-LT calculations for clear sky conditions an optical depth of 3.5 is adopted then the mean bias (MB) is negligibly small and the root mean squared difference (RMSD) between the UVI-LT and the UVI-E is only 0.08 and the linear correlation coefficient is 0.9996. The maximal deviation of the UVI calculated by both methods is about ± 0.2, a small value compared to the daily forecast UVI errors from 0.1 up to 0.55 given for GOME-2 Sofia overpass UVI data.

3.2. TOC and UVI forecast for Stara Zagora

The results of the Stara Zagora GUV TOC in comparison with the satellite TOC data during the test period are shown in Fig. 2a and for the UVI in Fig 2b. The GUV ozone and UVI follow very well the course of the TOC and UVI observed by satellites. It is interesting that on 08.10.2019 the TOC by ground based and satellite measurements are higher and the UVI are lower, respectively, than the

found by GOME-2 forecast data. The RMSD between the ozone forecast and the actual ozone values is about 23 DU and the corresponding UVI RMSD is about 0.4 for the whole time period (2015–2019) including summer periods for which the UVI for Stara Zagora is up to 10.



a) **b)**

Fig. 2. Obtained by ground based and satellite instruments TOC and UVI for Stara Zagora for the test period (19.09.2019 – 19.10.2019)

3.3. TOC and UVI Forecast for the Bulgaria region

In this paper it is possible to present only one forecast example. The results based on “forecast data at specific location” (using 9 by 5 grid values) for 29.09.2019 are shown in Fig. 3. At the left hand side the maps show the recalculated to sea level and interpolated TOC and UVI. The downscaled, elevation corrected TOC and UVI are pictured on the right side. It is clearly seen the decrease of the ozone in mountain regions and vice versa - the increase of the UVI, both not evident on the sea level maps. In the mountains, on 29.09.2019 the UVI is about 1 UVI unit higher than in the surrounding area. In the summer, when the UVI is about 8 in plane regions, in the mountains an 1.5 unit higher UVI is to be expected, which is essential for sun burn protection.

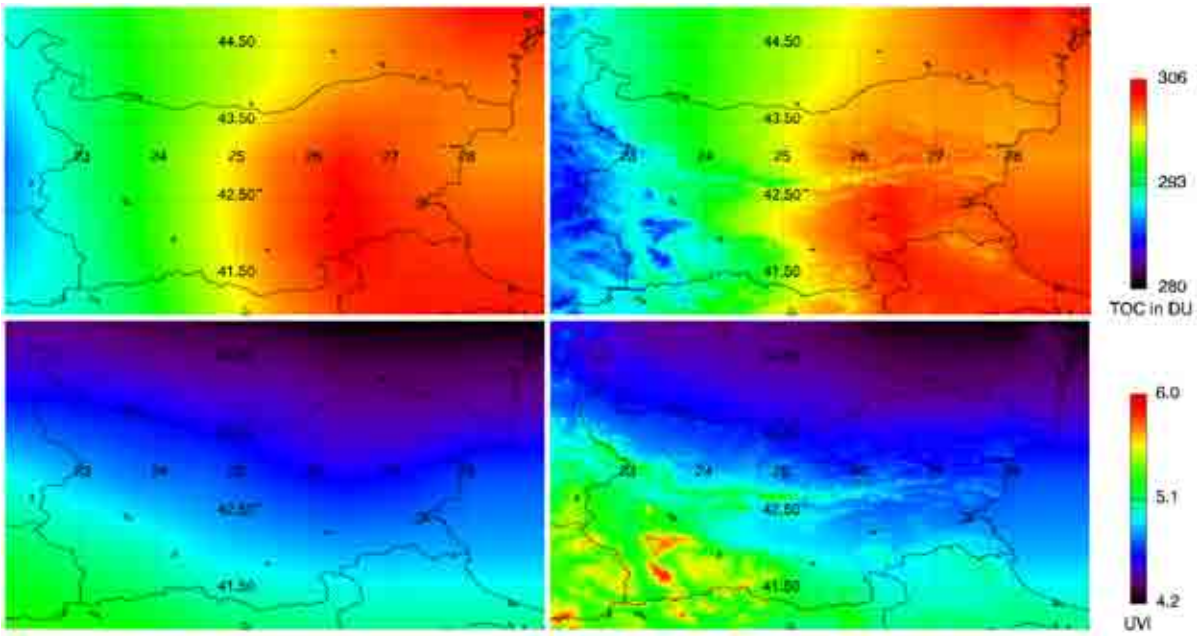


Fig. 3. The top row shows the interpolated on the topographic grid ozone distribution for the Bulgaria region. The bottom row shows the same for UVI. The recalculated quantities for sea level are presented at the left side. At the right side are shown the elevation corrected ozone and UVI distributions.

The UVI forecast map for one day in advance can be downloaded as HDF file in the morning of the actual day from the Temis website with a resolution of 0.25° by 0.25° (see paragraph 1.2.). The

part of the Bulgaria area can be extracted. The map of the scaled to sea level UVI (not shown here) displays the same local structure and is very close to the one shown in the bottom left panel of Fig. 3 and the resulting downscaled UVI is almost the same as the downscaled map obtained using the matrix of 9 by 5 UVI elements. The use of the HDF files is simple and the downscaled procedure is very fast.

Summary

A forecast scheme for the TOC and the UVI was worked out based on downscaling of satellite data to a grid with higher resolution. It is foreseen to correct the ozone and UVI values for surface elevations and albedos for snow, soil and vegetation and beach sand by parametrization. The correction factors were determined using the radiation transfer model TUV of Madronich. The analysis of the results obtained during the test period shows that TOC and UVI forecasts were done with sufficient accuracy.

Acknowledgements

The authors would like to thank to the organizations and teams processed and published the GOME-2 and OMI ozone data and UVI.

References:

1. Blumthaler, M. (2018). UV Monitoring for Public Health. Int. J. Environ. Res. Public Health, 15, 1723.
2. WHO (2002). Global Solar UV Index, A practical guide. Fact Sheet 271, http://www.who.int/mediacentre/factsheet/who271/en/index.htm
3. Dahlback, A. (1996). Measurements of biological effective UV doses, total ozone abundances, and cloud effects with multicahnnel, moderate bandwidth filter, Appl. Opt., 30, 33, 6514–6521.
4. Fioletov, V. E., J. B. Kerr, L. J. B. McArthur, D. I. Wardle, T. W. Mathews (2003). Estimating UV Index Climatology over Canada, Journ. Appl. Meteorol., 42, 417–433.
5. Schmalwieser, A. W., G. Schauberger (2001). A monitoring network for erythemally-effective solar ultraviolet radiation in Austria: determination of the measuring sites and visualisation of the spatial distribution. Theor. Appl. Climatol. 69, 221–229.
6. Schmalwieser, A., J. Gröbner, M. Blumthaler, B. Klotz, H. de Backer, D. Bolsee, R. Werner, B. Petkov, et al. (2017). UV Index monitoring in Europe. Photochemical & Photobiological Science, 16**,** 1349–1370.
7. Madronich, S. (1993). UV radiation in the natural and perturbed atmosphere, in Environmental Effects of UV (Ultraviolet) Radiation, M. Tevini, ed. (Lewis, Boca Raton, 1993), pp. 17– 69.
8. Werner, R.**,** B. Petkov, D. Valev, A. Atanassov, V. Guineva, A. Kirillov (2017). Ozone Determination by GUV 2511 Ultraviolet Irradiation at Stara Zagora. Sun and Geosphere, 12, 2, 133–138.
9. Werner, R., D. Valev, V. Guineva, A. Kirillov, B. Petkov (2018). Determination of the UV-index using measurements performed by the GUV 2511 instrument at Stara Zagora, Proceedings of the Fourteenth International Scientific Conference Space, Ecology Safety 7-9 November 2018, Sofia, Bulgaria,101–105.
10. Eskes, H. J., P. F. J. van Velthoven, P. J. M. Valks, H. M Kelder (2002). Global ozone forecasting based on ERS-2 GOME observations. Atmos. Chem. Phys. 2: 271–278.
11. Levelt, P. F., G. H. J van den Oord, M. R. Dobber, A. Mälkki, H. Visser,J. de Vries, J., P. Stamnes, J. Lundell, H. Saari (2006). IEEE Trans. Geo. Rem. Sens, 44, 5, 1093
12. Schmalwieser, A. W., G. Schauberger, P. Weihs, R. Stubi, M. Janouch, G.J.R. Coetzee, S. Simic (2003). Preprocessing of total ozone content as an inputparameter to UV Index forecast calculations. Journ, Geophys. Res., 108, D6, 4176
13. Allaart, M., M. Van Weele, P. Fortuin, H. Kelder (2004). An empirical model to predict the UV-index based on solar zenith angles and total ozone, Meteorol. Appl., 11, 59–65.
14. Krzyscin, J. W. (2000). Impact of the ozone profile on the surface UV radiation:Analysis of the Umkehr and UV measurements at Belsk (52°N, 21°E), Poland, J. Geophys. Res., 105, 5009–5015.
15. Vanicek, K., T. Frei, Z. Litynska, A. Schmalwieser (1999). UV-Index for Public, A guide for publication and interpretationof solar UV Index forecasts for the public, prepared by the Worging Group 4 of the COST-713 Action “UVB Forecasting”, Brüssel.
16. Dahlback, A., N. Gelsor, J.J. Stamnes, Y. Gjessing (2007) UV measurements in the 3000–5000 m altitude region in Tibet. J. Geophys. Res., 112, D09.
17. Diffey, B. L. (1977). The calculation of the spectral distribution of natural ultraviolet radiation under clear day conditions, Phys. Med. Biol. 22, 309–316.
18. Schmalwieser, A. W., G. Schauberger (2000). Validation of the Austrian forecast model for solar, biologically effective UV radiation-UV index for Vienna, J. Geophys. Res., 105, D21, 26,661–26,667.
19. Feister, U., R. Grewe (1995). Spectral albedo measurements in the UV and visible region over different types of surfaces. Photochemical & Photobiological Sciences, 62, 4, 7736–744.
20. McKenzie, R. L., K. J. Paulin, S. Madronich (1998) Effects of snow cover on UV irradiance and surface albedo: A case study. J. Geophys. Res., 103, D22, 28785–28792.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

WHITE-LIGHT SOLAR CORONA AND ATMOSPHERIC CONDITIONS REGISTERED DURING TOTAL SOLAR ECLIPSES

Tsvetan Tsvetkov[1], Rositsa Miteva[2], Emil Ivanov[3], Velimir Popov[3], Yoana Nakeva[4], Ljube Bojevski[5], Tobias Damm[6], Nikola Petrov[1]

[1]Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[3]Konstantin Preslavsky University of Shumen
[4]King's College London
[5]Ss Cyril and Methodius University in Skopje
[6]Independent researcher
e-mail: tstsvetkov@astro.bas.bg

Keywords: *Total solar eclipse, solar corona, shadow bands*

Abstract: *We present an investigation on the structure and morphology of white-light solar corona using the data from 4 total solar eclipses. We pay attention to the variations of the temperature, speed and directions of the wind before, during and after the totality. A yet not fully studied atmospheric phenomenon observed immediately before and after the totality are the so called "shadow bands". During the solar eclipse of 2019 we provided a new experiment for registering the shadow bands and comparing their parameters with the wind characteristics.*

СЛЪНЧЕВАТА КОРОНА В БЯЛА СВЕТЛИНА И АТМОСФЕРНИТЕ УСЛОВИЯ ПО ВРЕМЕ НА ПЪЛНИ СЛЪНЧЕВИ ЗАТЪМНЕНИЯ

Цветан Цветков[1], Росица Митева[2], Емил Иванов[3], Велимир Попов[3], Йоана Накева[4], Любе Бойевски[5], Тобиас Дам[6], Никола Петров[1]

[1]Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория – Българска академия на науките
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[3]Шуменски университет "Епископ Константин Преславски"
[4]Кралски колеж Лондон
[5]Университет „Св. св. Кирил и Методий" Скопие
[6]Независим изследовател
e-mail: tstsvetkov@astro.bas.bg

Ключови думи: *Пълно слънчево затъмнение, слънчева корона, бягащи сенки*

Резюме: *Представяме изследване на структурата и морфологията на слънчевата корона в бяла светлина по данни от 4 пълни слънчеви затъмнения. Обърщаме внимание на изменението на температурата, скоростта и посоката на вятъра преди, по време и след пълната фаза. Едно ненапълно изучено все още атмосферно явление, което се наблюдава непосредствено преди и след тоталитета са т. нар. бягащи сенки. По време на слънчевото затъмнение от 2019 г. осъществихме нов експеримент по регистрация на бягащите сенки и сравняването на техните характеристики с тези на вятъра.*

Introduction

The Sun is a main source and "engine" of the cosmic climate determining its parameters in each and every moment of time depending on the magnitude and effects of the solar activity. The total solar eclipses (TSEs) provide the opportunity for qualitatively investigation of both the accompanying

processes and solar corona. The photographies of the white-light corona are useful for studying the distribution of the coronal brightness, its shape, structure and flattening. But minutes before the corona is revealed, when the Sun becomes a tiny crescent a few interesting events could be observed. As a result of the rapid decrease of solar irradiance the atmospheric temperature usually drops [1] and conditions for turbulent mixing of small amounts of hot and cold air as well as for formation of air fronts are created. The temperature drop is larger in clear skies than cloudy skies [2]. There is also an associated eclipse-induced reduction of the wind speed. Wind properties (such as speed and direction) are connected with horizontal differences in atmospheric pressure, with the large-scale flow direction usually immediately apparent from pressure maps showing isobars. Flows near the surface encounter the additional effects of surface drag, modifying the wind speed and direction [3]. Since the solar crescent is as thin as a point source of light. All these and other factors support the formation of shadow bands immediately before and after the totality - diffraction effects caused by turbulence in our atmosphere, which can be observed as faint shadowy patterns on the ground [4, 5].

It is well known that the shape of the corona is subject to significant variations during the solar cycle [6]. The way of quantitatively describing the general coronal shape is the procedure first suggested by Ludendorff 90 years ago [7]. The flattening index ε can be determined by the equation:

$$\varepsilon = \frac{E_0 + E_1 + E_2}{P_0 + P_1 + P_2} - 1, \tag{1}$$

where E_0 is the equatorial diameter of an isophote, E_1 and E_2 are the diameters measured at angles ±22.5° to the equatorial direction and P_i ($0 \le i \le 2$) is the analogous quantity for the polar direction. The value of ε is a function of the solar cycle phase Φ [7]:

$$\Phi = \frac{T_{ecl} - T_{\min}}{|T_{\max} - T_{\min}|}. \tag{2}$$

Here T_{ecl} is the moment of the eclipse (in years), T_{max} and T_{min} are the times of closest to the eclipse solar cycle maximum and minimum, respectively. Φ changes in the range from –1 to 1.

The flattening index is also linked with the maximum monthly sunspot number W_{max} [8]:

$$W_{\max} = -2.8 + 466.1\varepsilon. \tag{3}$$

This equation allows calculation of the maximum amplitude of the monthly sunspot numbers for the next solar cycle with uncertainty of ±65.

Members of our team participated in the successful observations of 4 solar eclipses – 1999 August 11 (from Bulgaria), 2006 March 29 (from Turkey), 2017 August 21 (from the USA) and 2019 July 2 (from Chile). Photographing the corona, shadow bands and registering eclipse meteorology was part of all these observations, despite the instrumentation and techniques varied from one eclipse to another.

Observations

We used the data from the eclipses in 1999, 2006, 2017 and 2019 to estimate the value of the flattening index ε according to our observations (Fig. 1.).

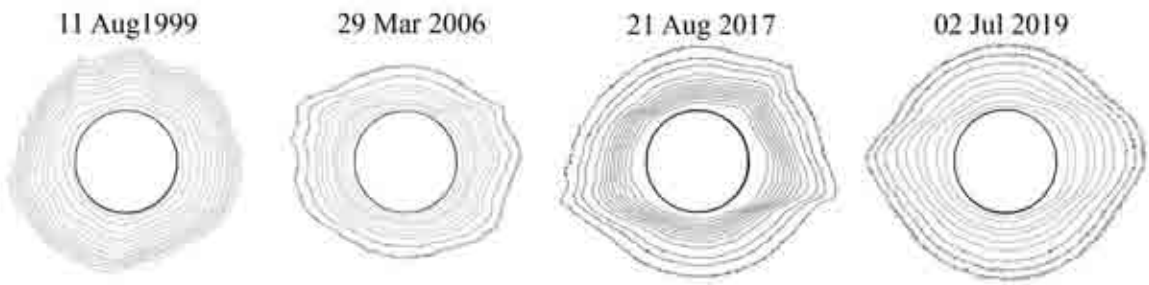


Fig. 1. The flattening of the solar corona as observed by our team at four total solar eclipses

The results for ε are given in Table 1. Since the four TSEs happened in different periods, we also evaluated the parameter Φ – the phase of the solar cycle. For the last two eclipses (2017 and 2019) we used the prediction of NOAA SWPC for the minimum of monthly sunspot number to be reached in 2019 December.

Table 1. The values of the phase of the solar cycle Φ and the flattening index ε estimated by our observations of 4 total solar eclipses

No.	Eclipse	Φ	$\varepsilon \pm \Delta\varepsilon$
1	1999 August 11	0.689	0.053±0.0024
2	2006 March 29	-0.346	0.138±0.0014
3	2017 August 21	-0.411	0.220±0.0023
4	2019 July 02	-0.079	0.126±0.0011

The dependence of the flattening index on the sunspot numbers is shown in Fig. 2. The index value increases with the decrease of the sunspot numbers [8]. The distribution of monthly average sunspot number since 1995 January (as estimated by the Royal Observatory of Belgium) is given on the right plot and on the left is presented the dependence of the index on the solar cycle phase. Values obtained by our observational material are marked with larger dots and numbered as in Table 1. Other values are taken by study from Pishkalo [8], who collected the values estimated by different authors from TSEs in the period 1851–2009.

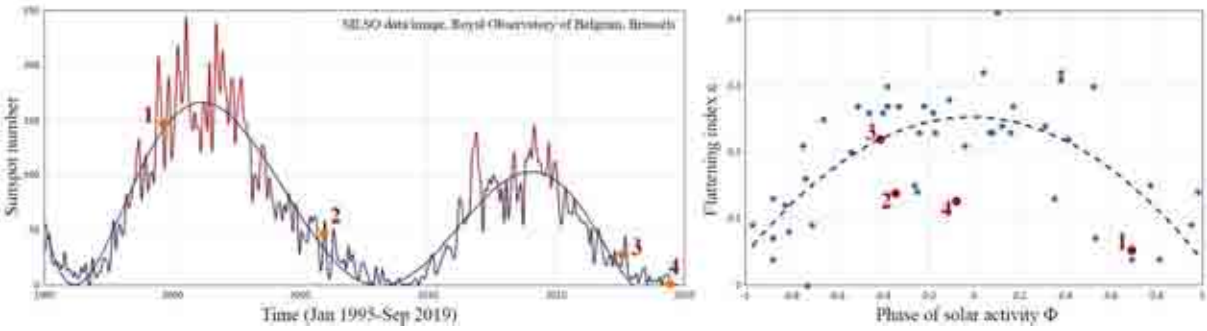


Fig. 2. Left panel: Smoothed monthly sunspot number since 1995 January. Right panel: Dependence of the flattening index ε on the phase of solar cycle Φ shown separately for ascending (Φ > 0) and descending (Φ < 0) parts of the cycle. The values for the flattening index ε estimated using our observations are given with larger circles numbered 1–4 as in Table 1.

Furthermore, the flattening index ε of the corona from the 2019 July 2 TSE allows prediction for maximum amplitude of the sunspot numbers for the 25th solar cycle. Using Equation 3, we estimated W_{max}= 56±65. Our result means that the 25th solar cycle is expected to be lower than the current, which had W_{max}=146 peaked in February 2014. Predications obtained by other authors show similar results. By exploring the flattening index of the corona during 2016 TSE another team predicts W_{max}= 70±65 [9]. Li et al. [10] expect the next maximum in 2023 October with W_{max}=109, Javaraiah [11] forecasts maximum amplitude as low as 50±10 and Rigozo et al. [12] give higher prediction with 132 maximum value of the sunspot number.

Another aspect of our observations during various TSEs (1999, 2006 and 2019) was exploring the pre- and post-totality shadow bands (Table 2). During the 2017 TSE our team also performed a videotaping of the bands, but the quality of the data does not allow accurate measurements. The data from 2019 TSE consists of our preliminary results.

Table 2. Properties of the registered shadow bands before and after the totality during different solar eclipses. The direction of propagation is measured from North (clockwise).

	1999 August 11		2006 March 29		2019 August 21	
Characteristics	before	after	before	after	before	after
Duration [s]	88	62''	133	148	45	40
Width [mm]	10-17	10-17	18	16	60	60
Distance [mm]	62	57	30-80	13-55	50	30
Direction [°]	18	13	330	307	80	80
Velocity [m s^{-1}]	0.5	0.5	2-4	2-4	2.37	1.56

To investigate a possible relation between the atmospheric conditions near the ground and the behavior of the shadow bands during the 2019 July 2 TSE we also performed a monitoring of eclipse meteorology. To track the changes in the surface air temperature we situated 2 teams 1 km away from each other. The results obtained by the first team are shown in Fig. 3. They measured 3.5 °C temperature drop during the eclipse with the minimum values reached 9 minutes after the totality, while the second one registered 2 °C decrease and lowest temperature 28 minutes after the totality. These differences in the results may be explained by the local peculiarities of the landscape around the observational spots as well as by the different instruments used.

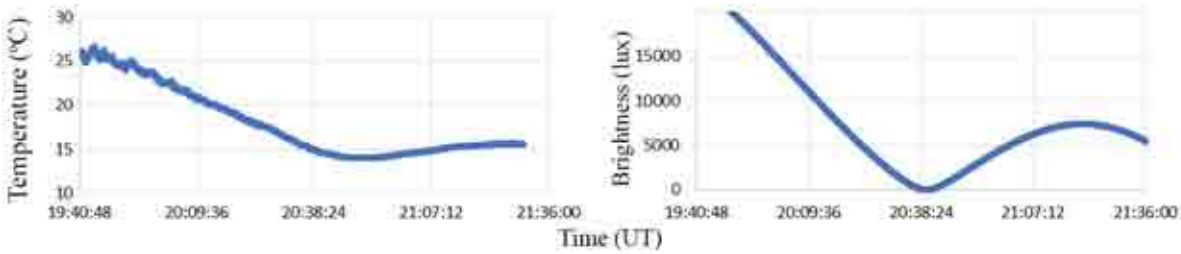


Fig. 3. The changes of the temperature (left panel) and the brightness (right panel) during 2019 July 2 TSE, observed from Atacama Desert, Chile. Given times are in UT as the totality is observed between 20:38 and 20:41 UT.

The wind properties are monitored using Gill Windsonic anemometer with 0.25 s time cadence between two consecutive measurements. The data registered 2 minutes before and after the totality (in the period of shadow bands observations) are presented as wind rose diagrams in Fig. 4. The change of the wind direction before and after the totality from primary eastern to northwestern is evident. The average wind speed also varied – from 2.37 m s^{-1} in the moments before the totality to 1.56 m s^{-1} after.

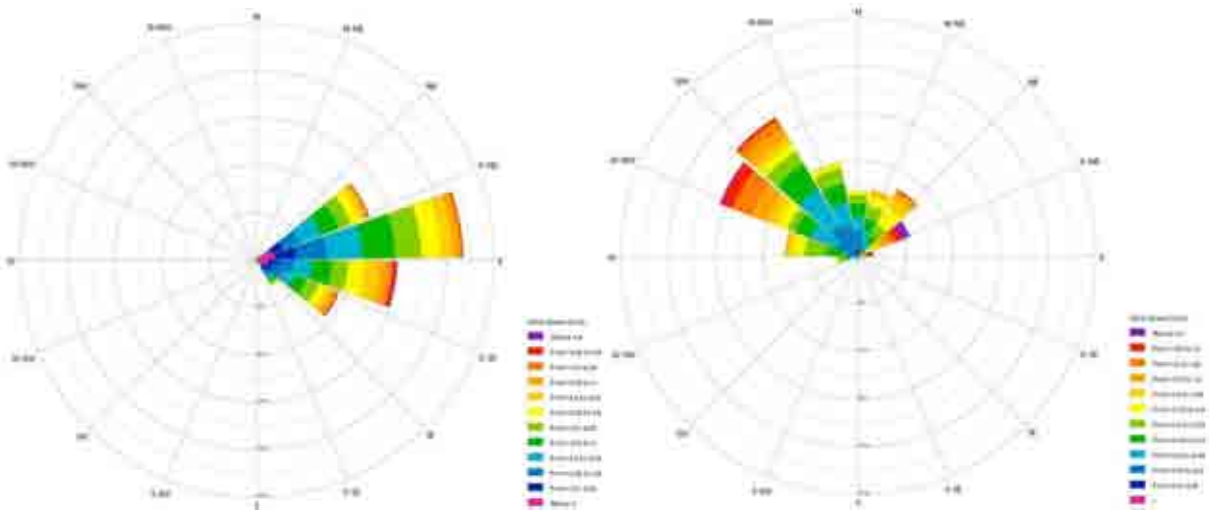


Fig. 4. Wind rose diagram showing the direction of propagation and the speed of the wind detected 2 minutes before (left panel) and after (right panel) the totality

The observed decrement of the wind speed before and after the totality coincides with an increase of the period between the bands detected after performing a fast Fourier transform of the observational data – from 0.53 s (before the totality) to 0.63 s (after the totality). These facts support the hypothesis for a possible influence of the ground level wind's atmospheric scintillation on the pattern of the shadow bands.

Conclusions

We present summarized results from observations performed during four total solar eclipses – 1999 August 11 (Bulgaria), 2006 March 29 (Turkey), 2017 August 21 (USA), 2019 July 2 (Chile), regarding the flattening of the white-light solar corona and eclipse meteorology in terms of shadow bands monitoring.

Our results for the Ludendorff flattening index and its changes in different phases of the solar cycle are presented. A prediction of the maximum amplitude of the sunspot numbers for the 25th solar cycle, based on the flattening index claims that we are about to face a less powerful solar cycle with W_{max}= 56±65.

The properties of the shadow bands observed during 3 TSEs are summarized and these from the 2019 TSE are compared to the changes of the atmospheric conditions (temperature, wind speed and direction, etc.). Our results can be considered as a confirmation of the hypothesis for a possible influence of the ground level of the shadow bands propagation.

Acknowledgements

This report is supported by the project "Research on active solar processes during and beside total solar eclipses" which is funded by the National Science Fund of Bulgaria with Contract No. KP-06-H28/4 (8-Dec-2018) and the Ministry of Education and Science project No. 577/17.08.2018.

References:

1. Werner, E., C. Emmel, S. Wolf, N. Buchmann, J. P. McFadden, C. D. Whiteman, Atmos. Chem. Phys., 17, 14887–14904, 2017.
2. Aplin, K. L. & R. G. Harrison, Proc. Roy. Soc. Lond. A459, 2003.
3. Harrison, G. & S. Gray, Astronomy and Geophysics, 58 (4). 4.11–4.16, 2017.
4. Codona, J. L., Astronomy and Astrophysics, vol. 164, no. 2, p. 415–427, 1986.
5. Dyer, A. How to photograph a solar eclipse: A Guide to Capturing the 2017 Total Eclipse of the Sun, 2017.
6. Gulyaev, R. A., Astronomical and Astrophysical Transactions, vol. 13, Issue 2, pp.137–144, 1997.
7. Ludendorff, H., Sittungsberichte Preuss. Akad. Wiss., Phys.-Math. IClasse 16, 185, 1928.
8. Pishkalo, M., Solar Physics, 270, 347, 2011.
9. Dani, T., R. Priyatikanto, A. Rachman, Journal of Physics: Conference Series, Volume 771, Issue 1, 2016.
10. Li K., J., W. Feng F. Y. Li, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 135, 72–76, 2015.
11. Javaraiah, J., New Astronomy, 34, 54–64, 2015.
12. Rigozzo, N R., M. P. Souza Echer, H. Evangelista, D. J. R. Nordemann, E. Echer, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 73, 1294–1299, 2011.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

MODELING MAGNETIC FIELDS OF ACCRETION DISCS IN BINARY STARS USING NO-Z APPROXIMATION

Daniela Boneva[1], Evgeny Mikhailov[2], Maria Pashentseva[2]

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

Keywords: *accretion discs; magnetic fields; binary stars;*

Abstract: *It is well-known that the magnetic fields can be important for studying the processes in the accretion discs. The disc evolution is connected with differential rotation, turbulence and convection of highly conductive medium in the disc. It can be quite convenient to study the processes of the magnetic field grows using no-z approximation, which is well known for the galaxy dynamo. We try to show the field evolution for accretion discs around white dwarfs in binary stars using both Keplerian law and some modified rotation curves. It is shown, that the magnetic fields can grow for quite small values dimensionless dynamo governing parameters (if we compare with galaxies). We give typical plots of the solutions of different cases.*

NO-Z ПРИБЛИЖЕНЕ ЗА МОДЕЛИРАНЕ НА МАГНИТНОТО ПОЛЕ В АКРЕЦИОНЕН ДИСК НА ДВОЙНА ЗВЕЗДНА СИСТЕМА

Даниела Бонева[1], Евгений Михайлов[2], Мария Пашенцева[2]

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

Ключови думи: *акреционни дискове; магнитни полета; двойни звезди;*

Резюме: *Известно е, че магнитните полета могат да бъдат важни за изучаването на процесите в акреционните дискове. Еволюцията на диска е свързана с диференциалното въртене, турбулентността и конвекцията на силно проводяща среда в диска. Процесите на разрастващото се магнитно поле биха могли да се изследват като се използва приближение по z, което е добре известно при галактиктичното динамо. Ние представяме еволюцията на полето на аккреционни дискове около бели джуджета в двойни звезди, като използваме както закона на Кеплер, така и някои модифицирани криви на въртене. Показано е, че магнитните полета могат да нарастват при доста малки стойности на безразмерните параметри, управляващи динамото (ако сравним с галактиките). Представени са типични графики с решенията за различните случаи.*

Introduction

During the binary stars' evolution, accretion discs are appeared to be one of the most powerful phenomena among the astrophysical objects (Frank et al., 2002; Spruit, 2010; Pringle, 1981). A basic role in the disc's physical processes and evolution take magnetic fields (Shakura & Sunyaev, 1973). Partially, an angular momentum transfer, which is the most important mechanism of the accretion disc existence, could be explained by the magnetic field activity. Its generation is usually described by the dynamo mechanism, based on both processes the alpha – effect and differential rotation (Ruzmaikin et al., 1988, Stepinski & Levy, 1990; Zeldovich et al., 1983). The generation of magnetic field and its operation in accretion discs has been the subject of study for years (Tout & Pringle, 1996, Zhilkin & Bisikalo, 2010).

The magnetic fields are thought to play an important role in evolution of accretion discs (Shakura & Sunyaev 1973). For example, they should describe the transition of the angular momentum and

another effects. We can assume that generation of this field is connected with dynamo mechanism, as in other astrophysical objects, such as Sun, stars, galaxies etc. (Sokoloff et al., 2014). Dynamo describes the transition of the energy of the turbulent motions to the energy of the magnetic field. It is based on joint action of two different processes. The first one is the alpha-effect which describes vorticity of the turbulent motions, and the second is the differential rotation (most of the astrophysical objects rotate not as a solid state).

This mechanism can be studied by direct numerical simulation, but it is connected with different problems. From the one hand, it is connected with very large computational resources. From the other hand, the magnetic field will depend on different kinematic parameters not very transparently. We shall have a set of the results, which are quite difficult to be analysed. So, it would be useful to have a simple model of field, which gives us an opportunity to show the field evolution, using several well-known characteristics of the object.

As for galaxies, where no-z approximation is widely used, it has been developed for thin discs (Moss 1995; Subramanian & Mestel, 1993). For such objects, the magnetic field approximately lies in the equatorial plane. The z-derivatives of the field can be changed by the algebraic expressions, or taken from the solenoidality condition for the magnetic field. One of the main advantages of this model is that we can describe only two components of the field which depend on only two different coordinates (as for the axi-symmetric case we can reduce this dependence to one coordinate).

It would be quite effective to use the no-z approximation for modeling the magnetic fields of galaxies (Moss et al., 2016). Firstly, it is necessary to describe the dynamo governing parameters for such objects. Secondly, we should take into account the flows of the medium in the accretion discs. Also, it is necessary to revise all main characteristics of the model to make it applicable for accretion discs.

The main aim of our work is to describe the magnetic field in accretion discs using no-z approximation. Also we take the nonlinear modification of the equations, and typical differences from the linear case. In the next sections we present the basic equations and the results of numerical calculations.

Basic equations and parameters of the accretion disc

In the case of a thin disc approximation, we assume that the matter moves with angular velocity Ω. If we accept that the velocity has a Keplerian value (Frank et al. 2002) (it's coming from the requirement that Keplerian velocity should be highly supersonic - $c_s \ll (GM/R)^{1/2}$), then: $\Omega = \Omega_K(R) = \left(\frac{GM_1}{R_*}\right)^{1/2}$, where

M_1- the mass of the accreting star (depends on the studied object); R_*- radius of the compact object (for the white dwarf primary, the average value of the radius is usually accepted to be ≤ 10^9 cm.)

In the case of steady thin disc approximation, again, for the radial velocity we can write (Frank et al. 2002):

$$v_r = -\frac{3\nu}{2r}\left[1 - \left(\frac{r_{min}}{r}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^{-1},$$

where r_{min} expresses the inner disc radius R_{ind}, r - the distance to the object, $\nu = \frac{lv}{3}$ - the viscosity.

The values of the inner radius of the accretion disc vary, depending on the velocity and radius of the white dwarf star (as an example: inner disc radius $R_{ind} \approx 3\ R_{wd} - 5R_{wd}$). Adopting that the radius of the white dwarf is $R_{wd} \approx 0.0118R_{\odot}$ (solar radius), which is the radius of the primary star in dwarf nova V2051 Oph (Ophiuchi), and accepting the Keplerian character of the disc, we have $\sim 3.87R_{wd}$ (Baptista et al.,1998).

When we study the magnetic fields in accretion disc around white dwarfs in binary systems, we will use the approach which is quite similar with the galaxy dynamo.

According to the dynamo theory, the magnetic field's evolution is characterized by the Steenbeck - Krause –Radler equations (Steenbeck et al. 1966) or the mean-field dynamo equations.

(1) $$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = rot(\alpha\vec{B}) + rot\left[\vec{V}, \vec{B}\right] + \nu\Delta\vec{B},$$

where $\vec{B}$ is the magnetic field, α is the alpha-parameter - describes the alpha-effect, $\vec{V}$ is the large-scale velocity (usually connected with rotation), and ν is the turbulent diffusivity. This vector equation contains three scalar equations, which are quite difficult to be solved. Here we describe the simplification of these equations using the approaches of no-z approximation for accretion discs.

For alpha-effect we can take the model (Moss, 1995):

(2) $\alpha = \alpha_0(r)\frac{z}{h}$;

where h is the half-thickness of the disc, and $\alpha_0(r)$ is the typical value of the alpha-effect for r. The alpha-effect is connected with the Coriolis force and the coefficient is proportional to the angular velocity of the rotation (Arshakian et al., 2009): $\alpha \propto \Omega$.

We assume that the z-component of the magnetic field is quite small, and for another parts we can take:

(3) $B_r(r,z,t) = B_r(r,0,t)\cos\left(\frac{\pi z}{2h}\right)$;

$$B_\varphi(r,z,t) = B_\varphi(r,0,t)\cos\left(\frac{\pi z}{2h}\right).$$

The system of equations for the magnetic field component in the disc plane is obtained to be:

(4) $$\frac{\partial B_r}{\partial t} = -\frac{\alpha}{h}B_\phi + \eta\left(\frac{\partial^2 B_r}{\partial z^2} + \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rB_r)\right)\right)$$

$$\frac{\partial B_\phi}{\partial t} = r\frac{d\Omega}{dr}B_r + \eta\left(\frac{\partial^2 B_\phi}{\partial z^2} + \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rB_\phi)\right)\right),$$

where η is the magnetic diffusivity, h - the disc half-thickness, r - the distance to the disc centrum, Ω is the angular velocity.

The second derivatives of the magnetic field on the perpendicular to the disc direction can be replaced by algebraic expressions as follows (Moss & Sokoloff, 2013):

(5) $$\frac{\partial^2 B_r}{\partial z^2} = -\frac{\pi^2 B_r}{4h^2}$$

$$\frac{\partial^2 B_\phi}{\partial z^2} = -\frac{\pi^2 B_\phi}{4h^2}$$

So, the equations of the field will be the following (Moss & Sokoloff 2013):

(6) $$\frac{\partial B_r}{\partial t} = -\frac{\alpha_0}{h}B_\phi - \eta\frac{\pi^2 B_r}{4h^2} - V_r\frac{\partial B_r}{\partial r} + \eta\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rB_r)\right);$$

$$\frac{\partial B_\varphi}{\partial t} = r\frac{d\Omega}{dr}B_r - \eta\frac{\pi^2 B_\varphi}{4h^2} - V_r\frac{\partial B_\varphi}{\partial r} + \eta\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rB_\phi)\right),$$

where V_r is the radial velocity of the flow of the medium.

After some reconstruction and including the dimensionless parameters, as the α effect, differential rotation and magnetic field dissipation in the disc plane: $R_\alpha = \frac{h\alpha(R)}{\eta}$, $R_\omega = \frac{\Omega_0(R)h^2}{\eta}$ and $\lambda = \frac{h}{R}$, the non-z approximation system of equations takes the form:

(7) $$\frac{\partial B_r}{\partial t} = -\frac{R_\alpha}{r^{3/2}}B_\phi - \frac{\pi^2 B_r}{4} - V_r\frac{\partial B_r}{\partial r} + \lambda^2\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rB_r)\right);$$

$$\frac{\partial B_\phi}{\partial t} = -\frac{3R_\omega}{2r^{3/2}}B_r - \frac{\pi^2 B_\phi}{4} - V_r\frac{\partial B_\varphi}{\partial r} + \lambda^2\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rB_\phi)\right).$$

Here we measure time in units of $\frac{h^2}{\eta}$, the distances are measured in R.

The magnetic field growth cannot grow infinitely. Its value is restricted by the equipartition value $B^*(r)$. If we measure the magnetic field in units of $B^*(R)$, the equations will be:

(8) $$\frac{\partial B_r}{\partial t} = -\frac{R_\alpha}{r^{3/2}}\left(1 - \frac{B_r^2 + B_\varphi^2}{B^{*2}(r)}\right)B_\phi - \frac{\pi^2 B_r}{4} - V_r\frac{\partial B_r}{\partial r} + \lambda^2\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rB_r)\right);$$

$$\frac{\partial B_\phi}{\partial t} = -\frac{3R_\omega}{2r^{3/2}} B_r - \frac{\pi^2 B_\phi}{4} - V_r \frac{\partial B_\varphi}{\partial r} + \lambda^2 \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(rB_\phi\right)\right).$$

We take the value of the disc inner radius R_{ind} to be large enough. That could be further useful for studying a wide range of phenomena.

Results

The problem in this paper was solved numerically using finite – difference method with zero outer disc's boundary conditions: $B_{r=r_{min}} = B_{r=r_{max}} = 0$

The behavior of the magnetic field is characterized by a dynamo number $= R_\alpha R_\omega$, which describes both the possibility of field growth and the rate of this growth (if present). Note that the magnetic field increases with the increase of D. This way the dynamo effect is threshold. The magnetic field can grow exponentially when the dynamo exceeds a certain critical value Dcr determined by the properties of the model. Thus, it increases at $D > Dcr$ and decays at $D < Dcr$. In similar models for galaxies, it was found that $Dcr = 7$. In the case of an accretion disk, a numerical calculation shows that $Dcr = 0.112$, i.e. the critical dynamo is noticeably lower. It can be shown that $D \sim h^2\Omega^2 v^{-2}$ (Arshakian et al., 2009).

The evolution of the field over time is presented in Figure 1.

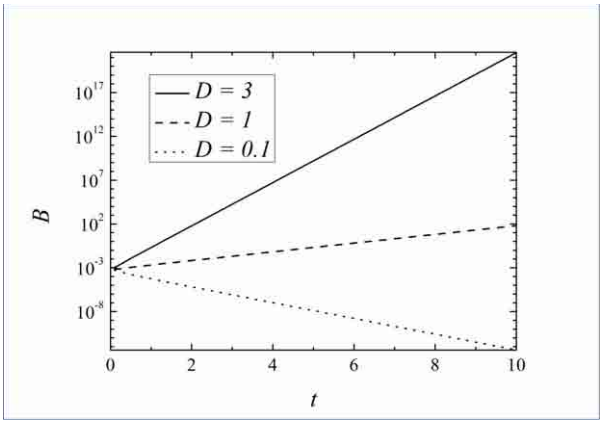


Fig. 1. The linear case of the magnetic field $\boldsymbol{B}$ time dependence for 3 different values of the dynamo number $\boldsymbol{D}$ (D = 0.1, 1, 3)

In the frame of linear models, the results show that the magnetic field can increase unlimited (as in Fig. 1), which is contrary to the physics sense. This requires the use of a model in which the saturation is counted. In this case, for similar values of the parameters and taking into account the nonlinearity of the alpha - effect, the magnetic field does not increase unlimitedly. It reaches the level of equal distribution, after which the increase stops. The saturation can be estimated by introducing a nonlinear modification of the coefficient responsible for the alpha effect:

$$R_\alpha \rightarrow R_\alpha\left(1 - \frac{\left(B_r^2 + B_\varphi^2\right)}{B^{*2}}\right)$$

Then the radial structure of magnetic field with nonlinearity is looks like as in the Fig. 2 below. Fig. 2 shows the case of nonlinear equations. Here we can see the characteristic dependence of magnetic field for different inner radius. For smaller inner radius the maximum field will be larger.

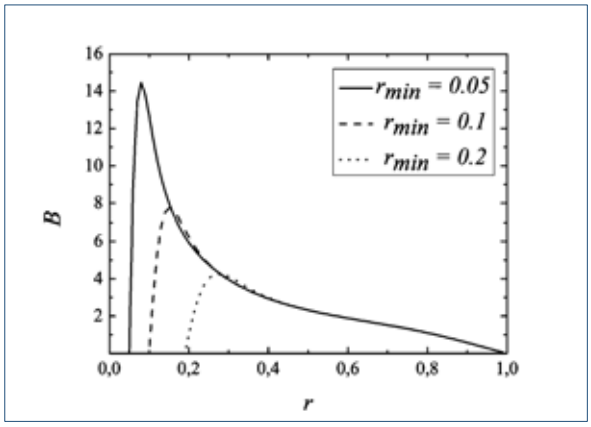


Fig. 2. Magnetic field $\boldsymbol{B}$ against the distance to disc centrum **r**, for 3 different inner radius of the disc r_{min}. The non-linearity of the α - effect is shown in the calculations.

The values and results are obtained based on the data parameters of Dwarf Nova binary star IP Pegasi (Marsh, 1988; Steeghs et al., 1997).

Conclusion

In this paper, we have modelled the magnetic field of the accretion discs using no-z approximation, which was historically developed for galaxies.

We have obtained the time dependence of the field, its radial structure and the critical dynamo number.

It was shown that the field can grow much faster than in the galaxies (in dimensionless units of time). From our point of view, it is connected with another rotation law, which describes larger gradients.

References:

1. Arshakian, T. G., R. Beck, M. Krause, D. Sokoloff, 2009, AA, 494, 21.
2. Baptista, R., M. S. Catalan, Keith Horne, D. Zilli, 1998, MNRAS, V.300, 1, pp. 233.
3. Frank, J., A. King, D. Raine, 2002, Accretion Power in Astrophysics, 3-rd ed., Cambridge Univ. Press, New York
4. Marsh, T. R., 1988, MNRAS, 231,1117-1138.
5. Moss, D., 1995, MNRAS, V.275, p. 191–194.
6. Moss, D., Sokoloff D., 2013, GAFD, 107, 494.
7. Moss, D., E. Mikhailov, O. Silchenko et al., 2016a, A&A, V. 592, A44.
8. Pringle, J. E., 1981, Accretion disks., ARA&A,19: 137–162.
9. Ruzmaikin, A. A., D. D. Sokolov, A.M. Shukurov, 1988, Magnetic Fields of Galaxies (Nauka, Moscow, Kluwer, Dordrecht,), p. 280.
10. Shakura, N. I., R. A. Sunyaev, 1973, A & A, V. 24. pp. 337.
11. Sokoloff, D. D., R. A. Stepanov, P.G. Frick, 2014, Phys. Usp., 57, 292.
12. Spruit, H., 2010, “Accretion Disks” in The Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics, IOP Publishing Ltd
13. Steeghs, D., E. T. Harlaftis, Keith Horne, 1997, MNRAS, V. 290, 2, L28.
14. Stepinski, T. F., E. H., Levy, 1990, ApJ, 362: 318–332
15. Steenbeck, M., F. Krause, K.H. Radler, 1966, Z. Naturforsch. 21a, 369–376. (or 1971, The turbulent dynamo, Tech. Note 60, NCAR, Boulder, Colorado).
16. Subramanian, K., L. Mestel., 1993, MNRAS. V.265. pp. 649–654.
17. Tout, A. Chr.,J. E.Pringle, 1996, *MNRAS*, V. 281, Issue 1, pp. 219–225.
18. Zhilkin, A. G., D. V. Bisikalo, 2010, Astron. Rep., 54, 840.
19. Zeldovich, Ya. B., A. A. Ruzmaikin, D. D. Sokolov, 1983, Magnetic Fields in Astrophysics. Gordon and Breach Science Publishers.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

АДВЕКЦИЯ В МНОГОИЗМЕРНА СРЕДА

Красимира Янкова

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

Ключови думи: *адвекция; ОТО; АГЯ*

Резюме: *Проучваме начина, по който се развива нашата хипотеза - самоиндуцираща адвекция във релативизма (във ОТО и отвъд нея). Ще проследим предпоставките и последствията от възбуждането и действието на многомерна недеформираща адвекция в космологичен контекст. Ще анализираме преструктурирането във формациите, които я генерират и ще проследим връзките които тя формира в многообразието. Целта е да се утвърди механизъма на фундаментална адвекция като универсален физически закон.*

ADVECTION INTO A MULTIDIMENSIONAL MEDIUM

Krasimira Yankova

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

Keywords: *advection; GR; AGN*

Abstract: *We study how our hypothesis evolves – self-induced advection in the relativism (in GR and beyond). We will trace the prerequisites and consequences of the excitation and action of multidimensional non-deformable advection in a cosmological context. We will analyse the restructuring of the formations that generate it and trace the relationships it forms in the manifold. The purpose is to affirm the mechanism of fundamental advection as a universal physical law.*

1. Въведение

В поредица от статии [9–12] разглеждаме разширяването на механизма адвекция и разгръщането на модела на акреционен диск в активни галактични ядра, базиран на развитието на механизма [8], във общата теория на относителността. Там се дискутира и как се повлияват структурите на многообразието от правите и обратни връзки на адвекцията. Реалността е множество сшити и вплетени многообразия - формации. В качеството си на фундаментален механизъм адвекцията трябва да възниква навсякъде където има гравитация независимо от вида на многообразието.

2. ТД – преформулировки свързани с концепцията за фундаментална адвекция

Както вече уточнихме в [12] работим с термодинамика на пространство-време и е хубаво да преформулираме някои от понятията:

- Времето като антилог на температура. (с намаляването на температурата $T \to 0$, $R_\mu \to \infty$ (изправя се кривината на пространство-времето) и $S \to \infty$ (max: ТД-равновесие) пространствената плътност намалява [E/area]→0 и се изчерпва генералната посока $\tau_{\parallel}$ определяща стрелата на времето, което води до неговото пространствено разплитане с възстановяването на симетрията t_i загубена при възникването на многообразието);
- Пространство-времевите многообразия са аналози на ентропии (пример ВН-хоризонт);

- Светлината във чисто време е аналог на звука във вакуум. – (за да се разпространява светлината е необходимо поне едно пространствено измерение в конкретното многообразие).

3. Космологични аспекти кореспондиращи с появата на фундаментална адвекция

Метриката, глобална и локална, е свързана пряко с развиващата се адвекция в качеството и на пълен диференциал. Затова формата на фундаменталната адвекция, като лява страна на уравненията (3) е особено важна, тъй като може много точно да определи вида на многообразието по динамична класификация [12]. Нашата Вселена принадлежи на 3-тип Динамично многообразие със "статична" топология и квази-стационарна метрика и доказателство за това е, че не наблюдаваме появяващи се и изчезващи обекти в макросвета, както това се случва на квантово ниво;

Динамично многообразие с нестационарна метрика 4-тип може да има особени точки по времева ос контролирана от знака на ентропията, поради синхронно определената стрела на времето с $T^{\perp}\equiv 0$.

Първично е многообразие възникнало през фазов преход в термодинамиката на пространство-време, когато времева компонента се усуче толкова, че се самопресече. То възниква като хиперболична топка с радиус радиусът на първичния инстантон (времеви солитон) възникнал при самопресичането. Тя се намира в седловидна точка между измеренията (max-min) и следователно има почти нулева кривина $\kappa \approx 0$ (средна оценка на незначително малката кривина на пространството дават [4, 5]), т.е. изглежда плоска:

Това позволява псевдо-Нютоновото многообразие (нашата Вселена като първичен клон) със метрика:

$$(1) \qquad ds^2 = -c^2 dt^2 + a(t)^2 \left(\frac{dr^2}{1-\kappa r^2} + r^2 \left(d\theta^2 + \sin^2\theta . d\varphi^2 \right) \right)$$

Гладко да се впише в многообразието с псевдо-Евклидово пространство тип 5D(2т(),3D); и с канонична псевдо-Евклидова метрика което коментирахме в [12]:

$$(2) \qquad g_0 = \sum_1^3 dx_i - \sum_1^2 d\tau_j$$

Най-простото решение на най-познатото уравнение на Айнщайн $G_{\mu\nu} = 0$ е просто плоско време на Минковски. Обичайните уравнения на Айнщайн обаче могат да бъдат деформирани така, че да приемат космологичната константа. Тази деформация, която първо беше предложена и по-късно отхвърлена от самия Айнщайн, е необходима за моделиране на космологичното разширяване на нашата Вселена. Наблюдаваното ускорено разширяване вероятно може да се обясни с наличието на положителна космологична константа [2]:

$$(3) \qquad G_{\mu\nu} = -8\pi G T_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu}$$

[6]: Разглеждат ранната тъмна енергия като космологична константа. А в [4] предполагат, че потенциалът на скаларното поле, което задвижва инфлацията, би действал като космологична константа, която намалява с времето.

Космическата инфлация като част от физическата космология нарушава законът за запазване на енергията от общата теория на относителността. Изглежда сякаш тя е в състояние да произвежда енергия (и маса) от "нищо", защото плътността на енергията на вакуума е приблизително постоянна, но обемът на Вселената нараства експоненциално.

В нашите разглеждания тъмната енергия (ТЕ) е термодинамичен откат, следствие на възникването в който съществен принос има и отделянето на гравитацията в Планковата ера. ТЕ представлява собствената динамика на многообразието и като такава се предполага, че е постоянна и съответства на космологичната константа изобщо, а не само в началото. Овеществяването на материята (раждане-анихилация) освобождава пространствена плътност и я изсветва в многообразието. Така отслабеното повърхностното напрежение на многообразието все по трудно противостои на инерцията от възникване въпреки че въпросната е постоянна. Поради това разширението се ускорява, а съгласуването на процесите води до извода, че

(4) $a_{\Lambda} = const$; и скоростта на разширение има параболична функция на нарастване.

Отделянето на силното взаимодействие създава вторичен откат. Ударното раждане-анихилация на кварките освобождава рязко енергията на пространство-време като така предизвиква инфлация. Инфлацията е просто косото покачване на параболичната скорост преди тя да достигне плавно нарастване.

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

Вторични многообразия възникват при критична нелинейност и нарушена гладкост по някое измерение. Тогава се появява полюс в първичното многообразие и впоследствие около него се формира инстантон.

4.1. Класификация и природа:

Изследванията в рамките на теорията на струните насочват вниманието и към уравненията на Айнщайн с отрицателна космологична константа (отрицателна стойност на λ). Това уравнение няма плоско пространство като решение. Най-простото му решение е силно симетрично пространство-време, наречено анти-де Ситер (AdS) пространство – решения на черната дупка. Уравненията с отрицателна космологична константа също допускат доста необичайни свързани решения, наречени черна шина. Тези решения имат крайни енергия и момент, по големи от тези на стационарна черна брана.

4.1.1. *Биват два вида – вътрешни:*

Черните дупки присъстват в ядрата на повечето галактики, масата на централната черната дупка е около 0,2 % от масата на звездите в галактиката. Адвекцията възниква първо в дисковия компонент на активното ядро и се развива във връзки с останалите му елементи [11].

Развиващото се магнитно поле гарантира създаването на уплътнени пръстени, които водят средното течение в компактния обект. Адвективният винт [9–10] е продължение на адвективната спирала след последна стабилна орбита. Потокът, който се съхранява във винта, принадлежи на основния поток, преминал през екваториалния прозорец. В резултат на това адвективният винт е разположен изцяло в екваториалната равнина и е пространствено-ограничени във вертикална посока Z.

Течението достига първо Ергосферата – светлинно-подобна (пропуска обратно чрез лъчението на Хокинг), квази-минимална ротационна повърхнина [3], която преминава безпрепятствено. Под нея времето започва да се обръща, но не в пространство, а $\tau_{\mathrm{II}} \mapsto \tau_{\perp}$. Тя не може да проникне в многообразието заради своята природа за разлика от пространствено-подобния хоризонт на събитията.

Хоризонта е min-(2D+2D) space-like surface (цилиндър – сечението му е сфера) – перфектна еднопосочна мембрана, върху която се дублира холографско копие на всичко което премине границата на ергосферата и се спусне по винта. Хоризонта може да се разглежда, като абсолютно огледало – отразява ~телепорт с неизвестен фокус; копира ~холограф; и поглъща ~тунелира в многообразието през времеви измерения. Адвективният винт се развива по него, като средното течение следва вътрешната стена на многообразието. Тази винтова форма е пряко следствие, последица от това, че адвекцията точно следва метриката на многообразието.

Сингуларната без ограничения на общността е цилиндър с краен радиус за Керова и r→0 за Шварцшилдова черна дупка. Ако тя притежава някакъв обобщен поляритет (дилатонно-зарядов, не зарядов) ще се стреми да държи течението на основния поток далеч. Възможно е тя да мени сигнатурата си интервално, но това подлежи на проверка. Интервалната сингуларна за всеки значещ интервал притежава съпътстваща структура в съответната алтернатива и със съответна сигнатура. В тази връзка ортогоналното време може да е периодично, но не е циклично (ирегуляно е).

4.1.2. Външни – филизи

Хипотетично всяка стационарна черна дупка може да отвори достъп до дъщерно многообразие (хоризонта като телепорт). Цялата материя, която те поглъщат от тази Вселена (това многообразие), да се използва за създаването и снабдяването на ново дърво. В този смисъл „вселените се репродуцират, а черните дупки осъществяват своеобразен естествен подбор”, смята Лий Смолин.

Идеята е, че черните дупки създават нови Вселени (или многообразия) и в някои от тях ще има повече черни дупки, а в други – по-малко. Така едните ще имат по-кратък живот, докато другите ще са по-устойчиви.

Според математици от Оксфорд и техни колеги от Турция, някои черни дупки във Вселената в момента не са породени от нейните процеси. Техен математически модел анализира космическата радиация от Големия взрив и смята, че някои черни дупки може да се окажат по-стари от самата Вселена [7].

Такава хипотеза поставя въпроса не само как изглежда [12], но и как се заражда и реализира фундаментална адвекция в една наистина чисто времева среда.

4. Заключение

Адвекцията на фундаментално ниво се определя от два фактора – топологията на магнитното поле и самогравитацията на формацията в която възниква. Тази статия е част от ново изследване, което има за цел да утвърди релативистката адвекция, като фундаментален механизъм. Тук определяме основната линия на бъдещите си разглеждания върху проблематиката на въпроса.

Литература:

1. Ana Alonso-Serrano, Mariusz P. D¸ Hussain G., Minimal length and the flow of entropy from black holes, International Journal of Modern Physics D, Vol. 27, No. 14 (2018) DOI: 10.1142/S0218271818470284.
2. Burdyuzha, V. V., The cosmological constant (a modern view), Astronomy Reports, (2009), Vol. 53, Issue 5, pp. 381–388.
3. Chen, B.-Y., Black holes, marginally trapped surfaces and quasi-minimal surfaces. Tamkang J. Math. 40 (2009), no. 4, pp. 313–341.
4. Peebles, P. J. E. and Ratra B., Cosmology with a time-variable cosmological “constant”, Astrophysical Journ., 325.L17-L20,1988.
5. Peebles, P. J. E. and Ratra B. The Cosmological Constant and Dark Energy, (2003) https://arxiv.org/abs/astro-ph/0207347
6. Poulin, V., Smith T., Karwal T., Kamionkowski M., Early dark energy can resolve the Hubble tension, 2019, Phys. Rev. Lett. 122, 221301.
7. Ter-Kazarian G.·S. Shidhani L. Sargsyan; Neutrino radiation of the AGN black holes, Astrophys Space Sci (2007) 310: 93–110 DOI 10.1007/s10509-007-9482-z.
8. Yankova, Kr., 2015, Bulgarian Astronomical Journal, Vol. 22, p. 83. http://adsabs.harvard.edu/abs/2015BlgAJ..22..83Y.
9. Yankova, Kr., 2016, SSTRI-BAN, Proceedings Eighth Seventh Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, ISSN 2367–7570, http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2016Sunny/Proceedings2016.pdf
10. Yankova, Kr., 2017, SSTRI-BAN, Proceedings Ninth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, 2017, pp. 77– 82, ISSN 2367-7570. http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2017Sunny/Proceedings2017_V3.pdf
11. Yankova, Kr.: 2018, Proceedings Tenth Workshop 'Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere', proceedings of the conference held 4–8 June, 2018 in Primorsko, Bulgaria. Edited by K. Georgieva, B. Kirov and D. Danov. ISSN 2367-7570, 2018, pp. 43–46.
12. Yankova: Kr., 2018, Proceedings SES 2018, ISSN 1313-3888, 85–94.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

GROUND-LEVEL MODIFICATIONS IN GLOBAL ATMOSPHERIC ELECTRICAL CIRCUIT DURING SOLAR PROTON EVENTS

Peter Tonev

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

Keywords: *Atmospheric electric field, equivalent electric circuit, 'ionosphere-to-ground' electric current*

Abstract: *Large modifications in global atmospheric electrical circuit (GEC) are observed during major solar proton events (SPE), namely, experimentally measured variations of the potential difference (or atmospheric electric field, AEF) Ez at surface both at high and low latitudes. AEF E_z at high latitudes shows unexplained large variations: |Ez| can be as high as ~1 kV/m, yet E_z can untypically change its direction from downwards to upwards for time larger than the relaxation time in GEC. At low latitudes significant variations of AEF (10% and more) are also observed. There is typical mutual dependence between E_z variations at both latitudes: at high latitudes E_z exceeds its average value at the first phase of SPE and becomes smaller in the second phase; at low latitudes the reverse relations take place. Such behavior of AEF E_z cannot be explained only as result of enhanced ionization during SPE leading to conductivity changes in high-latitude middle atmosphere. We consider the role of SEP particles in formation of additional electric currents and fields in GEC. To clarify the role of this factor, 1D modeling is performed based on the continuity equation for the Maxwell current. Initial results show that the role in GEC of the penetrating solar proton flux is considerable.*

НАЗЕМНИ МОДИФИКАЦИИ В ГЛОБАЛНАТА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ВЕРИГА ПО ВРЕМЕ НА СЛЪНЧЕВИ ПРОТОННИ СЪБИТИЯ

Петър Тонев

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

Ключови думи: *Атмосферно електрическо поле, еквивалентна електрическа верига, ток 'йоносфера-земя'*

Резюме: *По време на големи слънчеви протонни събития (СПС) експериментално са наблюдавани големи модификации в глобалната атмосферна електрическа верига (ГЕВ), изразени в чатност, чрез вариации на потенциалната разлика (или атмосферно електрическо поле, АЕП) E_z на нивото на земята както на високи, така и на ниски географски ширини. АЕП E_z на високи ширини имо необяснени големи вариации до ~1 kV/m, а също може да сменя направлението си в насочено нагоре, за време, по-голямо от времето на релакция в ГЕК. На ниски ширини също са наблюдавани значителни (над 10%) модификации на АЕП. Има взаимна зависимост между вариациите на АЕП E_z на двете ширини: на високи ширини E_z първо значително превишава средното си значение преди СПС, а след това става по-малко от него, а на ниски ширини става обратното. Това поведение на АЕП E_z не може да се обясни само като резултат на усилената йонизация от СПС, водеща до изменения на проводимостта в средната атмосфера на високи ширини. Ние изследваме ролята на частиците от SEP при формирането на добавъчни електрически токове и полета в ГЕВ. За да се изясни ролята на този фактор, предложен е 1D модел базран върху уравнението на непрекъснатост за пълния ток. Първите резултати показват, че ролята в ГЕВ на потока слънчеви протони е значителна.*

Consideration of observations

First, we consider observations of atmospheric electric fields E_z at surface (z = 0) done at high latitudes in periods of major solar proton events (SPE) of GLE type. Observations are used here of atmospheric electric field (AEF) E_z at surface (z = 0) performed in Apatity, Russia, (67.3°N, 33.2°E) at

geomagnetic latitude 63.8° during three SPE in 2001, namely on: *i*) 15.04, *ii*) 18.04 (Fig. 1), and *iii*) 04.11 [1]. For this events the maximum proton flux > 1 MeV is 1.4×10^3 for *i*), 1.5×10^3 for *ii*) и 2.3×10^3 for *iii*) [particles/cm^2/ster/s], according to GOES-10 data. The time period of principal rise of the solar proton flux is 20–40 minutes, although its very maximum may be reached up to 10 hours after the SPE arrival. Data from measurements show unusually large variations of AEF E_z with typical features which are more pronounced for last two events, *ii*) and *iii*). Fig.1. shows E_z variations in case *ii*). Two different phases are distinguished. In the first phase (resp., ~8 and ~2.5 hours from the SPE onset) the average AEF E_{za} is much bigger than the average E_z before the SPE arrival; also, E_z demonstrates large and fast jumps between its minimum and maximum values (from 120 to 540 V/m for SPE *ii*, and from 115 to 840 V/m for SPE *iii*). In the second phase jumps between E_z minimums and maximums are large, as well (from –20 to 160–170 V/m for these both SPEs), however the average value E_{za} is much smaller than before SPEs. Another peculiarity in the second phase is that sometimes AEF changes its direction from a downward (which is typical in fair-weather regions) to an upward (E_z becomes negative) for a time period which can be longer than the relaxation time constant for GEC (7 min). For SPE *i*) (15.04.2001) [1] similarly AEF E_z reaches untypically large positive ~+600 V/m in its first phase and large negative ~– 900 V/m values in the second phase. However, in this SPE an extra peculiarity occurs: before the SPE arrival E_z initially rapidly increases to 500 V/m, then abruptly jumps to extremely large negative value of –1 kV/m.

It should be noted that some similarity exists between the discussed peculiarities for AEF E_z with variations of the vertical electric current J_z in Antarctic stratosphere (at ~32 km altitude) observed at a balloon platform during GLE on 20.01.2005 [2, 3]. For this last event J_z is directed downwards, as usual, however, much larger than its pre-SPE average value J_{za} during initial 5 hours, in spite of the large increase of conductivity. In contrary, during the last eight hours of SPE J_z reverses to upward, yet has large value: $|J_z| > 2J_{za}$.

A series of measurements of AEF E_z during SPEs (with GLE) have been performed at low latitudes, as well: at CASLEO, Argentina (31.8°S, 69.3°W), 2552 m altitude a.s.l. [4]. Typical features, which differ in the first and succeeding periods of SPEs can be observed at these latitudes, as well, however they differ from those observed at high latitudes, when compare AEF Ez with its average value E_{za} found for quiet conditions. A typical example is for SPE on 17 May 2012. Fig. 2 shows time variations of E_z (pure line) and E_{za} (line with confidential intervals added). At the first phase (for more than 3 hours after SPE arrival) E_z is significantly (up to 17%) smaller than E_{za}. During succeeding >6 hours considerable increase (up to 38 %) of E_z occurs above the average E_{za}. Statistical analysis of eight major SPEs have shown that thus demonstrated features are common for measurements in CASLEO [4].

It is thus demonstrated that the variations of Ez around its average E_{za} are of opposite sign at high and at low latitudes: while at initial phase of SPEs $E_z >> E_{za}$ at high latitudes, and $E_z < E_{za}$, at low latitudes, in a later phase $E_z << E_{za}$ at high, and $E_z > E_{za}$, at low latitudes.

Finally, for a comparative analysis, we consider respective results at middle latitudes. Variations of AEF E_z at sea level during SPE on 11 April 2013 from measurements performed in Reading, United Kingdom (51.45°N, 0.97°W) are commented [5]. It is useful to note, for our goals, the peculiar effect which has occurred within a period of 10 minutes with the arrival of SPE: AEF E_z has changed three times its direction from the typical downward to upward; each time it has reached ~–200 V/m - much larger than its average before SPE.

Further we propose 1D modeling based on an ‘equivalent electric circuit’ in order to clarify the discussed peculiar effects of variations of AEF E_z during SPE when extra electric currents are formed in GEC. It should be noted that the previous models [7] cannot predict such variations in GEC.

1D model representation of GEC during SPE

We represent GEC in a single hemisphere (under assumption for ‘symmetry between hemispheres’) by an ‘equivalent electric circuit’ (Fig. 3) under quasi-static conditions with account of the capacitive atmosphere. Here three links for electric currents between the well conducting ionosphere at $z = Z_I = 80$ km (upper horizontal line) and earth (lower horizontal line) are included. These represent regions of: a) thunderstorms which generate current into the ionosphere (R_{TS}); b) fair-weather regions at all sub-high geomagnetic latitudes < 65° (R_{LL}); c) fair-weather regions at high latitudes > 65° (R_{HL}). Each region R is characterized by a its own profile of conductivity $\sigma_R(z)$, $0 < z < 80$ km. These profiles are adopted from [6] for R_{LL} and R_{TS} and from [3] for R_{TS} for SPE conditions. The source continuity equation $\nabla\cdot(\mathbf{J} + \mathbf{J}_{Src}) = 0$ is used, where $\mathbf{J}$ is the Maxwell current density, $\mathbf{J}_{Src}$ is the common electric current source of from the tropospheric electric generators (J_{TSrc}= const), and that created by SPE (J_{PSrc}). This source equation leads to the following system of

three equations in 1D presentation, for each region R_{TS}, R_{LL}, and R_{HL} (respective characteristics are noted in italics):

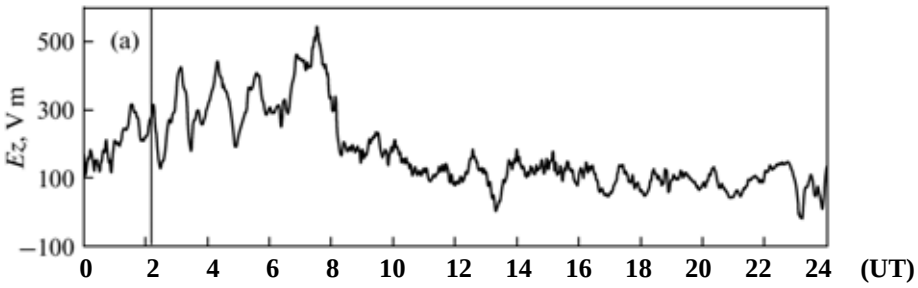


Fig. 1. Atmospheric electric field E_z in Apatity (67.3°N, 33.2°E) during SPE (*ii*) on 18.04.2001

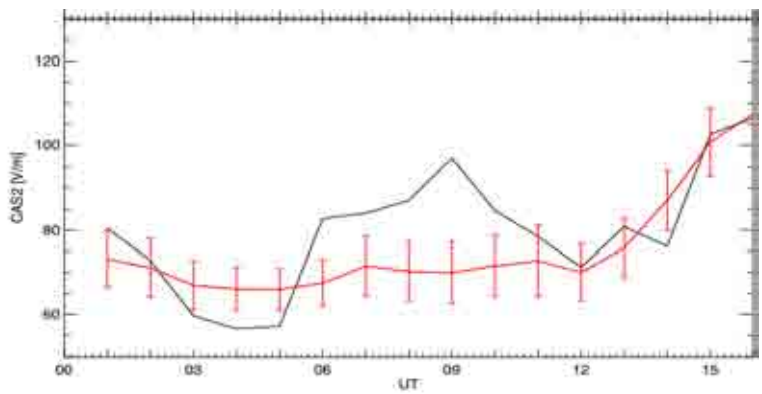


Fig. 2. AEF E_z in CASLEO (31.8°S, 69.3°W) during SPE on 17.05.2012 (pure line) compared with the average AEF E_{za} (line with hourly error bars of one standard deviation added)

(1) $$d(\sigma_R E_R)/dz + \varepsilon_0 (d^2 E_R/dz\,dt) = dJ_{R\,Src}/dz \;,$$

where the index R relates to region *R*, $J_{RSrc}(z,t)$ – source current in region *R*. The system (1) of equations for R_{TS}, R_{LL} and R_{HL} is solved under conditions:

(2) $$J_{TS}(t, z{=}0) + J_{LL}(t, z{=}0) + J_{HL}(t, z{=}0) = 0;$$

(3) $$V_{TS}(t) = V_{LL}(t) = V_{HL}(t) = V(t).$$

Here $J_R(t,z)$ is the total Maxwell current from ionosphere to surface, and $V_R(t)$ is the ionospheric-surface potential difference for *R*-th region. This last is computed as follows:

(4) $$V_R(t) = \int_0^{Z_B} J_R(t,z)/\left(\sigma_R(z) A_R\right) dz$$

$V_R(t)$ should be the same for each region *R*. We assume $J_{TSr\,c} = const$ by time. The initial condition at $t = 0$ is given by the steady-state characteristics E_R, J_R before arrival of SPE when $J_{PSrc} = 0$. Each region *R* is characterized by a unified profile of atmospheric conductivity $\sigma_R(z)$. For region R_{HL} the profile $\sigma_{HL}(z)$ is adopted from [3] for conditions of SPE (GLE) on 20.01.2005. Conductivity profile of σ_{HL} of region R_{LL} is adopted from [6] for low latitudes, and $\sigma_{TS} = \sigma_{HL}$ above $z = Z_{CT} = 6.5$ km accepted as average cloud top altitude. Between the average cloud bottom altitude $Z_{CB} = 2.5$ km and Z_{CT} $\sigma_{TS} = \sigma_{HL}/3$ to take account of reduced conductivity in clouds. Below 2.5 km $\sigma_{TS} = 2\sigma_{HL}$, to present the role of lightning discharges.

Model results

For a estimation (in terms of our simplified model) of the GEC response to SPE in its initial period of the proton flux increase up to its maximum F_{max} in time t_{max} we accept rather simplified assumptions for the flux of protons of energies >1 MeV which penetrate to the upper model atmospheric boundary of 80 km averaged for region R_{HL}, and for the current density profile $J_p(t,z)$ by termalized protons below 80 km. The respective expressions are given below.

(5) $J_p(t,z) = q_e f_p(t,z) A_{HL}$

where q_e is elementary charge. $f_p(t,z)$ is assumed to be an exponential profile, as follows:

(6) $f_p(t,z) = C_p \exp(z/H_p)$

which is determined on the height interval between z_L= 25 km and z_U = 78 km from conditions:

a) The ratio $f_p(t,z_U)$ / $f_p(t,z_L)$ is equal to the average ratio between fluxes of protons of energies >1 MeV and > 100 MeV at model top boundary, z = 80 km.

b) The total proton flux $F(t)$ at time t (integrated over the height interval $[z_L,z_B]$) is assumed here (for simplicity) to be a linear function of time: $F(t) = F_{max}t/t_{max}$. We determine it here for $F_{max}=10^2$ $cm^{-2}s^{-1}$, t_{max}=20 min, to have accordance with events *i-iii* considered above.

The scale height H_p is determined from condition *a*) as $H_p= (z_U - z_L)/\ln [f_p(t,z_U)/f_p(t,z_L)]$. Here we accept that the ratio $f_p(t,z_U)/f_p(t,z_L)$ averaged by time is = 200, to have accordance with SPE *i*)-*iii*), and obtain H_p= 8.590 km. The constant C_p is determined from condition *b*) so that the flux f_p integrated by height to be equal to the total flux $F(t)$.

The first results from the model obtained with the proposed assumptions and parameters give the next estimations for the relative maximum change (RMC, in percent) of AEF E_z at surface at both high (RMC_H) and all lower (RMC_L) latitudes, for two values of F_{max}:

F_{max}, $cm^{-2}s^{-1}$	50	100
RMC_H, %	25.3	51.4
RMC_L, %	–2.6	–5.1

These values obtained with rather idealized assumptions show that in the first SPE period of increase of the proton flux AEF significantly increases at high latitudes, and has a decrease at lower latitudes which is about one order of magnitude smaller than at high latitudes, but, nevertheless, cannot be neglected. This estimation is in accordance by the type with AEF variations observed at both latitudes at the first SPE phase. The modeled variations are much smaller than the observed ones, possibly, due to oversimplification of the model. Nevertheless, the estimations are much closer than the predictions in [7].

Understanding the global GEC response to SPEs is important for clarification links between SPEs and weather formation revealed in [8].

Conclusions:

- Synchronism between variations of atmospheric electric field E_z observed during major solar proton events at high and low latitudes takes place. While in first case E_z has initially positive changes, and then negative, opposite sign of variations takes place in the second case.
- A simple 1D model of global electric circuit based on continuity equation for electric current density is proposed to explain variations of E_z.
- The first model estimations predicts the synchronism between E_z variations at high and low latitudes, but the magnitude of variations is smaller. Development of more adequate model may be needed in order to obtain better predictions.

References:

1. Shumilov, O., E. Kasatkina, A. Frank-Kamenesky. Effects of Extraordinary Solar Cosmic Ray Events on Variations in the Atmospheric Electric Field at High Latitudes Geomag. Aeron., 2015, vol. 55, No.5, 666– 674.
2. Kokorovski, M., Sample, J. G., et al. Rapid fluctuations of stratospheric electric field following a solar energetic particle event, Geophys. Res. Lett., 2006, 33, L20105.
3. Kokorowski, M., Seppälä, A., et al. Atmosphere-ionosphere conductivity enhancements during a hard solar energetic particle event, J. Geophys. Res., v.117, 2012, A05319.
4. Tacza, J. C., Raulin, J.-P, De Juli. M.C. Solar effects on the Global Atmospheric Electric Circuit, *32nd URSI GASS, Montreal, 19-26 August 2017*
5. Nicol, K. A., G. Harrison. Detection of Lower Tropospheric Responses to Solar Energetic Particles at Midlatitudes, Phys. Rev. Lett., v.112, 2014, 225001.
6. Tinsley, B. A., L. Zhou. Initial results of a global circuit model with variable stratospheric and tropospheric aerosols J.Geophys.Res., v.111, 2006, D16205.
7. Farrell, W. M., Desch, M. D. (2002). Solar proton events and the fair weather electric field at ground, Geophys. Res. Lett., v.29, 2002, no.9, 1323, 10.1029/2001GL013908.
8. Veretenenko, S. V. Особенности пространственно-временной структуры эффектов солнечной активности и вариаций космических лучей в циркуляции нижней атмосферы, DSc.Thesis, Sanct Pertersburg University, 2017, 327 p.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

DEVELOPMENT OF NEW FUNCTIONALITIES FOR A SPACE MISSIONS SIMULATION PROGRAM SYSTEM

Atanas Atanassov[1], Lilia Atanasova[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Medical University – Sofia
e-mail: At_M_Atanassov@yahoo.com

Keywords: *computer simulation,space missions design, satellite constellations*

Abstract: *"**Observer**" has been developed - a module that provides 3D rendering of the dynamics of multiple satellites in terrestrial orbits. It is possible to launch two "observers" simultaneously, each with different parameters. The parameters of each "observer" are entered in a special dialog form. The parameters (observation point, viewing angle, coordinate system, size of the window) of each of the "observers" can be changed during the simulations.*

Complex of subroutines have been developed to generate "satellite constellations". The distribution of satellites is specific to this type of space missions – in several orbital planes with the same inclination, but with different arguments of ascending nodes, evenly spaced within the equatorial plane. The true anomalies are evenly distributed within each orbital plane with appropriate phase shift. The number of satellites and their orbital parameters are selected depending on the scientific or applied scientific tasks to be solved.

РАЗРАБОТКА НА НОВИ ФУНКЦИОНАЛНОСТИ КЪМ ПРОГРАМНА СИСТЕМА ЗА СИМУЛАЦИИ НА КОСМИЧЕСКИ МИСИИ

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

Ключови думи: *компютърни симулации, проектиране на космически мисии, многоспътникови системи*

Резюме: *Разработен е "Наблюдател" – модул, който осигурява 3D изобразяване на динамиката на множество спътници на около-земни орбити. Възможно е едновременно стартиране на два "наблюдателя", всеки от които е с различни параметри. Параметрите на всеки "наблюдател" се въвеждат от специална диалогова форма. Промяната на параметрите (точка на наблюдение, зрителен ъгъл, координатна система, размери на прозореца) на всеки от "наблюдателите" може да се извършва в хода на симулациите.*

Разработени са комплекс подпрограми за генериране на "спътникови съзвездия". За този тип космически мисии е характерно специфично разпределението на спътниците в няколко орбитални равнини с еднакво наклонение, но с различни аргументи на възходящите възли, равномерно разпределени в рамките на екваториалната равнина. В рамките на всяка от орбиталните равнини истинските аномалии са равномерно разпределени с подходящо фазово отместване. Броят на спътниците и орбиталните им параметри се подбират в зависимост от решаваните научни или научно-приложни задачи.

Introduction

Ideas for many-satellite (satellite constellations, spacecraft formation flying) experiments and their application are increased in the recent years. Advance in development of mini-satellite technology is also essential.

Complex space missions are being established on the base of conception of distributed satellite sensor systems [1, 2, 3, 4]. Such missions require the application of computer simulation based analysis and design methods. Complex multi-physics models and multi-solver applications multi-dimensional multi-parameter simulation experiments lead to the need of parallel calculations.

Previous work

Algorithms and calculation instruments for multi-satellite space mission design are under development in SRTI- BAS [5, 6]. The developed tools are included in experimental program system for space mission simulations [7]. So far, the software system has been able to simulate the dynamics of satellites in terrestrial orbits and to conduct situational analysis. Given the emerging new interesting problems related to the functional modeling of complex multi-satellite systems equipped with various service and scientific tools, there is a need for visualization in the course of simulations. Therefor tools have been developed to simulate an "observer", which shows in a window a model scene from the area where the experiment or measurement is being conducted.

Tools for modeling of satellite constellations and processes, related to the operation of service systems and scientific instruments have been developed in the last time/recently.

Development of “observer” type object

The development of an object of type "observer" is associated with the creation of a class with appropriate attributes, describing the object. A version of the class “observer” is shown on figure 1. The observer created a rectangular frame in which the observable objects are displayed. Objects of interest in terms of space mission design tasks are regions of Earth surface, satellites, and celestial objects. Appropriate calculations are required to display the objects in the observer’s window.

```
module
  type     Observer
   logical   Earth        ! To image (.true.) or not to image (.false.) the Earth.
   logical   satellites
   logical   Sky          ! To image (.true.) or not to image (.false.) the sky.
   integer   KS           ! 1- GeKS, 2- GrKS
   integer   fi,tita      ! fi- longitude and tita- latitude
   real*8    distance     ! distance to object
   real*8    l            ! coordinate of  “eye” of the observer in coordinate system

   union                  ! parameters of the windows'
     map
        integer   width,high
     end map
     map
        integer   win(2)
     end map
   end union
  end type  Observer
end  module
```

Fig. 1. Some of the possible parameters of the „Observer“ class

Формиране на изображение на Земята

3D image of the Earth globe is calculated in the coordinate system of the observer. For this purpose, a 2D raster color image (such as in Fig. 2, right) is used to form the spherical image. The image is rendered on the observer window.

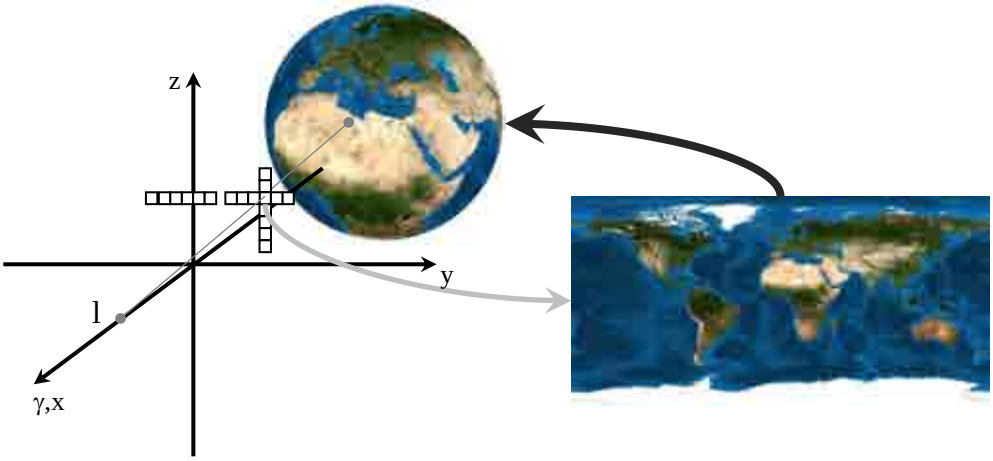


Fig. 2. Coordinates of pixels from Observer's window (m,n) determined direction of the viewing ray

The calculations of Earth's globe image are based on concept related to viewing rays, which intersects the sphere representing the Earth surface. The following equations system is used as mathematical model of this concept:

(1). $$\left\| \begin{array}{l} (x - \mathrm{C_E})^2 + y^2 + z^2 = {\mathrm{R_E}}^2 \\ x = -x_0 + \mathrm{l}.t \\ y = \mathrm{m}.t \\ z = \mathrm{n}.t \end{array} \right.$$

The first equation of system (1) defines a spherical surface with a center coinciding with the center of the Earth in the coordinate system of the observer and a radius equal to the average Earth's radius (R_E = 6371 km). The other three parametric equations determine the lines passing through two points, with coordinates (l, 0, 0) and (0, m, n) respectively (Fig. 1). Substituting x, y and z from the parametric equations in the first one and making possible transformations we obtain quadratic equation for parameter t:

(2). $$(\mathrm{l}^2 + \mathrm{m}^2 + \mathrm{n}^2).t^2 - 2\mathrm{l}.(\mathrm{l} + \mathrm{C_E}).t + \left((\mathrm{l} + \mathrm{C_E})^2 - {\mathrm{R_E}}^2\right) = 0.$$

By solving (2) we find the value of the parameter t. Returning to (1), we will find the points, where viewing ray intersects the Earth's surface, in the coordinate system of the observer. If the observer is in a geo-equatorial system (GeCS), the transformation in the part related to translation is only along the x axis. Furthermore, if the x-axis of the observer coordinate system does not coincide with the x-axis of GeCS, i.e. we have rotation of angle φ and we also have rotation of y-axis of angleλ, i.e. the observer is not in the plane of the equator and then two successive transformations are required:

(3). $$\left\| \begin{array}{l} x' = \quad x.cos\varphi + z.sin\varphi \\ y' = \quad y \\ z' = -x.sin\varphi + z.cos\varphi \end{array} \right. \quad \text{и} \quad \left\| \begin{array}{l} x'' = \quad x'.cos\lambda + y'.sin\lambda \\ y'' = -x'.sin\lambda + y'.cos\lambda \\ z'' = \quad z' \end{array} \right.$$

These transformations are sufficient for the Greenwich Coordinate System but for transformation in the Geo-Equatorial System, more transformations have to be added because of the Earth's rotation $\lambda = \lambda_0 + \omega_E.t$

Thus, the coordinates (x'', y'', z'') give the geographical coordinates of the corresponding point in the image of figure. 2. These coordinates determine the pixel of the 2D image that is displayed in the Observer window.

Simulation of satellite constellatios

Recently, there has been a growing interest of research, connected with capabilities of satellite constellations to solve remote sensing tasks on Earth and to study near-Earth space. The deployment of different sensors on satellite platforms, located in a specific way around the Earth, enables to collect information from many different points at the same moments. In addition, there are specific

configurations that allow collection of information within limited time frames that is appropriate for some tasks.

Most constellations can be classified by one of the following categories [10]:

- Walker (Delta/star) pattern constellations,
- Streets-of-Coverage constellations,
- Geosynchronous constellations,
- Elliptical Orbit pattern constellations,
- Other constellations.

The use of templates facilitates generation of satellites constellation models and also prevented constellation design's errors. This approach allowed investigating and achieving the optimum number of satellites and their distribution for particular scientific tasks. The use of templates facilitates the generation of satellite constellations models and prevents design errors.

At this stage, a preliminary version of **Walker- Mozhaev** type constellation [8, 9] was developed. In this type of constellation, the orbits of the satellites are circular and distributed in several orbital planes. An image of such satellite constellation with 890 satellites distributed in 5 orbital planes is shown on Fig. 3. The semi-major axes are 7500 km, eccentricities e = 0.01 and inclinations I = 30 degrees, respectively.

The formation an image of a satellite constellation is important, because in addition to defining the model, it will mostly be applied in simulations to present a dynamic picture a representation of dynamics. Development of the "observer" object by adding an attribute that defines the possibility of "seeing" satellite objects. Similarly, other objects located on the celestial sphere or on the earth's surface can be added.

Fig. 3. Illustration of satellite constellation

The geometric model outlined above is used to display the satellites on the observer screen (there may be two "observers"). Here, the guide vector of strait lines passing through the "eye" of the observer (located in (l,0,0)) and the satellite is determined by the coordinates of the observation point (l,0,0) and the coordinates of the satellite in the coordinate system of the observer (x_{sat}', y_{sat}', z_{sat}'). Since the equations of motion of the satellites are in GeCS, the coordinates must be transformed into the coordinate system of the "observer". The transformations of (3) are used. Initially second transformation from (3) is applied for case of rotation around the z-axis.

Thus, if the line passing through the eye of the observer and the satellite does not pierce the sphere associated with the earth's surface, the satellites are "visible" and their pixel coordinates on the observer's screen (where they are to be displayed) are calculated. If the viewing ray intersects the sphere (two piercing points), there are options for the satellite to be behind the Earth and not visible, or it is in front of the Earth and should appear on its image. For this purpose, the distances from the observer's location to the piercing points of the viewing ray with the sphere representing the earth's surface are determined. The distance to the satellite is compared to the distance to the nearest piercing point.

Parallelization of visualization algorithms in the Observer window

For more efficient use of computing resources (if more than one processor is available), the visualization of objects seen by one or two "observers" is computed based on parallelization. One thread is used for each observer. The performed experiments used the "union of pools" model [11], which in addition to pools of calculation threads can work with individual calculation threads. In this case, one

pool of threads will be engaged with trajectory calculations of satellite constellation and two threads for rendering the two Observer's windows containing the Earth was combined in one "union of pools".

Another computation experiment was also conducted in which all calculations for visualization of the satellites of the simulated constellation for the two "Observers" were combined with other calculations. In this case calculations were performed within individual computational thread in second "union of pools". Thus, two unions of pools functioned in this example.

Conclusion and future work

The approach with use the "Observer" can be applied to simulate measurements with optical instruments when designing remote observations on the Earth's surface, in addition to presented illustration of the geometry of space experiments. In this case, an "Observer"-type object is created for each optical instrument with certain parameters (viewing angle, field of view containing a certain number of pixels) on the basis of which an image is formed. Different images can be rendered on the base of the generated data from optical instruments located on different satellites, when simulate measurements in the frame of distributed sensor mission.

Developed set of algorithms and subroutines related to Walker type satellite constellation composition will be extended to cover and other type of multi-satellite systems.

References:

1. Board, S. S., & National Research Council. 2006, *Distributed Arrays of Small Instruments for Solar-Terrestrial Research: Report of a Workshop*. National Academies Press.
2. Esper, J., Neeck, S., Slavin, J. A., Wiscombe, W., & Bauer, F. H., 2003, Nano/micro satellite constellations for earth and space science. *Acta Astronautica*, *52*(9–12), 785–792.
3. Millan, R. M., von Steiger, R., Ariel, M., Bartalev, S., Borgeaud, M., Campagnola, S., ... & Klumpar, D. M., et al., 2019. Small satellites for space science. *Advances in space research*. v. 64, Issue 8, 2019, pp. 1466–1517.
4. Улыбышев, Ю. П., 2009, Проектирование спутниковых систем непрерывного обзора: краткий исторический обзор, современное состояние и новые решения. *Космические исследования*, *47*(4), 343–354.
5. Atanassov, A. M., 2014, Parallel, adaptive, multi-object trajectory integrator for space simulation applications, *Advances in Space Research,* v. 54, 8, pp. 1581–1589.
6. Atanassov, A. M., 2016, Parallel satellite orbital situational problems solver for space missions design and control, *Advances in Space Research*, v. 58, 9, pp. 1819–1826.
7. Atanassov, A. M., 2013, Program System for Space Missions Simulation – First Stages of Projecting and Realization. *Proceedings of SES,* 2012, pp. 209–214.
8. Можаев Г. В., 1968, "К проблеме оптимизации орбит спутниковых систем, предназначенных для непрерывного обзора поверхности земли", Третий Всесоюзный съезд по теоретической и прикладной механике: Аннот. докладов . М., С. 215.
9. Walker J. G., 1970, "Circular Orbit Patterns Providing Continuous Whole Earth Coverage", Royal Aircraft Establishment, Technical Report 70211. - Farnborough (England), 45 p.
10. Wertz, J. R., 2001, *Orbit & Constellation Design & Management: Spacecraft Orbit and Attitude Systems*. Microcosm Press.
11. Atanassov, At., 2015, Method of Thread Management in a Multi-Pool of Threads Environments, *Proceedings of SES,* 2014, 12–14 November 2014, Sofia, Bulgaria, pp. 241–246.

Session 2

Aerospace Technologies and Biotechnologies

Chairman: Corr. Member Petar Getsov
Secretary: Assistant Jordan Tzvetkov

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

НАСТРОЙКА НА МОДЕЛ В *"MATLAB-SIMULINK"* ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА СИСТЕМАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ

Петър Гецов, Димитър Йорданов

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: getsovp@mail.space.bas.bg; dimitar.v.jordanov@gmail.com

Ключови думи: *безопасност на полетите, моделиране, контур за управление, динамика на полета.*

Резюме: *Предложена е методика за настройка на модели на контури за надлъжно управление на леки маневрени самолети.*

ADJUSMENT OF A MODEL IN "*MATLAB –SIMULINK*" FOR RESEARCH ON A SYSTEM FOR CONTROL

Petar Getsov, Dimitar Yordanov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: getsovp@mail.space.bas.bg; dimitar.v.jordanov@gmail.com

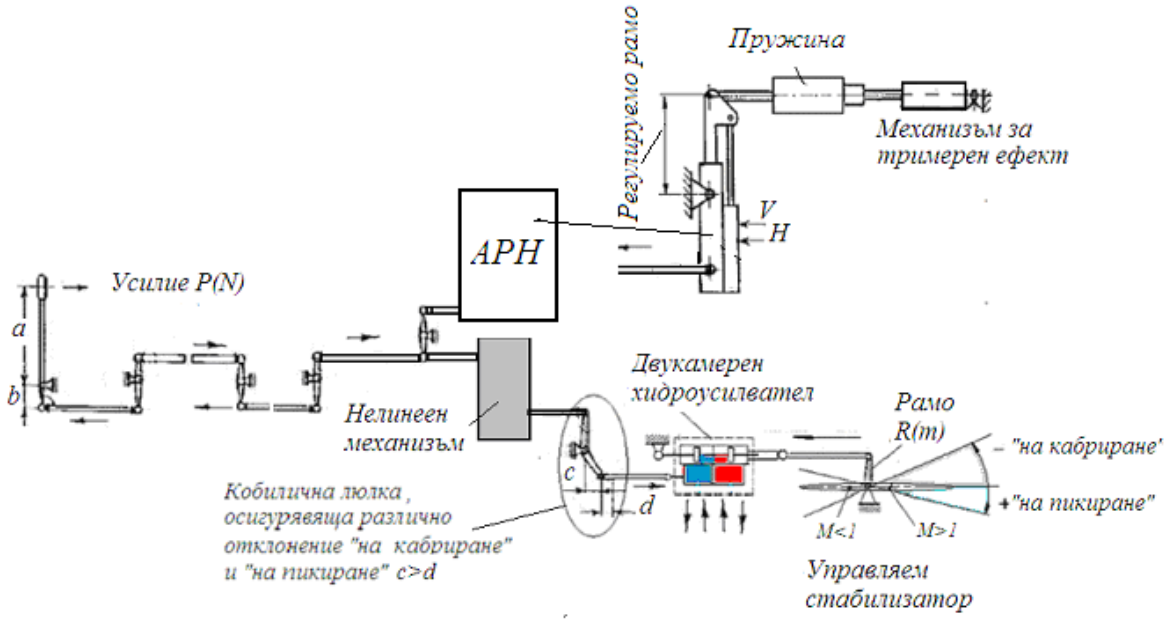
Keywords: *safety, modeling, control loop, flight dynamic.*

Abstract: *A methodology is offered for an adjustment on a model for contours for control of light maneuvering aircraft.*

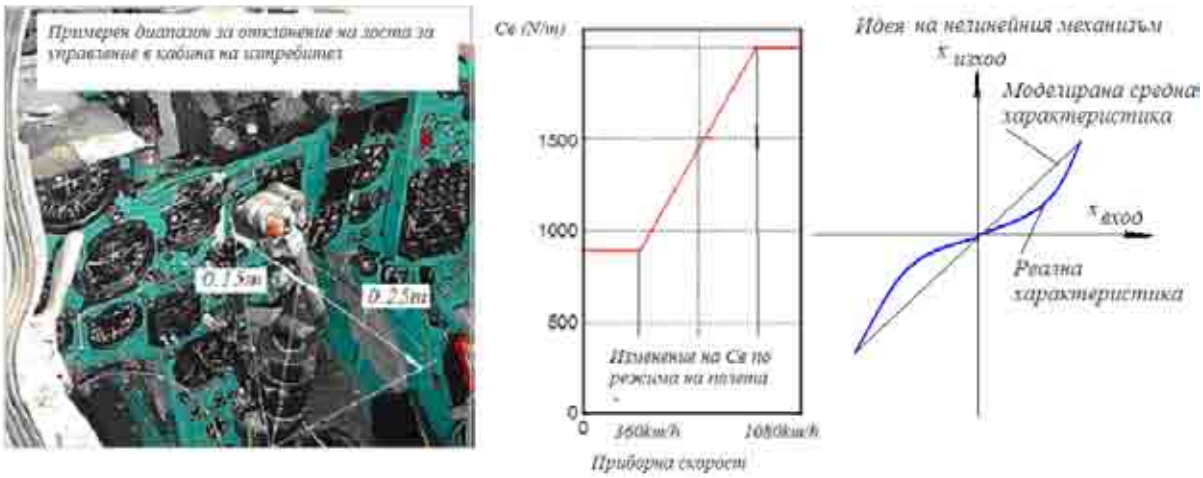
При моделиране на контури "пилот-система за управление-самолет" обикновено не са известни подробности от системата за управление. Най-много особености има в управлението на органите за изменение параметрите на надлъжното движение. Реалните хидромеханични системи за управление в този канал имат автомати, специфични детайли и често нелинейни механизми (Фиг. 1, 2 и 7). Моделирането се извършва с опростени модели на системата за управление, които отчитат най-важните свойства. Подходящ модел за това е предавателната функция на усилвателно звено $W_{СУ}(p) = \frac{k_в}{C_в} = \frac{rad/m}{N/m}$. Вход в системата за управление е усилието на пилота в нютони върху ръкохватката на лоста за управление, а изход отклонението на органа за надлъжно управление в радиани. При такъв опростен модел на системата за управление може да се получат добри резултати от моделирането дори и на случаите с регистрирана колебателна неустойчивост на контура ("разкачка", преуправляемост или по английската терминология "overcontrol"), които са свързани с откази на системата за управление (СУ) или нейни състояния, към които реалният пилот не може да се адаптира и да управлява. Главните причини за колебателна неустойчивост са или голямо предавателно число на системата за управление или малка приведена коравина на лоста за управление, които "провокират" реалния пилот (също и модела на пилота) да попадне в режим на колебателна неустойчивост, изпълнявайки програмата на полета (най-често при промяна на режимите). Към параметрите на модела, от които зависи неговото правилно функциониране спадат правилният подбор на приведената коравна $C_в$ и предавателното отношение $к_в$ на системата между ръкохватката на лоста за управление и органите за надлъжно управление. По-нататък са предложени способи за надеждно и правилно моделиране на СУ в *Simulink*.

Предлаганата методология се опира на нормите за управляемост, които всяка страна е въвела и които малко се различават.

За да се създаде дори най-прост модел на СУ, е необходимо първо да се определи предавателен коефициент $k_в$ на системата за управление в надлъжния канал. Това може да стане като се използват данните за диапазоните на отклонеие на лоста за управление и на аеродинамичните органи за управление. Става дума за среден коефициент на предавателното отношение в дименсия *"radian/m"* или *"1/m"*, защото радианът е безразмерен. Този коефициент се получава като се раздели диапазонът на отклонение на органа за управление в радиани на хода на лоста за управление в кабината в метри.



Фиг. 1. Кинематична схема на хидромеханично управление с регулируема приведена коравина на пружинно-натоварващия механизъм (АРН-автомат за регулиране на натоварването) като функция от приборната скорост $C_в = f(V_i)$ и нелинеен механизъм с $k_в = f(x_в)$



Фиг. 2. Примерен диапазон за отклонение на лоста за управление, закон за изменение на приведената коравина на пружинно-натоварващия механизъм като функция от приборната скорост $C_в=f(V_i)$ и характеристика на нелинеен механизъм

Обикновено от неутрално положение лостът за управление се отклонява напред на *0,15 m*, а назад *0.25m*, при което общо ходът от крайно предно до крайно задно положение е около *0.4m*. Диапазонът на отклонение на управляем стабилизатор най често е в границите - "на пикиране" до 8^0 , на "кабриране" до 16^0. Следователно, общо около 24^0 диапазон (средно около *0.41* радиана). При такива най-общи параметри на веригата за управление, средният предавателен коефициент на СУ е $к_в = 0.41/0.4 = 1.04$ *rad/m*, което може да се заложи в

числителя на отношението $k_в/C_в$. В зависимост от конструкцията, този коефициент $k_в$ за управляем стабилизатор може да бъде между 1..1,5 *(1/m)*. Нормите препоръчват при кормила за височина $k_в$ 1,5...2.5. Стойностите са по-големи от тези за стабилизатор защото и диапазонът за отклонение на кормилата е по-голям (над 0.5 радиана). За елероните $k_е$ = *2...2.5 (1/m)*, за педали $k_н$ = 5…15 *(1/m)*. Най-правилно при моделирането е да се използват реални данни с такива димензии.

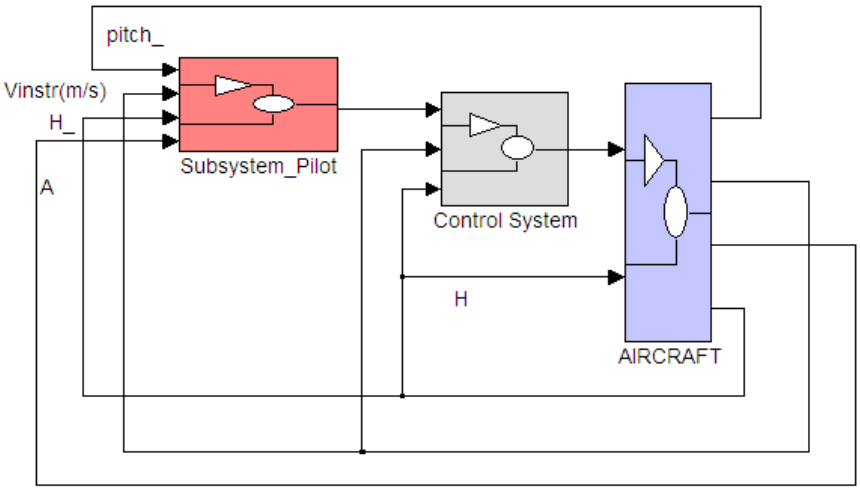
По отношение на знаменателя *($C_в$)* в предавателна функция - модел на системата за управление в *Simulink* $W_{СУ}(p) = \frac{k_в}{C_в} = \frac{rad/m}{N/m}$, в надлъжния канал има специфика, свързана с нормите за управляемост. Известно е, че свръхзвуковият (или околозвуковият) самолет е "най-чувствителен" в управлението на малки височини и околозвукови или високи дозвукови скорости *(M = 0.8...0.95)*. Там е най-малкият ход на лоста за изменението на претоварването с единица $|x_в^{n_y}|$ и най-малък реален градиент на усилието за изменението на претоварването с единица $|P_в^{n_y}|$. Надеждни данни за приведената коравина при настройка на модела в надлъжния канал за управление на този режим може да се получат като се разделят минималните абсолютните стойности, препоръчани в нормите за управляемост.

$$C_в(N/m) = \frac{|P_в^{n_y}|min}{|x_в^{n_y}|min}.$$

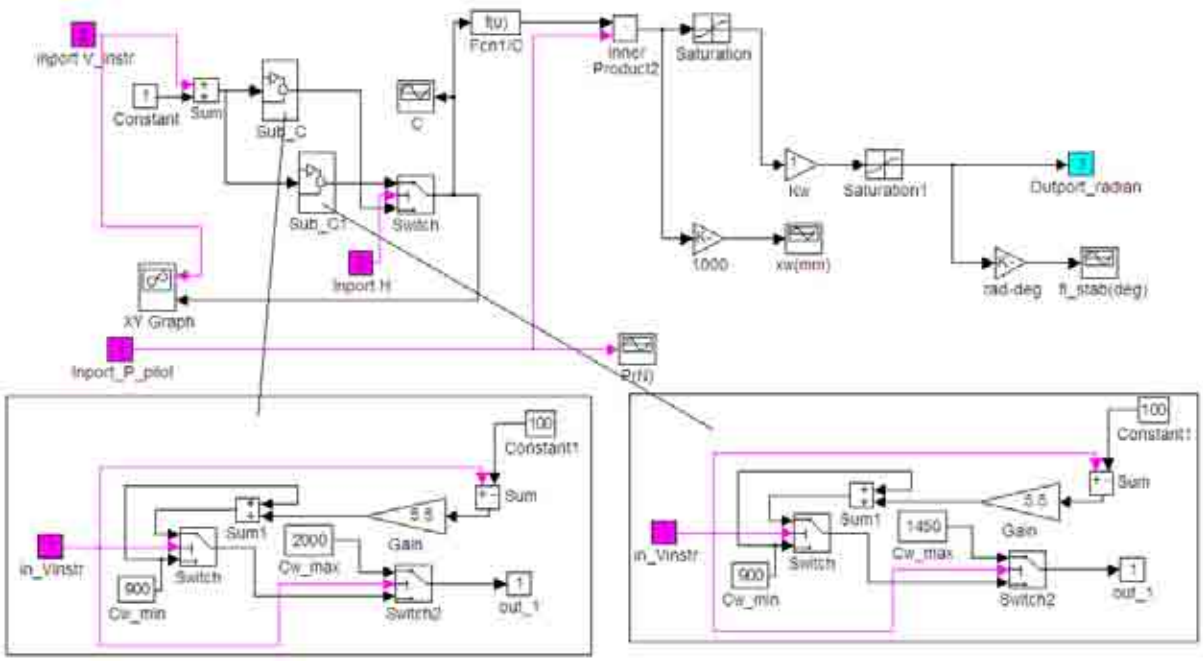
За режима с най-голяма чувствителност в управлението на маневрения самолет, системата за управление може да се моделира с $C_в(N/m) = \frac{20}{0.012} \approx 1666\,(N/m)$.

След това, на основание на препоръката, че при промяна на имитираните усилия по режима на полета с пружинно-натоварващ механизъм, те не трябва да се изменят повече от 2...2.5 пъти, може да се изчисли минималното значение на приведената коравина за малки скорости в моделирането на режимите при излитане и кацане. В разглеждания пример минималното значение на $C_в$ е в границите 666...833 N/m. Ако се работи със средните стойности на препоръчителните значения на нормативния градиент на усилието за претоварване (*30 N*), то се получава $C_{в\ макс}$ = *2500 N/m*, а $C_{вмин}$ = *1000…1250 N/m*. С такива приведени към лоста коравини на пружините от управлението, които имитират шарнирен момент, моделите работят устойчиво и надеждно, когато изследователят няма конкретни данни за моделираната система за управление. На фиг. 1 (в дясно) е показан законът за изменението на приведената коравина на пружинния механизъм, който гарантира правилното функциониране на модела и в реалните конструкции се реализира от автомати за регулиране на натоварването (АРН). Този автомат се моделира. Не се моделират функциите на нелинейните механизми, а се работи със средно предавателно число.

Общият вид на модела е показан на фиг. 3, а на системата за управление с АРН в *Simulink* - на фиг. 4.



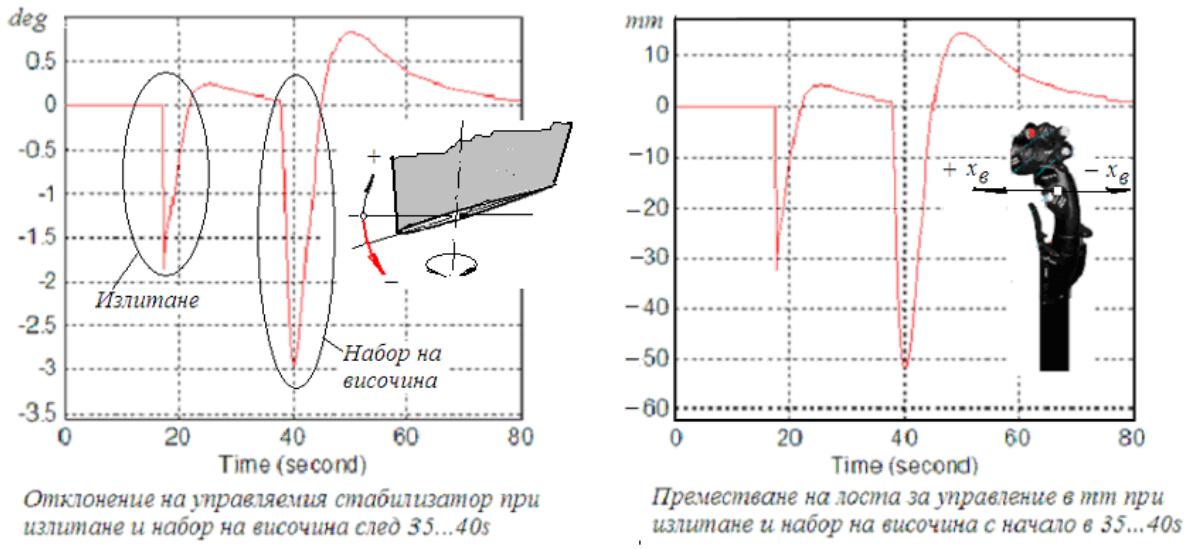
Фиг. 3. Общ вид на модела



Фиг. 4. Модел на подсистема *"Control System"* (от фигура 3) с автомат - тип АРН в *Simulink*

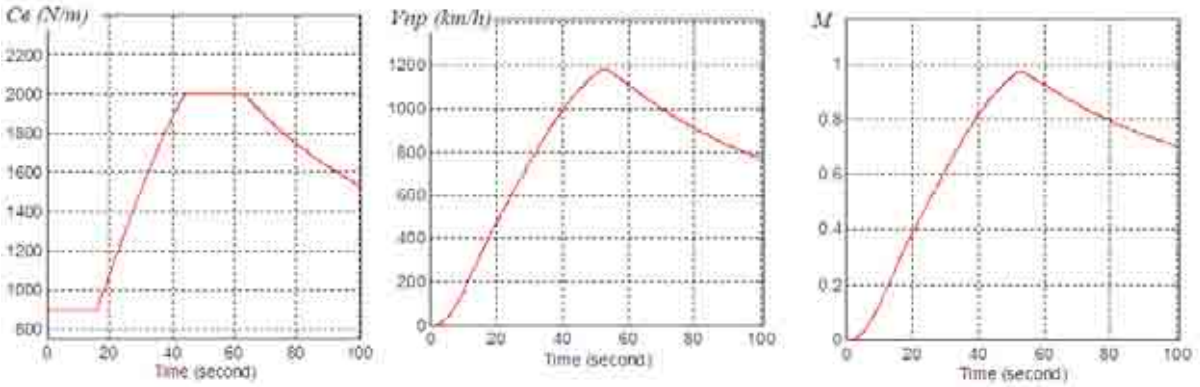
Предавателното число на системата за управление (на фиг. 4 това е усилвател *"Kw"*) е прието неизменно $к_в = 1$ *rad/N.* С такава настройка е моделирано ускорение на самолета до околозвукови скорости и са получени резултати за параметрите на полета, усилията, преместванията на лоста за управление и отклонението на управляемия стабилизатор. На фиг. 5. са показани изменението в положението на стабилизатора в градуси и преместването на лоста за управление в милиметри при моделиране на излитане с хипотетичен лек свръхзвуков маневрен самолет с управляем стабилизатор. Отрицателните стойности са за отклонения "на кабриране".

Усилията за полета, прилагани върху ръкохватката от модела на пилота, са в нормите (за "отлепването" от бетонна писта за излитане и кацане – *28N*, а за енергичен набор на височина в *35…40s -60N*).

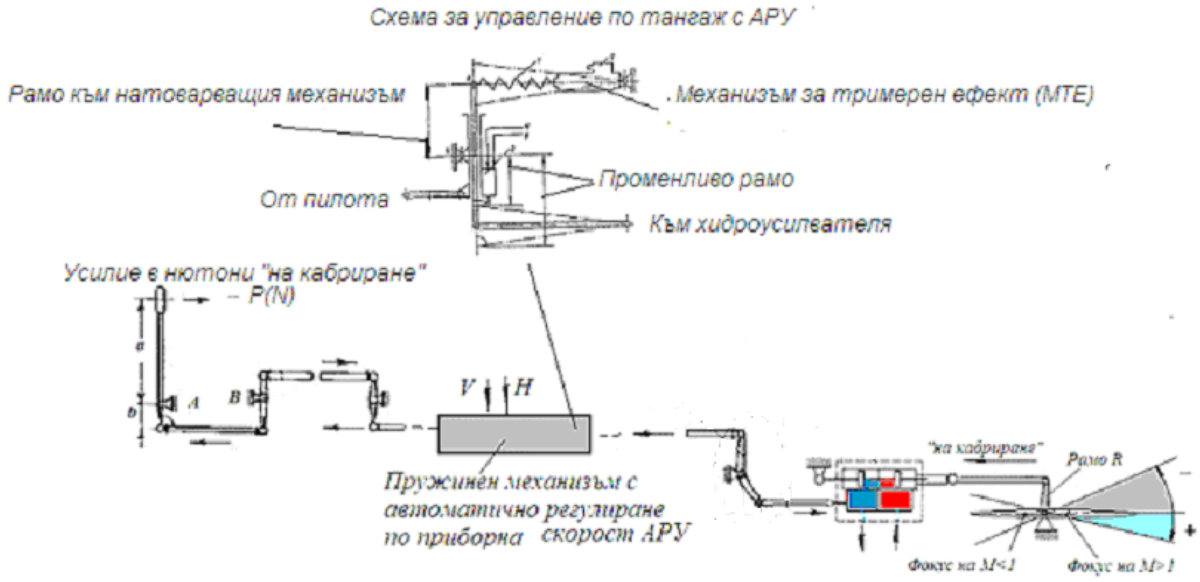


Фиг. 5. Изменение в положението на стабилизатора в градуси и преместването на лоста за управление в милиметри при работа на модела на пилота за излитане

На фиг. 6. са показани резултати от изменението на приведената коравина, приборната скорост и числото М след излитане, ускоряване до околозвукови скорости и след това намаляване на скоростта. Приведената коравина се регулира от модела на автомата за регулиране на натоварването (АРН) от фиг. 4.



Фиг. 6. Изменението на приведената коравина, приборната скорост и числото *M* след излитане и ускоряване до околозвукови скорости



Фиг. 7. Кинематична схема на хидромеханично управление с едновременно регулиране на приведената коравина от пружинно-натоварващия механизъм и предавателното число между лоста за управление и стабилизатора като функция от приборната скорост
(АРУ - автомат за регулиране на управлението)

Определеното по предложената методика предавателно число на системата за управление $к_в = 1$ *rad/m* може да се разглежда като произведение от три множителя: $к_в = K_1.K_2.K_3$. Първият множител K_1 представлява отношение на двете рамена на лоста за управление (на фиг.1 *са отбелязани с "b" и "a"*) $K_1 = \frac{b}{a}$. В реалните конструкции на централен лост за управление това отношение е около *0.2*. Третият множител се определя еднозначно от рамото на управляемия стабилизатор (на фиг.1 е отбелязано с *R*) $K_3 = \frac{1}{R(m)}$. Ако се приеме, че реалното рамо е *200 mm*, то $K_3 = \frac{1}{0.2(m)} = 5$. При такива примерни данни (в частен

случай), за веригата между лоста за управление и рамото на управляемия стабилизатор остава предавателно число $K_2 = \frac{k_в}{K_1 K_3} = \frac{1}{0{,}2.5} = 1$, което е безразмерна величина.

Ако K_1. и .K_3 са постоянни величини за реалните конструкции, то K_2 може да бъде както постоянна величина, така и променлива при наличие на нелинейни механизми или автомати за изменение на предавателното число (АРУ – схема на фиг. 7). При наличие на нелинеен механизъм K_2 *се* променя по хода на лоста. Автоматът АРУ по подобен начин на АРН може да се моделира в *Simulink.*

Наличието на механизъм за тримерен ефект (МТЕ - по електрически сигнал се мести опората на пружината) в двата автомата при експлоатация във въздуха позволява кинематичната верига след автоматите да се движи и от МТЕ (освен по традиционния способ за управление - с усилие на пилота от лоста в кабината). Това се използва в някои самолети и МТЕ влиза в комплекта на автопилота като кормилна машина. Особен случай на възможност за електро-управление с МТЕ е при прекъсване на кинематичната верига непосредствено преди автоматите (например, от попадение на снаряд или, когато се откачи тягата към автомата, идваща от страната на пилота). В описаната хипотетична сложна ситуация възможност за електрическо управление от МТЕ предлага само АРУ - пилотът може да движи управляемия стабилзатор чрез въздействие върху МТЕ. Такъв уникален случай има през 70-те години с МиГ-19 във ВВС на България. Пилотът успява да приземи самолет с разединена тяга пред АРУ, въздействайки на управлението чрез МТЕ. Преди това е извършена подмяна на АРУ и не е законтрена винтовата връзка на тягата към АРУ. След време от вибрациите винтовата връзка се разединява и накрайникът на тягата се откачва от АРУ- лостът на пилота в кабината не може да движи управлението. Връзката между АРУ и хидроусилвателя, обаче, е изправна и това позволява управлението на стабилизатора да се осъществи по електрически способ - чрез механизма за тримерен ефект. Такова управление няма най-важната за пилота вътрешна обратна връзка по усилие, но се запазва друга обратна връзка - по реакцията на самолета и това осигурява компромисно функциониране на контура за управление с команди на пилота от типа «натискане на бутон или задвижване на друг манипулатор на МТЕ». Отсъствието на усилия за управление изисква изключителен усет, опит на пилота и шанс.

Извод

От двата автомата с регулиране на параметрите от системата за управление (АРН и АРУ) по-лесен за моделиране е АРН. В експлоатационно отношение той има предимство, че не ограничава диапазона за отклонение на управляемия стабилизатор. Резултатите от моделирането показват, че моделът на системата за управление с АРН работи правилно с препоръчаната настройка. Усилията за пилотиране, преместването на органите за управление в кабината и отклонението на управляемия стабилизатор са в нормите за лек маневрен самолет. Не са регистрирани случаи на колебателна неустойчивост и при моделиране на фигурен пилотаж. Кинематично сложните нелинейни механизми, които не се моделират, допълнително подобряват характеристиките на управляемост и тяхното отсъствие при моделиране не променя общата идея на контура за управление. Хидроусилвателите се приемат с предавтелно отношение $K_{xy} = 1$ и поради голямото си бързодействие (в сравнение със самолета и пилота) не се моделират с подробности при контури «пилот - система за управление - самолет».

Статията е подпомогната от Договор КП-06-Китай/13/2018 с ФНИ.

Литература:

1. Бадягин, А. А., С. М. Егер, В. Ф. Мишин, Ф. И. Склянский, Н. А. Фомин, Проектирование самолетов, “Машиностроение”, Москва, 1972.
2. Михалев, И. А., Б. Н. Окоемов, И. Г. Павлина, М. С. Чикулаев, Н. М. Эйдинов, Системы автоматического управления самолетом – методы анализа и расчета, изд. ”Машиностроение”, Москва, 1971.
3. Marinova, N. The Risk in Aerospace Projects. Aerospace Research in Bulgaria, Vol. 30, 2018, Sofia, pp. 170–181.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

FINDING THE RIGHT TERM: FROM TELEMEDICINE TO DIGITAL HEALTH

Malina Jordanova[1], Frank Lievens[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Executive Secretary of the International Society for Telemedicine & eHealth, Belgium & Switzerland
e-mail: mjordan@bas.bg; lievensf@skynet.be

Keywords: *Telemedicine, eHealth, Digital Health, Terminology*

Abstract: *Digital technology broke the barriers between citizens and healthcare professionals making the access to medical care easier. New terms as telemedicine, eHealth, telecare, etc. emerged.*

It appears that different meaning is assigned to one and the same term, so it is not amazing that a confusion has arisen. The authors try to answer the question: What is the correct terminology?

.

ОТ ТЕЛЕМЕДИЦИНА ДО ДИГИТАЛНО ЗДРАВЕ - ПРАВИЛНАТА ТЕРМИНОЛОГИЯ

Малина Йорданова[1], Франк Ливенс[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Международно общество за телемедицина и електронно здравеопазване, Белгия & Швейцария
e-mail: mjordan@bas.bg; lievensf@skynet.be

Ключови думи: *Телемедицина, електронно здравеопазване, дигитално здраве, терминология*

Резюме: *Дигиталните технологии преодоляха бариерите между гражданите и здравните специалисти, улеснявайки достъпа до медицинска помощ. Появиха се нови термини като телемедицина, електронно здравеопазване, дигитално здраве и др.*

Изглежда, че на едно и също понятие се придава различно значение, така че не е удивително, че възниква объркване. Авторите се опитват да отговорят на въпроса: Каква е правилната терминология?

Introduction

Terminologies are medical terms and concepts used to describe, classify, and code various elements as well as to describe the relationships among them. With the wide application of information and communication technology (ICT) in healthcare, using a structured and standard terminology (nomenclature) becomes essential. More than 150 years ago the famous epidemiologist William Farr wrote:

"the nomenclature is of as much importance in this department (medical, the authors) as weights and measures in the physical sciences, and should be settled without a delay" [1].

This observation remains true today, as standard terminology is the main key to true interoperability between systems. Worldwide-accepted nomenclature ensures that shared data are interpreted correctly and can be reused. Standard terminology supports disease surveillance and cross-border healthcare services, facilitates decisions and global healthcare planning and assists patient care especially in cases when the treatment is complex and involves multiple stakeholders.

The unprecedented technological innovation that has characterized the last few decades, as well as the exponential increase of available data, have fostered the development of new terms. The World Health Organization estimates that several thousand new medical terms are created every year. This generates a huge challenge not only for the medical staff but also for all of us as patients and/or

citizens. The necessity of clear, widely agreed terminology is a must. The top reason for a standardized terminology is to speak a standardized language, as this will allow all medical professionals and citizens, all over the world to understand each other and communicate effectively. At least, until this becomes a reality, people must know what they are talking about. The need for guidance in the rapidly expanding terminology set is urgent.

This paper, as some previous publications [2, 3], provides a look at available terminology, its meaning and application in the point of intersection of healthcare and information technology.

Telemedicine and eHealth

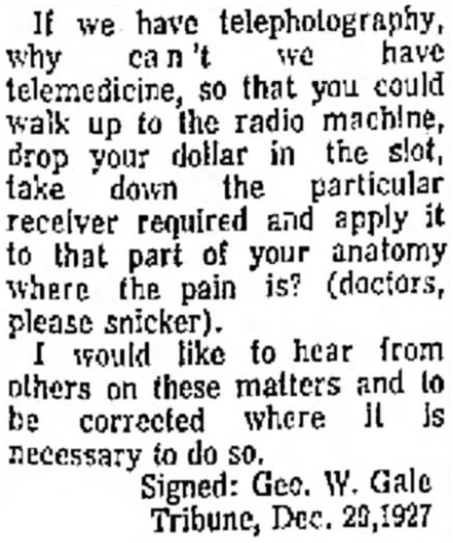
Telemedicine encompasses diagnostic, treatment and prevention processes within the frame of modern health care services. The latter are carried out primarily by means of telecommunication and computer technologies.

Telemedicine history goes back to over 150 years [4, 5].

Many authors dated the origin of the term telemedicine to 1974, referring to the article of R. G. Mark [6], despite of the fact that the "telemedical technique/technology" was used by R. L. Murphy et al. in 1970 [7]. Further historical investigations have forced us to revise this. In 2014, while working with reference sources, we found that the term "telemedicine" was used as far back as 1927!

A column of the retrospective articles and letters to the editors were published on page 47 in the newspaper "Greeley Daily Tribune", Greely Town, Colorado, USA, on November 16, 1970. They cited the story of Geo W. Gale “Wants Plane to Change Weather Here”. This information represented a rather doubtful discourse concerning meteorological changes that could be caused by planes. However, the last paragraph was of special interest as the author unexpectedly quotes the following: "If we have telephotography, why can't we have telemedicine, so that you could walk up to the radio machine, drop your dollar in the slot, take down the particular receiver required and apply it to that part of your anatomy where the pain is? (doctors, please snicker)" [8] (Fig. 1).

The cited article is from December 29, 1927. It is obvious that this material is not a scientific article. Nevertheless, we record that the term “telemedicine” was used for the first time in a publication in December 1927.


If we have telephotography, why can't we have telemedicine, so that you could walk up to the radio machine, drop your dollar in the slot, take down the particular receiver required and apply it to that part of your anatomy where the pain is? (doctors, please snicker).

I would like to hear from others on these matters and to be corrected where it is necessary to do so.

Signed: Geo. W. Gale

Tribune, Dec. 29,1927

Fig. 1. Fragment of the note with the term "telemedicine" dated 29.12.1927

For decades, there was no internationally accepted definition of telemedicine. A study published in 2007 found 104 peer-reviewed definitions of the telemedicine [9]. Recognizing this, the World Health Organization (WHO) [10–11] adopted the following broad description of telemedicine according which telemedicine is:

“*The delivery of health care services, where distance is a critical factor, by all health care professionals using information and communication technologies for the exchange of valid information for diagnosis, treatment and prevention of disease and injuries, research and evaluation, and for the continuing education of health care providers, all in the interests of advancing the health of individuals and their communities*”.

In sum, WHO has underlined that telemedicine includes four interrelated elements: (1) clinical support; (2) usage of various types of information technology thus leading to the (3) improvement of health outcomes and (4) overcoming the geographical barriers, connecting users.

With more involvement of the electronic communication systems, the major international organizations, European Union (EU), International Telecommunication Union (ITU) and European Space Agency (ESA) have officially adopted the denomination "eHealth".

"*eHealth refers to the use of modern information and communication technologies to meet the needs of citizens, patients, healthcare professionals, healthcare providers, as well as policy makers*" [12].

Ehealth provides a new method for using health resources such as information, money, and clinical services. With the time, it should help to improve the efficient use of these resources. The Internet also provides a new medium for information dissemination and for interaction and collaboration among institutions, health professionals, health providers and the public. That is why WHO underlines that eHealth is "the transfer of health resources and health care by electronic means" and incorporates three main areas:

- The delivery of health information, for health professionals and health consumers;
- The use of IT and e-commerce to improve public health services, through the education and training of health workers;
- The use of e-commerce and e-business practices in health systems management.

In 2005, the World Health Assembly recognized eHealth as the way to achieve cost-effective and secure healthcare and urged its Member States to consider drawing up long-term strategic plans for developing and implementing eHealth services and infrastructure in their health sectors.

It is necessary to mention one more term – mHealth. mHealth or "mobile health" is a component of eHealth. It involves the provision of health services and information via mobile technologies, such as mobile phones, tablet computers and Personal Digital Assistants.

Recently, the following two terms are also often used:

Telehealth & Telecare

Telehealth is the means by which technologies and related services, concerned with health and well-being, are accessed by people or provided for them, irrespective of their location [13].

Telehealth involves the use of telecommunications and virtual technology to deliver health care. The part of telehealth, requiring access only to telecommunications, is the most basic element of eHealth [14].

Is telehealth different from telemedicine? The answer is "Yes". The reason is that telehealth refers to a broader range of distant services as compared to telemedicine. Telemedicine focuses on clinical services, while telehealth may include lots of non-clinical services as for example administrative activities as meetings or management support, educational activities, training seminars, access to literature and medical knowledge, etc. Telehealth includes various forms of surveillance, health promotion and public health functions.

The second term is telecare. Telecare is the support and assistance provided at a distance using information and communication technology. This is an automatic, non-stop remote monitoring of users. It enables and supports citizens living in their own homes or in institutions. Telecare helps to minimizing risks. To fulfil its goals it relies on sensors. These sensors are either part of a telecare system and send the information to the monitoring service or a "stand along" devices that the user or the caregiver have. The latter are not connected to the community system. For example, sensors for smoke and gas or floods are part of telecare devices. In addition, telecare services may include reminders to take medicines on time, help in real time emergencies like falls, contacting help centers automatically, if and when needed; may organize quick contact with family members, doctors, emergency services, etc. It is also able to arrange home visit when needed, etc. Telecare systems are able to alarm the user for possible or emerging problems by sound alarm, flashing lights or vibration.

As the hype of telemedicine/eHealth was dying, new terms were required in order to maintain the interest in the field. Terms as pHealth (personal health) or uHealth (ubiquitous health) [15] were introduced.

Health Science Journal defines Personal Health as the ability to take care of your health by making conscious decisions to be healthy. It not only refers to the physical well being of an individual but it also comprises the wellness of emotional, intellect, social, economical, spiritual and other areas of life. Personal health care may also be provided to people those who are not able to take care of themselves such as mentally or physically disabled individuals.

Closely related to both personal health, telehealth and telecare is the concept of Ambient Assisted Living (AAL). It is focused on aging citizens and its strategic goal is help them live as

independently as possible. The AAL combines all services and devices that support independent life. The Gabler Dictionary of Economics emphasizes that AAL technologies range from automatically switching off lights to monitoring vital parameters and notifying medical staff in case of emergency. No doubt AAL is offering an important service as the life expectancy is increasing and more and more countries are confronted with an ageing society. Yet, AAL is nothing new, except on the narrow focus on the aging population.

What is Ubiquitous Healthcare? The IGI Global, the leading international academic publisher's free online dictionary describes uHealth as a "healthcare to anyone, anytime, and anywhere by removing location, time and other restraints while increasing both the coverage and quality of healthcare".

In sum, both pHealth and uHealth did not contribute significantly to the better understanding of ICT applications in healthcare. They are not widely used.

Last but not least is the term smart health. It appeared recently within the concept for the smart city. According to Blue Stream Consultancy, "smart healthcare is defined by the technology that leads to better diagnostic tools, better treatment for patients, and devices that improve the quality of life for anyone and everyone." The key concept of smart health includes eHealth and smart home [16].

During last decade, the buzzword is Digital Health.

Digital Health

Is digital health something new? What is it? No doubt, digital healthcare technologies are leading the way and their implementation is increasing. However, defining digital health is not easy as there is no consensus on its definition.

Recently, the term digital health was introduced as "a broad umbrella term encompassing eHealth (which includes mHealth), as well as emerging areas, such as the use of advanced computing sciences in 'big data', genomics and artificial intelligence" [17].

The World Health Assembly Resolution on Digital Health approved by WHO Member States in May 2018 underlined the recognition of the value of digital technologies to contribute to advancing universal health coverage (UHC) and other health aims of the Sustainable Development Goals. This resolution urged all ministries of health "to assess their use of digital technologies for health and to prioritize, as appropriate, the development, evaluation, implementation, scale-up and greater use of digital technologies..." [17].

Recent studies revealed that Artificial Intelligence (AI) and Big Data techniques contribute significantly to digital health. Their successful application is due to up-to-date computer resources and the availability of massive datasets. Both AI and Big Data can improve the management of information therefore supporting a more precise and advanced patients' treatment and supervision.

Thus, we come across the next broadly used term, the universal health coverage.

Universal Health Coverage

What is it? The concept is that UHC has to ensure that all people can use the promotive, preventive, curative, rehabilitative and palliative health services they need, of sufficient quality to be effective, while also ensuring that the use of these services does not expose the user and the family to a financial hardship. As Dr. M. Chan, underlined, while addressing the 65th World Health Assembly, in May 2012, "Universal health coverage is the single most powerful concept that public health has to offer".

UHC is firmly based on the WHO constitution from 1948, on the Health for All agenda set by the Alma Ata declaration from 1978 and on the recent declaration that health is a fundamental human right. UHC embodies three related objectives [18]:

- Equity in access to health services, i.e. everyone who needs services should get them, not only those who can pay for them;
- The quality of health services should be good enough to improve the health of those receiving services and
- People should be protected against financial-risk, ensuring that the cost of using services does not put people at risk of financial harm.

The need of UHC is due to many facts, to cite some [19]:

- At least half of the world's population still do not have full coverage of essential health services;
- > 800 million people spent at least 10 % of their household budgets to pay for health care;
- At least a billion people suffer each year because they cannot receive the health services they need;

- Annually 100 million are pushed below the poverty line because of direct payments for health;
- Only in the European Region annually >19 million people still make out-of-pocket health payments that place an enormous burden on their household budgets;
- Globally, in the next twenty years, 40–50 million new health care workers must be trained and deployed to meet the needs of world population for decent healthcare service. This goal is impossible to achieve.

UHC is a global health priority and part of the Sustainable Development Goals under target 3.8. Expectations are high concerning the impact on the health of populations across the world. Yet, it is not a panacea. Many things are not part of it. The most important is that UHC does not mean providing all possible healthcare services free of charge to the population as there is no country that can afford this. Yet, it is essential to underline that UHC is not only about ensuring a minimum package of health services. It is also about progressive expansion of health services, includes population-based services as public health campaigns, etc.

The relation between UHC and telemedicine, eHealth and digital health is presented on Fig. 2.

Moving towards UHC is a continuous journey. There is no single model or any universal successful program yet. The transition depends on the characteristics of each country or community - economic growth, available resources, government's political will and implementation capacity, degree of solidarity in society and many more. The question is not whether to implement UHC but how. One of the answers is – by applying eHealth / digital health.

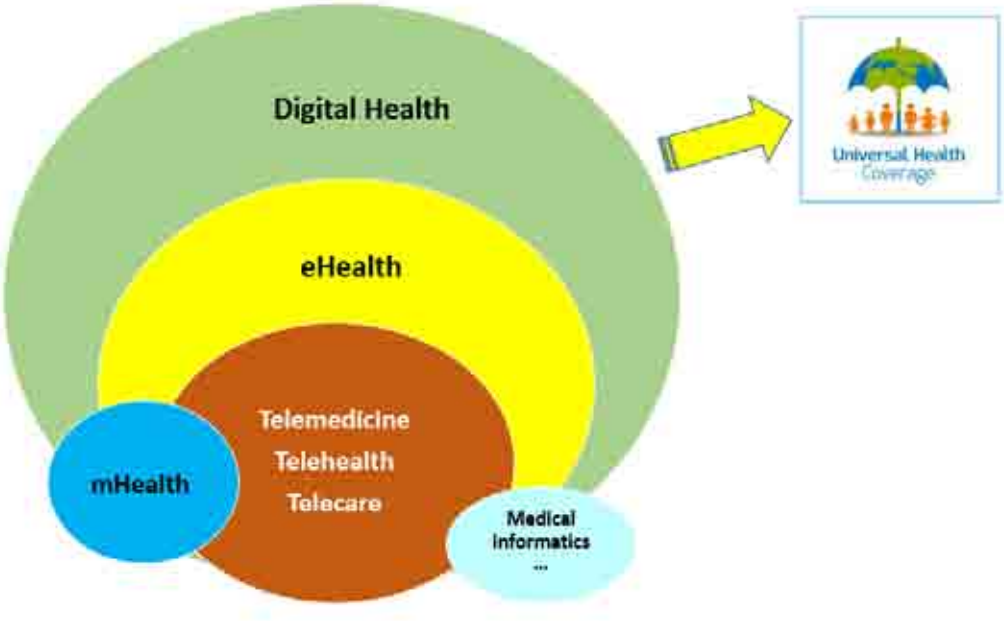


Fig. 2. Relation between terms

The Correct Terminology

What is the correct terminology? Which term to use – telemedicine or eHealth? Or, may be telehealth or digital health? To this very moment, the terminology has neither been agreed in Europe nor at worldwide level.

Paradoxically even between and within the countries from EU different terms are used to describe one and the same service. Positions differ and the preferences are usually influenced by individual experience, personal and professional viewpoints. Thus for some authors telemedicine and eHealth are synonyms. Others accept that eHealth is a broader term and includes telemedicine. A third group separate the terms, accepting that telemedicine incorporates telecardiology, teleradiology, telepathology, tele-ophthalmology, teledermatology, telesurgery, tele-nursing, etc., while eHealth comprises of e-Santé, Information and Communication Technologies in health (ICT-Health), all types of health communication services, PACS, patient information systems, e-education, e-prescription, etc.

Apart from personal preferences, there are geographical differences in the terminology use. The evolution of terms in different countries often differ. A term that is unused in one place may be ubiquitous in another. Let us cite two examples. In Europe, and especially in EU, the term eHealth is

the official one. It is part of the healthcare action plans such as the European Commission's eHealth Action Plans 2004 and 2012–2020. It is also included in number of other general legislations of the community as the EU Directive 2011/24 on Cross-border Health Care, Privacy protection Directive 95/46/EC, Arts. 8–12; eCommerce Directive; etc.

In the USA, the terms telemedicine and telehealth (recently) are predominantly used. Perhaps one of the reasons is that the American Telemedicine Association is the one that, for almost 3 decades, “coins” most of the federal and state policies. It sticks to telemedicine perhaps not only because this is the word that first appeared, but also as it is included in the name of the association.

What is the situation in WHO? Gradually, the organization is replacing telemedicine with eHealth or even digital health. The simple search at the beginning of November 2019 of WHO virtual database reveals that today eHealth is used 2.5 times more in WHO documents (356 documents) as compared to telemedicine (only 139 results).

Conclusion

Globalization and new technologies forces healthcare to enter in a period of rapid change. Although healthcare is a result of the decisions taken at the political, economic and social level, the health of the population is the pillar of development. Otherwise, social and economic improvements will not be sustainable. Health problems should be addressed and solved and innovative solutions as wide application of ICT must be explored no matter whether there is a consensus on standard terminology. Until worldwide agreement on terminology is reached, by staying abreast of new developments and coinciding terminology, people would be able to develop a nuanced understanding of the healthcare information and diminish mistakes in communication.

References:

1. Farr, W. First Annual Report of the Registrar-General of Births, Deaths, and Marriages in England. London, England, 1839, p. 99.
2. Jordanova, M. Chapter 1 – Introduction: Purpose, definitions, Statement of the situation …, ITU-D, Study Group 2, Question 2/2: Information and telecommunications/ICTs for e-health, Final Report, ISBN 978-92-61-22951-1 (Paper version), 978-92-61-22961-0 (Electronic version), © ITU 2017, Switzerland, pp. 1–10.
3. Jordanova, M., Androuchko L., Nakajima I. Terminology: Do People Really Know What They Are Talking about. In “eHealth: A Step towards the Universal Health Coverage in Developing Countries”, Eds. M. Jordanova, L. Androuchko, I. Nakajima, São Luís: EDUFMA, Brazil, 2017, ISBN 978-85-7862-711-9, https://www.isfteh.org/files/media/eBook_ISBN_VERSION_on_Nov_9_2017.pdf
4. Bashshur, R., Shannon G., History of Telemedicine: Evolution, Context, and Transformation, Mary Ann Liebert; 2009.
5. Vladzymyrskyy, A., Jordanova M., Lievens F., A Century of Telemedicine: Curatio Sine Distantia et Tempora, Sofia, Bulgaria, 2016.
6. Mark, R. G. Telemedicine system: the missing link between homes and hospitals? Mod Nurs Home, 1974 Feb, 32, 2, pp. 39–42.
7. Murphy, R. L., Barber D., Broadhurst A., Bird K. T. Microwave transmission of chest roentgenograms. Am Rev Respir Dis, 1970 Nov, 102, 5, pp. 771–777.
8. Gale G. W. Wants Plane To Change Weather Here, Greeley Daily Tribune, Greeley, Colorado, Mon, Nov 16, 1970, p. 47.
9. Sood, S. P., Negash S., Mbarika V. W., Kifle M., Prakash N. Differences in public and private sector adoption of telemedicine: Indian case study for sectoral adoption. Studies in Health Technology and Informatics, 2007, 130, pp. 257–268.
10. WHO Telemedicine: opportunities and developments in Member States: report on the second global survey on eHealth 2009 (Global Observatory for eHealth Series, 2), WHO, Geneva, Swtizerland, 2010.
11. WHO (2018). eHealth at WHO. http://www.who.int/ehealth/about/en/
12. EU Ministerial Declaration, eHealth 2003, High Level Conference, Brussels 22 May 2003. Retrieved May 21, 2011.
13. 2018/19 International Code of Practice for Telehealth Services, https://telehealth.global/download/2018-19-INTERNATIONAL-TELEHEALTH-CODE-OF-PRACTICE.pdf
14. WHO, Telehealth, https://www.who.int/sustainable-development/health-sector/strategies/telehealth/en/
15. Mars, M.; Scott, R.; Jordanova, M. Whats(h)app(ening) in telemedicine? J. Int. Soc. Telemed. eHealth. 2016, http://journals.ukzn.ac.za/index.php/JISfTeH/article/view/
16. What is Smart Health and How do People Benefit? ActiveAdvice, March 28, 2017 https://www.activeadvice.eu/news/concept-projects/what-is-smart-health-and-how-do-people-benefit/
17. WHO guideline: recommendations on digital interventions for health system strengthening. Executive summary. Geneva: World Health Organization; 2019. (WHO/RHR/19.8). Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/311977/WHO-RHR-19.8-eng.pdf?ua=1
18. WHO: What is universal coverage? http://www.who.int/health_financing/universal_coverage_definition/en/
19. WHO Fact sheet N°395, http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs395/en/

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

ПРИЛОЖЕНИЕ НА АЙТРЕКИНГА ЗА ОЦЕНКА НА ЧОВЕШКИЯ ФАКТОР ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ СИСТЕМИ

Зоя Хубенова, Константин Методиев, Светла Димитрова

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

Ключови думи: *човек-оператор, окулография, безпилотни летателни системи, обучение*

Резюме: *Дистанционно управляемите летателни системи се използват все по-често в редица военни и граждански приложения. Ролята на човека-оператор, като част от тези системи, се различава от тази на пилота в пилотиран самолет. Тази нова роля създава необходимост от промяна на изискванията към подбора и подготовката на нов клас „пилоти", които работят в командни пунктове на земята. В статията се разглеждат възможностите, които предлага окулографията (Eye Tracking) за изследване на разпределението на зрителното внимание на оператори на БЛА в процеса на обучение на полетен тренажор, включващо излитане и кацане.*

APPLICATION OF EYE TRACKING TO HUMAN FACTOR ASSESSMENT DURING OPERATION OF UNMANNED AERIAL SYSTEMS

Zoya Hubenova, Konstantin Metodiev, Svetla Dimitrova

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: zhubenova@space.bas.bg, komet@space.bas.bg, svetla_stil@abv.bg

Keywords: *Man – Operator, Eye Tracking, Unmanned Aerial Systems, Teaching*

Abstract: *Remotely controlled aerial systems are increasingly used in many military and civilian applications. Role of the human operator as part of these systems differs from that of the pilot in a piloted aircraft. This new role creates a need to alter the requirements for selection and training met by a new class of pilots operating at ground control stations. This article examines possibilities offered by the eye tracking technology to investigate distribution of UAV operators' visual attention during the training process including take-off and landing at a flight simulator.*

Въведение

В настояще време в повечето страни в света се увеличава използването на разнообразни безпилотни летателни апарати (БЛА) поради относително ниската себестойност, многофункционалност и безопасност. Разнообразни са сферите на приложението им: мониторинг при бедствия и аварии, ликвидиране на последствията при извънредни ситуации наблюдение за обекти и нефтопроводи, патрулиране в горски масиви и др. Масовото използване на БЛА доказва високата им ефективност в най-различни условия, променяйки по такъв начин фундаменталните основи на провеждането на наблюдения на Земята от въздуха.

Независимо, че в масовото си приложение дистанционно управляемите летателни апарати (ДУЛА) по същество са малки по размери, то те си остават въздухоплавателното средство. Основната задача на нормативните документи в авиацията са свързани с осигуряването и поддържането на безопасността. Приложено към ДУЛА това означава осигуряване на безопасност за всички във въздушното пространство, както за хората на земята, така и за инфраструктурата. Необходимо е да се знаят и оценяват опасностите и риска за всеки конкретен БЛА, което налага тяхната регистрация и сертификация. Така на преден план възниква въпросът, свързан с подготовката и квалификацията на специалисти за тяхното

управление и експлоатация, което води до необходимостта за създаване на центрове и школи за тяхната подготовка. Нужни са специална апаратура, отделни авиобази за провеждане на обучение и полети и специални системи за управление на групи от БЛА. Въздушното пространство е едно за всички, а ръководството на въздушния трафик придобива нови измерения и нова философия [1].

Ефективността и безопасността на такива безпилотни комплекси в значителна степен зависи от професионалните качества и подготовката на операторите в наземните пунктове за управление. От тези позиции обучението на операторите на БЛА с използването на виртуални тренажори е в основата на формиране на професионални навици за управление на летателните апарати (ЛА). Очевидно, че организацията на обучението и подготовката на персонала в безпилотните авиационни системи – пилоти-оператори, оператори на полезен товар, обслужващи специалисти, съществено влияе на безопасността и аварийността при експлоатацията им. Наложително е 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 стандарти за подготовка на оператори на БЛА. В такъв високотехнологичен отрасъл, какъвто е авиацията, основно внимание, при решаване на проблемите по безопасността, най-често се отделя на техническите средства. Но статистиката на авиационните произшествия показва, че в крайна сметка три от четири произшествия са следствие на грешки, допуснати от професионалисти с надеждна квалификация [2].

Ролята на Човешкия фактор при управление на БЛА

Независимо, че тази техника е „безпилотна”, то влиянието на човешкия фактор (ЧФ) остава в повечето случаи на катастрофи с БЛА. Взаимодействието „оператор–БЛА“ е различно за различните системи. При безпилотни системи с автоматичен полет по маршрут и кацане операторът само определя маршрута, по време на полета не се намесва в управлението и единствено контролира полета, като евентуално може да подаде команда за аварийно кацане. За безпилотни системи с възможност за ръчно управление операторът може да изменя маршрута по време на полета и да извършва различни маневри, например да излита и да каца. В първия случай безопасността зависи от надеждността на всички елементи на системата, а при втория – също от квалификацията на оператора.

Дистанционно управляемите летателни системи се отнасят към ергатичните системи (системи човек–машина). Те включват както технически елементи, така и хората, взаимодействащи с тези системи. За ефективното функциониране на такива системи е необходимо да се избират рационални начини за взаимодействие на хората с оборудването, основани на принципите на ергономията [3].

Въпросите за безопасността на БЛА във всички фази и очаквани условия на експлоатация представляват сериозен научно-технически проблем [4, 5]. Повишената в сравнение с пилотируемите ЛА вероятност от произшествия с БЛА се дължат основно на:

– ниска информативност и времева задръжка на постъпващата телеметрична информация и задръжка при предаване на командната информация от пункта за управление до борда на БЛА;

– ниско ниво на информативност на визуалната информация за въздушната и наземна обстановка;

– отсъствие на тактилна и друг вид информация, свързана с усещанията на оператора, които биха допринесли за предупреждение и своевременно ликвидиране на извънредни опасни ситуации;

– отсъствие на ефективни алгоритми за автоматично предотвратяване на извънредни ситуации;

– отсъствие за операторите на БЛА на пълна информация за обстановката във въздуха;

– отсъствие на сертифицирана система за предотвратяване сблъсък с други (пилотируеми и непилотируеми ЛА). Наличието на автоматизирана система за избягване на сблъсък с други ЛА, инженерни и други съоръжения, извисяващи се от земната повърхност, придобива особено голямо значение, понеже на отделни участъци от полета връзката с БЛА може напълно да липсва;

– операторът не рискува здравето и живота си по време на полет, а така също прави асоциации в процеса на управление на БЛА с компютърна игра;

– непредсказуеми последствия при загуба на връзка между БЛА и наземната станция за управление.

Особености на възприемане на информацията от човека в БАС

Ефективността на една ергатичната система в голяма степен зависи от индивидуалните когнитивни способности на ЧО при възприятие на информацията. Съвременните процеси на обучение се опират на понятието когнитивна образователна технология, свързана с целенасочено управление на когнитивните функции на обучаемия, такива като висшите мозъчни функции: *памет, внимание, психомоторна координация, реч, мислене, ориентация, планиране и контрол на висшата психическа дейност* [6]. Когнитивната функция характеризира способността на човека към възприятие и преработка на информация, а също използването й за координация на неговите действия.

Характерна черта от дейността на оператора в БАС е, че той е лишен от възможността непосредствено да наблюдава управлението на обектите (ЛА) и е принуден да използва информация, която постъпва при него по каналите за връзка. В случая дейността на човека се извършва не с реални обекти, а с техни заместители или имитиращи ги образи.

Наземните информационни системи са тази част от оборудването, с което операторът на БЛА непосредствено взаимодейства. Въз основа на получената информация той си създава мисловен модел на процеса за управление, с който работи при своята дейност. За това, ефективната работа на такива системи е невъзможна без детайлен анализ на отношенията в разглеждания комплекс „човек–машина“ (в случая – „ЧО/пилот–летателен апарат“). Взаимодействието на пилота с информационната система може да се представи като взаимодействие на два мощни информационни процеса, на човека и компютъра, работейки или общувайки посредством интерфейс с тясна лена на пропускане и с множество други ограничения. Повишаването на ефективността и пропускателната способност на този интерфейс е особено важна задача. Понеже е трудно да се измени човешката компонента в системата „човек – информационна система“, за създаване на ефективен интерфейс е нужно да се приспособява и усъвършенства към ЧО втората компонента – информационната система (Electronic Flight Instrument System, EFIS [7]). При това е необходимо да се знаят възможностите и ограниченията на пилота, както и да се отчитат условията на неговата работа [8].

Известно е, че 90 % от цялата информация, необходима на екипажа за професионално изпълнение на задачите, се възприема чрез очите [9]. При това е необходимо по време на полет ЧО (операторът–пилот) непрекъснато да наблюдава индикацията за различни пилотажни параметри, която е съсредоточена на екраните, даващи информация за траекторията на движение на ЛА и състоянието на апаратурата на борда. Възможното частично или пълно изменение на тази информация, предизвикана от нарушения в режима на полета или откази на техниката, изисква постоянен зрителен контрол на тези параметри, отнесени към техните зададени и пределни стойности.

Проблемът за правилното разпределение на визуалното внимание върху отделните прибори се оказва основен при осигуряване безопасността на полета на БЛА. Разпределеното внимание е способността мозъкът да реагира адекватно на различни стимули или задачи едновременно, а също и на различните ситуации, възникващи в обкръжаващата среда. Тази когнитивна способност позволява да се обработват различни източници на информация, като успешно се изпълняват повече от една задача едновременно.

Особено важна е ролята на експерименталните изследвания при оценка зрителните характеристики на ЧО (пилот) в процеса на неговото взаимодействие с визуалните дисплеи. От точността на фиксация на приборите, както и от точността на идентификация на мястото към което е насочен погледът, могат да се направят изводи за качеството на взаимодействие със системата за изобразяване на информацията, както и за ефективността на работата на оператора.

Окулографските изследвания и техните възможности за изследване на визуалното внимание на оператори

Една от новите технологии за изследване на зрителното внимание е окулографията или айтрекинга (*Eye Tracking)* – група от методи, които събират данни за движението на човешкото око и ги анализират (проследяване на окото, проследяване на погледа, окулография). Това направление се появява в края на миналия век и в момента се прилага широко, най-вече поради напредъка в развитието на технологиите, с което значително се подобрява точността на получаваните данни. Окулографията е интердисциплинарна област, включваща иновативната работата на инженери, физиолози, лекари, психолози и биолози. Това е видно и днес, когато тя непрекъснато разширява своята област на приложение като физика, антропология, психиатрия, информатика, мениджмънт, маркетинг, дизайн, картография, архитектура, неврология и др.

Трекинг (или проследяване) на очите е процес на определяне на координатите на погледа („точката на пресичане на оптичната ос на очната ябълка и равнината на наблюдавания обект или екран, на който е представен някакъв визуален стимул“). Към тази технология се отнася процесът на проследяване на позицията на окото по отношение на представеното изображение, текст или друг обект. Използването й е насочено към различни изследвания в областта на психофизиологията, лингвистиката, медицината, психологията и други области на науката, технологиите и дори в спорта.

Фиг. 1. Основни комуникационни канали на човешката дейност и движения на очите [10]

Показателите за проследяване на очните движения могат да се прилагат към различни аспекти на окуломоторното поведение в зависимост от типа на анализа. Най-често срещаните показатели се основават на фиксации и/или сакади. Фиксациите се представят като дискретни участъци от почти стабилни точки, където се взира окото. Сакадите се определят като спонтанни движения на очите между фиксациите. Сред най-широко прилаганите показатели на базата на фиксация са: брой фиксации; брой фиксации върху всяка област, представляваща интерес; общ брой фиксации; продължителност на фиксирането; обща продължителност на фиксирането; време до първото фиксиране на целта; плътност на фиксиране, повторение на фиксирането. Установено е, че тези видове показатели могат да бъдат използвани за определяне на ангажираността на наблюдателя [11].

Човек не само получава и обработва визуална информация, но по различни начини се отнася към нея. Активно познавателно отношение към възприеманото намира израз в явлението поглед – визуалната ориентация на субекта към определен елемент или съотношението на настоящата ситуация, което се проявява в съответната ориентация на оптичните оси на очите. В зависимост от степента на участие на човек в ситуацията, погледът може да бъде „смислен“ или „отсъстващ“; в зависимост от зоната на обекта на зрителното възприятие – „притъпен“ или „остър“; в зависимост от степента на натоварване на информацията – „затваряне“ или „движение“; и при невербална комуникация той може да изпълнява функцията на знак: посочва на партньора посоката на движение или предмет, чиито свойства трябва да се вземат предвид. Във всеки случай това е показател за някаква вътрешна работа на човек, за неговото текущо състояние или намерение.

В ИКИТ-БАН са доставени два вида окулографи – мобилен и стационарен (фиг. 2). Специализираните изследвания се провеждат в „Лаборатория за подбор, обучение и контрол на оператори на безпилотни летателни апарати” към секция АКСУ, като се осъществява и сътрудничество с други външни специализирани лаборатории и консултанти.

а)

б)

Фиг. 2. а) Окулограф Pupil Labs Core и б) окулограф Gaze Point GP3 HD

Таблица 1. Параметри на наличните окулографи в секция АКСУ, ИКИТ-БАН

Параметри на окулограф Gaze Point GP3 HD	Параметри на окулограф Pupil Labs Core
0.5 – 1.0 градуса точност на ъгъла на обзорното поле 150 Hz честота на заснемане Калибриране с 5 или 9 точки Позволява 35 cm хоризонтално, 22 cm вертикално движение и ±15 cm движение в дълбочина Съвместим с екрани 24“ или по-малки Съпровождащ софтуер: Gaze Point Control / Analysis / Assistant и безплатно API	Два инфрачервени светодиода SFH4050IR дължина на вълната 850 nm Две инфрачервени камери с максимална резолюция 800 x 600 пиксела и честота 30 Hz Една обзорна камера с максимална резолюция 1920 x 1080 пиксела и честота 30 Hz Безплатни съпровождащ софтуер и API: Pupil Capture / Player / Service

***Процес на айтрекинг-анализа*:** Изследваният човек седи пред монитора, който показва визуален стимул (анализираният обект може да е сайт, книга, реклама и пр., в случая флайтсимулатор). Оборудването започва процеса на калибриране за фина настройка и премахване на възможни грешки: определя се положението на лицето спрямо камерата и сензорите, изчисляват се коефициентите на отклонение. В случай на мобилен тракер, ЧО може да се движи свободно.

Движението на очите директно отразява мисловния процес на човека. Очите с известно изоставане следват точките на концентрация на вниманието на човек. Резултатите от графичните изследвания ясно показват кои точки от екрана са привлекли вниманието на оператора и кои са останали незабелязани. Регистрацията на реакцията на зеницата позволява да се определи какви емоции изпитва ЧО в момента на фиксиране (интерес, раздразнение, страх, притеснение и др.).

Алгоритъмът, използван в Pupil Player, открива зеницата в изображение, осветено от инфрачервена светлина. Алгоритъмът не зависи от отражението в роговицата и работи с потребители, носещи очила или контактни лещи.

Резултати от проведени айтрекинг–изследвания

Резултатите от изследванията могат да бъдат разделени в две категории: визуални и статистически данни. Визуализацията е от типа:

- **Топлина карта (Heat map**) - пространствена характеристика на външния вид. В зависимост от цвета, тя отразява честотата на продължителност на гледане или броя на фиксациите (от синьо към червено). Червените зони отразяват области, в които вниманието е съсредоточено повече от другите.
- **Карта на мъглата (Fog map)** – разновидност на топлинната карта. Вместо цвят, тук има прозрачност на сиво-черен фон, който покрива стимулното изображение. Много ясно отразява елементите, върху които е насочено/ фокусирано вниманието.
- **Карта за преместване на погледа (Scan Path)** – външно тя се състои от кръгове (фиксиращи точки), свързани с линии (сакади) в последователност, съответстваща на движенията на очите. Тя позволява да се отчетат времевите характеристики на погледа, както реда на поглеждане на елементите, така и продължителността на гледане - диаметърът на фиксиращия кръг зависи от времето.
- **Пчелен рояк (Bee Swarm**) – рядко се използва и се прилага при създаване на видеозапис. Представлява точки във времето, които са за всеки изпитван. Когато се събират много от тях, наподобяват „пчелен рояк“.

На фиг. 3 са показани мобилен окулограф Pupil Labs Core (ляво) и стационарен окулограф Gaze Point GP3 HD, налични в секция Аерокосмически системи за управление. На екрана на лявата снимка се вижда регистрирана от софтуерен пакет Pupil Capture сакада, получена по време на сеанс на тренажор C-Star, SimLat, Израел [12]. На екрана на дясната снимка е показана т. нар. „Fixation Map“, получена от софтуерен пакет Analysis UX, по време на сеанс на симулатор Lock On Flaming Cliffs 2, Eagle Dynamics, САЩ.

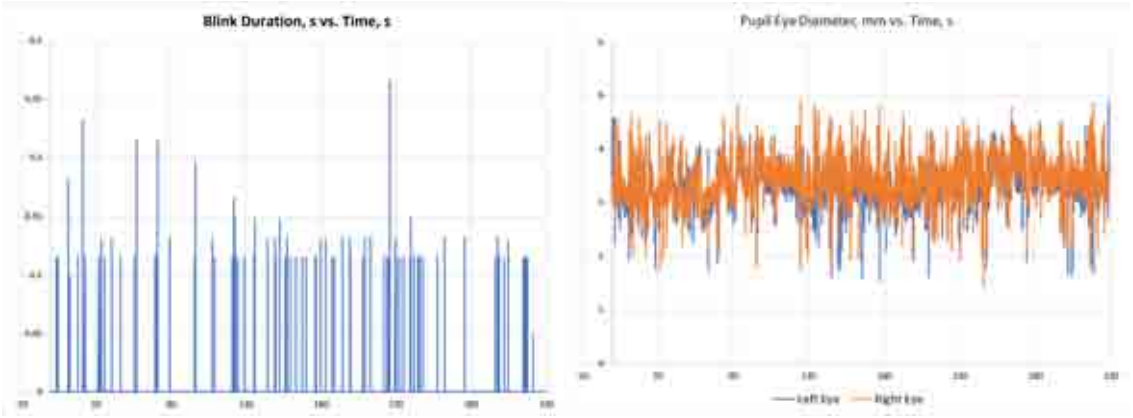
а) б)

Фиг. 3. Мобилен окулограф Pupil Labs Core (а) и стационарен окулограф Gaze Point GP 3HD (б), инсталирани на компютърна станция в секция АКСУ

На фиг. 4 е показана т. нар. „Heat Map“ или „Топлинна карта“, получена чрез окулограф Gaze Point GP3 HD по време на сеанс на симулатор Lock On Flaming Cliffs 2. Вижда се как „пилотът“ задържа погледа върху многофункционален дисплей (долу вдясно) в кабината на самолет Су-27. Топлинната карта се построява автоматично от софтуерния пакет Analysis UX.

Фиг. 4. „Heat Map“, получена с окулограф Gaze Point GP3 HD на симулатор Lock On Flaming Cliffs 2

На фиг. 5 са показани примерни физиологични данни, събрани от окулограф GP3 HD и софтуер Analysis UX, по време на полетен сеанс на симулатор Lock On FC 2. На фиг. 5а) са показани моментите на премигванията на оператора във времето и тяхната продължителност. На фиг. 5б) е показано изменението на диаметъра на зеницата за двете очи на оператора.



Фиг. 5. а) Продължителност на премигванията, s б) Диаметър на зеницата, mm

Използваните софтуерни пакети за събиране и анализ на данни провеждат задължителна калибровка преди провеждане на сеанс с всеки един от двата представени окулографа. Данните от калибровката са субективни и могат да се съхраняват. Видеозапис с използване на топлинна карта може да се наблюдава на линк [13].

Заключение

Работната среда за управление на БЛА е силно динамична и поставя специфични предизвикателства и изисквания към операторите. Например, операторите трябва да работят продължителни периоди от време при постоянно търсене на информация за ситуацията на полета. През това време, операторът „абсорбира" и обработва големи количества информация. От него се очаква бързо да оценява тази информация и да реагира по съответния начин. В същото време ЧО 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.

Много от грешките, които допускат екипажите, възникват от неправилното разпределение и пренасочване на зрителното внимание при управление на ЛА дистанционно и по прибори. В статията се предлага използването на окулографията за изучаване моделите за разпределение на зрителното внимание на оператори-пилоти на БЛА в процеса на обучение на тренажор при симулация на управление на ДПЛА. Движенията на очите носят полезна информация за процесите на централната нервна система, методите за регулиране на движенията, организацията на когнитивните процеси, състоянието на човек и неговите дейности.

Предвидените експерименти ще позволят да се потвърдят изводите:

1. Предлаганото експериментално оборудване ще позволи с необходимата точност и достоверност да се изследва разпределението на зрителното внимание на оператора на БЛА в процеса на тяхната тренажорна подготовка.

2. Очевидна е взаимовръзката между предлаганите методи за оценка на разпределението на зрителното внимание и качеството на пилотиране. Това ще даде възможност да се сравнят резултатите на групи от обучавани например на такива, които имат опит в управлението на ЛА и на начинаещи.

3. Изучаването на методите за изследване разпределението на вниманието на основа използването на ай-трекер, както и анкетиране на обучаемите, ще позволи да се направят изводи за необходимостта от разработване в бъдеще на научно обоснована методика за обучение за оптимално разпределение на зрителното внимание в различни условия и режими на полет.

Благодарности

Представеното изследване е финансирано по договор КП-06/Н27 от 11.12.2018, сключен между Фонд „Научни изследвания" и ИКИТ – БАН.

Литература:

1. Гецов, П., Т. Начев, Ванг Бо, Д. Зафиров, Высокоточные беспилотные летательные аппараты, сп. Исследование Земли из Космоса, 2019, № 1, с. 84–91.
2. Wiegmann, D. A., & Shappell, S. A. (2003). A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system. England: Ashgate Publishing Ltd, 2003.
3. ICAO: Human Factors documents, http://aviationknowledge.wikidot.com/aviation:icao-human-factors
4. Unmanned Aircraft Systems (UAS), ICAO, Cir 328, AN/190, 2011.
5. SMS за AviAtion - Ръководство за PrActicAl Човешки фактори, 2012 разрешение за безопасност на гражданската авиация.
6. Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods, CRC PRESS, edited by Neville Stanton et al., 2015 www.cpe.ku.ac.th/~jan/ergonomics/HumanFactors.pdf
7. Electronic Flight Instrument System (EFIS); https://www.theairlinepilots.com/
8. Salvendy Gavriel (Editor), Handbook of Human Factors and Ergonomics, Purdue University, Canada, 2006.
9. Wiener, E.L., & Nagel, D.C. (Eds). (1988). Human factors in aviation. California: Academic Press Inc, 1988.
10. https://svettsova.com/blogi/oculografia/
11. Bylinskii, Z, Borkin MA. Eye fixation metrics for large scale analysis of information visualizations. ETVIS Work. Eye Track. Vis., 2015.
12. https://www.simlat.com/products
13. https://www.youtube.com/watch?v=PI9iyPSQpGk

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

СВОЙСТВА И ПРИЛОЖЕНИЕ НА НЕСИНУСОИДАЛНИ ЦИФРОВИ НОСЕЩИ В СВРЪХШИРОКОЛЕНТОВИ АВАЦИОННО КОСМИЧЕСКИ РАДИОЛИНИИ ЗА ВРЪЗКА И УПРАВЛЕНИЕ

Радостина Христова[1], Зоя Хубенова[2], Антонио Андонов[1]

[1]Висше транспортно училище – София
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: *zhubenova@space.bas.bg; andonov@vtu.bg*

Ключови думи: *цифрови носещи, електромагнитни вълни, надеждност и шумоустойчивост на радиокомуникациите.*

Резюме: *В предложената работа преходът към свръхшироколентови сигнали на базата на несинусоидални цифрови носещи се разглежда, от една страна като по-нататъшно развитие на класа дискретни сигнали, а от друга като технологична реализация на пределната широколентовост на сигналите. Проведен е анализ и оценка на ефективността от използване на несинусоидални цифрови носещи в свръхшироколентови авиационно космически радиолини за връзка и управление. Предлага се и се обосновава решение на задачата за избор на вида на носещата на радиосигналите на основата на функции на Уолш в дискретните радиоканали по различни критерии и се оценява тяхната шумоустойчивост.*

PROPERTIES AND APPLICATION OF NON-SINUSOID DIGITAL CARRIERS IN ULTRA-BROADBAND AVATION SPACE RADIOLLINES FOR CONNECTION AND CONTROL

Radostina Hristova[1], Zoya Hubenova[2], Antonio Andonov[1]

[1]University of Transport– Sofia
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: zhubenova@space.bas.bg; andonov@vtu.bg

Keywords: *digital carriers, electromagnetic waves, reliability and noise immunity of radio communications*

Abstract: *In the proposed work, the transition to ultra- broadband signals based on non-sinusoidal digital carriers is considered, on the one hand, as a further development of the class of discrete signals and, on the other, as a technological realization of the marginal signal bandwidth. An analysis and evaluation of the effectiveness of the use of non-sinusoidal digital carriers in ultra- broadband aerospace radio links for communication and control. A solution to the problem of choosing the type of carrier of radio signals based on Walsh functions in discrete radio channels is proposed and justified according to different criteria and their noise resistance is evaluated.*

Въведение

Както е известно, максималната ефективност на канала за връзка се достига, когато използваните сигнали максимално съответстват на изискванията на канала. Обаче, пълнотата на това съответствие често е ограничено от много причини от теоретичен и практически характер. Ако в качеството на изходно се приеме условието, че сигналът има хармонична носеща, то проблемът за избор на сигнала се свежда до определяне на оптимална модулирана функция и метода на модулация. Това е традиционна постановка в теория на сигналите и системите за връзка. За това използваните широколентови сигнали в системите с разширен

спектър, т.е. сигналите, честотната лента на които съществено превишава лентата на предаваните съобщения, има аналогова (хармонична) носеща и дискретна (цифрова) разширяваща последователност. Аналогово-цифровата структура на широколентовите комуникационни системи се обяснява с ред причини от исторически и технически характер.

В исторически план, теорията и техниката на излъчване и разпространение на радиовълните интензивно се е развила в направление на хармоничните сигнали. Това е свързано с факта, че основни критерии на радиокомуникациите дълго време са били разстояние и надеждност на връзката, а хармоничните носещи удовлетворяват тези критерии. Изискванията по отношение на електромагнитната съвместимост, шумозащитеност, увеличаване на скоростта на предаване и други са вторични по отношение към развитието на радиоканалите с хармонични носещи. Съществено значение са имали и техническите причини, свързани с явлението резонанс, което е много удобно за селекция на хармонични колебания, както и фактът, че хармоничните колебания са собствени функции за линейни системи с постоянни параметри и при преминаване през линейни канали не изменят своята форма. За това технически много по-просто е да се построи приемник на известни по форма сигнали.

Избор на носещи в широколентови канали

Преходът към свръхшироколентови сигнали се разглежда, от една страна като по-нататъшно развитие на класа дискретни сигнали, а от друга като технологична реализация на пределната широколентовост на сигналите.

Конструктивният път към увеличаване на базата на дискретния сигнал се състои в намаляване на дължината на елементарния символ. За това задачата за избор на дискретен сигнал за шумозащитена система се решава по пътя на синтеза на сигнала с минимална дължина на символа. В този случай се осъществява преход към нестационарно излъчване (нестационарен сигнал). Нестационарността се определя от това, че формата на елементите на цифровите носещи се определя от преходната характеристика на линията за връзка. По този начин сигналът заема цялата физическа честотна лента на линията за връзка. Очевидно е, че е невъзможно да се реализира широколентов цифров сигнал с база, по-голяма от стойността $2 f_0 T_c$.

Най-целесъобразно е вследствие на простотата при физическата реализация, в качеството на цифрови носещи да се използват двоични кодови последователности, при което на символа „0“ ще съответства отрицателно ниво на сигнала, а на символа „1“ – на положително. Такъв двунивов сигнал е най-просто реализуем при използване на енергия от източник на постоянен ток.

Известни са голям брой двоични кодови последователности, които по принцип могат да бъдат използвани в качеството на цифрови носещи [1].Обаче носещата на радиосигнала трябва да удовлетворява редица специфични изисквания, основните от които са: ортогоналност, пълнота и затвореност на системата функции, балансираност, ограниченост по отношение на дължината на серията кодови символи, детерминираност, периодичност, наличие на модулируеми информативни параметри, простота на схемите за генериране и модулация и др. Посочените изисквания следват от анализа на технико-икономическата ефективност на системите за предаване на информация. Синтезът на носещи по такъв многомерен критерий за качество е свързан с принципни трудности, които се определят от невъзможността за точна количествена оценка на много важни изисквания към носещата на сигнала.

Цифрови носещи на основата на функции на Уолш

Основен критерий за избор на носещи обикновено се счита способността за пренасяне на енергия в точката на приемане. Това пряко следва от същността на различните методи за предаване на информация. Количествено този показател се определя чрез електромагнитната енергия, излъчвана в далечната зона. Анализът на решенията на уравненията на Максвел за възбуждащите токове, принадлежащи към клас цифрови функции показва, че средната излъчвана мощност може да бъде толкова по-голяма, колкото е по-голям средния брой на изменение на символите, при условие, че при всяка смяна на символ „1“ с „0“ и обратно се излъчва една и съща енергия. От тук следва, че задачата за избор на цифрови носещи се свежда до удовлетворяване на условието:

$$\begin{matrix} MaxE[i(t)],\ K_l \geq K_{0l} \\ l \in w-l,\ i \in \lambda \end{matrix}, \quad (1)$$

където λ е множеството цифрови носещи; K_l – останалите (освен $E(i)$) критерии, които трябва да се удовлетворят от носещата; w – целият брой на критериите.

Носещите, удовлетворяващи горното условие, не трябва да притежават дълги серии еднакви импулси. Анализът показва, че най-пълно горното условие се удовлетворява от меандрови функции, описвани чрез функции на Уолш, независимо от порядъка на ранжиране на критериите K_l.

Известни са различни способи за определяне и подреждане на функциите на Уолш, от които за комуникационните системи е най-целесъобразно да се използва подреждане в зависимост от броя на промените на знака (т.е. преминаване през нулата) за един период. Това позволява сравнителен анализ с хармоничните носещи, подредени по честота. Функциите на Уолш $Wal_n(T_n,t)$ с номер n и период T_w могат да се определят като произведение на функциите на Радемахер (меандрови функции) в следния вид:

(2) $$Wal_n\left(T_w,t\right)=\prod_{l=1}^{m}\left[Rad_l\left(T_w,t\right)\right]^{\alpha_l},$$

където: l е броят на разредите на числото n, записано в код на Грей; α_l – стойността на $l-тия$ разряд (нула или единица); $m=]\log_2 n[$ е номера на диадата на функцията на Уолш; $()[)$ е цялата част на числото, определяна като:

(3) $$sign\left(\sin 2^l \frac{\pi t}{T_w}\right)$$

Израз (2) определя прост алгоритъм за формиране на функции на Уолш, състоящ се в умножение на меандрови функции.

От изключително значение е, че системата функции на Уолш, както и тази на хармоничните функции е пълна и ортогонална. За това разлагането на сигналите в базиса на тези функции може да се проведе с произволна точност.

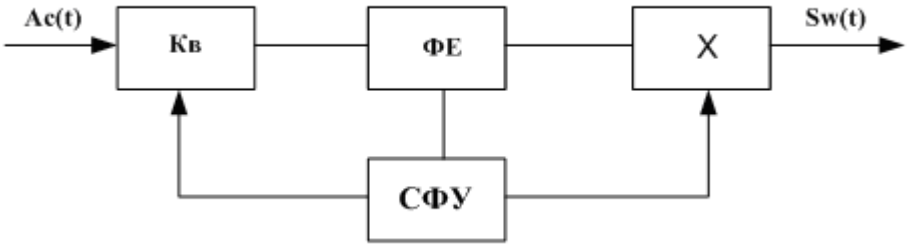
Функциите на Уолш притежават свойствата затвореност и асоциативност и тяхната средна е равна на нула. Системата функции на Уолш се състои от четни и нечетни функции [2].

За целите на сравнителния анализ на системата функциите на Уолш с двоичните кодови последователности са от значение за следните структурни свойства на функциите на Уолш. Същите е възможно да се разбият на диади (групи), които се характеризирани с числото $m=]\log_2 n[+1$, т.е. с броя двоични разряди на номера на функцията. С нарастване на номера на диадата, количеството на функциите в нея нараства в съответствие с числото 2^{m-1}. Затова те притежават свойството балансираност и са съставени от серии, съдържащи един или два символа, при което общия брой серии е $(n+1)$ за период T_w. Тези функции са детерминирани последователности, съдържащи $L_w=2^m$ символи върху период с максимална дължина. Във всеки период общия брой единици е равен на броя на нулите. Следователно, функциите на Уолш съвместно с инверсните функции представляват биортогонални кодове.

За предаване на информация е необходимо да се модулира носещата на Уолш в съответствие с предаваното съобщение. Модулираната в съответствие със съобщението носеща на Уолш се нарича сигнал на Уолш.

За сигналите с цифрова носеща са приложими всички видове модулации, характерни за сигналите с хармонична носеща. Обаче, тъй като сигналите на Уолш имат четири независими параметъра, то при използването им в качеството на носещи е възможна още и кодова модулация, т.е. манипулация в съответствие с номера на носещата. При използване на хармонични носещи такава манипулация е невъзможна.

На фиг.1 е показана структурна схема на амплитуден модулатор.



Фиг. 1. Структурна схема на амплитуден модулатор

На фиг.1 с K_B е означено квантуващото устройство (дискретизация по ниво), ФЕ е фиксиращ елемент, осъществяващ дискретизация и фиксация на амплитудите с период τ_{K_B} ,, кратен на периода на носещата на Уолш, генерирана от синтезатора ФУ.

При модулация на сигналите на Уолш по честота е необходимо да се отчете, че за разлика от хармоничните сигнали, временното положение на сигнала на Уолш и честотите му не са свързани мултипликативно.

Въз основа на гореизложеното, следва че на основата на функциите на Уолш е възможно да се създадат свръхширококолентови носещи от два вида: непрекъснати и дискретни (импулсни). Изборът на конкретния вид носещи на Уолш зависи от възможностите за използване на техните характеристики при техническата реализация на системи за предаване на информация с цифрови сигнали.

В системите за предаване на информация сигналите представляват функции, както на текущото време, така и на предаваното съобщение. Времевата зависимост определя формата, а информационната зависимост характеризира вида модулация. Ако сигналите се предават по неизкривяващ канал и се приемат единствено на фона на бял шум, качеството на приемане се определя само от вида модулация и не зависи от формата на предаваните сигнали. Както формата на сигнала, така и вида на модулацията могат да се оптимизират, т.е. да се съгласуват с даден комуникационен канал. Разработването на различни подходи за съгласуване на сигналите с канала за връзка е един от пътищата за обезпечаване на функционална устойчивост на комуникационните системи [3, 4], като се осигурява гарантирано ниво на работоспособност на системата в различни ситуации, с отчитането на статистическите характеристики на сигнала, канала и шумовата обстановка.

Заключение

Вследствие възможностите за техническа реализация, в качеството на цифрови носещи най-често се използват двоични кодови последователности. Обаче носещата на сигнала трябва да удовлетворява редица специфични изисквания, основните от които са следните: ортогоналност, пълнота и затвореност на системата функция, периодичност, възпроизводимост, наличие на модулируеми информационни параметри, простота на генерация и т.н. Анализът показва, че цифровите носещи на основата на функциите на Уолш най-пълно удовлетворяват тези изисквания и обобщаването и систематизацията на свойствата им е широко разгледано в специализираната литература.

Разгледаните достойнства на широколентовите технологии, основани на използването на цифрови носещи и сигнали на Уолш, позволяват същите да се разглеждат като перспективна алтернатива на традиционната „синусоидална“ технология, използвана в настояще време в безпроводните технологии, използвани в радиоканалите в специални комплекси за информационно взаимодействие, включително в комплексите с безпилотни летателни апарати и други комплекси на мобилната високоскоростна радиовръзка. В момента активно се използват смесени методи за модулация на сигнали на Уолш. Такава модулация е особено целесъобразна при построяването на т.нар. съвместни (многофункционални) системи.

Литература:

1. Хармут, Х. Ф., Теория секветного анализар М. Мир 1980, 577с.
2. Феер, К., Беспроводная цифровая связ, пер. С англ М.Радио и связь, 2008, 262 с.
3. Стефанова, И., Андонов А. Приложение на несинусоидални електромагнитни вълни за повишаване на функционалната устойчивост на радиокомуникации със специално предназначение. С., ВТУ. 2018.
4. Урядников, Ю. Ф. Теория помехозащищенных радиоканалов управления и связь. МО, 2001.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

ONLINE POSTFIX COMPLEX SCIENTIFIC CALCULATOR FOR MOBILE DEVICES

Svetoslav Zabunov

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

Keywords: *Online postfix complex scientific calculator*

Abstract: *Postfix calculators, based on the postfix notation (Reverse Polish notation or RPN), are widely used in different scenarios. Hewlett-Packard Company (HP) pioneered the method in handheld and desktop calculators in the late 60-ties and early 70-ties and the widely used following models with scientific and programmable features were based on the postfix notation. The first calculator employed in space missions was also an RPN pocket calculator – the HP-65 introduced in 1974 flown on the 1975 Apollo-Soyuz Test Project. Later other calculators went to space like the HP-41C and the Elektronika MK-52.*

The current article elaborates on a free pocket calculator software application that turns any smart device into a postfix complex numbers calculator benefitting from the well-established RPN approach and also from the now modern application driven smart device utilization. The software application is online, platform independent, free, no download or installation requiring, constantly evolving and meant for scientific and engineering use in the space sciences among others. The project was developed by the author of the current article during the last 13 years.

ОНЛАЙН ПОСТФИКСЕН КОМПЛЕКСЕН НАУЧЕН КАЛКУЛАТОР ЗА МОБИЛНИ УСТРОЙСТВА

Светослав Забунов

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

Ключови думи: *Онлайн постфиксен комплексен научен калкулатор*

Резюме: *Постфиксните калкулатори, базирани на постфиксната нотация (обратен полски запис или RPN), са широко използвани в различни задачи. Компанията Хюлет-Пакард (HP) е пионер в приложението на този метод в ръчни и настолни калкулатори към края на 60-те и началото на 70-те години. Първият калкулатор използван в космоса е RPN-джобен калкулатор – HP-65, създаден през 1974. По-късно други калкулатори също летят в космоса като HP-41C и Электроника МК-52.*

Настоящата статия разглежда един безплатен софтуер, симулиращ джобен калкулатор, който превръща всяко смарт-устройство в постфиксен комплексен калкулатор, ползващ добре установения RPN-подход, а също така и модерната употреба на мобилните приложения. Софтуерното приложение е онлайн, платформено-независимо, безплатно, не изискващо изтегляне или инсталация, непрекъснато развиващо се и предназначено за научно и инженерно използване в космическите науки, а и в инженерните науки изобщо. Проектът е разработен от автора на настоящата статия през последните 13 години.

Introduction

Postfix calculators are based on the postfix notation also known as Reverse Polish notation (RPN). It is a mathematical notation where the operands are preceding the operators. When implemented to a handheld calculator, the latter would need no equal “=” button, nor any parentheses “(“, “)” buttons.

Fig. 1. HP-35 introduced in 1972 was the first world's scientific calculator. It used the postfix notation. Attribution: Hweihe [CC BY-SA 3.0 (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)]

The description "Polish" refers to the nationality of logician Jan Łukasiewicz [1]. He is the Polish notation inventor (1924), while the reverse Polish notation was introduced much later – in 1954 by Arthur Burks, et al. [2]. This approach was extensively employed by Edsger W. Dijkstra in stack oriented computers.

Fig. 2. HP-65 – the first programmable handheld calculator in space used in the 1975 Apollo-Soyuz Test Project

Hewlett-Packard Company (HP) pioneered the method in handheld and desktop calculators in the late 60-ties and early 70-ties [3]. In computer programming languages that are stack-oriented, like Forth and PostScript, the method is common. The first HP calculator to employ the approach was the 9100A Desktop Calculator designed in 1968 [4]. It had only three stack levels also called three-level RPN. Through this machine the reverse Polish notation was popularized among the scientific and engineering communities. Then in 1972 it was followed by the world's first handheld scientific calculator, the HP-35 (see Fig. 1). It introduced the classical four-level RPN. The HP-35 User's Manual states *"… The operational stack and reverse Polish (Łukasiewicz) notation used in the HP-35 are the most efficient way known to computer science for evaluating mathematical expressions …"*.

The first calculator used in space missions quickly followed in 1974 – the HP-65 (see Fig. 2). It is the first magnetic card-programmable handheld calculator and became the first programmable handheld calculator to be flown in outer space when it was carried on the 1975 *Apollo-Soyuz* Test

Project. It was a backup in case of failure of the Apollo Guidance Computer. Later other HP calculators flew in space among which the most famous and most widely used is the HP-41C (see Fig. 3). It was the major pocket calculator on the Space Shuttle programme [5]. During the early 80-ies, the times when the Space Shuttle's first flight took place in 1981, computer technology had advanced rapidly and was already highly miniaturized. NASA purchased the HP-41C programmable pocket calculator and loaded it with a variety of software for use by the Space Shuttle crew. Only a few minor changes were administered like adding Velcro strips to the case and removing some parts that might emit gases during flight.

Fig. 3. HP-41 in space. Top-left: HP-41CV owned by S. Zabunov, Top-right: Sally Ride with several HP-41 aboard the Space Shuttle (Photo courtesy of NASA), Bottom-left: Astronaut Gordon Fullerton aboard Columbia on the last flight, using his HP-41 (Photo courtesy of NASA), Bottom-middle: A NASA technician in the Space Shuttle Simulator stores the HP-41C Calculator in a special pouch in the astronauts' flight suit. (Photo courtesy of NASA), Bottom-right: A Space Shuttle launch. (Photo courtesy of NASA).

HP-41C was introduced in 1979 and costed only $295, so NASA purchased a large number of them for the members of the crew. HP-41C was used by astronaut Sally Ride and several other astronauts on a total of nine Shuttle missions. Fig. 3 top-right shows astronaut Ride on the Challenger flight of June 1983. Each calculator weighs about 200 g, measures 14 cm x 7.5 cm x 3 cm, and has its own primary batteries or secondary batteries that do not require often recharge thus being independent of the Shuttle's main power supply. NASA eventually replaced these calculators with more sophisticated personal computing devices, including laptop computers, for the Shuttle crews.

A Soviet-made scientific postfix calculator also flew in space. The Elektronika MK-52 went spaceborne in 1988 on the "Soyuz TM-7" mission [6, 7] where it was a backup computer for the calculation of the landing trajectory in case an on-board computer failure (see Fig. 4).

Fig. 4. Elektronika MK-52. The first Soviet programmable postfix calculator used in space flown on the “Soyuz TM-7” mission.

The Complex Postfix Scientific Calculator – Online Application for Mobile Devices

During the last 13 years the author was constantly developing and improving a software application. This is a complex postfix scientific calculator meant for space scientists and engineers, but also helpful to any scientist in need for a pocket calculator with RPN notation working with complex numbers. The software is free. It is also platform independent and requires no download nor installation steps. These features place it ahead of any existing mobile device app that does require download and installation, and in the general case is not platform independent.

Fig. 5. The postfix complex scientific calculator application opened on a smartphone. Hosted at http://ialms.net/calcp/ with free access.

The requirements to run the calculator on a given device are minute: the user really needs a device that can run a modern HTML5 web browser. This could be a mobile smart phone, a tablet, a laptop, a smart TV, a desktop computer, etc. Once the URL, hosting the calculator (http://ialms.net/calcp/), is opened, the application will start and will turn the device into a calculator. A small sized smartphone (see Fig. 5) is the most suitable solution because once loaded the application will turn the smartphone into a pocket-sized handheld postfix complex scientific calculator.

The calculator was conceived for applications in the radio-engineering, electrical engineering and theoretical mechanics fields. As we all know, radio- and electrical engineers are in constant need for complex number calculations. Writing software for each task is a solution, but often this path is an overkill as certain problems need a few non-repeatable complex number calculations that a pocket calculator can do quickly and without programming effort. Also, the smartphone is in most times with us anyway, in contrast to a laptop computer that we may not carry around at all times.

The calculator software uses a 5 registers stack and 100 registers memory (see Fig. 6). It also supports most well-known and widely used scientific mathematical functions and new function are added constantly. This article is not aimed at being a user’s manual, hence no work shall be done on

describing all calculator features. The philosophy of the project is what matters. User's manual will be soon posted online and accessible freely by any visitor from around the world.

Fig. 6. The postfix complex scientific calculator user interface

Finally, an example of a typical application shall be disclosed. In Fig. 7 an engineering circuit is shown comprised of passive resistive and reactive components and an ideal voltage source. Let's assume we need to calculate the voltage across the resistor R. Taking into account the frequency of the ideal voltage source we first compute its angular velocity and store it in the memory register M00:

(1) $\omega = 2\pi f = 62.83$ rad/s, in RPN: `[2] [π] [1] [0] [×] [×] [M00].`

Then we obtain the complex impedances of the passive components and store them in memory:

(2) $ZC_1 = -j / (\omega C_1)$, in RPN: `[j] [CHS] [MR00] [÷] [M01]`
(3) $ZC_2 = -j / (\omega C_2)$, in RPN: `[0] [.] [5] [÷] [M02]`
(4) $ZL_1 = j\omega L_1$, in RPN: `[j] [MR00] [1] [0] [×] [×] [M03]`
(5) $ZP = ZL_1 \parallel ZC_2 \parallel R$, in RPN: `[MR02] [1] [0] [X‖Y] [X‖Y] [M04]`
(6) $ZT = ZP + ZC_1$, in RPN: `[MR01] [+]`

We notice that the voltage across the resistor is the voltage across the group of the three parallel components L_1, C_2 and R. Then we divide the voltage by the total impedance to obtain the current and finally we multiply the current with the ZP impedance obtaining the voltage across the resistor:

(7) $I1 = V1 / ZT$, in RPN: `[1] [0] [X<>Y] [÷]`
(8) $VR = I1 * ZP$, in RPN: `[MR04] [×]`

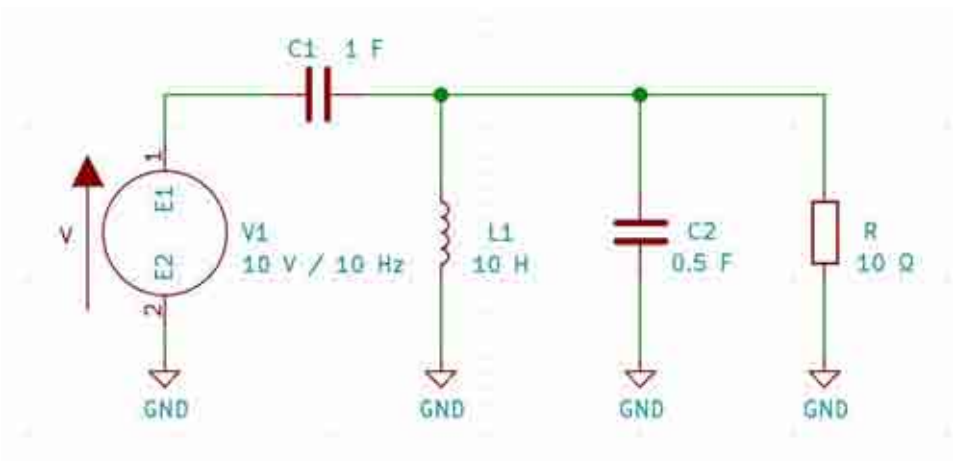


Fig. 7. The schematic diagram of a problem easily computable with the help of the complex scientific calculator

Conclusions

The everyday mathematical calculations, an engineer needs to do, often include one-time operations and require no programming, but a pocket calculator. On the other hand, complex number computations are essential in a number of scientific fields and further a postfix calculator notation is of great help in these cases due to its ease of use. The proposed software application successfully turns any smartphone into a pocket handheld complex postfix scientific calculator and does it for free.

References:

1. Łukasiewicz, Jan (1957). Aristotle's Syllogistic from the Standpoint of Modern Formal Logic. Oxford University Press. (Reprinted by Garland Publishing in 1987. ISBN 0-8240-6924-2)
2. Burks, Arthur Walter; Warren, Don W.; Wright, Jesse B. (1954). "An Analysis of a Logical Machine Using Parenthesis-Free Notation". Mathematical Tables and Other Aids to Computation. 8 (46): 53. doi: 10.2307/2001990. JSTOR 2001990.
3. Peterson, Kristina (2011-05-04). "Wall Street's Cult Calculator Turns 30". Wall Street Journal.
4. Monnier, Richard E. (September 1968). "A New Electronic Calculator with Computerlike Capabilities" (PDF). Hewlett-Packard Journal. Palo Alto, California, USA: Hewlett-Packard. 20 (1): 3–9. Retrieved 2016-01-03.
5. Keith Jarett (1998). "HP 41 in Orbit," Personal Computing (October/November 1984), pp. 50-54. PC August 1998.
6. Sergei Frolov (2015). Bugs, Undocumented and Interesting Features of Soviet Calculators http://www.leningrad.su/b334/undocale.htm
7. Viktor T. Toth (2017). *R/S Programmable Calculators*. http://www.rskey.org/mk54
8. Agate, Seb J.; Drury, Colin G. (March 1980), "Electronic calculators: which notation is the better?", Applied Ergonomics, Department of Industrial Engineering, University at Buffalo, State University of New York, USA: IPC Business Press, 11 (1): 2–6, doi:10.1016/0003-6870(80)90114-3, PMID 15676368, 0003-6870/80/01 0002-05, archived from the original on 2018-09-22, retrieved 2018-09-22
9. Hoffman, Errol; Ma, Patrick; See, Jason; Yong, Chee Kee; Brand, Jason; Poulton, Matthew (1994), "Calculator logic: when and why is RPN superior to algebraic?", Applied Ergonomics, 25 (5): 327–333, doi: 10.1016/0003-6870(94)90048-5
10. Ball, John A. (1978). Algorithms for RPN calculators (1 ed.). Cambridge, Massachusetts, USA: Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-03070-8

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

WEIGHING SCALES DESIGN FOR BALANCING LONGITUDINALLY AN UNMANNED AERIAL VEHICLE

Konstantin Metodiev

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

Keywords: *Wheatstone bridge, microcontroller unit, unmanned aerial vehicle*

Abstract: *In the paper hereby, an exemplary design of weighing scales is proposed. The device has been designed for figuring out mass center longitudinal coordinate of a remotely controlled aircraft. The device essentially comprises a load cell including a Wheatstone bridge with strain gauges and a 24-bit analog to digital converter interfacing a data logging microcontroller unit. The load cell design was investigated by means of Autodesk Inventor and Finite Element Analysis was carried out further in order to find an area with maximum equivalent strain. This area is considered best suited to mounting the strain gauge. The calibration stage was subsequently performed in order to get the device response in terms of etalon weight values.*

The project goal is to examine the weight scales response thoroughly so as to make use of them on the unmanned airplane available in the department of Aerospace Control Systems.

ПРОЕКТ НА ВЕЗНИ ЗА НАДЛЪЖНА БАЛАНСИРОВКА НА БЕЗПИЛОТЕН САМОЛЕТ

Константин Методиев

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

Ключови думи: *Мост на Уитстон, микроконтролер, безпилотен самолет*

Резюме: *В настоящата статия е предложен примерен проект на авиационни везни. Везните са проектирани за определяне на надлъжната координата на масовия център на безпилотен самолет. Устройството представлява динамометър, включващ мост на Уитстон с тензометричен възприемател и 24-битов аналого-цифров преобразувател, който е свързан с микроконтролер за събиране на данни. Динамометърът беше изследван в среда Autodesk Inventor и анализиран по Метода на крайните елементи, за да се намери област с най-голяма деформация. Тази област се счита най-подходяща за монтаж на чувствителния елемент. В последствие беше извършена калибровка, за да се намерят показанията на устройството за различни еталонни тегла.*

Целта на проекта е да се изследва подробно устройството на динамометъра, за да се използва на безпилотен самолет, наличен в секция „Аерокосмически системи за управление“.

Introduction

The paper hereby outlines yet another approach towards working out a solution to the problem of aircraft longitudinal balance. The mass center longitudinal coordinate is among the most important flying and maneuvering characteristics of an aircraft. The aircraft is said to be longitudinally stable in terms of the load factor value if the mass center is located ahead of the aerodynamic center. This condition ensures that the airplane might be trimmed during flight and able to fly along a straight path with hands off controls. The mass center location varies within certain limits. If it is too far aft, the airplane will be sensitive to applied controls and difficult to be brought back to longitudinal equilibrium. On the other hand, if the mass center is too far forward, the airplane will be excessively stable and difficult to pitch up/down which might be dangerous during take-off and landing.

The presented study aims at coming up with an easy-to-build tool in an effort to estimate the longitudinal coordinate of the aircraft mass center.

Materials and methods

The experimental setup is depicted in Fig. 1. It consists of three weighing scales placed right beneath the airplane tires. The scales are connected to a manifold box containing a signal conditioning unit, an analog to digital converter, and a microcontroller unit solely interfacing a PC. Not only does the PC store data but it also works out a solution to the statistical problem and (optionally) displays a graphical interface for the technician to figure out longitudinal coordinate of the mass center in real time and adjust the payload weight and placement if necessary.

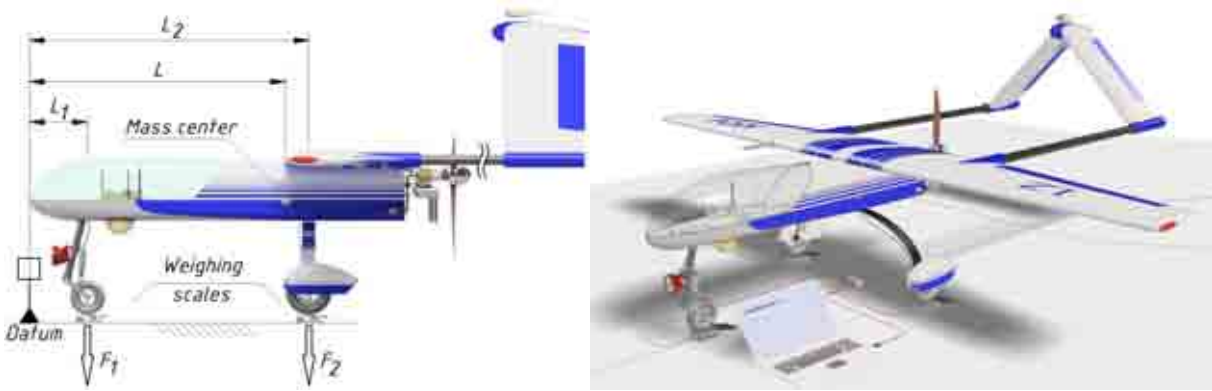


Fig. 1. Forces and distances layout (left) and the experiment outline

Having taken scales measurements, is becomes possible to obtain the mass center longitudinal coordinate by working out a solution to the equation:

$$L = \frac{\sum_i L_i F_i}{\sum_i F_i} \quad , \tag{1}$$

which essentially gives how many times the total weight goes into the first moment of inertia. There is no obligatory site at which the datum is to be put up. Instead, a suitable place must be selected that will not change during lifespan of the aircraft, [1], for instance the canopy tip, Fig. 1. Then, for each measured weight, following exemplary table might be written down, [2], in accordance with formula (1) and Fig. 1. It is assumed that the aircraft has been initially balanced in lateral direction.

Table 1. Exemplary computations according to Fig. 1

Weight, kg	Arm, m	Torque, kg.m	Mass Center, m
F1 = 5.5	L1 = 0.5	L1*F1 = 2.75	
F2 = 25	L2 = 1.5	L2*F2 = 37.5	
F2 = 25	L2 = 1.5	L2*F2 = 37.5	
ΣF = 55.5		Σ(L*F) = 77.75	L = 1.4

In Table 1, two main wheels have been taken into account, which is the reason why the torque L_2*F_2 is computed twice. The weighing scales placement is depicted in detail in Fig. 2.

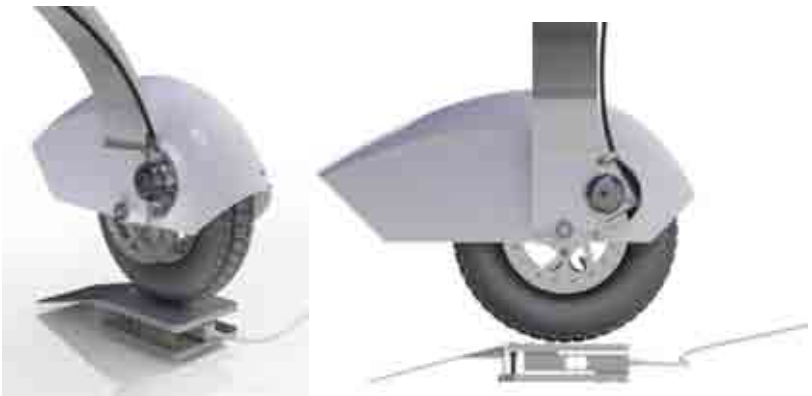


Fig. 2. Load cell mechanical design placed beneath the airplane main wheel

The project circuit is depicted in Fig. 3. It comprises following units: an active half-bridge, a 24-bit ΣΔ analog to digital converter (ADC) HX711 [3], ATmega644P microcontroller unit (MCU) [4], and MAX232 serial data converter (TTL – RS232) interfacing a PC. The bridge circuit includes two fixed resistors and two gauges of 1 kΩ each. The bridge output is converted by the HX711 ADC. A proprietary serial communication protocol is used to establish communication between the ADC and the MCU. The source code is published in the Appendix section.

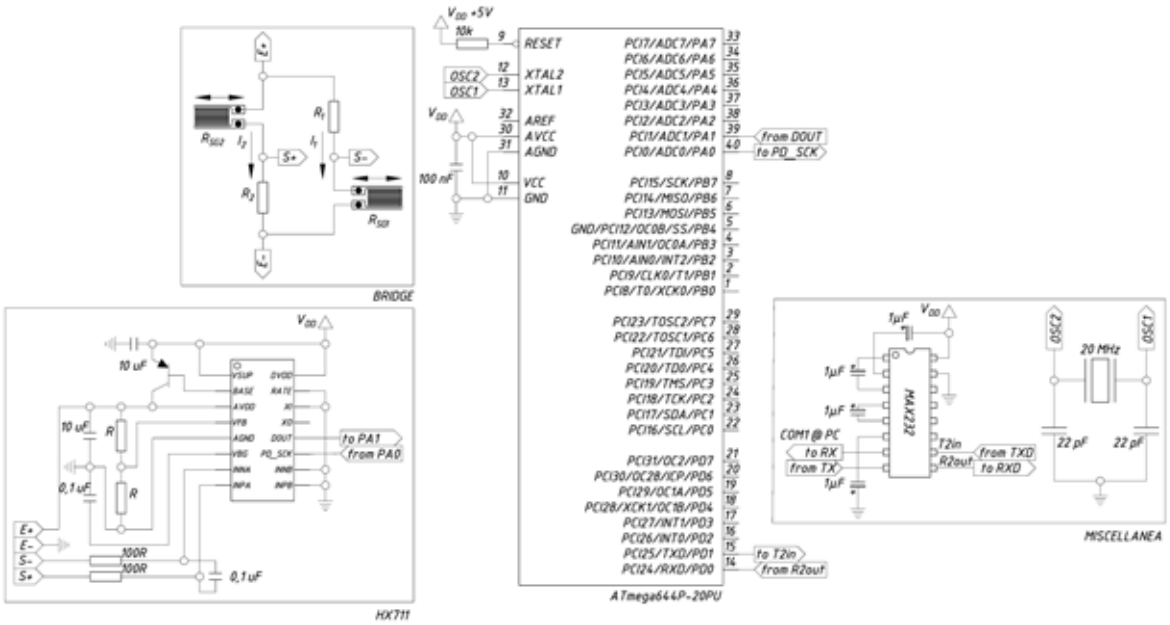


Fig. 3. Project schematics

The Wheatstone bridge analysis aims at working out value of the voltage difference $V^+ - V^-$ according to Fig. 3. For currents which flows through each leg (see the bridge section) it might be written that

(2) $$I_1 = \frac{AV_{DD}}{R_1 + R_{SG1}} \quad I_2 = \frac{AV_{DD}}{R_{SG2} + R_2}$$

and voltage drops across resistors R_2 and R_{SG1} are

(3) $$V_2 = I_2 R_2 \quad V_{SG1} = I_1 R_{SG1}$$

Hence, after substituting for currents I_1 and I_2, it yields

(4) $$V^+ - V^- = AV_{DD}\left(\frac{R_2}{R_2 + R_{SG2}} - \frac{R_{SG1}}{R_1 + R_{SG1}}\right)$$

In order to balance the bridge, the following requirement must be met $V^+ - V^- = 0$ which implies

(5) $$\frac{R_1}{R_{SG1}} = \frac{R_{SG2}}{R_2}$$

The proposed bridge configuration is called “half bridge.” It is twice as sensitive as the quarter bridge. Both gauges are mounted on opposite sides of the load cell so as to experience equal loads with different signs. In this way, tensile stress is applied to one gauge whilst compression stress is applied to the other. The adopted idea is depicted in following Fig. 4.

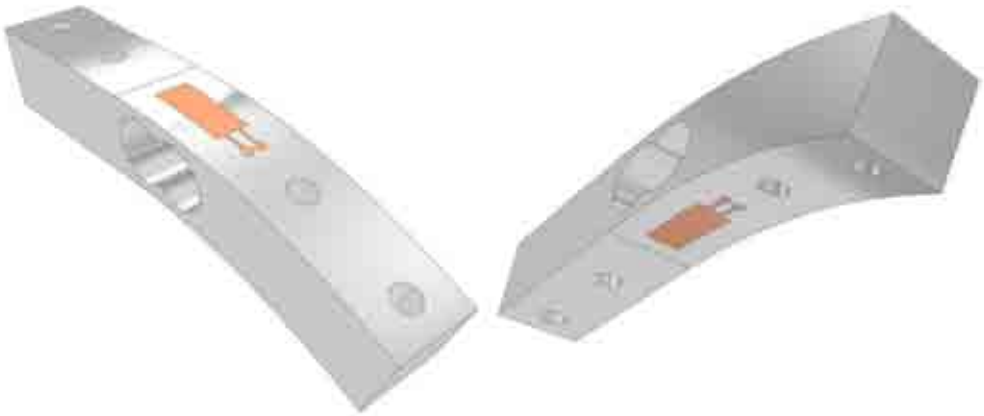


Fig. 4. Strain gauges placement onto the cell in half-bridge configuration

A Chinese load cell YZC-133 with load span of 10 kg was used in the current study. The cell outline is depicted in Fig. 5. The overall dimensions are 13 mm/13 mm/80 mm. In order to find out a spot best suited for mounting the sensing element, a finite element analysis (FEA) was carried out by means of a FEA tool readily available in Autodesk Inventor. The strain/stress relationship was obtained in order to figure out an area with maximum strain. The area is considered the most suitable place where the gauge is to be placed. In Fig. 5, the computational mesh is visible, so are the applied force and the fixed constraints.

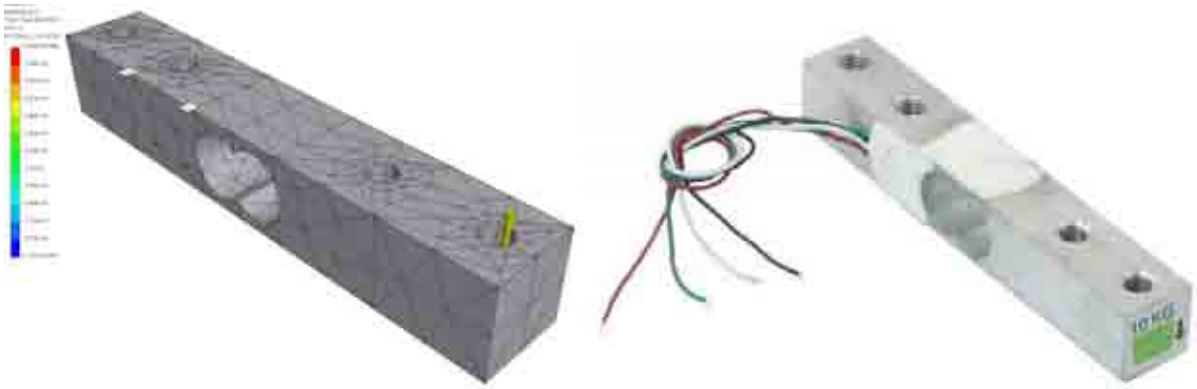


Fig. 5. Computational mesh over a load cell YZC-133 (left) and the prototype itself

The calibration procedure was performed as follows. For purpose of comparison, a weighing scale with accuracy of ± 2.5 gram was used as a reference gauge. A number of fixed weight values were delivered in succession and the output ADC values were logged afterwards. Then, a regression line was fitted to the observed data previously assumed to have been normally distributed. For this reason, no less than 30 measurements must have been taken for each etalon weight. Histogram were drawn afterwards as well as computing values of standard error and confidence interval.

Results

In Fig. 6, the results obtained after carrying out FEA analysis show equivalent strain distribution over the load cell. The applied force value is 100 N and the assigned material is Aluminum 2014-T6 (AlCu4SiMg). The strain maximum values (dimensionless) are depicted in red indicating in this way a place best suited for mounting the sensing element.

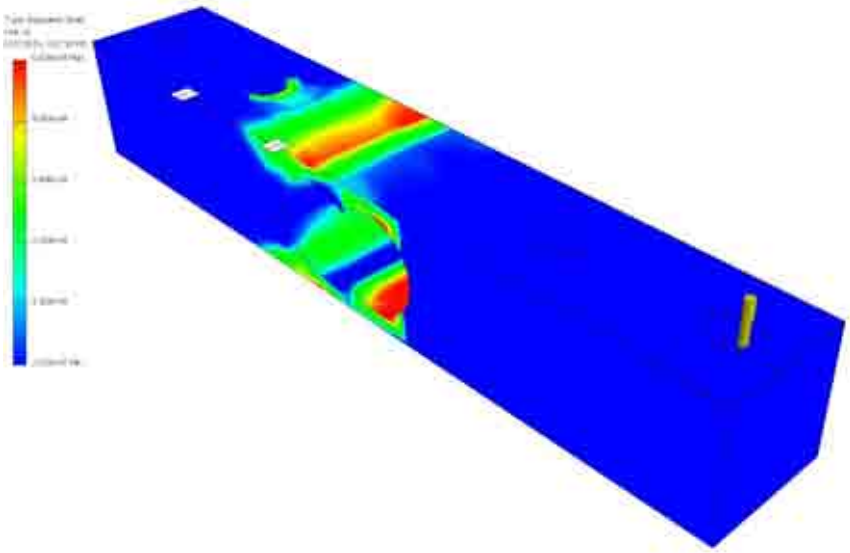


Fig. 6. Equivalent strain distribution over the cell subject to a load of 100 N

Table 2 shows mean values of etalon weights applied to the cell during calibration stage.

Table 2. Calibration data

Mean, ADC levels	stddev	stderr	conf, 0.95
56624	61	11	0.689797
290951	248	45	2.793699
524819	589	106	6.638381
751867	882	158	9.93213
962195	4388	788	49.42468
1419683	1167	210	13.14609

In Fig. 7, the best fit line is shown, so are the equation of line and the correlation coefficient. In Fig. 8 the histograms are shown for mean values of samples with size of 31 measurements each.

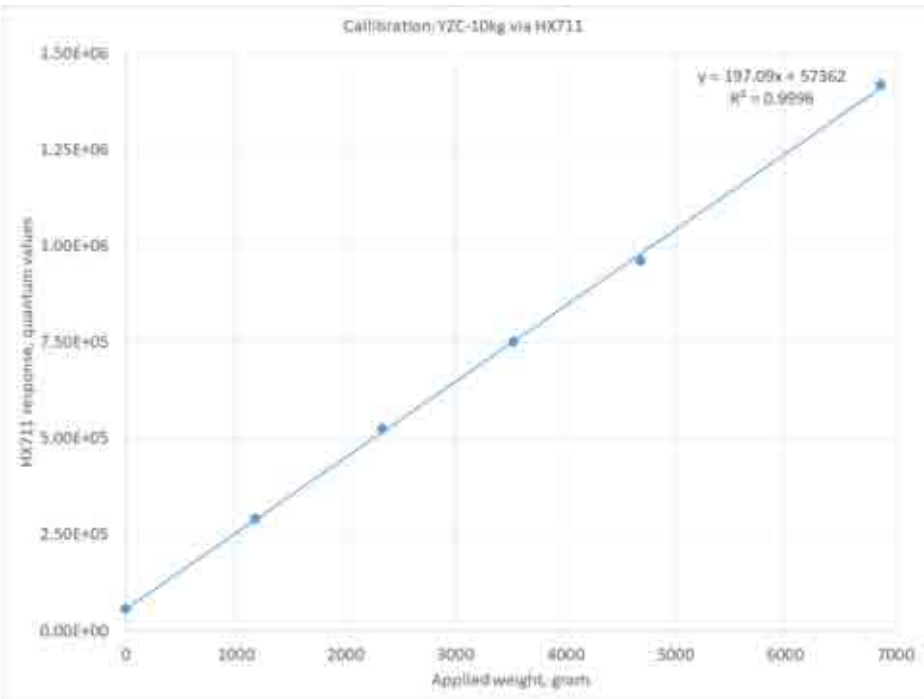


Fig. 7. Calibration curve for YZC-133 10 kg, HX711 24-bit ADC

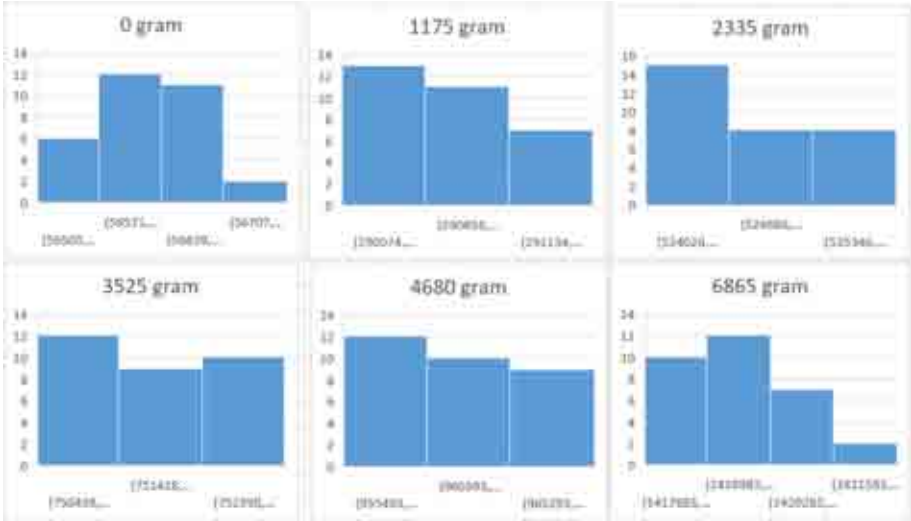


Fig. 8. Histograms for all experimental runs with 31 sample points each

Discussion

The correlation coefficient value $R^2 \approx 1$ indicates a strong relationship between measured and estimated data. The histograms in Fig 8 show that samples happen not to converge toward the mean value which is a significant drawback indicating a low sensor repeatability.

Perhaps, the most important topic is making use of a signal conditioning module, or rather, its absence in the adopted schematics in Fig 1. The HX711 ADC contains a programmable gain amplifier with values of 32, 64, and 128. The module main purpose is to amplify the signal for the ADC to be able to convert it. This module is frequently referred to as instrumentational amplifier. Apart from the high-resolution ADC mentioned in the paper, INA333, [5], amplifier was also used in the current study alternatively for validation purposes. The amplifier input offset voltage is well below the bridge sensitivity, i.e. 25 µV. Having been amplified, the signal enters a 12-bit ADC ADS1015 [6]. To sum up, both approaches towards carrying out this particular experiment are equally admissible. Whether either of them is applicable or not is a matter for the scholar to decide.

In the presented study, trial versions of Autodesk Inventor v.2020 and MikroC Pro for AVR v.7.0.1 were used. Both UAV and weighing scales models might be downloaded for free at [7] and [8].

References:

1. Aviation Maintenance Technician Handbook, FAA-H-8083-30, Ch. 4, Aircraft Weight and Balance, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration
2. Weight and Balance Handbook, FAA-H-8083-1B, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration.
3. HX711, 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales, Avia Semiconductor data sheet.
4. ATmega644P/V, Datasheet Complete, Atmel.
5. INA333 Micro-Power (50µA), Zero-Drift, Rail-to-Rail Out Instrumentation Amplifier, Datasheet, Texas Instruments.
6. ADS101x Ultra-Small, Low-Power, I2C-Compatible, 3.3-kSPS, 12-Bit ADCs with Internal Reference, Oscillator, and Programmable Comparator, Datasheet, Texas Instruments.
7. https://grabcad.com/library/flight-of-fancy-1
8. https://grabcad.com/library/load-cell-25

Appendix

```
// Code for getting data from HX711 24-bit ADC, ATmega644P MCU
// Mikro C Pro for AVR, v.7.0.1, Mikroelektronika LLC

#define nl() UART1_Write(13); UART1_Write(10)

signed long readHX711() {
signed long x = 0;
int i, gain = 1; // gain = 1...3

     for (i = 0; i < 24; i++) {
         PORTA.F0 = 1;
         x <<= 1;
//         Delay_us(50); // optional
         PORTA.F0 = 0;
         x |= PINA.F1;
     }//for_i

     for (i = 0; i < gain; i++) {
         PORTA.F0 = 1;
         asm { nop }
         PORTA.F0 = 0;
         asm { nop }
     }//for_i

     return x;
}//readHX711

void main() {
signed long res;
char txt[12];

    DDRA = 0b00000001; // PA0-clock; PA1-data; 1-output; 0-input
    PORTA = 0x00;
    UART1_Init(57600);

    while (1) {
          res = readHX711();
          LongToStr(res, txt);
          UART1_Write_Text(txt); nl();
          delay_ms(250);
    }//while_1

}//main
```

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

ДЕТОНАЦИОНЕН СИНТЕЗ НА УЛТРАДИСПЕРСЕН ДИАМАНТ

Людмил Марков

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

Ключови думи: *Детонационен синтез, нанодиамант*

Резюме: *В представената работа са разгледани въпросите свързани с фазовия преход на въглерода във въглеродсъдържащи съединения в условията на детонационен процес. Показани са конкретни примери на мартензитното превръщане във въглерода.*

DETONATION SINTHESIS OF ULTRADISPERSED DIAMOND

Ludmil Markov

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

Keywords: *Detonation synthesis, nanodiamond*

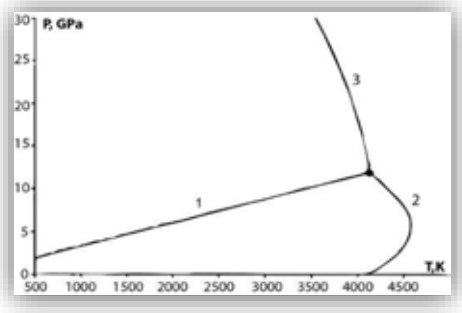
Abstract: *After detonation, the carbon undergoes a polymorphic transformation under the action of the shock wave and diamond and diamond-like structures are formed. There are two possible mechanisms for the synthesis: athermic (marthensite), and diffusion-limited.*

Въведение

Въглеродът от ВВ при детонация на кондензирани ВВ претърпява в детонационната вълна полиморфно превръщане с образуване на фази на високо налягане-диамант. Частта на диамантите във въглеродната фракция на продуктите на детонация е различна за различните ВВ (т.е. зависи от природата, размера на частиците на ВВ, от количествения и качествения състав на ВВ, от различните добавки) и освен това зависи и от факторите характеризиращи процеса на съхраняване (запазване) на диаманта получен в химическата зона (налягането и природата на газа, запълващ камерата, теглото на заряда и обема на взривната камера [1].

Теория на метода

Механизмът на прехода на въглерода от въглеродсъдържащи ВВ в диамант е: получаване на свободен въглерод в ПД и преходът му при достигане на определено налягане и температура в диамантена непроводяща фаза. Смесените заряди, състоящи се от пресована смес от праховете на ВВ и въглеродна добавка (графит, сажди), при детонационен синтез на диаманти формират различни структури на диаманти, което както изглежда е проява на различните механизми на превръщане на въглерода в диаманти, а именно- мартензитен дифузионен или кристализация на стопилка [2, 3]. Свободния въглерод в ПД претърпява полиморфно превръщане в диамант при пряко протичащи в еднокомпонентна система (директно,т.е. без участие на други вещества) фазово превръщане. Свободния въглерод може да бъде във вид на графит, сажди, кластери от въглеродни атоми. Фазовите преходи протичат при условия (P,T) съответстващи на термодинамичната устойчивост на диаманта или течния въглерод P до 60 GPa и T = (2–5).10^3 K - фиг.1. Това са фазови преходи от I род.



Фиг. 1. Фазова диаграма на въглерода

1 - линия на равновесието графит - диамант;

2 - линия на топене на графита;

3 - линия на топене на диаманта.

По механизма на растеж на новата фаза фазовите преходи се класифицират на:

1. Дифузионни, наречени още "нормални", съпроводени от процеси на преместване на атоми на значителни разстояния.

2. Баздифузионни (мартензитни), осъществяващи се чрез закономерно престрояване на решетката, при което атомите не си сменят местата (един до друг), а кооперативно се преместват на разстояния, непревишаващи между атомите. Те се характеризират още с голяма скорост на зараждане и растеж, повърхностен релеф и др.

При високи налягания чрез преки ФИ словесните структури се превръщат в тетраедрични. При това се счита, че при ниски Т, се образува хексогенален диамант (лонсдейлит), а при високи Т-кубичен диамант. Рязка температурна граница няма-често се образуват кубичен и хексагонален. При високи налягания термодинамически стабилни структури са кубическия диамант, хексагоналния диамант няма области на термодинамическа стабилност на фазовите диаграми [4, 5].

Мартензитния механизъм на фазов преход на въглерода е характерен за ниски температури при ударно свиване, а ре конструктивният- за превръщания при високи температури. Разка граница между условията за проявяване на този или другия механизъм няма: мартензитния механизъм заедно с реконструктивния може да се осъществява при високи температури, ако изходната структура е достатъчно съвършена и обратното, реконструктивните процеси са възможни в типичните условия на проява на мартензитния механизъм, ако изходната фаза има силно дисперсна структура. Тъй като мартензитните превръщания стават чрез кооперативно преустрояване на изходната решетка, то характерен признак за него е закономерната ориентировка на изходната и образуващата се фаза. Принципната възможност за колективно преустрояване на решетките се получава от разглеждането на геометрията на изходните и образуващите се структури. За мартензитно образуване на тетраедрична фази е необходимо свиване на слоестите структури по оста С, разцепване на плоските слоеве чрез гофриране или надлъжно огъване. Разцепването на графитоподобните слоеве става чрез закономерни, взаимно свързани премествания на атомите от равнината на слоя по двете направления на оста С.

При ударното свиване графитът може да се превърне не само в кубичен диамант, но и в хексагонален (лонсдейлит), но при всички случаи изходният графит трябва да притежава съвършена кристална структура, тъй като превръщането се осъществява чрез кооперативно преустрояване на изходната решетка. Съществена роля в кинетиката на фазовите превръщания имат високите напрежения на преплъзване, ускоряващи процеса на превръщането, а понякога водещи и до понижаване на необходимото налягане.

Образуване на метастабилна фаза лонсдейлит, при температури и времена недостатъчни за интензивното протичане на дифузионните процеси, се дължи на кристалографски особености на мартензитното преустрояване на изходната слоеста структура на графита под въздействието на високите налягания.

Образуването на хексагоналната тетраедрична ваза,т.е. лонсдейлит изисква по-малки енергетични разходи, отколкото образуването на кубическата фаза- диамант.

Под въздействие на високите налягания връзките в слоевете на графита могат да се деформират не само чрез чисто свиване, но и чрез приплъзване, т.е. чрез придвижване на атомите в направления, перпендикулярни на равнината на слоя, довеждайки до неговото

разцепване. Възможни са два вида деформация на отместване-чрез "гофриране" и "надлъжно огъване" на слоевете. Ако номерираме атомите в хексагоналния пръстен на графичния слой от 1 до 6, то деформацията може да се представи по следния начин.

При надлъжното огъване атомите 1 и 4 в една страна, а атомите 2, 3, 5, 6-в противоположна, като хексагоналните пръстени се деформират нееднородно: разстоянията 1–4 не се променят, а разстоянията 6–2 и 5–3 се скъсяват. При гофрирането в противоположни направления се преместват четните и нечетните атоми на въглерода, като деформацията на пръстена е еднаква във всички направления.

Деформацията на отместване, водеща до разцепването на плоските слоеве на графита, е необходим елемент на кооперативното престрояване на слоестите структури в тетраедрични при мартензитните превръщания. Тази деформация, както следва от геометричното разглеждане на изходните и образуващите се фази, е около 10 %, а деформацията на свиване на слоестите структури по направлението на хексагоналната ос е около 40 %.

Ориентационните съотношения, които са наблюдавани при изучаването на преките фазови преходи във въглерода, позволяват да се определи видът на деформацията на отместване, която се осъществява в процеса на мартензитното превръщане. От това се вижда се вижда, че при механизъм на гофриране, плоските слоеве на графита се разцепват на два подслоя, съдържащи четни и нечетните атоми и представляващи равнините (001) при образуването на хексагоналната тетраедрична структура или равнините (111) при образуване на кубична структура. Тези равнини трябва да са успоредни на слоевете на графита (001).
При образуването на кубичен диамант от графита по мартензитния механизъм на гофриране трябва да се наблюдават следните ориентационни съотношения:

$(111)_д$ | | $(001)_г$
$(111)_д$ | | $(0001)_г$
$(110)_д$ | | $(1120)_г$

При образуване на хексагонална тетраедрична структура по механизма на гофриране, трябва да се наблюдават ориентационните съотношения:

$(001)_д$ | | $(001)_г$
$(0001)_д$ | | $(0001)_г$
$(1120)_д$ | | $(1120)_г$

При осъществяване на мартензитен преход на графита с помощта на деформацията надлъжно огъване, изходните слоеве се разцепват така, че атомите 1, 2–6, 3–5 и 4 лежат в успоредни (паралелни) равнини на хексагоналната симетрия (111) - за кубични структури или (001) - за хексагонални структури, принадлежащи на тетраедричната решетка на образуващата се фаза. Тези равнини трябва да са перпендикулярни на слоевете на графита (001). Взаимно перпендикулярни трябва да са и хексагоналните оси на мартензитната и изходящата фаза.

При образуването на кубичен диамант в този случай трябва да са налице ориентационните:

$(111)_д$ | | $(100)_г$
$(112)_д$ | | $(0001)_г$
$(110)_д$ | | $(1120)_г$

При образуването на лонсдейлит:

$(001)_л$ | | $(100)_г$
$(1010)_л$ | | $(0001)_г$
$(0001)_л$ | | $(0001)_г$

За осъществяване на кооперативното преустрояване на изходната решетка на графита в тетраедрична фаза чрез разгледаните по-горе деформации на отместване, т.е. за образуването в тези фази на закономерно редуващи се плътно опаковани равнини, в някои случаи е необходимо предварително образуване на междинни слоести структури. Междинните преобразувания на изходните решетки може да се окаже решаващ фактор, определящ вида на

деформацията на преместване, природата на образуващата се фаза и самата възможност за мартензитно преустрояване при едни или други условия.

По-надолу са показани конкретни примери на мартензитното превръщане във въглерода.

Превръщането графит- диамант.

Възможността за преустройство на решетката на графита чрез премествания (в слоевете) в кубичен диамант е показана за пръв път от лейди Лонсдейл [6]. Предложеният механизъм разглежда свиване на решетката на графита под действие на високите налягания и образуване на междинна ромбоедрична структура с редуване на слоевете ABC. ABC..., тази трислойна структура при достатъчно сближаване на слоевете претърпява гофриране, в резултат на което се образува трислойна (в хексогенални оси) сруктура на кубичния диамант с редуване на сдвоените слоеве аа, вв, сс, аа ... В полза на този механизъм говорят следните експериментални факти:

1. Под действието на чисто механични въздействия хексагоналния графит частично се превръща в ромбоедричен.

2. Превръщането на графита в диамант е по-лесно при наличие на ромбоединичната модификация в изходната структура.

3. Зафиксирано е образуването на ромбоедричната модификация от хексагоналната при условия близки до условията на директния преход на графита в кубичен диамант. Важна роля в този процес на превръщане на графита по описания механизъм, по всяка вероятност ще имат политипните дефекти на подреждането, които представляват тънки области от ромбоедричната структура и са благоприятни места за зараждането на диаманта с кубична структура. Следователно фазовото превръщане на графит-диамант при свиване на висококристални сортове от графит се предшества от процеси на образуване на дефекти на подреждането.

Превръщането графит-лонсдейлит.

Най-вероятната схема на преобразуването на изходната решетка се основава на деформацията на плоските графитоподобни слоеве посредством тяхното "надлъжно огъване". За превръщането на графита в хексагонален диамант с помощта на такъв вид деформация е необходимо образуването на междинна графитоподобна структура с редуване на слоевете AB AB AB... чрез преместване на слоевете B в положението B на стойност 1/6 (0110). Така чрез надлъжно огъване, свиване на графитоподобната решетка по оста "C" се образува структурата на хексагоналния диамант.

В процеса на прякото превръщане на графит- диамант престрояването на изходната решетка както са показали структурните изследвания се осъществява чрез образуването на лонсдейлит като междинна структура. Първия етап в реда на превръщанията графит-лонсдейлит- диамант винаги се осъществява по мартензитния механизъм, описан погоре, за което свидетелстват следните експериментално установени закономерности:

1. Превръщането графит- лонсдейлит протича с голяма скорост.

2. Превръщанията протичат при температури, изключващи осъществяването на дифузионни процеси.

3. В лонсдейлит се превръщат само висококристалните видове графит.

4. Лонсдейлитът притежава високодефектна кристална структура.

5. Изходните и образуващите се фази винаги са строго взаимно ориентирани, една спрямо друга.

6. Кристалите на лонсдейлита имат повърхностен релеф, което е най-характерният признак на реалната структура на мартензитните фази.

Дифузионния механизъм на фазов преход се състои от процеси на зародишобразуване и растеж.

Заключение

Свободния въглерод при детонация на ВВ се превръща в диамантена фаза, която е във вид на дребнозърнести частици (диамантени кластери) - фиг. 2. Засега механизмът на формирането им е все още проблематичен, въпреки че има различни хипотези и виждания по въпроса. Установено е, че синтеза на ултрадисперсните диамантени частици се извършва в химическата зона на стационарната детонационна вълна.

Фиг. 2. СЕМ, маркер - 1 μm

Дезинтегрирането на гроздовидните структури от агрегирани диамантени частици се осъществява по два метода: химически и физически, с последваща обработка с ултразвук.

Литература:

1. Дробышев, В. Н., Детонационный синтез сверхтвердых материалов, ФГВ, 1983, № 5, с.158.
2. Орлов, Ю. П., Минералогия алмаза, М. Наука, 1984.
3. Козлова, О. Г., Рост и морфология кристалов, М. Изд-во МГУ, 1972.
4. Семенов, А. В., Кристалография, 1981, 26, 219.
5. Ставер, А. М. и др., ФГВ, 1984, 20, 5, 100.
6. Балан, Т. А., А. В. Бочко и др., Структурные исследования продуктов ударного сжатия графита, Сверхтвердые материалы, 1983, № 3, с. 19.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

НОВИ ТЕХНОЛОГИИ НА СИЛОВАТА ЕЛЕКТРОНИКА С АЕРОКОСМИЧЕСКО ПРИЛОЖЕНИЕ

Павлин Граматиков

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

Ключови думи: *Първични и вторични източници за захранване, проектиране на ключови източници за захранване, ефективност на електрозахранващите източници, електрозахранващи системи.*

Резюме: *Представени са нови компоненти на силовата електроника, перспективни схемни и структурни решения на захранващи системи. Описано е приложението на съвременни високопроизводителни транзистори и чипове за силова електроника. Обсъждат се електрически батерии, инструменти и методи за намаляване на теглото и подобряване на ефективността на енергийните системи с аерокосмически приложения.*

NEW POWER ELECTRONICS TECHNOLOGIES WITH AEROSPACE APPLICATION

Pavlin Gramatikov

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

Keywords: *Primary and secondary power supplies, switching power supply design, power supplies efficiency, power systems.*

Abstract: *New components of the power electronics, perspective schematic and structural solutions of power supply systems are presented. The application of modern high-performance transistors and chips for power electronics is described. Electric batteries, tools and methods for reducing weight and improving the efficiency of power systems with aerospace applications are discussed.*

Въведение

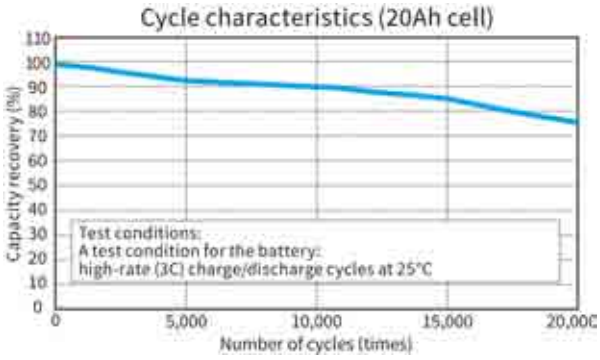
Силовата електроника се използва за промяна на параметрите на напрежението и тока на електричеството. Тя все по-масово се прилага в: контролерите на електрическите двигатели, инверторите на електрическите автомобили; климатични системи; сървърите за интернет и други. Толкова масово е приложение на силовата електроника, че подобряването на нейната ефективност може да спести 900 милиарда долара през 2025 г. [1].

Затова все по-актуално става разработването и приложението на нови високоефективни електронни транзистори и чипове за силовата електроника. Перспективни в това направление са GaN продуктите. Модерните GaN транзистори и схеми вече се произвеждат в добре познатите линии за силициеви прибори. Цената е същата, но параметрите на GaN устройствата е с порядък по-добра. С тяхното приложение: намалява обема на енергийните електронни системи до 10 пъти; спадат топлинните загуби до 50 % и се изгражда ново поколение на силови електронни системи с голяма икономия на енергията. В повечето системи транзисторите като физика трябва да бъдат по подразбиране „изключени“ за да се избегне късо съединение. Но GaN транзисторите обикновено са „нормално включени“ - винаги позволяват протичането на ток [1].

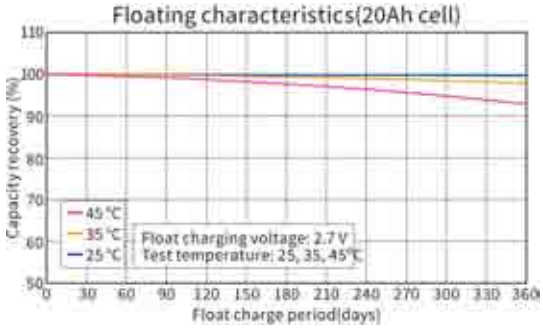
Перспективен за приложение в космически условия е литий-титанатния акумулатор (LTO) с анод, произведен от литиев титанат ($Li_4Ti_5O_{12}$), с увеличена площ до 100 m^2/g, а досегашните

аноди от въглерод имат само 3 m^2/g. Този анод гарантира висока плътност на тока при заряд и разряд, а времето на заряд значително се съкращава. През 2017 година LTO акумулаторите имат плътност на енергията до 177 Wh/l и без загуби на качествата работят при ниска температура до –30 °C, а класическите литий-йонни батерии (LIB) още при –5 °C снижават своите показатели на 20 %. Недостатък на $Li_4Ti_5O_{12}$-акумулаторите е ниското напрежение – 2,4 V (LIB имат работно напрежение 3,7 V). Съответно праговете на заряд и разряд са 2,8–1,8 V и специфична енергия на LTO е 30–110 Wh/kg, по-ниска от тази на LIB [3].

Например „Toshiba“ произвежда LTO акумулатори с името „Super Charge Ion Battery“ (SCiB) със следните параметри: бърз заряд до 90 % от капацитета за 6 min; срок на работа до 25 години; брой на циклите заряд/разряд ≥ 25 000; специфична енергия 60–100 Wh/kg. Предимствата на SCiB са следните: нисък риск от експлозия; дълъг живот; бързо зареждане; висока входна и изходна мощност; голям капацитет [2]. Например акумулаторът „SCiB-20 Ah“ има следните параметри: номинално напрежение 2,4 V; време на заряд 0–80 % за 6 min; маса 515 g и размери W116 × D22 × H106 mm [2]. Приложенията на SCiB са: производство на енергия от фотоволтаици; дронове; електроавтомобили; роботи; непрекъсваеми електрозахранвания; електрически велосипеди и др. От Фиг. 1 се отчита, че след 20 000 цикъла на заряд и разряд с 3C при 25 °C капацитетът на акумулатора „SCiB-20 Ah“ се запазва на 75 %, а на Фиг. 2 се вижда негово намаляване със 7 % при неправилно съхранение при 45 °C за 360 дни.



Фиг. 1. Спадане на капацитета на „SCiB-20 Ah“ според броя на циклите с ток на заряд и разряд 3C [2]



Фиг. 2. Спадане на капацитета на „SCiB-20 Ah“ според температурата и дни на съхранение [2]

Табл. 1. Параметри на литиево-йонни акумулатори с космическо приложение на фирма „Saft“ [6]

	ЭНЕРГИЯ				УСЛОВИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ХОЛОДА	С УВЕЛИЧЕННЫМ СРОКОМ СЛУЖБЫ И РАСШИРЕННЫМ ДИАПАЗОНОМ ТЕМПЕРАТУР		HIGH TEMPERATURE
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	MP 176065 XL	MP 176065 HM	MP 176065 HM	VL 32600-125
Форм-фактор	Цилиндрический D	Призма	Призма	Призма	Призма	Призма	Призма	Цилиндрический D
Номинальное напряжение	3,65 В	3,65 В	3,65 В	3,65 В	3,65 В	3,65 В	3,65 В	3,6 В
Номинальная производительность	5,4 А·ч	2,6 А·ч	5,3 А·ч	6,8 А·ч	6,4 А·ч	4,0 А·ч	5,6 А·ч	4,5 А·ч
Макс. ток непрерывного разряда	11,0 А	5,0 А	10,0 А	14,0 А	13,0 А	8,0 А	11,0 А	2,3 А
Максимальный импульсный ток разряда	21,0 А	10,0 А	21,0 А	27,0 А	26,0 А	16,0 А	22,0 А	3,4 А
Макс. зарядный ток	5,4 А	2,6 А	5,0 А	6,8 А	6,5 А	4,0 А	5,6 А	0,9 А
Предельное количество циклов (циклы до 70 % от исходной емкости батареи)	>600 (при глубине разряда 100 %, C/2-C/2, +20°C)	1100 (при глубине разряда 100 %, C-C/2, +20°C)	950 (при глубине разряда 100 %, C-C/2, +20°C)	1800 (при глубине разряда 100 %, C-C/2, +20°C)	800 (при глубине разряда 100 %, C-C/2, +20°C)	2700 (при глубине разряда 100 %, C-C/2, +25°C)	2700 (при глубине разряда 100 %, C-C/2, +25°C)	30 (при глубине разряда 100 %, C/5-C/5, +125°C)
Диапазон температур разряда	-35 / +60°C	-35 / +60°C	-35 / +60°C	-35 / +60°C	-50 / +60°C	-40 / +85°C	-40 / +85°C	0 / +125°C
Температурный диапазон заряда	-30 / +60°C	-30 / +60°C	-30 / +60°C	-30 / +60°C	-30 / +60°C	-30 / +85°C	-30 / +85°C	0 / +125°C

Перспективно е приложението на $Li_4Ti_5O_{12}$ за аноден материал на хибридни суперкондензатори [3]. При заряд в един LTO акумулатор анодът $Li_4Ti_5O_{12}$ приема три йона Li+ на една формулна единица. При фазов преход се възстановяват три атома Ti4+ от пет, което дава теоретически специфичен капацитет 175 mAh/g на LTO. На практика се достигат 175 mAh/g след 100 дълбоки разрядни цикъла [4].

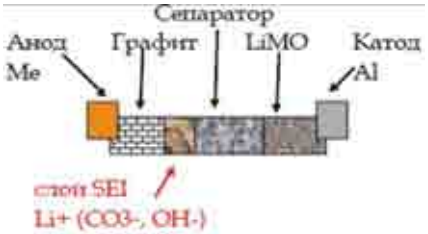
Китайски производител на LTO акумулатори е „EVLITHIUM LIMITED“, предлагащ цилиндрични батерии: капацитет 30 Ah, 35 Ah, 40 Ah и 55 Ah; напрежение 2,7 V; 30 000 цикъла; бърз и стандартен заряд за 0,2 h и 0,5 h. Вътрешното съпротивление е около 1 mΩ [8].

Партньор на ФКА „Роскосмос“ са два производителя на LTO и LIB с космическо приложение: руското конструкторско бюро „АКВ-Energy“ [5] и френската фирма „Saft“ [6], предлагаща призматични MP и цилиндрични VL акумулаторни литиево-йонни батерии (Табл. 1) разполагащи със следните функции за безопасност: електронна защитна верига; вграден прекъсвач при повреда на зарядното устройство; предпазен клапан и изключващ сепаратор. Версията VL има: работна температура до 100 °C; продължителен разряд с 2 C и импулсен разряд до 4 C [6]. Техническите спецификации са: номинално напрежение 3,6 V–3,75 V; енергийна плътност до 385 Wh/l и 180 Wh/kg; диапазон по мощност до 1 kW/kg [6].

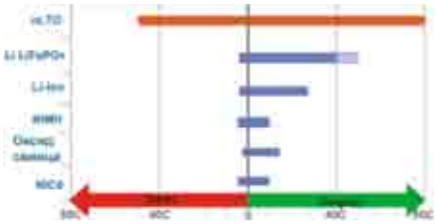
Система АКБ	Свинцово-кислотные с панцирными катодами	Li-ion, традиционные Катод – $LiFePO_4$, $LiMn_2O_4$ и др. Анод –C (углеродный анод)	n LiTiO Катод – $LiFePO_4$, $LiMn_2O_4$ и др. Анод – наночастицы $Li_4Ti_5O_{12}$
Количество циклов при разряде на 80 % (С-это емкость аккумулятора)			
Ток нагрузки 0.5 С	1000	2500	29 000
Ток нагрузки 1 С	500	1000	22 000
Ток нагрузки 2 С	100	500	16 000
Ток нагрузки 5 С	50	300	8 000
Ток нагрузки 10 С	0	4	5 000
Количество циклов при разряде на 3-4 %			
Ток нагрузки 0.5 С	30 000	200 000	10 000 000
Остаточная емкость при температуре минус 40 С° и токе нагрузки 2 С	0.5 %	0.5 %	80 %
Заряд аккумулятора при температуре	ниже -40 С° возможен	ниже -5 С° не возможен	ниже -40 С° возможен
Максимальный ток заряда	0,1 С	2 С	10 С

Фиг. 6. Параметри на оловни, Li-ion и „n LiTiO“ акумулатори [5]

Фиг. 3. Структура на „n LiTiO“ [5].



Фиг. 4. Структура на Li-ion [5].

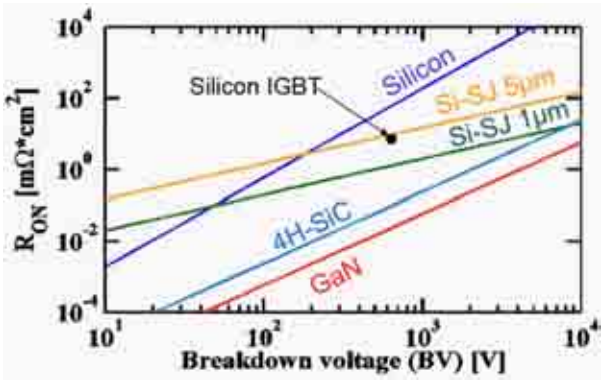


Фиг. 7. Сравнение на акумулатори [5]

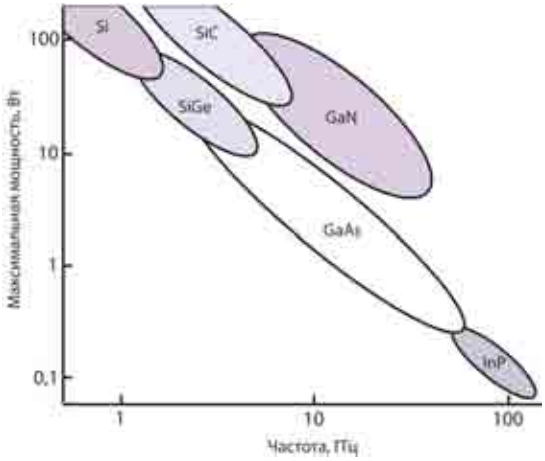
Карбон-титанатният акумулатор (СТВ) е ново поколение LTO. За анод в СТВ се използва порест въглерод с 20 пъти по-голяма площ спрямо графита. При СТВ (спрямо LTO) ресурсът е снижен – 12 000 цикъла (или 15 години), но СТВ запазва достойнствата на LIB (най-висока плътност на енергията, ниско тегло и габарити) [7]. Работният диапазон на СТВ е 2,5–4,2 V, като на LIB. Пример за СТВ е „CrTi3721-3,7 V 21 Ah“ на фирма „GreenTECH“, USA. Времето за пълен заряд е 30 min. Ето и други параметри: разряден ток 126 A; заряден ток 42 A при 0–60 °C; работни температури от –20 °C до +60 °C; вътрешно съпротивление 1–1.5 mΩ (при AC 1000 Hz); габарити 210 x 128 x 7 mm и тегло 353 g [7].

В областта на свръхвисокочестотната техника (СВЧ) световни производители предлагат GaN транзистори в честотен диапазон C (4–8 GHz) с мощност 80 W в непрекъснат режим [12]. На (Фиг. 9) по честота и мощност са сравнени различни полупроводници за СВЧ. На Фиг. 8 са сравнени полупроводници по съпротивление в отпушено състояние (R_{on}) и пробивно напрежение в ключов режим. Вижда се от Фиг. 8 и Фиг. 9, че GaN приборите са перспективни в силовата електроника. Разновидността на GaN транзистори основани на AlGaN/GaN хетероструктура имат висока подвижност на електроните (HEMT) и добри параметри. В GaN HEMT се използва двумерен газ (2DEG) имащ висока плътност. Той се намира в граничния слой между зоните с AlGaN и GaN, под въздействието на естествения ефект на поляризация и пиезоелектричния ефект. При GaN HEMT на порядък е по-ниско R_{on}, което позволява намаляване на системите за охлаждане на транзистора и по-висок КПД. В СВЧ диапазона до 20 GHz GaN HEMT работят успешно в клас AB. Например GaN HEMT NC41628S-910P150 при изходна мощност 150 W и при 20 GHz има КПД = 43 %. А транзистор CGHV59350 има изходна мощност 400 W при 5,9 GHz и КПД = 60 %. Използва се в доплеровските метеорологически радиолокатори. Компаниите International Rectifier (IR) и Efficient Power Conversion (EPC) реализират проектите GaNpowIR и eGaN, съответно [12].

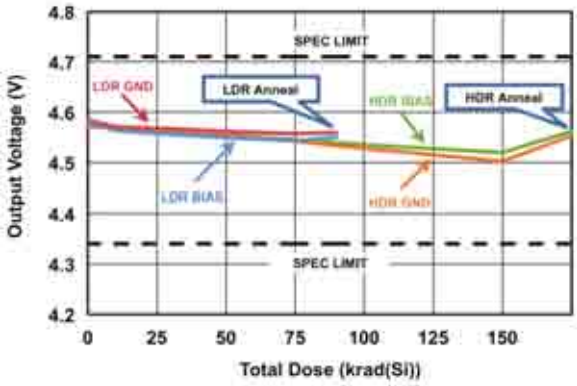
Има характеристики на GaN FET, които са добри за използване в захранващите устройства на спътници: присъща им е радиационна толерантност; малък размер на кристала; липса на паразитен p-n диод и бързо превключване; увеличена ефективност и по-малък общ размер. За разлика от силициевите MOSFETs, GaN FET нямат слой оксид и затова гама радиацията не образува капани (дупки) [13]. GaN FET също се справят добре при тестване с ефекти на единични събития (SEE). На орбита, компонентите на спътниците трябва да работят при: продължително излагане на ниска доза (LDR), обща йонизираща доза (TID) и при взаимодействия с йонизирани частици (тежки йони). Дозата TID се дели на ниска (LDR TID) с <10 mrad(Si)/s и висока (HDR TID) с 50–300 rad(Si)/s. За интегралната схема (гейтов драйвер) ISL70040SEH при изпитания от 86 MeV • cm^2/mg, липсват еднократни преходни събития, записани при статичен вход и динамичен вход с честота от 500 kHz, където събитията се определят като ± 20 ns смущение в широчината на импулса, защото кристалът му има има много малко напречно сечение ≤ 1,7x10 -6 cm^2 [13]. На Фиг. 10 и Фиг. 11 са дадени резултатите от теста на чип ISL70040SEH при въздействие с дози на облъчване тип LDR TID и HDR TID.



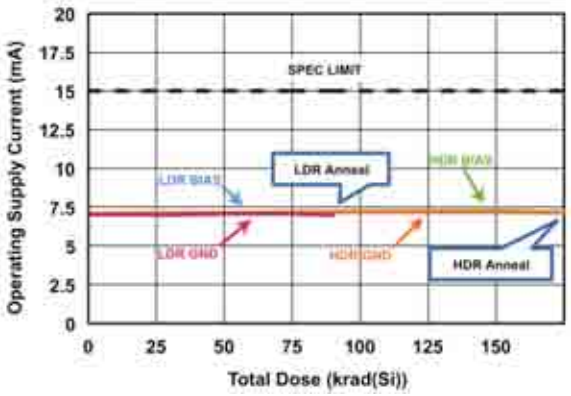
Фиг. 8. Сравнение на полупроводници по R_{on} [11]



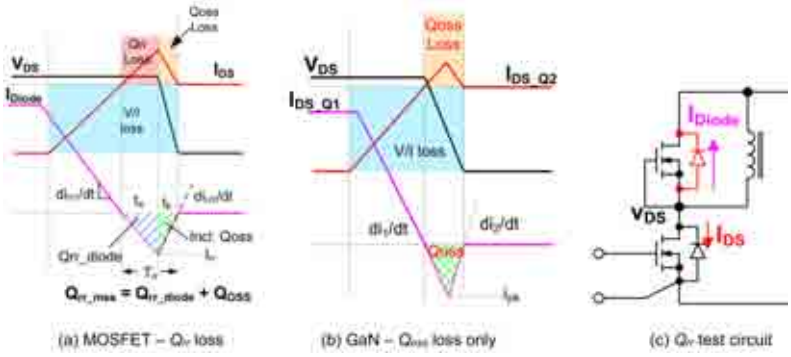
Фиг. 9. Полупроводници за СВЧ [12]



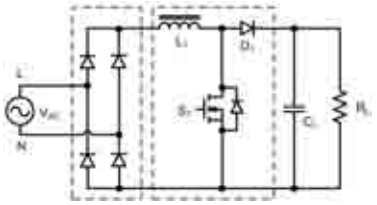
Фиг. 10. Изходно напрежение на чип ISL70040SEH при LDR TID и HDR TID въздействия [14]



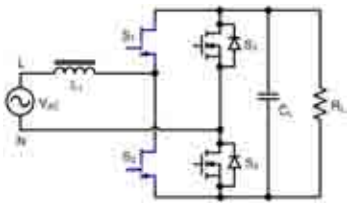
Фиг. 11. Ток на консумация на чип ISL70040SEH при LDR TID и HDR TID въздействия [14]



Фиг. 12. Полумостова схема с MOSFET и GaN транзистори [10]

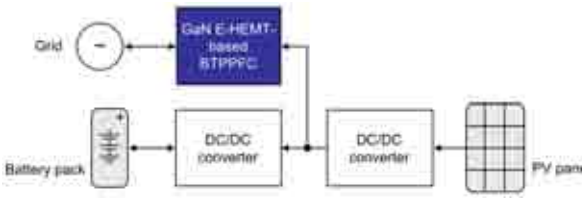


Фиг. 13. Еднопосочен PFC [10]



Фиг. 14. Двупосочен PFC [10]

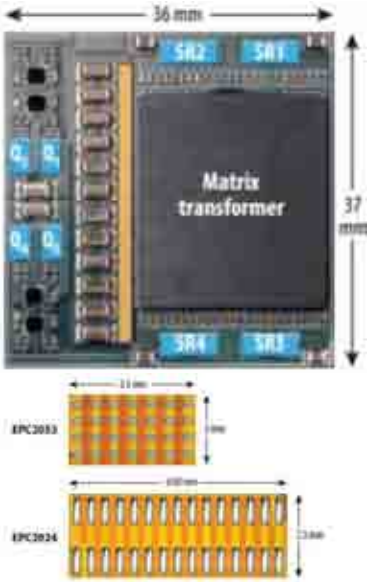
Фиг. 15. Двупосочно преобразуване генератор-акумулатор реализиран с двупосочен PFC [10]



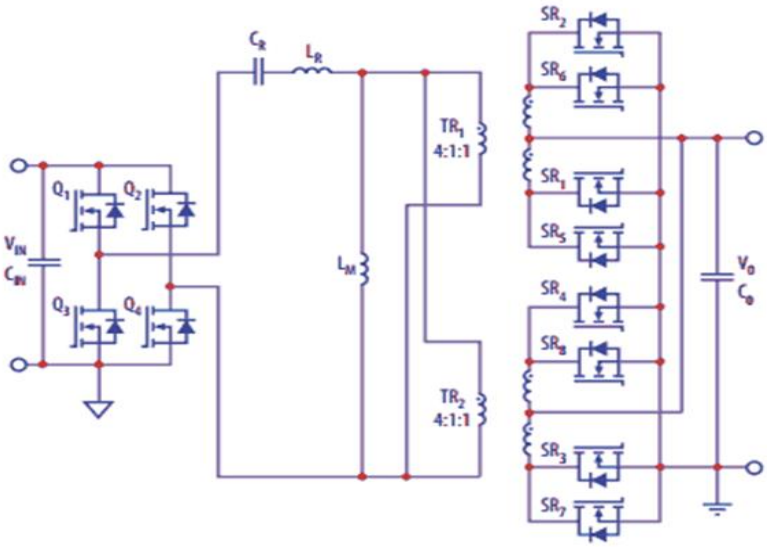
Фиг. 16. Двупосочно преобразуване генератор-акумулатор-фотоволтаик с двупосочен PFC [10]

На Фиг. 12 са сравнени две времедиаграми на: дрейновото напрежение V_{ds}; дрейновия ток I_d и тока на диода I_{ds} при полумостова схема, която е натоварена с индуктивност и е изпълнена с MOSFET и GaN транзистори [10]. Изводът от графиката е, че при GaN транзисторите липсват динамичните загуби Q_{rr} присъщи на обратният диод при MOSFET транзисторите. Практически GaN транзисторът е толерантен към индуктивен товар и значително по-слабо загрява спрямо MOSFET. Това свойство се използва в схемата на Фиг. 14, където двата ключови GaN HEMT (S1 и S2) работят с висока работна честота, а двата ключови MOSFET (S3 и S4) работят с ниска мрежова работна честота. Новото схемно решение на двупосочен PFC (Фиг. 14) има редица предимства пред класическото такова с еднопосочен PFC (Фиг. 13).

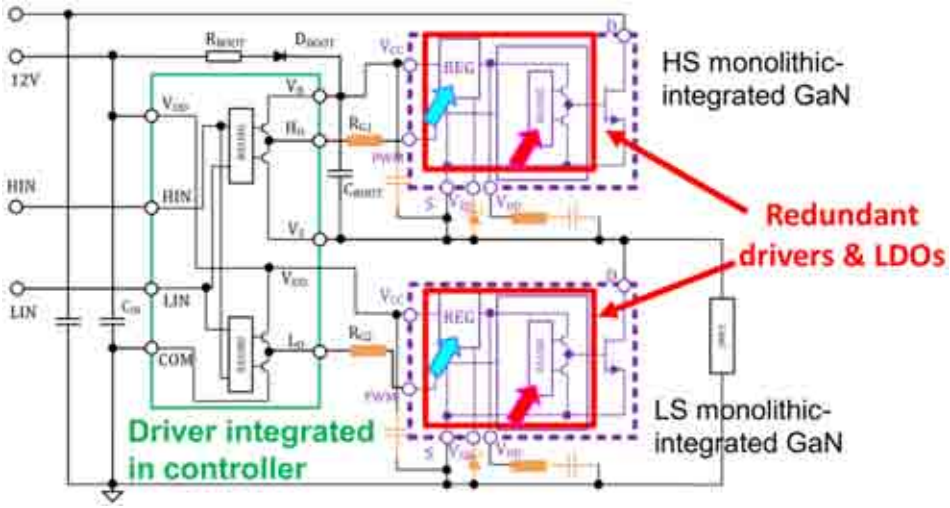
На Фиг. 17 [14] е даден перспективен DC/DC преобразувател 900 W, с КПД = 98,4 % и работна честота 1 MHz, изпълнен с eGaN-транзистори EPC2053 и EPC2024 по схемата на пълен мост и синхронен изправител (Фиг. 18) [14] . От обем 1 cm^3 са получени 91 W при галванично разделяне на входното от изходното напрежение. Тази GaN технология е добра за вторични електрозахранвания с аерокосмическо приложение.



Фиг. 17. Външен вид на LLC конвертор с eGaN-транзистори



Фиг. 18. Схема на LLC конвертор, 900 W, Vin = 48 V, Vout = 12 V [14]



Фиг. 19. Полумостова схема с GaN транзистори с вграден драйвер [9]

Приложения на схемни и структурни решения на захранващи системи

Предлага се приложение на три модула, изпълнени с GaN HEMT с двупосочна схема на PFC (BTPPFC) в хибридно захранване на дронове, като във всяка фаза на мотор-генератора се използва по един модул, а изходите на модулите са паралелно свързани към акумулаторната батерия. Идеята е показана на Фиг. 15, където се реализират двете функции на мотор-генератор на електродвигател с ротор от постоянни магнити например. В режим стартер на двигателя с вътрешно горене (той не е даден на тази фигура) енергията се взима от акумулатора, а след това мотор-генераторът зарежда акумулатора. За драйверна схема и GaN HEMT в трите модула се предлага схемата от Фиг. 19.

За наземни фотоволтаици, или аерокосмически електрозахранващи системи перспективна е и схемата от Фиг. 16, при която: мрежата (или мотор-генераторът) дава или получава енергия; фотоволтаикът дава енергия и акумулаторът дава или съхранява енергия. Тази схема работи и при чисто електрически планери с голяма площ на крилете (върху които са монтирани фотоволтаици), а също така и при сателити с орбита, която ги вкарва за дълго в сянката на Земята.

Заключение

Възможни приложения на изброените нови технологии в аерокосмическите изследвания:
– миниатюризация на управление на електродвигатели;
– преобразуватели за съхраняване на енергия;
– хибридни електрозахранвания;
– климатични системи;
– компактни DC/DC преобразуватели и фотоволтаици;
– висока устойчивост на йонизиращи фактори (слънчева радиация).

Литература:

1. GALLIUM NITRIDE: THE SILICON OF THE 21ST CENTURY
http://www.gantechnology.com/technology
2. SCiB™ Rechargeable Battery – TOSHIBA
https://www.scib.jp/en/product/index.htm
https://www.scib.jp/en/download/ToshibaRechargeableBattery-en.pdf
https://ru.wikipedia.org/wiki/Литий-титанатный_аккумулятор
3. Сибиряков, Р. В., Кудрявцев Е. Н., Агафонов Д. В., Нараев В. Н., Пиролитический синтез анодного материала $Li_4Ti_5O_{12}$ из титанилкарбоксилата лития, Современные проблемы науки и образования, Издательство: Издательский Дом "Академия Естествознания" (Пенза), eISSN: 2070–7428, статья в журнале Номер: 5 Год: 2012, Стр.: 329
https://elibrary.ru/item.asp?id=18319228
http://www.science-education.ru/pdf/2012/5/7073.pdf
4. Enbo Zhao, Chuanli Qin, Hong-Ryun Jung, Gene Berdichevsky, Alper Nese, Seth Marder, Gleb Yushin, Lithium Titanate Confined in Carbon Nanopores for Asymmetric Supercapacitors ACS Nano 2016, 10, 4, 3977–3984, Publication Date: March 7, 2016
https://doi.org/10.1021/acsnano.6b00479
https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsnano.6b00479
5. Литий-ионные аккумуляторы системы LMO - Li4Ti5O12 (литий-титанат)
http://akb-energy.ru/rus/produkti/litii-ionnie-akkumulyatori-sistemi-lifepo4--li4ti5o12-litii-titanat/
6. MP & VL Batteries for launchers
https://www.saftbatteries.com/products-solutions/products/mp-vl-batteries-launchers?text=&tech=&market=331&sort=newest&submit=Search
7. Карбоновые титанатные аккумуляторы CrbTi-3721 3.7V 21Ah 78Wh
https://greent.com.ua/akkumulyatory/akkumulyator-carbon-titanate-titanat-crbti-3746-37v-45ah-166
8. Lithium Titanate Battery LTO; EVLITHIUM LIMITED
http://www.evlithium.com/Lithium-Titanate-Battery-LTO/
9. GN010 Application Note EZDrive^{SM} Solution for GaN Systems' E-HEMT
https://gansystems.com/wp-content/uploads/2018/12/GN010-EZDrive-Solution-for-GaN-Systems-E-HEMTs-_20181221.pdf
10. High Efficiency CCM Bridgeless Totem Pole PFC Design using GaN E-HEMT
https://gansystems.com/wp-content/uploads/2018/01/GS665BTP-REF-rev170905.pdf
12. Кулиев, М. В., Обзор современных GaN транзисторов и направления развития, Электронная техника. Серия 2 Полупроводниковые приборы. Выпуск 2 (245) 2017, с. 18–28, УДК 621.382
https://docviewer.yandex.ru/view/0/?page=1&*=oqNqZBht2UzuuFdviapxOlJk1
13. Kiran Bernard, Advantages of Using Gallium Nitride FETs in Satellite Applications, White Paper, February, 2018, pp. 1–7.
https://www.renesas.com/eu/en/doc/whitepapers/rad-hard/advantages-of-using-gan-fets-in-satellite-applications.pdf
14. Полевые транзисторы eGaN® позволяют достичь в резонансном LLC-конвертере 48…12 В КПД 98%
https://www.terraelectronica.ru/news/5979

Session 3

Remote Sensing and Geoinformation Systems

Chairman: Assoc. Prof. Lachezar Filchev
Secretary: Assoc. Prof. Iva Ivanova

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

EXPLORING REMOTE SENSING TRENDS AND OPPORTUNITIES: GOOGLE EARTH ENGINE APPLICATION ON URBAN GREEN AREAS

Gkatzioura Paraskevi, Gitsakis Nikos, Perakis Konstantinos

Laboratory of Informatics in Spatial Planning, Department of Planning and Regional Development, University of Thessaly
e-mail: evitagkatz@gmail.com

Keywords: *Remote Sensing Trends; Geospatial Big Data; Google Earth Engine; Urban green areas*

Abstract: *During the last few decades, remote sensing and satellite earth observation have experienced a rather impressive escalated advancement. As a result, large amount of geospatial information that derived from orbiting platforms became publicly available and organized databases, carrying exabytes of information, were created. Those databases became the core of elaborated systems, that contribute to the understanding and hierarchy of several phenomena, that dominate entire human artificial environments, thus aiming in finding answers to complex contemporary problems. Google Earth Engine (GEE) is a relatively new addition to this set of software platforms, that are designed to freely handle and process big geospatial data. GEE is an online web environment, driven mostly by Java applets. The platform is producing key results, by running any relative code, produced by any remote user.*

The main objective of the present study, is to demonstrate the provided enhanced opportunities for detecting environmental problems, using Google Earth Engine. Urban green areas particularly, hold a vital role in the regulation for optimum environmental conditions, concerning the urban residents as well as the sustainability of existing ecosystems within them. In the current study, recent publications concerning urban green areas were collected and an up to date literature review has formed. The publications review provides some collective knowledge about the trends, concerning the ongoing research, along with the use of GEE focusing in urban green areas evolution and its constant depiction. It should be mentioned that the study was concluded by the collected user query requests, that were gathered during the current year last month, in the GEE Group Developers board. The origin of the users, the nature of their requests and their research aspects are forming the future shape of GEE. Central local governments and several European Union Environmental Institutions could emphasize in practical solutions, regarding environmental distortions and interventions, by extending the practical benefits of platform like GEE.

1. Introduction

During the last forty years, practices of Remote Sensing (RS) have experienced continuous developments and diversifications. Nowadays, the result of such elaborations, gave birth to revolutionary scientific fields and new abilities of the present RS systems, which are considered as one of the founding wheels, resulting in driving the innovation and investment into the future. Remote Sensing is lately transformed in Earth Observation (EO), a larger pool of applications, attracting financial interest. The ability of accessing high resolution satellite data became the essential tool for analyzing various aspects of human interaction with land, water and vegetation (Sajjad&Kumar, 2019). There are several types of sensors equipped by remote sensing satellites, according to their specific targeting purposes (land types, surface elevation etc.). As a result, global scale observation and data processing with different spatial and temporal characteristics were used, originating optimum decisions, in order to mend complicated problems, concerning natural or human-made environments.
As with any modern technology, Remote Sensing is influenced by advances in scientific fields and the uprising human needs concern. These advances offered capabilities, potentially able to transform any kind of information. The specific trend, that affects Remote Sensing, results in the need for continuously collecting Earth Observation data, with the best high spatial resolution from multiple sensors, available via Internet, with the most affordable way. This means that huge amounts of remote sensing data requires changes to be made, concerning the traditional ways of storing, processing and free distribution.

The aim of this paper is to present current trends and opportunities of Remote Sensing as well as to evaluate Google Earth Engine (GEE), as an online web environment, that transforms open information into ready for use datasets.

Notably, the current paper is organized into four main sections. First, a brief review of Remote Sensing current trends is exposed. Secondly, the management of geospatial big data and the way of dealing with them, using the GEE platform is described. A description of its basic function follows. Subsequently, in the third part, a review of the corresponding scientific literature is presented and as well as bibliometric analysis concerning urban green spaces with GEE. In the last part, one, could find conclusions, extracted solely from this research paper.

2. Remote Sensing Technology: Usage and Trends

2.1 Current state of trends in Remote Sensing Technology

In the last decade big amounts of remote sensing data, fundamentally alters the existing storage needs, analysis and the traditional ways of processing. The availability through Internet and the simple use of them, functioned a major role in the configuration of existing trends, concerning remote sensing industry.

Current dynamic and demanding information environments, combined with complex geospatial data formats and big amount of related data, irrevocably lead professionals and RS experts, to create new data models, strategies and platforms that are cost effective and time consuming. At the same time, continuous capture and re-capture of satellite data from multiple sensors, that could be used many times over from various expert users and not only, transform the approach of managing geospatial big data (Koswatte & McDougall, 2018). Consequently, one of the future challenges will be the exploitation of these data, using specialized processing methods, such as cloud-based computing approach. Google Earth Engine is a representative example of such a platform.

Remote sensing technology is an extremely significant tool, essential for observing Earth's surface and mapping land cover changes, in order to manage and predict emergency cases, such as forest fires and floods. Merging data from various satellites and sensors result in a very useful technique, to acquire better and more accurate information.

There are four main categories of satellites according to their spatial resolution: Low resolution sources (pixels larger than 30 meters) that are used to monitor the environment and the global changes occurring in natural resources, by the use of satellites such as LANDSAT, MODIS, TERRA etc. Medium resolution sources (pixels between 5 and 30 meters) that are applied for monitoring areas or phenomena in daily basis, by the exploitation of satellites such as SPOT, Rapid Eye, IRS etc... High resolution sources (pixels between 1 and 5 meters) that are utilized to urban studies, through satellites such as THEOS, Dove, Aist–2D, Resurs -P etc. Very high resolution sources (pixels under 1 meter) that are adopted for precision agriculture applications, cadastral mapping and urban planning with satellites, such as Ikonos, QuickBird, WorldView, Kanopus – V etc..

Nowadays, the problem of consecutive land cover changes and especially of habitat changes inside cities, shows the extreme importance of high spatial resolution satellite imagery for monitoring them. Thus, pivotal role is owned by the unmanned aerial vehicles (UAVs). They are used for monitoring and collecting near and real-time data, for small areas where the scale doesn't matter, with a more affordable way, than any other regular aerial and not only survey (Sajjad&Kumar, 2019). However, the newest add in the remote sensing field is the airborne laser ranging (LIDAR) technology. Airborne LIDAR is the rising geospatial tool that gives us the opportunity to generate direct 3D urban landscape models, at the resolution of up to a few centimeters (Shan & Hussain, 2010). Not to mention that, aerial LIDAR data quickly became an attractive mapping solution. Looking ahead and focusing in an extend of just a few years; professionals will try to find more affordable ways to deliver data, according to any individual researcher need. This trend will influence both professionals and LIDAR experts, resulting them to be able to provide them with the best sensor technology, either for low or high altitude aerial sensors, depending on each specific project and its budget.

2.2 Remote sensing data, software, drones and portable devices

Remote Sensing scientific research, the gathering of satellite data and the massive acquiring of real-world applications have experienced a fundamental worldwide explosion, that has occurred in the last ten years. The everyday increased demand of geospatial data as well as the global need to discover new methodologies and applicable solutions, to natural or man-made environments, forced both scientists and experts around the world, to incorporate in the vast Remote Sensing domain utilizing innovative and efficient technological tools. The most representative among them, became the UAVs and the smart-phones, equipped with adequate software.

The huge growth of the Remote Sensing field, being a real obstacle in its use for almost every world-wide user, can be faced through three main domains.

The optimum choice for end-user needs is adequate satellite images according to their suitable qualities. It is well-known across the Remote – Sensing community, that the number of remote sensing earth observation satellites nowadays exceed six hundred and fifty.

Always taking into consideration, the type of the chosen satellite images, for either private or public projects to be implemented, it is necessary to use the most convenient and efficient software, in order to reach the final and desired target. A plethora of such software exists and some of them are remote sensing and GIS specialized, at the same time. The most known are presented in the following table (Table 1).

Table 1. Most known Remote Sensing Software Packages

Software:
Geomatica, PCI Geomatics
SAGA GIS (Open Source)
ERDAS IMAGINE
ENVI
Google Earth Engine
GRASS GIS
Orfeo toolbox (Open Source)
IDRISI
ECognition
ArcGIS
SNAP

Nowadays the “value for money” rule seems to govern our professional life and not only. The same applies to the Remote Sensing Community. Due to the increasing cost of almost everything, a powerful and almost global trend in the remote sensing community appeared; the disposition of freely available satellite data, as well as medium spatial resolution satellite images, sometimes even of high spatial resolution in addition to the use of freeware, comparable in quality to commercial well-known ones.

Representative examples for free distributed satellite images, according to the Earth Observing System (EOS), presented in the Table 2.

Table 2. Most known sites with satellite images for Earth Observation

Sites with satellite data for Earth Observation
USGS Earth Explorer
LandViewer
Copernicus Open Access Hub
Sentinel Hub
NASA Earthdata Search
Remote Pixel
INPE Image Catalog

Similarly, representative examples for the open source remote sensing software packages are presented in the Table 3.

Table 3. Open source remote sensing software packages

Open Source remote sensing Software Packages
The Sentinel Toolbox
QGIS Semi-automatic Classification Plugin (SCP)
SAGA GIS: System for Automated Geoscientific Analyses
ORFEO Toolbox (OTB): Optical and Radar Federated Earth Observation
GRASS: Geographic Resources Analysis Support System
PolSARPro
Opticks
OSSIM: Open Source Software Image Map
InterImage
ILWIS: Integrated Land and Water Information System
gvSIG
Whitebox GAT
E-foto

Another big deal to face up is the explosive use of drones in the last years.

First, we pose the following statement in question: Do UAVs (Drones) and satellites supplement each other or act in a contrary way?

Taking into consideration, the difference in spatial resolution between satellite and drone images, the different temporal resolution, setting drones in a rather advantageous position, the field of view the satellites can cover despite the existing weather conditions, such as cloudy days, that still are not an obstacle concerning drone use, although bad weather conditions can even destroy them. Finally, considering the limited drone flight range, one can vaguely conclude that drones and satellites supplement each other.

It's worth to mention a study comparing the utility of drone images (DJI-Phantom-2 with SJ4000 RGB and IR cameras, spatial resolution: 5cm) and satellite images (Pleiades-1B, spatial resolution: 50cm), for mangrove mapping. According to the researchers who implemented this study, image classification techniques seemed to be more accurate for drone than for satellite images, although the processing time was at least ten times longer for the drone than for the satellite image.

The outstanding evolution concerning the use of cell phones in the last decades didn't exclude some remote sensing applications.

Nowadays, although cell-phones are far from reaching laptop capacity, there are applications, that even if they are not equivalent to a computer software, they are at least similar.

Dr Karen Anderson, Associate Professor of Remote Sensing in the University of Exeter and leader of a cell-phone (used as sensor) scientific project said:

"Currently the sensors on mobile phones harvest data about their users and send this information to third parties. We wanted to start using those data for beneficial purposes, such as community-led mapping."

In another project entitled "Sensors for ANDROID in embedded systems", which was achieved in the "Department of Information Engineering, University of Brescia, in Italy, a framework was created, which allows the Android developers to handle the remote resources (i.e. sensors and actuators) via the Bluetooth 4.0-4.1 technology with the same approach to the embedded resources

A third application is entitled "Development of Android Smart Phone App for Analysis of Remote Sensing Images". The purpose of this study is to develop an Android smartphone app, that provides analysis capabilities of remote sensing images, by using mobile browsing open sources of gvSIG, open source remote sensing software of OTB and open source DBMS of Open source Relational Database PostgreSQL. In this app, five kinds of remote sensing algorithms for filtering, segmentation, or classification are implemented, and the processed results are also stored and managed in image database, for any user to retrieve.

2.3 Big Earth Data a rising trend in Remote Sensing Industry

Managing and processing of Big Earth Data is the main recent trend in satellite Earth Observation. The ever-increasing volume, variety and velocity of satellite data (Sudmanns et al., 2018), whether they are near real-time or from previous years, faces the need to correlate information, between what happened in the past and what will come to be in the future. During the last ten years, Earth Observation Big Data gained worldwide attention, not only by commercial organizations and governments, but also from researchers, Big Data experts and individual users on Remote Sensing technology (Koswatte&Mcdougall, 2018).

Free for all, open to the public, a continuous flow of information and a steady policy concerning Landsat and Sentinel data, create new challenges for Big Earth Observation data. Thus the question, how to make the best use of Big Data, in terms of generating information useful for everyone to access. Nowadays, the European Programme “Copernicus” is one of the key drivers for the expansion of EO data and its truly free distribution, for everyone to exploit. The Copernicus Sentinel-2 satellites collect more data, than any other comparable initiative, past or present (Sudmanns et al., 2018).

The big data environment presents a range of challenges for the management of geospatial data, that determine trends of Earth Big Data. To address these challenges, experts are making efforts, to develop computing platforms and algorithms, that can effectively store and manage those huge and increasing amounts of geospatial data. Still, cloud storage technologies are lower in cost and seem to be the best possible solution, for storing and processing data in cloud storage platforms anywhere and anytime, as well as to perform spatial analysis on demand. MapReduce pattern for parallel processing seems to be superficial for handling large-scale and demanding Big Earth Data (Sidhu et al., 2018).

It is worth to mention that, constant flow of high-resolution satellite imagery data requires artificial intelligence (AI) processing, that efficiently performs real-time processing and analysis. Artificial intelligence systems would be a useful tool in automated analysis of large data sets (Koswatte & Mcdougall, 2018). One of the main challenges of machine learning for mapping industries is to develop systems that periodically analyze satellite data, to identify temporal changes and correct errors in geospatial data sets.

Trends and challenges may arise with the daily use of big EO data, including questions concerning data storage, as well as processes and methods, that are both easier and time consuming. These of course are just some of the questions, which we will be challenged to change, periodically alter, manifest and resolve anytime, according to the impact the increased flow the amount of satellite data has to offer to us.

3. Google Earth Engine (GEE) the upcoming global remote sensing tool

3.1 GEE Cloud Platform in the processing of geospatial data

Nowadays, there is a wide variety of software libraries (TerraLib, Hadoop, Geospark etc.) that have been developed to process geospatial data from different resources (USGC, NOAA etc.). Since the dawn of the new millennia, Google Inc. has played a pivotal role in the information community, which is furthermore proved by the evolving role of Google Earth, a publicly accessible software, for processing remotely sensed data.

Google Earth Engine (GEE) is a cloud-computing platform, which evolved into a remote sensing tool for everybody to study and research. GEE written in Java, containing the necessary Java templates and being the bridge between the data source and the analysis process, includes petabytes of data, that are freely available and ready for use, created in cooperation with research Institutes - such as the University of Maryland. Geospatial datasets of GEE include satellite data and aerial imaging from a considerable number of frequencies of the electromagnetic spectrum, climate forecasts, land cover, environmental, geophysical and socioeconomic datasets. These datasets can be used in a variety of fields, such as global forest change, crop yield estimation, urban and flood mapping (Gorelick et al., 2017).

There are no restrictions for using this platform, except from having a Gmail account, enabling users to start programming. GEE uses Java, as a programming language, but there is an option for Python. Processing satellite data, depends on each user individual programming ability and the Internet connection quality. Therefore, general public can easily use it, in contrast with known specialized remote sensing software such as, Environment for Visualizing Images (ENVI) and Earth Resources Data Analysis System (ERDAS) Imagine (Kumar & Mutanga, 2018).

Following the trends of technology and remote sensing, Google Inc. evolved furthermore this platform, thus allowing users to process data in rural areas, via mobile devices (Venturino et al., 2014).

3.2 Earth Engine Developers Groups

Earth Engine Developers Group is an online developing community, which is officially supported by Google. The GEE Developers Group is a forum for asking and answering technical questions, related to GEE with active members from all over the world. Those members have the chance to discuss features of this platform and pose useful proposals among them, that can be helpful for each other. The main advantage of this Group is that its members can share their scripts openly, within their respective directories, in order to solve code running problems.

3.3 Materials and Methods for our study case

"Harzing's Publish or Perish" (HPoP) is a software program, that analyzes academic citations by using Google Scholar, Microsoft Academic Search, Scopus, Web Science etc., granting this way the chance for every user, to make research complex queries and extract bibliometric results and statistics. The aim of bibliometric analysis here, is to show the way GEE platform is used, both as a tool for calculating urban indices, as well as to pinpoint the arising problems encountered by the users. The reference time period was the elapsed year of 2019.

In our research, Google Scholar via HPoP is used to locate publications, using a select combination of keywords and logical operators. The final expression was like: "Google Earth Engine" AND ("urban green space" OR "urban green areas" OR "urban trees" OR "urban forest" OR "urban green"). The search has included the body of the articles, excluding the references section. A database was formed following this procedure, including all articles that derived from the aggregation. Microsoft Excel software was used to exclude duplicates, perform cross tabulation and calculate the frequencies within data. Conference papers, books and book chapters, reports and thesis were included in the database. An effort was undertaken to summarize as many aspects of the stored records as feasibly possible, resulting into more generalized conclusions. The related to GEE articles were checked out, by their thematic content, their data satellite sources (Landsat series, Sentinel etc.), the areas of interest in case studies and the used spectral indices.

In order the queries to be studied by members during a selected month period, a database has been created, using the GEE Developers Group queries. The main idea was to document the arising issues and announcements, that were addressed to the GEE board and thus, to record the users' experience and the resulting vulnerabilities. Developers usually react to users complains and remarks. Future platform developments are the results of current problem reports. Gathered queries were summarized, using the gender of each submitter, the data source satellite system, the spectral indices and the type of query (technical problem, error in code error, announcement and proposal from members) as examined features.

Statistics were corresponding to one-year period (until October 2019) for the literature review and for one month (October 2019) for the GEE Group board queries.

4. Results

4.1 Trends from GEE literature review on Urban Green

The distribution of frequencies concerning the gathered research papers, by their thematic content is as illustrated as in Fig. 1. Generally, papers could be classified as "Case Studies" or as "Theory content". Still, another yet not small, percentage group belongs to those that had no other information, concerning their content, other than the publication title and the names of the authors. Having an objective difficulty to classify those cases, a third class was formed under the characterization "Undefined".

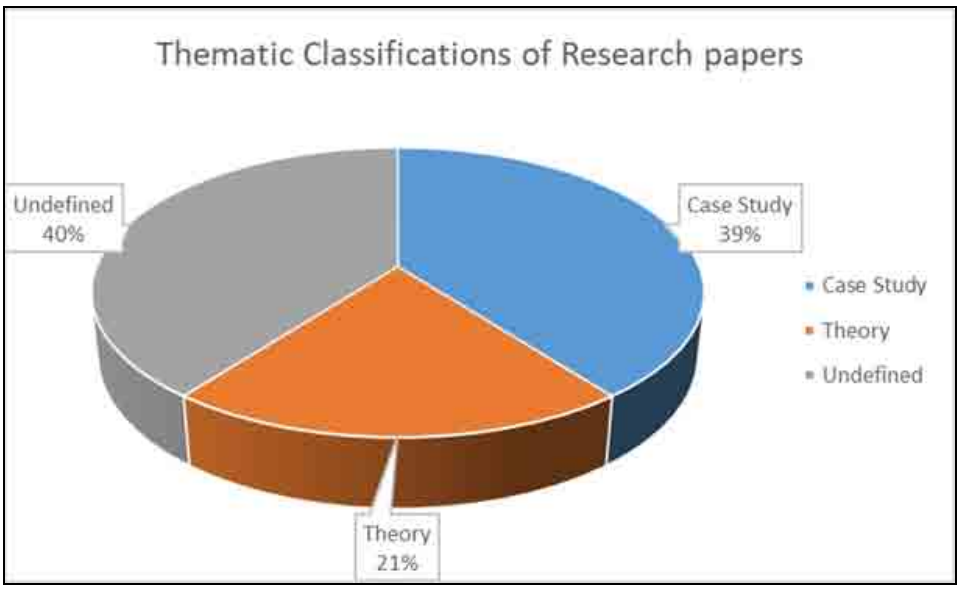


Fig. 1. Pie-chart of the frequency distribution of different thematic contents

"Case Study" was the class that had the most complete set of records in the database. Thus, only this group was used to produce the summarizing reports for the rest of the analysis.

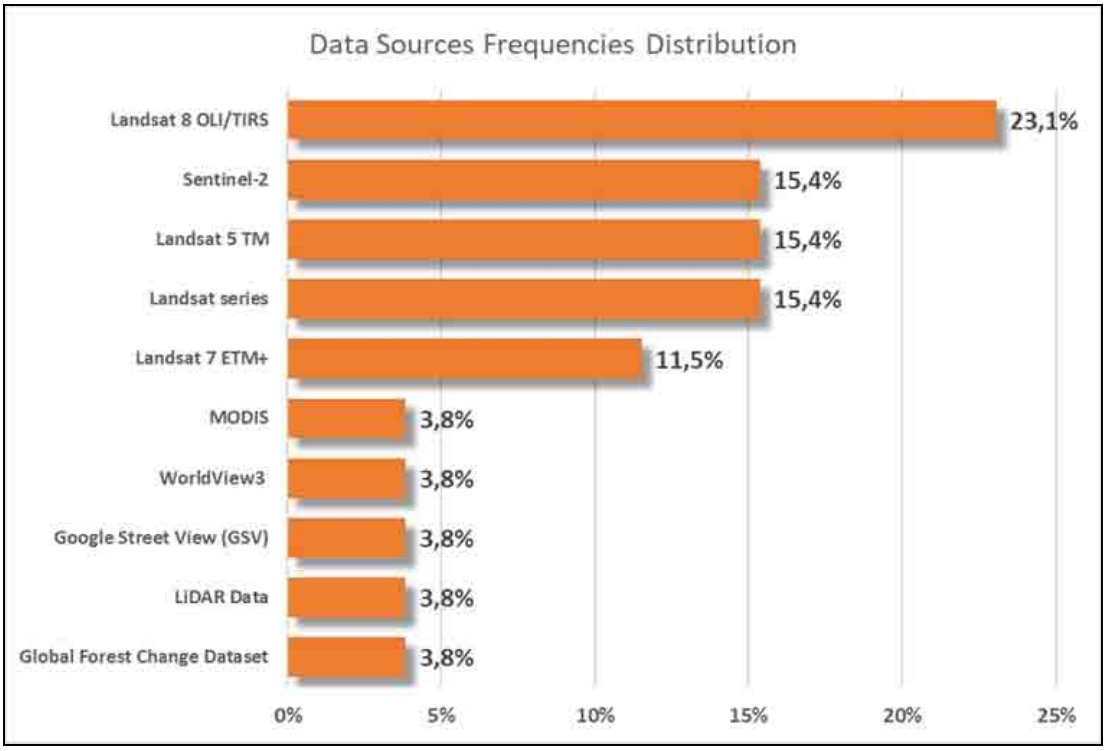


Fig. 2. The distribution of satellite sensors frequencies preferences in database

The preference in data sources used in case studies into research papers is illustrated in Fig. 2. The free access data of Landsat and Sentinel series sensors come first in reference.

Respectively, the geographical allocation of the study areas is illustrated in Fig. 3 and they are located mainly in Asia (about 50 %). This may arise by the fact that this continent is overpopulated and there is a great number of research institutes producing huge amounts of publications.

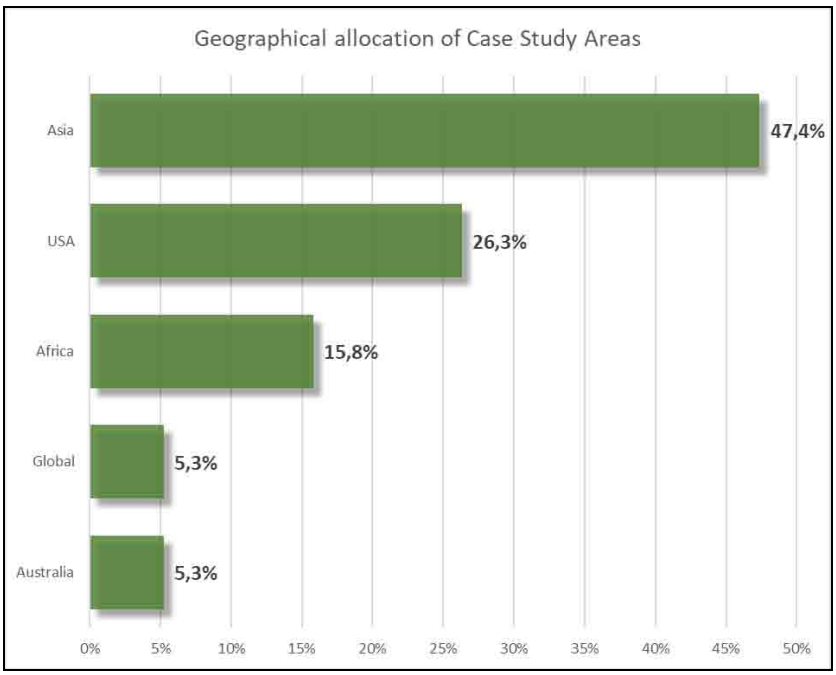


Fig. 3. Relative frequency distribution of the geographical allocation of case studies

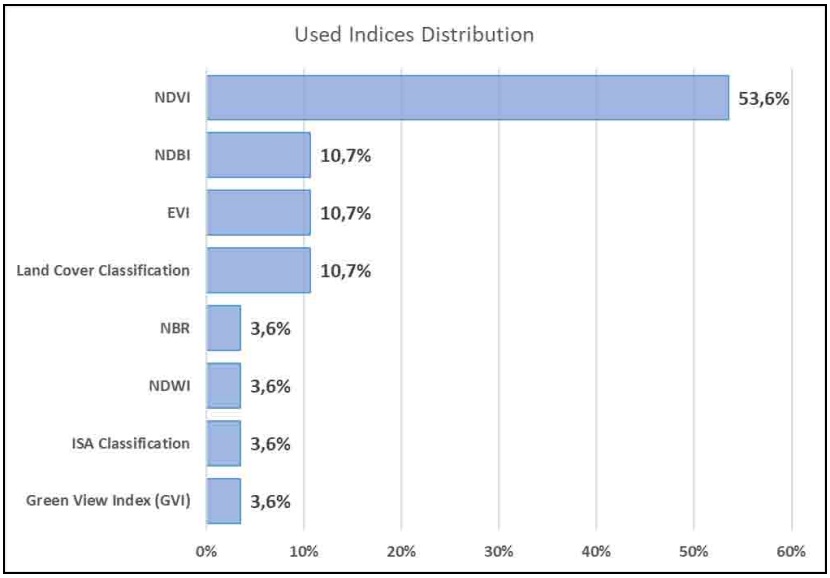


Fig. 4. Frequency distribution of indices used in publications

Finally, Fig. 4 illustrates the corresponding distribution of indices used in research of urban green areas. NDVI represents about the 50 % of occurrences, in publication denoting, established scientific value and the general recognition of its use.

A general evaluation on this brief report of findings may conclude the following: Case Study research papers have a 2:1 ratio of frequency, over theoretical oriented publications. Landsat and Sentinel sensors are primarily preferable in case study types of research. Most frequently mentioned study areas are allocated in Asia. The most commonly used index in research publication concerning urban green areas, by using satellite remote sensing data is NDVI.

4.2 Trends from GEE Group

Calculating the evolution of GEE trends is not an easy task. The platform is under constant development, thus thousands of lines of code written in the near past to be ineffective, erroneous and in need of close review and update. For the purposes of the present approach, an effort was done, to locate common characteristics among the queries of the GEE Board of users and summarize them.

Table 4. Distribution of queries addressing users' gender

Gender	Frequency
Female	34
Male	178
Total	**212**

The distribution of users' gender areas in Table 1. Males appear to be five times more frequent than females. Without any conclusive meaning, this ratio maybe useful for comparison with future estimations.

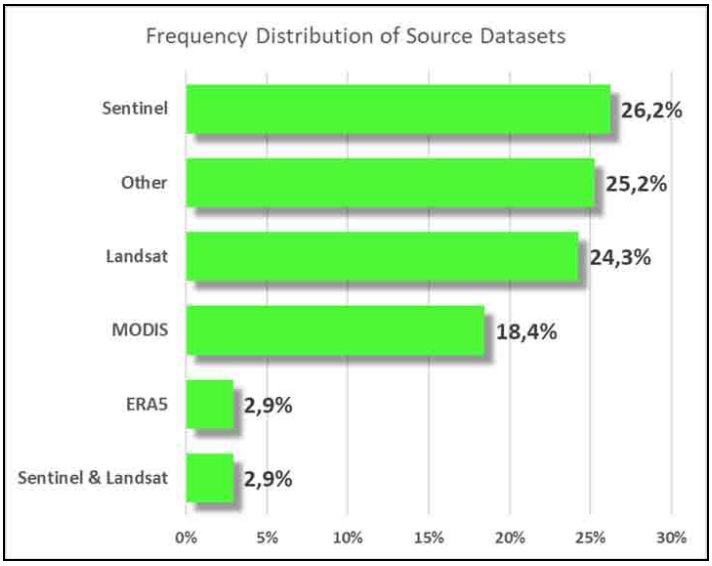


Fig. 5. Users' referenced Data Sources frequencies distribution

Frequency distribution of the mentioned in the queries data sources appear in Fig. 5. The general picture is a little different than that illustrated in Fig. 2. As it appears, users begin to prefer the use of Sentinel data, in contrast to distribution of Fig. 2. Two of the reasons that this is observed is the better provided resolution by Sentinel and the lack of need for atmospheric correction.

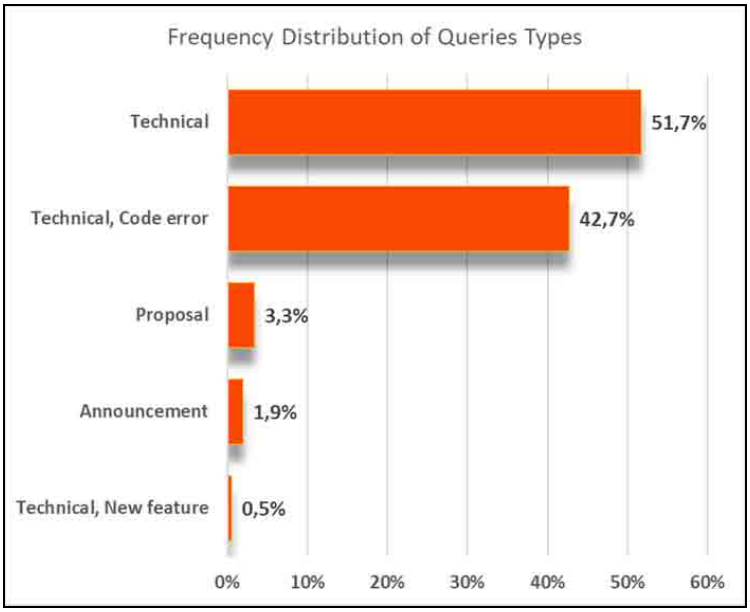


Fig. 6. Types of queries frequency distribution

One very useful aspect would be to identify and classify the types of queries, that participate in that aggregation. The most frequent types are obviously “Technical questions” and “Code error” questions. The difference between those two types is the preciseness. “Technical queries” address a more general question. “How can I calculate NDVI index“ for example. The question is more general and does not specify. “Code errors”, on the other hand, address specific questions, on part of erroneous code. Most of the time, users with such queries, deposit their piece of code asking for more clarifications.

Finally, the distribution of index reference frequencies was calculated and it is illustrated in Fig. 7. NDVI is again the most popular index by far.

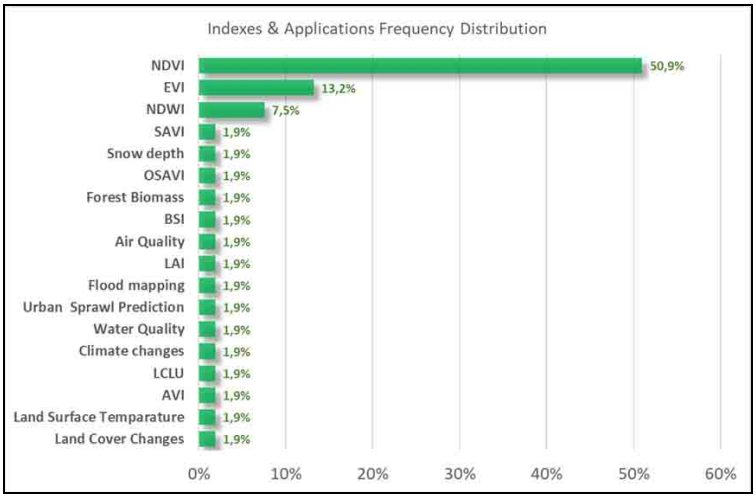


Fig. 7. The frequencies distribution of index references

5. Discussion

Due to the increasing cost of well-known, word-wide geoprocessing software, the vast use of it, for a big part of users, experts or not, scientific or professionals, is a real obstacle. On the other hand, the importantly high number of Earths observing satellites and the corresponding satellite images, offer a variety of choices, according to the end user targets and needs. The ideal combination of processing low, or without cost at all, software and, if possible, the same for the corresponding satellite images, limits the provided choices to just a few ones. It seems that GEE is among the optimum choices for geoprocessing satellite and various geo-data.

Every remote sensing software program has its own prons, cons and future challenges. Thus, over time, many new approaches to processing GEE platform will develop to make it more efficient in handling satellite data (Sidhu et al., 2018). The main advantage of this platform, which was highlighted not only by researchers but by RS experts as well, is that it focuses on the provided opportunities, including storage capacity and processed data usage. It gives the opportunity for accessibility to more than 40 years of free historical imagery and scientific data sets, in order to develop large-scale and long-term monitoring applications for Earth’s environmental problems and resources (Kumar & Mutanga, 2018).

Due to the explosion of information and satellite data, GEE platform faces some interesting challenges, for the immediate future. Client server programming is the main goal of Earth Engine, but also one of the future’s challenge. GEE must work out to make quantities of data more easier to be processed (Gorelick et al., 2017).

6. Conclusion

Open source Earth observation platforms and computing resources are a remarkable way to make the field of remote sensing essential for spatial data analysis. Free of charge satellite images can be downloaded and used in various applications, upon the corresponding field like forestry, agriculture, urban environment etc. An important part of world-wide users today uses free remote sensing and GIS software like SNAP, ILWIS, QGIS etc., in order to analyze suitable satellite images, that are downloaded from international scientific reliable sites, like USGS, LandViewer, Copernicus Open Access Hub, Sentinel Hub, NASA Earthdata Search, etc. with low cost or even without any at all. Drone images seem to be complementary to satellite ones, providing better spatial and temporal resolution, although having some restrictions (weather conditions, flight range). Cell phone remote

sensing applications, while being extremely useful for everybody have not yet reach an acceptable level of image registration and processing, due to their limited capacities.

This research investigated the uptake and usage of the Google Earth Engine (GEE) platform, in calculating urban green areas, mainly in terms of the datasets used, most used indices and the features of members that questioned in Developers Group.

One of the main goals of GEE is to become an evolving cloud computing remote sensing tool, that is accessible and easy to use by everyone, with substantial opportunities for Earth observation and geospatial applications.

References:

1. Gorelick, N.; Hancher, M.; Dixon, M.; Ilyushchenko, S.; Thau, D.; Moore, R. (2017) "Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone*"; Remote. Sens. Environ*; (202); pp. 18-27. [CrossRef].
2. Sajjad, H.;Kumar, P.; (2019) "Future Challenges and Perspective of Remote Sensing Technology", in Sajjad, H.;Kumar, P.; (ed.) Applications and Challenges of Geospatial Technology: Springer Nature Switzerland AG; pp. 275–277. [CrossRef].
3. Koswatte, S.; McDougall, K; (2018) "The Future of Authoritative Geospatial Data in the Big Data World – Trends, Opportunities and Challenges", FIG Commission 3 Workshop: Spatial Information in an era of data science - Challenges and practical solutions; 3-6 December 2018; Italy: Naples. [CrossRef]
4. Shan, J.; Hussain, E. (2010) "Very High Resolution Remote Sensing Data: Processing Capabilities and Limitations in Urban Areas". [CrossRef].
5. Sudmans, M.; Lang, S.; Tiede, D. (2018) "Big Earth Data: From Data to Information"; GI_Forum 2018; (I); pp. 184-193. [CrossRef].
6. Nanki, S.; Pebesma, E; Câmara, G.(2018) "Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case"; *European Journal of Remote Sensing*; (51); pp. 486-500. [CrossRef].
7. Kumar, L.; Mutanga, O. (2018) "Google Earth Engine Applications Since Inception: Usage, Trends, and Potential", Remote. Sens (10). [CrossRef].
8. Venturino, R.; Schall, M.; Solichin, J. (2014) "Google Earth Engine As A Remote Sensing Tool"; *International Journal of Remote Sensing & Geoscience.* [CrossRef].

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE LUNAR POLES USING FRACTAL DIMENSION

Rosen Iliev[1], Boyko Ranguelov[2], Antoaneta Frantzova[3]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski"– Sofia
[3]Climate, Atmosphere and Water Research Institute (CAWRI) - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ilievrosen@space.bas.bg; branguelov@gmail.com; afrantzova@abv.bg

Keywords: *Moon, fractal surface, DEM, lunar poles, DTA, roughness*

Abstract: *Surface roughness is one of the fundamental quantitative parameters of digital terrain analysis (DTA). The development of computer systems over recent decades has led to the development and successful implementation of various digital analysis methods. An important place among them is undoubtedly the digital fractal analysis. Along with this, the ever-improving digital elevation models (DEMs) of the Moon's topography provide new opportunities in this direction. Present study focuses on differences in the topography of lunar poles based on the digital fractal approach. For this purpose, the real physical surface of the Moon's poles is represented as "fractal surface", and the differences in hypsometry and surface roughness are described by fractal dimension. The results obtained on this basis showed a different geological history of the lunar poles. This requires a thorough further interpretation.*

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ЛУННИТЕ ПОЛЮСИ ИЗПОЛЗВАЙКИ ФРАКТАЛНА ДИМЕНСИЯ

Росен Илиев[1], Бойко Рангелов[2], Антоанета Францова[3]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Миннно-геоложки университет „Св. Иван Рилски"– София
[3]Национален институт по метеорология и хидрология - Българска академия на науките
e-mail: ilievrosen@space.bas.bg; branguelov@gmail.com; afrantzova@abv.bg

Ключови думи: *Луна, фрактална повърхнина, ЦМР, лунни полюси, ДАР, грапавост*

Резюме: *Грапавостта на релефа е един от фундаменталните качествени параметри на дигиталния анализ на релефа (ДАР). Развитието на компютърните системи през последните десетилетия доведе до развиването и успешното внедряване на различни дигитални методи за анализ. Важно място сред тях без съмнение има дигиталния фрактален анализ. Наред с това, непрекъснато подобряващите се цифрови модели на релефа (ЦМР) за топографията на Луната предоставят нови възможности в тази посока. Настоящото изследване се фокусира върху различията в топографията на лунните полюси базирайки се дигиталния фрактален подход. За тази цел, физическата повърхност на лунните полюси е представена като „фрактална повърхнина", а различията в хипсометрията и грапавостта на релефа са описани чрез фрактална дименсия. Получените резултати на тази основа показват различна геоложка история на лунните полюси. Това налага допълнителна интерпретация.*

Introduction

Over the last decades, the increasingly use of fractal analysis on the one hand and the continuous improvement of digital elevation models (DEMs) have led to the introduction of an innovative methodological approach. The cohesive, but unambiguous, use of fractals and DEMs gave to the scientific community new possibilities for analysis and interpretation of the terrain. The fractal approach is based on the observation that the morphology of surfaces is statistically self-affine, which implies that when repeatedly magnified, increasing details of roughness emerge and appear similar to

the original profile (Taud and Parrot, 2009). With the fractal approach, it is possible to calculate the scale-independent parameters which describe the surface. The fractal measure parameter, i.e. fractal dimension (D), is a well-known measure unit of surface roughness (Mandelbrot, 1982; Pentland, 1984; Franceschetti et al., 2000; Pant et al., 2010; Sun et al., 2006) and represents the capacity of the surface to fill in the adjacent volume (Zahouani et al., 1998). Fractal dimension (FD) has many applications in remote sensing research including image processing, image analysis, texture segmentation, shape classification and identifying the image features such as roughness and smoothness (Nayak and Mishra, 2016).

In recent years, the "fractal approach" has been increasingly applied to the surface of Earth's natural satellite - the Moon. Using fractal analysis, spatial variations and peculiarities of the Moon's topography (Turcotte, 1987; Nefedjev, 2003; Baldassarri et al., 2008; Huang et al., 2009; Rosenburg et al, 2011; Cao et al., 2015; Bray et al., 2017) have been successfully analyzed. Also from the position of the fractals was analyzed and interpreted the Moon's gravity field and its relation to the terrain (Kumar et al., 2016; Ranguelov et al., 2019).

The present study focuses on spatial differences in elevation and surface roughness of the lunar poles. Differences in topography of the poles are analyzed and interpreted by constructing of 2D fractal models (surfaces) based on high resolution DEM data (30x30 meters) from the Lunar Orbiter Laser Altimeter (LOLA) (Smith et al., 2011). The results obtained in the course of the study showed significant differences between lunar poles regarding of topography and its roughness. Unlike other large planetary bodies in the inner solar system, the lunar South Pole's topography is is largely redesigned from free space objects. This requires the need for further interpretation.

Methods and Data

Variogram method for fractal dimension estimation

There are many techniques to estimate the fractal dimension. In the present study the fractal dimension is calculated using Focal Fractal Dimension Calculator (FocalD) based on the „Variogram method" (Mark and Aronson, 1984). The software calculates a surface of fractal dimension values in a window around each raster cell. The pixel signal value in each fractal image reflects the complexity of the variation in the topography. The result is an entire raster map (2D) of fractal dimension values indicating how data changes over space. The fractal estimator (Jaggi et al., 1993) measures fractal dimension (D) based on the variogram computed for the study area, and

(1) $y(h)= Var (Zi-Zj)$

where i; j are spaced by the distance vector h.

The fractal dimension (D) can be derived by regressing the logarithm of the distance vector with the logarithm of the variance (Zhou and Lam, 2005), and

(2) $D=3-(B/2)$

where D is fractal dimension and B is the slope of the regression.

The fractal signal value is much higher, when the DEM values have a more complex variation. For example, fractal dimension of 2,0 is an indicator for smooth, scale invariant surface, while fractal dimension of 3,0 is an indicator for a space-filling extremely rough surface (Table 1).

Table 1. Surface roughness classification based on fractal dimension (based on Mark and Aronson, 1984; Pentland, 1984; with modifications)

Class	Surface type	Fractal Dimension (FD)
1	Flat	2,0-2,1
2	Nearly flat	2,1-2,2
3	Slightly rough	2,2-2,3
4	Moderately rough	2,3-2,5
5	Highly rough	2,5-2,8
6	Extremely rough	2,8-3,0

Data and software

The digital elevation model (DEM) of the lunar poles using in the present study is based on data from the Lunar Orbiter Laser Altimeter (LOLA) (Smith et al., 2011), an instrument on NASA's Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) spacecraft (Tooley et al., 2010). The DEM is generated in Projected Coordinate System Moon 2000. The data are available in Georeferenced Tagged Image File Format (GeoTIFF) at 30x30 m spatial resolution.

The DEM data have been processed and explored using Geographic Information System (GIS) - SAGA-GIS (Conrad et al., 2015), QGIS (Thiede et al., 2014) and LandSerf (Wood, 2009) free software.

Results and Discussion

The results of the study are presented visually and textually in Fig. 1 and Table 2. The main conclusions and interpretations are discussed further.

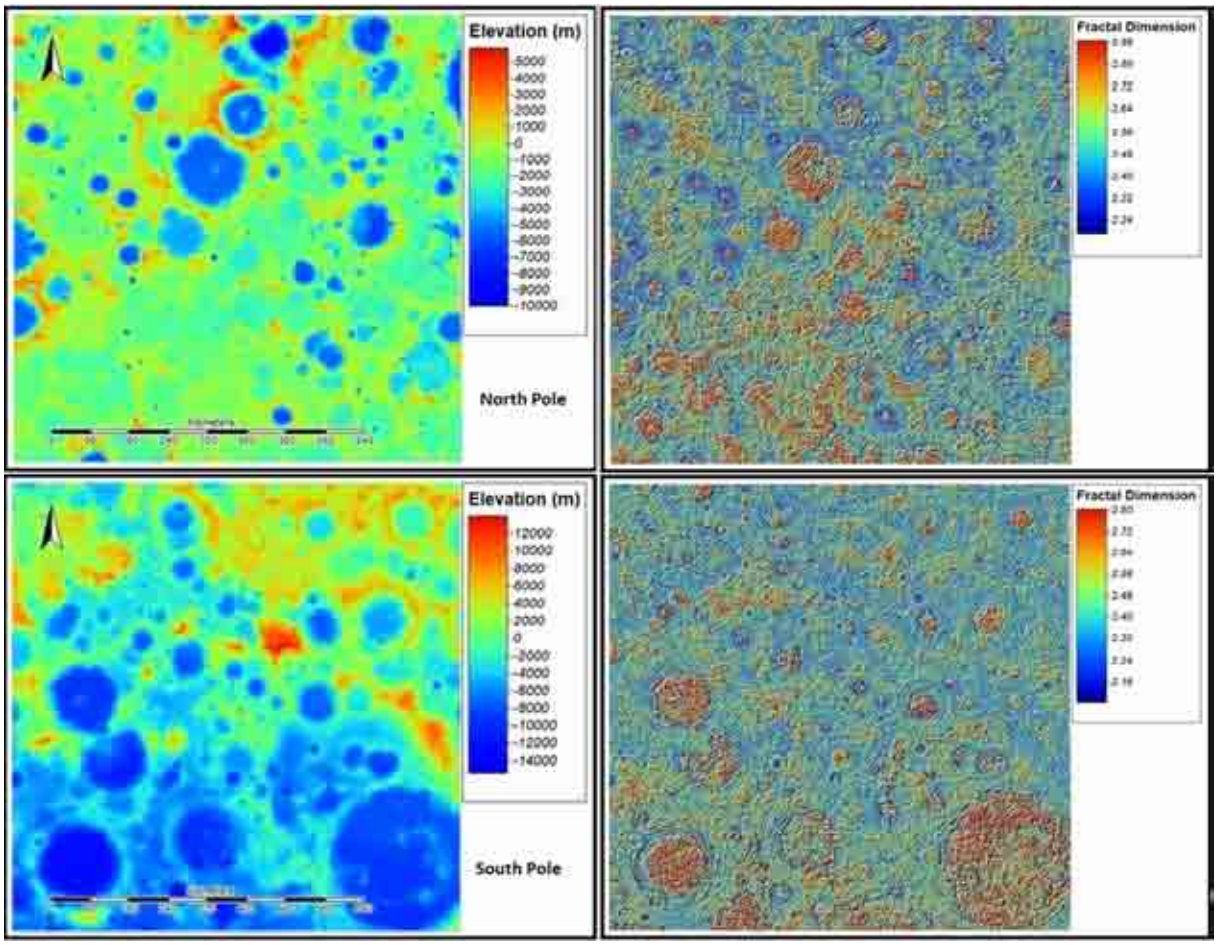


Fig. 1. Lunar poles topography and corresponding 2D fractal surface

Table 2. Topography peculiarities of the lunar poles

North Pole			
DEM min	-10009	FD min	2,08
DEM max	5824	FD max	2,88
SD	4593	SD	0,306
R^2	0,909	R^2	0,739
South Pole			
DEM min	-15461	FD min	2,08
DEM max	13968	FD max	2,80
SD	8538	SD	0,209
R^2	0,944	R^2	0,733

The presented results show an interesting picture. In general, the terrain of the lunar poles is characterized by a large amplitude regarding to the hypsometry. For the North Pole it is 15 833 m and for the south one 29 429 m. The difference is also significant regarding to the maximum and minimum absolute hypsometry values in favor of the southern lunar pole (Fig. 2). It is remarkable that both Poles have approximately similar values of the FD and R^2.

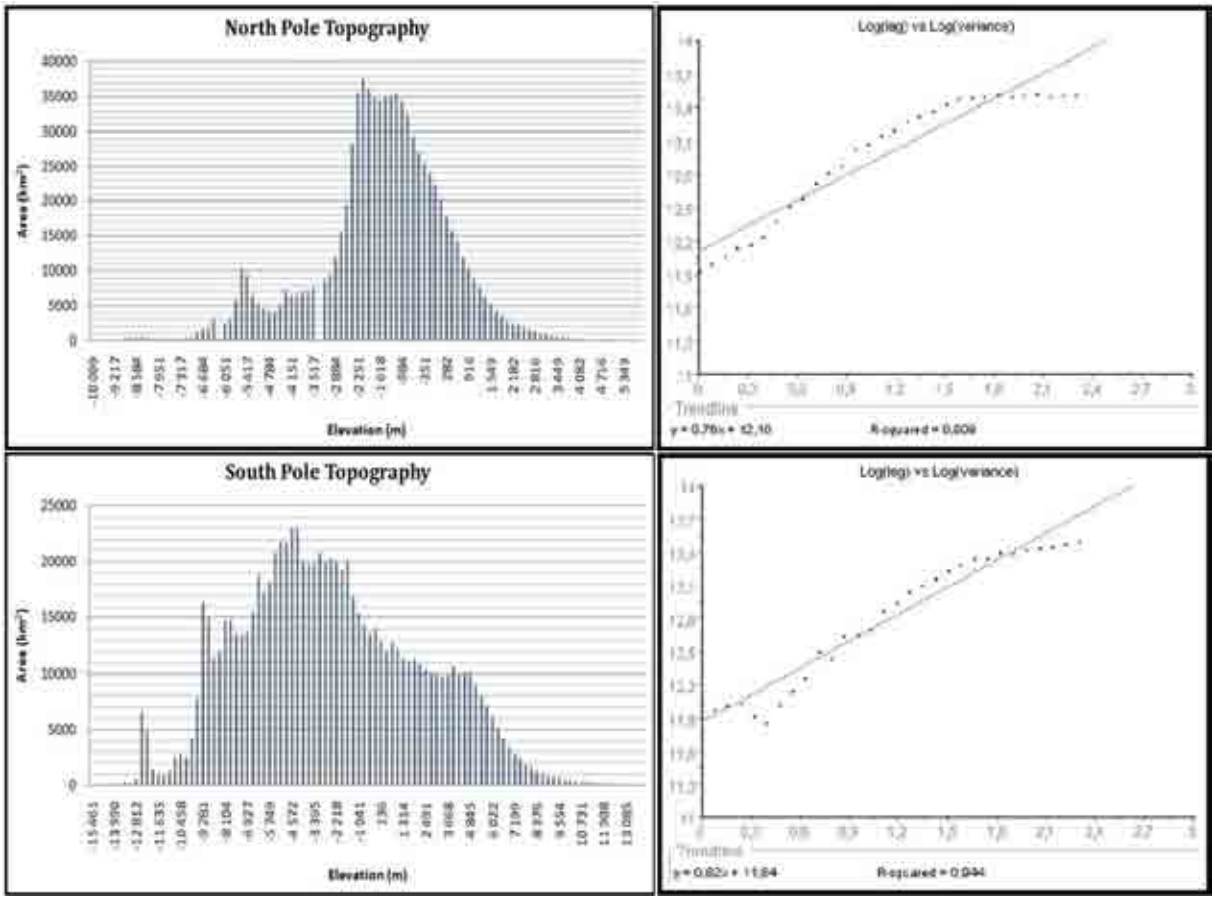


Fig. 2. Lunar poles hypsometry variation

Differences, however, are observed in the spatial distribution of fractal values and related parameters. The South Pole of the Moon (R^2 – 0.733) is characterized by a slightly nonlinear distribution of the topography values in comparison of the northern one (R^2 – 0.739) (Table 2). In general, based on fractal dimensions (Fig. 3, Table 3), the surface of both poles is characterized by moderately-highly roughness. Within the North Pole, the areas with highly and extremely highly terrain are more widespread (53,4 % > 31 % of total area or 184 124 km^2 difference). The flat areas are rare as a whole, but more widespread within the South Pole (5,5 %>1,5% of total area or 31 190 km^2 difference). This proves that, compared to the northern pole, the terrain of the southern one is transformed by geological processes with higher power but lower intensity.

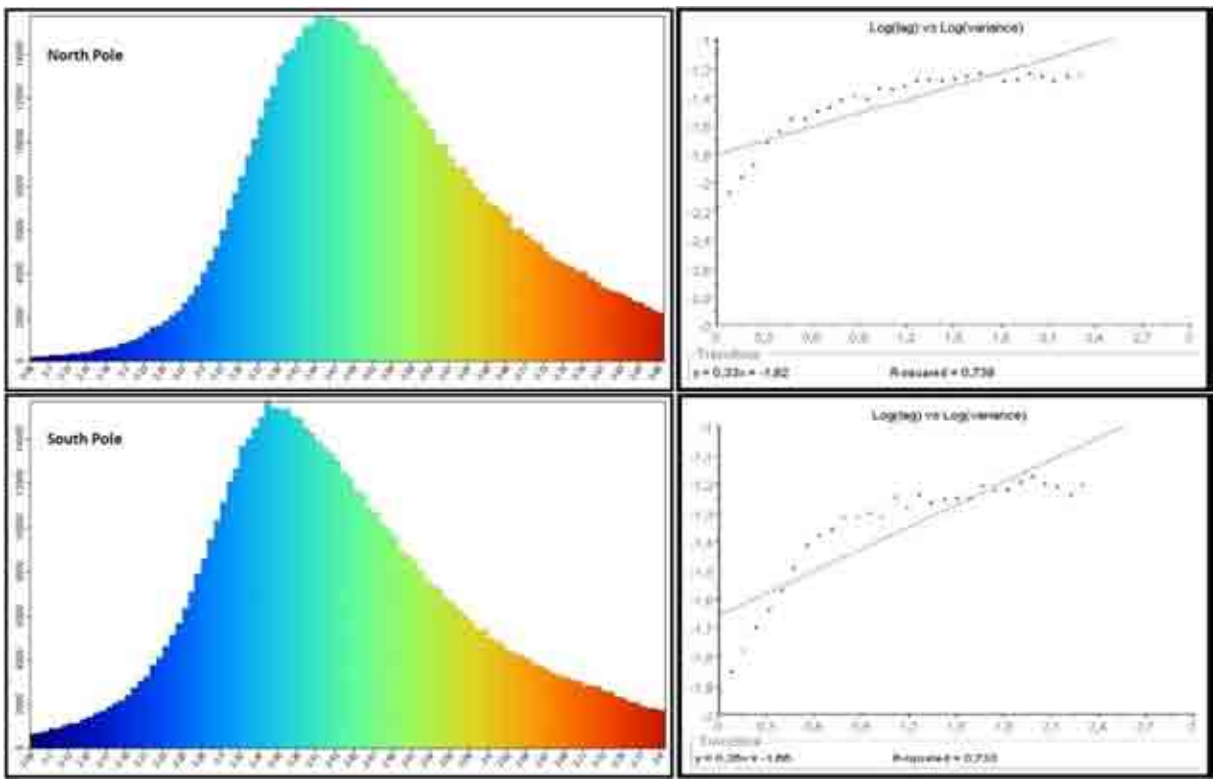


Fig. 3. Frequency of distribution of fractal dimensions within the lunar poles

Table 3. Surface roughness of the lunar poles

			North Pole		South Pole	
Class	**Surface type**	**Fractal Dimension (FD)**	**Total area (km^2)**	**Relative share (%)**	**Total area (km^2)**	**Relative share (%)**
1	Flat	2,0-2,1	5380	0,7	20532	2,5
2	Nearly flat	2,1-2,2	6600	0,8	24638	3,0
3	Slightly rough	2,2-2,3	28039	3,4	98554	12,0
5	Moderately rough	2,3-2,5	342544	41,7	422961	51,5
6	Highly rough	2,5-2,8	366249	44,6	216818	26,4
7	Extremely rough	2,8-3,0	72472	8,8	37779	4,6

Conclusion

The results obtained confirmed the differences in the topography of the lunar poles. From one side the both poles are dominated by the “moderate and highly rough” surfaces. (77.9% for the South Pole and 82.3 % for the North). From the other side - the surface of the southern lunar pole is less expressive but more variable, while within the northern one vice versa- more expressive and less variable. This leads to the conclusion that, compared to the North Pole, the southern one has been subjected to different by intensity and power impact events, which have created and shaped the contemporary pattern of the relief. The fractal analysis clearly confirm that conclusions. This is in contrary to the tendency, the northern hemispheres (and respectively, the poles) of the planetary bodies within the inner solar system to be more vulnerable to collisions with large space objects. This necessitates further in-depth research.

References:

1. Baldassarri, A., M. Montuori, O. Prieto-Ballesterosa and S.C. Manrubia. Fractal properties of isolines at varying altitude revealing different dominant geological processes on Earth. J. Geophys. Res., 113, 2008, E09002. DOI: 10.1029/2007JE003066.
2. Bray, V. J., C. Atwood-Stone, C. D. Neish, N. A. Artemieva, A. S. McEwen, and J. N. McElwaine. Lobate impact melt flows within the extended ejecta blanket of Pierazzo crater. Icarus, 301, 2017, pp. 26–36. 10.1016/j.icarus.2017.10.002
3. Cao, W., Zh. Cai and Z. Tang. Fractal structure of lunar topography: An interpretation of topographic characteristics. Geomorphology, 238, 2015, pp. 112–118. DOI: 10.1016/j.geomorph.2015.03.002
4. Conrad, O., B. Bechtel, M. Bock, H. Dietrich, E. Fischer, L. Gerlitz, J. Wehberg, V. Wichmann and J. Boehner. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. −In: Geosci. Model Dev., 8, 2015, p.p. 1991-2007. DOI: 10.5194/gmd-8-1991-201
5. Franceschetti, G., A. Iodice, S. Madalluno and D. Riccio. A fractal-based theoretical framework for retrieval of surface parameters from electromagnetic backscattering data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 38, 2000, pp. 641–650.
6. Huang, X, X. Jiang, T. Yu and H. Yin. Fractal-Based Lunar Terrain Surface Modeling for the Soft Landing Navigation. Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, Changsha, Hunan, China, 2009, pp. 53–56. DOI: 10.1109/ICICTA.2009.250
7. Jaggi, S., D.A. Quattrochi and N. Lam. Implementation and operation of three fractal measurement algorithms for analysis of remote-sensing data. Computers & Geosciences, 19, 6, 1993, pp. 745–767.
8. Kumar, A. V. S., R .P. R. Sekhar and R. M. Tiwari. Fractal Analysis of lunar Gravity anomalies over the Basins of Lunar Farside. 19th National Space Science Symposium (NSSS-2016), 2016, Kerala, India, Poster Session.
9. Mandelbrot, B. The Fractal Geometry of Nature. W.H. Freeman & Co., San Francisco, 1982, 68 p.
10. Mark, D.M. and P.B. Aronson. Scale-Dependent fractal dimensions of topographic surfaces: An empirical investigation with applications in geomorphology and computer mapping, Mathematical Geology, 16, 7, 1984, pp. 671–-683.
11. Nayak, S. R. and J. Mishra. An improved method to estimate the fractal dimension of colour images. Perspectives in Science, Elsevier, 8, 2016, pp. 412–416. DOI: 10.1016/j.pisc.2016.04.092
12. Nefedjev, A. Y. Lunar Surface Research Using Fractal Analysis. The Journal of the Eurasian Astronomical Society, 22, 4–5, 2003, p.p. 631-632. DOI: org/10.1080/1055679031000139460
13. Pant, T., D. Singh and T. Srivastava. The potential application of fractal approach for surface roughness retrieval: A study for simulated surfaces, Geomatics, Natural Hazards and Risk, 1, 3, 2010, pp. 243–257. DOI: 10.1080/19475705.2010.494835
14. Pentland, A. P. Fractal-based description of natural scenes. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI-6, 1984, pp. 661–674.
15. Ranguelov, B., R. Iliev, Tz. Tzankov and E. Spassov. Fractal analysis of the lunar free-air gravity field. To Physics Journal, 2, 2019, pp. 126–133.
16. Rosenburg, M. A., A. Aharonson, J.W. Head, M.A. Kreslavsky, E. Mazarico, J.A. Neumann, D.E. Smith, M.H. Torrence and M. T. Zuber. Global surface slopes and roughness of the Moonfrom the Lunar Orbiter Laser Altimeter. Journal of Geophysical Research, 116, 2011. DOI: 10.1029/2010JE003716
17. Smith, D. E., M. T. Zuber, G. A. Neumann, E. Mazarico, J. W. Head, M. H. Torrence and the LOLA Science Team. Results from the Lunar Orbiter Laser Altimeter (LOLA): global, high-resolution topographic mapping of the Moon, Lunar Planetary Science Conference XLII, Abstract 2350, 2011.
18. Sun, W., G. Xu, P. Gong and S. Liang. Fractal analysis of remotely sensed images: A review of methods and applications. International Journal of Remote Sensing, 27, 2006, pp. 4963–4990.
19. Taud, H., and J. F. Parrot. Measurement of DEM roughness using the local fractal dimension. Geomorphologie: relief, processes, environment, 10, 2005, pp. 327–338.
20. Thiede, R., T. Sutton, H. Düster and M. Sutton. Quantum GIS Training Manual. Locate Press, 2014, 388 p.
21. Tooley, C. R., M. B. Houghton, R. S. Saylor, C. Peddie, D. F. Everett, C. L. Baker and K. N. Safdie. Lunar Reconnaissance Orbiter mission and spacecraft design, Space Sci. Rev., 150, 2010, pp. 23–62. DOI: 10.1007/s11214-009-9624-4.
22. Turcotte, D. A fractal interpretation of topography and geoid spectra on the earth, moon, Venus, and Mars. Journal of Geophysical Research, 92, 1987, p.p. 597-601.
23. Wood, J. The LandSerf Manual. 2009. http://www.staff.city.ac.uk/~jwo/landserf/landserf230/doc/landserfManual.pdf
24. Zahouani, H., R. Vargiolu and J.L. Loubet, J.L. Fractal models of surface topography and contact mechanics. Mathl. Comput. Modelling, 28, 4-8, 1998, pp. 517–534.
25. Zhou, G. and N. Lam. A comparison of fractal dimension estimator based on multiple surface generation algorithms. Computers & Geosciences, ELSEVIER, 31, 2005, pp. 1260–1269. Doi:10.1016/j.cageo.2005.03.016

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

МОНИТОРИНГ НА ЗЕМНАТА ПОВЪРХНОСТ ПО ПРОГРАМАТА „КОПЕРНИК" ПРЕЗ 2017-2018 Г. ЗА БЪЛГАРИЯ - ОСНОВНИ РЕЗУЛТАТИ

Венцеслав Димитров[1], Юлин Тепелиев[2], Радка Колева[2], Юлия Крумова[3], Надежда Илиева[3], Тодор Любенов[3], Борислава Борисова[4]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Лесотехнически университет – София
[3]Национален Институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките
[4]Министерство на земеделието, храните и горите
e-mail: vdimitro@stil.bas.bg

Ключови думи: *Земно покритие, верификация, спътникови изображения, тематична точност*

Резюме: *Докладът е посветен на работните процедури и резултатите от участието на България в дейностите по подкрепа на верификацията и създаването на продукти за земното покритие в рамките на услугата за мониторинг на земната повърхност по програмата „Коперник" през периода 2017–2018 г. Извършена е верификация на локалните компоненти и слоевете с висока разделителна способност чрез сравняване с референтни данни. Чрез визуално дешифриране и ГИС-моделиране са създадени базите данни за КОРИНЕ земно покритие 2018 г. - ревизирана CLC2012, промени CLC2012–2018 и CLC2018. Като цяло тематичните точности при локалните компоненти отговарят на изискванията, при слоевете с висока разделителна способност са регистрирани както добри, така и приемливи и недостатъчни точности. Най-големи промени по площ при CLC2018 са загуба на иглолистни и широколистни гори и пасища в орна земя.*

LAND MONITORING UNDER THE "COPERNICUS" PROGRAMME IN 2017-2018 FOR BULGARIA- MAIN RESULTS

Ventzeslav Dimitrov[1], Youlin Tepeliev[2], Radka Koleva[2], Yulia Kroumova[3], Nadezhda Ilieva[3], Todor Lubenov[3], Borislava Borisova

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]University of Forestry
[3]National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – BAS,
[4]Ministry of Food and Forest
e-mail: vdimitro@stil.bas.bg

Keywords: *Land cover, verification, satellite images, thematic accuracy*

Abstract: *The report is dedicated to the working procedures and results of Bulgaria's participation in the activities to support the verification and creation of land cover products within the Copernicus Land Monitoring Service during the period 2017–2018. Completed is verification of local components and high-resolution layers by comparison with reference data. Through visual interpretation and GIS modelling, the databases for CORINE land cover 2018 were created: revised CLC2012, changes CLC2012–2018 and CLC2018. In general, the thematic accuracies of the local components meet the requirements, and acceptable and insufficient accuracy are registered for the high resolution layers. The largest changes in area under CLC2018 are the loss of coniferous and deciduous forests and pastures in arable land.*

Въведение

Изображенията от спътниците за наблюдение на Земята, в днешно време са широко използван източник на информация за производството на карти за земно покритие/земеползване (land cover/land use - LCLU)). Оценката на точността е задължителна част от работата по

извличане на информация за LCLU от данни в дистанционните изследвания, която оценка е вътрешно свързана с по-нататъшното й използване [1, 2].

Първоначалното картографиране на Европа по програмата "КОРИНЕ земно покритие" (CORINE Land Cover (CLC)) бе извършено в периода 1986–1995 г. в рамките на проекта CLC 1990. Оттогава насам, базата данни на CLC се поддържа и актуализира редовно като част от ангажиментите на Европейската агенция по околна среда (ЕАОС): CLC2000 [3], CLC2006 [4], CLC2012 [5], and CLC2018 [6]. Задълбочен анализ на четири от гореспоменатите фази на CLC в Европа за периода 1990–2012 г. относно методологията, данните, казусите и перспективите на CLC може да бъде намерен във (Feranec et al. 2016). България участва в проекта CLC от началото на 90-те години, така че това е петото участие на страната ни в последователните проекти на CLC в рамките на дейностите на ЕАОС за наблюдение на Земята [7]. Понастоящем, свързаните със CLC дейности са част от програмата Коперник - водещата програма на Европейския съюз за наблюдение и мониторинг на Земята [8].

В рамките на услугата за мониторинг на земната повърхност на програмата Коперник (CLMS) на Европейския съюз и под ръководството на ЕАОС, досега бяха произведени няколко групи за LCLU продукти, отнасящи се към паневропейските и локалните компоненти [9].

Локалният компонент предоставя подробна информация за LCLU за конкретни области на интерес, така наречените „горещи точки“, с референтна година 2012. Проучването на тези територии, чувствителни към неблагоприятни природни и антропогенни въздействия, е разделено на три основни проучвани области и се реализира в три продукта: Атлас урбанизирани територии 2012 (Urban Atlas), Натура 2000 - тревни зони 2012 и крайречни зони (Riparian Zones). Получени са чрез автоматизирана класификация и последващо ръчно редактиране, от изображения с много висока пространствена разделителна способност (VHR) (2,5 x 2,5 m). Отличават се с висока пространствена и тематична детайлност. Минималната картографируема единица е в границите 0.25–1 ha, а номенклатурите на класовете включват няколко десетки тематични класа. Документацията за всеки от трите продукта е достъпна в техническата библиотека на CLMS (https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library).

Слоевете с висока разделителна способност (СВР) от 2015 г. (High Resolution Layers, HRL2015), растерни продукти с пиксел 20x20 m, са получени чрез автоматизирана класификация от спътникови изображения, включително разновременни оптични и радарни. Точностните характеристики на слоевете с висока разделителна способност от 2012 са били оценявани в страната, като се използвани качествени [10] и количествени [11] подходи.

Отделните държави-членки на ЕАОС са поели задължението да изпълнят серия от дейности по производство, верификация и обогатяване на продукти на земното покритие през периода 2017-2018 г. Освен работата по актуализацията на CLC са включени още верификация на локалните компоненти за референтната година за 2012 г. и обогатяване на Urban Atlas; верификация на произведените слоеве с висока резолюция за референтната 2015 година [12]. В нашата страна гореспоменатите дейности са изпълнени от Института за космически и изследвания и технологии към БАН по договор с Изпълнителната агенция по околна среда (ИАОС).

Целта на този доклад е да представи основните резултати от установените промени в земното покритие на България по технологията на CLC за периода 2012 - 2018 г., както и резултатите за тематичната точност и други характеристики при верификацията на локалните компоненти от 2012 г. и HRL2015.

Методи и данни

Методология за верификацията на локалните компоненти

Задачата за верификацията на продуктите от Локалния компонент за България включва верификацията на пет продукта за референтна година 2012 г., представляващи векторни геопространствени данни от тип полигон: Атлас урбанизирани територии (UA), Крайречни зони (RZ), Натура 2000(N2K),Слой улични дървета (STL) към атласа урбанизирани територии, слой Зелени линейни елементи (GLE) в крайречните зони. Първите три продукта са основни и съдържат данни за земното покритие/земеползване (LCLU), а STL и GLE са специфични слоеве,

Използваната методология включва четири стъпки: подготовка на данните, стратифицирана случайна извадка по LCLU полигони, визуална проверка на избраните проби, изготвяне на коментари и оценка на резултатите.

За получаването на информация за качеството на базите данни е приложен комбиниран подход по два метода - чрез количествено оценяване и чрез визуално възприемане/усещане (т. нар. Look-and-feel метод, т.е., гледай и чувствай). Основната част от дейностите са реализирани с помощта на уеб-базирания инструмент LACO-Wiki (https://laco-wiki.net). За трите LCLU продукта (UA, RS и N2K) бяха изпълнени проверки чрез стратифицирани случайни извадки от полигони.

Тематичните класове бяха използвани за стратификацията, което е един от общоприетите подходи [12].

Данни при верификацията на локалните компоненти

Данните за верификация на локалните компоненти съставят две групи - самите продукти (векторни слоеве) и референтни данни.

Множествата от референтни от данни се състоят от две основни части: данни, осигурявани централизирано и in-situ (местни, локални). Централизирано осигурените данни са:

- Изображения от Bing maps;
- Мозайка от спътникови изображения с много висока разделителна способност GioLand/VeryHighResolution 2012;
- Изображения от GoogleEarth;
- OpenStreetMap;
- Изображения World Imagery на ArcGIS online.

В процеса на верификацията бяха включени няколко множества от in-situ данни:

- Цифрова ортофотокарта (ЦОФК) от 2011–2012 г., цветна - RGB, с пространствена разделителна способност 0.4 m;
- Физически блокове за България по СИЗП от 2010–2011 г. векторни данни (полигони);
- Векторна геопространствена база данни за горите от лесоустройствените проекти;
- Сканирани топографски карти М 1:50 000.

In-situ данните се ползваха в рамките на настолни ГИС работни места. Данните за покритията на страната с въздушно ортофото и топографски карти бяха осигурявани чрез услуги WMS.

Методология за обновяване на база данни КОРИНЕ земно покритие за референтната 2018 година

Методологията за фотоинтерпретация на сателитните изображения по работни единици практически не се различава от използваната в предишните проекти CLC. Тя е единна и хармонизирана за всички 39 страни, които участват. Пълното й описание е дадено в документа на EEA "CLC2018 Technical Guidelines final" [13]. Методологията се базира на използването на многоканални сателитни изображения от два периода: - 2012 г. (от спътниците IRS-P6, AWiFS, RapiEye SPOT5) и 2018 г. (Sentinel 2, две покрития), с толеранс ± 1 година. Използван е също и широк набор от допълнителни цифрови бази данни.

Допълнителни данни използвани за CLC

- ЦОФК – цифрови цветни ортофотокарти от 2011 до 2017 г. , пиксел 40 cm ;
- LUCAS 2012 (Land Use and Coverage Area frame Survey на EUROSTAT);
- Google Earth със Street View и Google Maps
- Топографски карти М 1:25 000 от 2006 г.;
- Топографски карти М 1:50 000от 2000 г.;
- Физически блокове за периода 2011–2017 г.

Принципи за верификацията на HRL2015

Целта на верификацията е да идентифицира системни грешки в класификацията, които могат да бъдат подобрени в бъдещи актуализации на продуктите. Това става чрез прилагане на визуална проверка на стратифицирани проби от горните пет слоя, като се използват надеждни референтни данни. HRL се проверяват за два типа грешки - пропуск (omission) и неправилна класификация (commission).

Верификацията е извършена с прилагането на процедура за проверка, състояща се от три части:

- Общ преглед на качеството на петте HRL продукта за идентифициране на области на големи разминавания, където възникват системни грешки по време на автоматизираната класификация;
- Визуална проверка на зони с очаквани грешки чрез верификация по метода Look-and-feel (гледай и чувствай) и преглед на критични страти. Тя се извършва чрез неслучайна извадка по за дадени страти. За правилното вземане на решения в този случай от критично значение са способността и опита на интерпретатора и използването на подходящи спомагателни данни с пространствена резолюция, по-добра от тази на продукта HRL;
- Прилагане на допълваща, статистически базирана верификация чрез случайна извадка за оценка на грешки пропуск и неправилна класификация.

Първите две части са задължителни и са изпълнени от нашия екип. Верификацията е извършена при пълна пространствена разделителна способност 20m x 20m.

Входни продукти и in-situ данни за верификацията на HRL2015

Съгласно договора с ИАОС следните пет HRL продукта (обозначени с абревиатура на латиница) от четири теми бяха включени във верификацията:

- Непроницаемост (Imperviousness Degree - IMD);
- Гори (Forest);
  - Склопеност (Tree cover density - TCD)
  - Преобладаващ дървесен тип (широколистни или иглолистни) (Dominant Leaf Type - DLT);
- Тревни зони (Grassland - GRA)
- Води и влажни територии (Water and Wetness - WAW)

Данните *in-situ* за верификацията на HRL2015 са подобни на онези, използвани при локалните компоненти.

Резултати

Локални компоненти

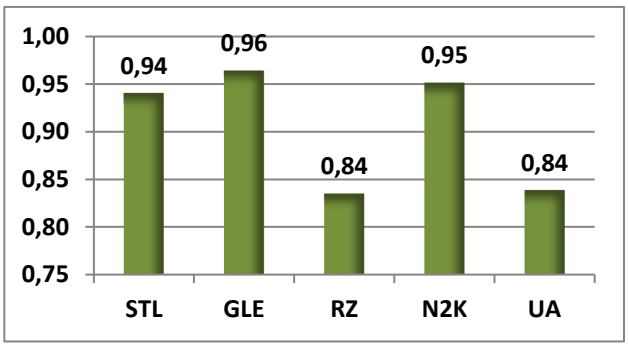
Слоят „Крайречни зони“ (RZ) обхваща 815 494 ha и покрива 13.6 % от територията на България (Фиг.1). При 74 валидни LCLU класа, представени в България, са изследвани 790 случайно подбрани проби. Броят на пробите за отделен клас варира в рамките на 12–13 случайно разпределени проби. За някои класове броят им е по-малък, поради по-малкия брой полигони. От извадката 585 полигона са правилно класифицирани, а 205 са класифицирани с грешен код. Това съответства на обща претеглена точност 83.5 % (с CI ± 0.035).

Фиг. 1. Слой „Крайречни зони“ (светлосиньо) с местата за пробите (червени точки)

В процеса на верификацията на локалния компонент Натура 2000 са изследвани 500 случайно избрани проби. Броят на валидните класове, които се появяват в България, е 47. Броят на пробите за по класове варират в диапазона 12–13. За класовете с по-малък от 12 брой полигони, броят на пробите, съответно, е по-малък. Общо 467 случайни полигона са правилно класифицирани, а 33 са класифицирани с грешен код. Това съответства на обща претеглена точност 95.2 % (при CI ± 0.034). Следователно, точността на продукта е много по-висока от целевата стойност от 85 %.

Резултатите от проверката на UA 2012 са за територията на шестнадесет Функционални градски зони (FUA) по 26 LCLU класа на, налични за България. Общата площ на верифицираните FUA е 2 719 508 ha, което е 24.5 % от територията на страната. Тематичната точност на този продукт, включващ 206 044 полигона, бе тествана чрез стратифицирана случайна извадка от 329 пробни полигона. По време на верификацията бяха проверени минимум от 12 до 17 проби за градски класове. Коректен код на класа показаха 279 пробни полигона, което дава обща претеглена точност от 83.89 % с доверителен интервал (CI) ± 0.089. Качеството на очертаване на обектите в UA е високо, с 89.7 % правилно очертани полигони. Точността на детайлността на очертаването е 98.2 %, а позиционната точност е 97.3 %.

Подходът за верификация, основан на подобреното правдоподобие при интерпретацията, води до общи точности за три от продуктите, N2K, STL и GLE, по-високи от изискваната от 85 % (Фиг. 2). Другите два продукта, UA и RZ с общи точности от 84 % са много близко до тази целева точност.



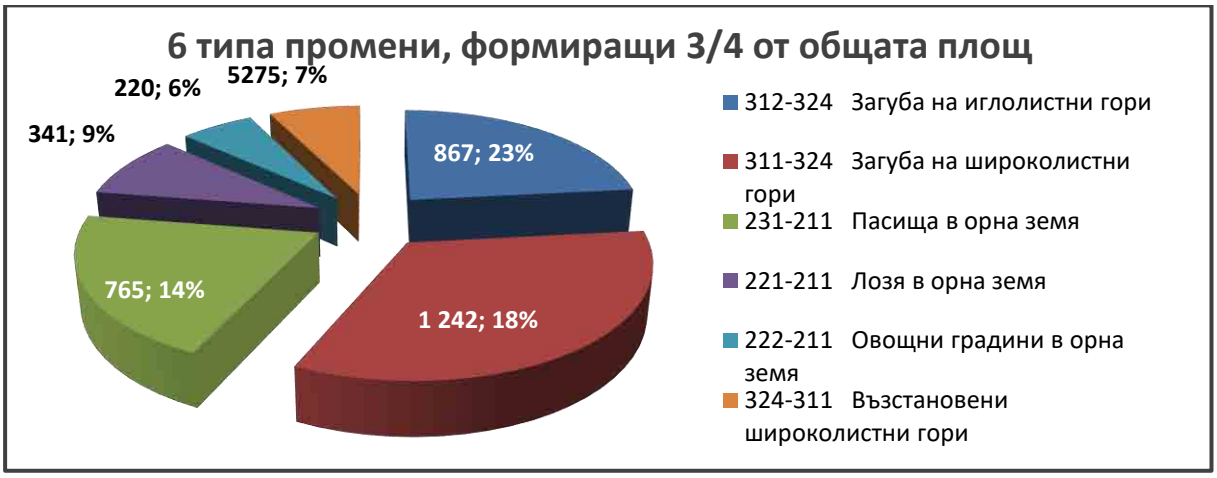
Фиг. 2. Общи точности на продуктите от локалния компонент за България

КОРИНЕ земно покритие 2018

Крайните продукти mпо тази задача се формират от ГИС експертите в екипа. Прави се автоматизирано обединяване на всички базови работни единици за получаването на единни база данни (БД) CLC2012revized (ревизирана CLC2012), CLC Change 2012–2018 (база данни на промените) и CLC2018.

За периода 2012–2018 г. са открити и картографирани 4 751 броя полигони промени с обща площ 100 235 ha. Като брой и площ това е повече от два пъти в сравнение с предишните три периода.

Преобладават шест типа промени, които формират над 3/4 от площта на всички промени показани (фиг. 3).



Фиг. 3. Видовете промени с най-голям брой и процент от общата площ

Площта на възстановените широколистни гори (промяна 324–311) е 4 865 ha, което е почти 4 пъти по-малко от загубените (18 389 ha).

Слоеве с висока разделителна способност - резултати и оценки

При три от слоевете се показват стабилно-добри резултати – Непроницаемост, Склопеност и Преобладаващ дървесен тип. Технологията показва несъвършенства при два от СВР - Тревни площи и Води и влажни територии. От страна на екипа са покрити изискванията по методиката за верификация. В таблица 1 са показани в обобщен вид резултатите от верификацията.

Таблица 1. Количествени параметри и резултати от оценяването на СВР

СВР	Брой страти	Брой проби	Оценки
Непроницаемост	10	139	Добра
Склопеност	13	138	Добра
Преобладаващ дървесен тип	13	115	Добра
Тревни площи	9	101	Приемлива
Води и влажни територии	8	437	Недостатъчна

Заключение

Включването в процеса на проверката на продуктите на Локалния компонент на подходящи и разнообразни източници на референтни данни допринася за постигането на целите на участието на страната в проекта.

Уместните стратификации и проектирането на извадките, изпълнени в съответствие с целта и ресурсите на този проект, допринасят за получаването на достоверни резултати за тематичната точност, които допълват валидирането на продуктите в цяла Европа.

Подходът за верификация, основан на подобреното правдоподобие при интерпретацията, води до общи точности за три от продуктите, N2K, STL и GLE, по-високи от изискваната от 85 %. Другите два продукта, UA и RZ с общи точности от 84 % са много близки до тази целева точност.

Слоевете с висока разделителна способност осигуряват ценен и специален поглед върху няколко важни характеристики на земното покритие. Цялостните резултати от задачата за верификация на HRL показват добра обща способност за автоматизиран анализ на разновременни спътникови изображения за извличане на някои видове земни покрития.

При три от слоевете се показват стабилно-добри резултати – Непроницаемост, Склопеност и Преобладаващ дървесен тип

Технологията показва все още несъвършенства при два от СВР - слой Тревни зони и слой Води и влажни територии.

Благодарности

Бихме искали да благодарим на Европейската агенция по околна среда и Изпълнителната агенция по околна среда за финансирането и комуникирането по проекта! Специални благодарности на д-р Антон Стоименов за неговото ръководство, принос и подкрепа за реализирането на това изследване!

Литература:

1. Foody, G. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. Remote Sensing of Environment (80): 185– 201.
2. Caetano, M., F. Mata, S. Freire. 2005. Accuracy assessment of the Portuguese CORINE Land Cover map. In: 25th EARSeL Symposium on Global Developments in Environmental Earth Observation from Space, ed. A. Marçal, 459–467, Roterdam, Millpress.
3. Bossard, M., J. Feranec, J. Otahel 2000. CORINE land cover technical guide – Addendum 2000. EEA. Copenhagen.105 p. Available at: http://image2000.jrc.ec.europa.eu/reports/corine_tech_guide_add.pdf
4. Technical Guidelines. EEA Technical report No 17. Available at: http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_17
5. BÜTTNER, G., T. SOUKUP, B. KOSZTRA. 2014. CLC2012 Addendum to the CLC2006 Technical Guidelines (ETC / SIA report). 35 p.
6. Kosztra, B., Büttner G., Hazeu G., Arnold S. 2017. Updated CLC illustrated nomenclature guidelines. Wien. 124 p.
7. STOIMENOV, A, R. KOLEVA, V. DIMITROV, Y. TEPELIEV, T. LUBENOV, J. KROUMOVA, 2014. Satellite mapping of Bulgarian land cover – CORINE 2012 project. Forestry Ideas 20(2): 189–196.
8. Copernicus. Europe's eyes on Earth, https://www.copernicus.eu/en
9. CLMS 2019. Copernicus Land Monitoring Service. (http://land.copernicus.eu/ (посетен на 2019-11-01).
10. DIMITROV, V., T. LUBENOV, 2014. Verification and enhancement high resolution layers 2012 for Bulgaria. 40th COSPAR Scientific Assembly. Abstract A3.1-62-14. Available at: http://adsabs.harvard.edu/abs/2014cosp...40E.709D
11. Dimitrov, V. 2016. Accuracy assessment of a thematic layer derived from satellite images. Geodesy, Cartography, Land management (1–2): 16–20 (in Bulgarian). Available at: https://www.joomag.com/magazine/Геодезия-Картография-Земеустройство-gkz-1-2-2016/0622277001462785928?short
12. Congalton, R. 1991. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. Remote Sensing of Environment (37): 35–46.
13. CLC2018 TechnicalGuidelines_final . Prepared by G. Büttner and B. Kosztra, 25 Oct. 2017, https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

WATER STATUS ASSESSMENT IN MAIZE AND SUNFLOWER CROPS USING SENTINEL-2 MULTISPECTRAL DATA

Daniela Avetisyan[1], Galya Cvetanova[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences,
[2]Agriculture experimental station – Lom, Agricultural Academy
e-mail: davetisyan@space.bas.bg

Ключови думи: *Sunflower, maize, water status, spectral transformation methods*

Резюме: *Productivity of sunflower (Helianthus annuus L.) and maize (Zea mays L.) is strongly regulated by the availability of water. Boosting the efficiency of using water resources in agriculture requires innovations in tracing crop water status in different growth stages. Early detection of water stress in plants is needed in order inevitable crop damage and yield loss to be prevented. Remote sensing methods provide low cost and quick techniques for monitoring of crop water status, assessment of water stress and irrigation scheduling. In this study, remotely sensed spectral indices (Normalized Difference Water index - NDWI, Moisture Stress Index - MSI, and Normalized Difference Wetness Index - NDWNI) and spectral transformation methods (Tasselled Cap Transform) are applied. The research evaluates dynamics of sunflower and maize water status in the environmental conditions of growth season 2019, using multispectral imagery, acquired by Sentinel-2 sensor of the European Space Agency Program for Earth Observation "Copernicus" and daily measured field climatic data (air temperature and precipitation).*

ОЦЕНКА НА ВОДНИЯ СТАТУС НА ЦАРЕВИЦА И СЛЪНЧОГЛЕД С ИЗПОЛЗВАНЕ НА МУЛТИСПЕКТРАЛНИ ДАННИ ОТ SENTINEL-2

Даниела Аветисян[1], Галя Цветанова[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Опитна станция по земеделие – Лом, Селскостопанска академия
e-mail: davetisyan@space.bas.bg

Keywords: *Слънчоглед, царевица, воден статус, методи за спектрална трансформация*

Abstract: *Продуктивността на агроекосистемите с царевица (Zea mays L.) и слънчоглед (Helianthus annuus L.) е силно зависима от наличието на вода. Повишаването на ефективността в използването на водните ресурси в земеделието изисква прилагането на иновативни подходи за проследяване на водния статус през различните фази на развитие на земеделските култури. За да бъдат предотвратени необратими физиологични поражения върху организма на растенията и загубата на земеделска продукция е необходимо ранно отчитане на водния стрес при насажденията. Методите на дистанционните изследвания предоставят икономични и бързи способи за мониторинг на водния статус на земеделските култури, оценка на водния стрес и определяне на поливния режим на посевите. В настоящето изследване са приложени спектрални индекси (NDWI, MSI, NDWNI) и методи за спектрална трансформация (Tasselled Cap Transform). Изследването прави оценка на динамиката на водния статус на насаждения с царевица и слънчоглед в условията на вегетационния сезон през 2019 г., с използване на мултиспектрални изображения от спътника Sentinel-2 на Европейската космическа агенция и ежедневно измервани полеви климатични данни (температура на въздуха и количество на валежите).*

Introduction

Water stress is one of the most important growth limiting factors in crop production. Vegetation phenology dynamics is strongly dependend on climate conditions.Each crop has a different response to drought and water stress, and the water requirements of each crop are different during different growth

and development stages. Changes in environmental conditions, such as droughts and water scarcity, lead to changes in physiological features of plants. It is determined that the gradual reduction of soil moisture from field capacity to wilting point causes irreversible physiological processes with increasing intensity in the plant organism; the magnitude of irreversible physiological damage in the plant organism is different with the same decrease in humidity on the same soil at different stages of its development; the maximum physiological damages during the different stages of development limit irreversibly the quantity and quality of production, regardless of the subsequent increase of soil humidity induced by irrigation or rainfall [5,6]. Tracing the water status of agroecosystems in different growth stages in a specific weather pattern is crucial because it gives us valuable knowledge about the changes in agroecosystems functioning in various environmental conditions. In present study, the water status of sunflower (Helianthus annuus L.) and maize (Zea mays L.) crops, in different growth stages (based on BBCH scale), under the weather conditions in 2019 growing season, is assessed [3, 8].

Study sites

The study sites are located in Lom Municipality, North Central Bulgaria. The area is characterized by intensive agricultural management due to the production of cereal, technical, and forage crops (Fig. 1). Agriculture in the region is developing in the conditions of water deficit, insufficient and uneven annual rainfall distribution, high temperatures and low relative humidity, frequent droughts in the spring and longer in the summer. The average air temperature for the growth season of studied crops (March to September) for the period 1901–1980 is 17 °C, and the precipitation sum is 353.1 mm. Field measurements show that the average air temperature over the last years increases. The average air temperature for the period from 2015 to 2019 is 17.9 °C. The precipitation sum, on the contrary, notes a slight decrease - 349 mm.

The studied crops are developed on Calcic Chernozems. The Calcic Chernozems in the study area are characterized with weakened resistance and stability of topsoil. These processes contribute to increase of its density and hardness, limiting aeration, delaying filtration of water, and hence influencing the overall water status of the agroecosystems [13, 14].

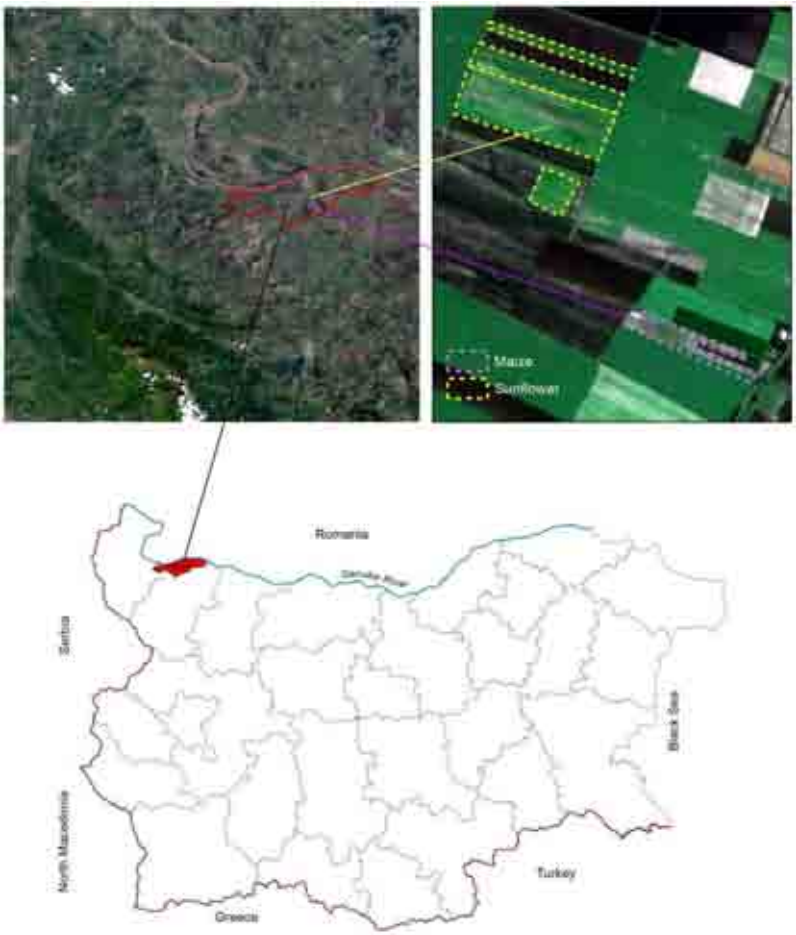


Fig. 1. Location of study sites

Materials / Data and methods

Satellite data acquisition

For the purpose of this study, multispectral data from the *Sentinel-2* sensor were used. The *Sentinel-2* images are acquired between 30 March 2019 and 01 September 2019 and encompass the period from the sowing till the full maturity of studied sunflower and maize crops. All available cloudless *Sentinel-2* images for that period are used. The image acquisition date and the relevant growth stage for the sunflower and maize crops are presented on Table 1.

Table 1. Satellite images acquisition dates and relevant crop growth stages (BBCH scale)

Image acquisition date (2019)	**Growth stage of sunflower (BBCH scale)**	**Growth stage of maize (BBCH scale)**
30 March	Germination	Germination
24 April	End of Leaf development /Beginning of Stem elongation	Leaf development
04 May	End of Stem elongation / Beginning of Inflorescence emergence, heading	Leaf development
08 June	Inflorescence emergence, heading	Stem elongation
13 June	Flowering, anthesis	Stem elongation
03 July	Flowering, anthesis	End of Inflorescence emergence, heading
08 July	Flowering, anthesis	Beginning of Flowering, anthesis
18 July	End of Flowering, anthesis / Beginning of Development of fruit	End of Flowering, anthesis / Beginning of Development of fruit
23 July	Development of fruit	Development of fruit
28 July	Development of fruit	Development of fruit
02 August	Ripening	Ripening
07 August	Ripening	Ripening
12 August	Ripening	Ripening
17 August	Ripening	Ripening
22 August	Senescence	Ripening
27 August		Ripening
01 September		Senescence

Climate data for the 2019 growth season

The field climatic data for 2019 growth season is presented on Fig. 2. The analysis show that there is a slight increase in the average air temperature (+0.7 °C) over the average for the period 1901–1980, but a significant decline of precipitation sum (–80.3 mm) from the average for the period 1901–1980, and (–76.2 mm) from the average for the period 2015–2019.

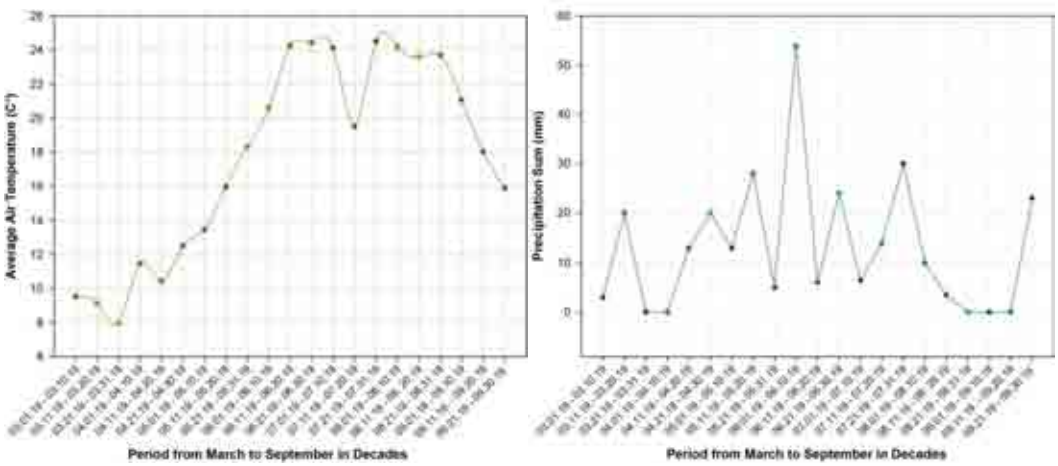


Fig. 2. Average air temperature and precipitation sum for the period from 01.03.2019 to 30.09.2019

Methodology

Spectral vegetation indices are mathematical expressions involving reflectance values from different parts of the electromagnetic spectrum, aimed to optimize information and normalize measurements made across varied environmental conditions (differences in plant species, solar angle, shadowing, illumination, canopy coverage, soil background, atmospheric condition, etc.) [9]. The increasing number of land-related spectral bands and expanding the spectral coverage into the shortwave-infrared region let to development of spectral vegetation indices, estimating the water status of ecosystems and detecting the water stress in vegetation [15]. The water absorption and reflection features in the red and NIR parts of the electromagnetic spectrum and the analysis of spectral reflectance has resulted in several useful water indices [12].

Normalized Difference Water Index (NDWI) [2], is a spectral vegetation index that capitalizes on the differential response of the NIR and the short-wave infrared (SWIR) reflectance in vegetation. The SWIR reflectance shows the changes in both the vegetation water content and the spongy mesophyll structure in vegetation canopies, while the NIR reflectance is affected by leaf internal structure and leaf dry matter content, but not by water content. The combination of the NIR with the SWIR removes variations induced by leaf internal structure and leaf dry matter content, improving the accuracy in retrieving the vegetation water content [1]. The NDWI is a very good proxy for plant water stress. The values of the index range from –1 to 1. The high NDWI values correspond to high plant water content and vice versa. The NDWI formula can be expressed as (1):

(1) $$NDWI = \frac{\rho NIR - \rho SWIR}{\rho NIR + \rho SWIR}$$

Moisture Stress Index (MSI) is used for canopy water stress analysis, productivity prediction and biophysical modeling. This index is developed to detect changes in leaf water content using the NIR and SWIR reflection ratio [4].When the leaf water content in vegetation canopies increases, the absorption in SWIR region of the electromagnetic spectrum increases with absorption in NIR remaining nearly unaffected by changing water content. MSI is also sensitive to soil moisture fluctuations, increasing in value with decreases in soil moisture with strongest correlation at 20 cm soil depth. Hence, in growing season MSI not only reflects the response of vegetation to soil moisture variation, but also can be used in the estimation of soil moisture variation [16]. Higher values of the index indicate greater plant water stress and consequently, less soil moisture content. The values of MSI range from 0 to more than 3 with the common range for green vegetation being 0.2 to 2.9. The MSI formula can be expressed as (2):

(2) $$MSI = \frac{\mathrm{SWIR1}}{\mathrm{NIR}}$$

Tasselled Cap model for orthogonalisation of satellite images is a very effective method of interpretation, classification, and analysis of phenomena and processes related to the dynamics of change of the main components of the Earth surface: soil, vegetation, and water [7]. In orthogonalization, three differentiable classes are obtained (soil brightness, greenness, and wetness axes), which are strongly sensitive to small increment processes of vegetation change. This enables more precise classification and tracking of changes of current condition of the soil and vegetation components of the land surface. Brightness component is based on the spectral reflectance characteristics (SRC) of non-vegetated areas, greenness component is defined by the signature of vegetation, and wetness - by the signature of moisture content. The Normalized Differential Wetness Index (NDWNI) is based on the wetness component of TCT and in the present study it is applied to identify the small changes that occur in sunflower and maize ecosystems in relation to moisture content. NDWNI values show the relative variation of moistures content in agroecosystems by periods and enables determination of its change in relative values. NDWNI ranges from +1 to −1 and indicates the positive and negative changes in moisture content for a given time period. The NDWNI formula can be expressed as (3) [10,11]:

(3) $$NDWNI = \frac{W_n(t_2) - W_n(t_1)}{|W_n(t_2)| + |W_n(t_1)|}$$

Results and conclusion

In the initial growth stages of crop development, high MSI values are observed. This is related to the lack or the smaller proportion of leaves area relative to those of bare soil. Nevertheless, the MSI values of sunflower are higher than those of maize, which on the one side could be related to earlier

sowing of maize crops (5 days), and on the other, to morphological features of the crops leaves. After entering the inflorescence emergence stage (sunflower) and stem elongation stage (maize), a significant decrease of MSI values is observed. The MSI values of the sunflower are a bit lower than the MSI values of the maize. The beginning of fruit development stage records an increase of MSI values. After entering ripening stage, the MSI values of sunflower again exceed those of maize (Fig. 3). The sunflower is harvested on 23 August 2019, and the maize on 14 September 2019.

Expectedly, the lowest NDWI values are observed in the initial crops growth stages. The explanation is the same - smaller proportion of leaves area relative to those of bare soil. The highest NDWI values are observed in the beginning of July, when the studied crops are in flowering stage. After entering ripening stage, the NDWI values of sunflower become negative, whereas the NDWI values of maize fall under zero later, at advanced ripening stage (Fig. 4).

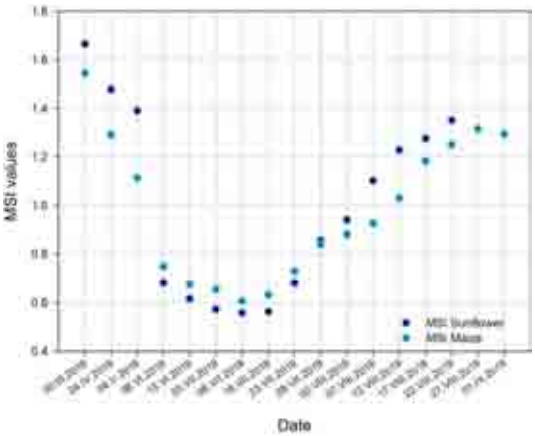


Fig. 3. Average values of MSI

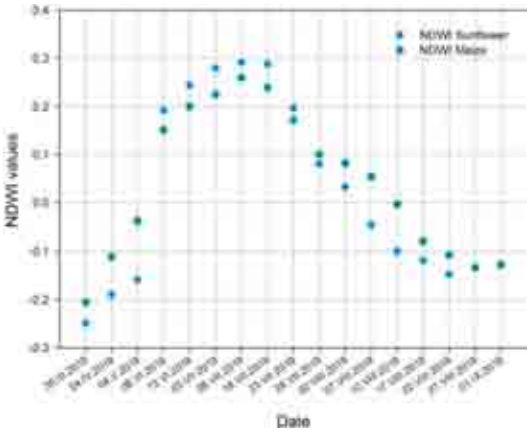


Fig. 4 Average values of NDWI

The results after calculation of NDWNI show the dynamics in moistures content in agroecosystems by periods. There is relative stability in moisture content during the studied periods. The largest deviations are reported for the sunflower crops in the period between 18 July and 23 July, when an increase of NDWNI values and a noticeable decrease in the next two periods (23 July – 28 July and 28 July – 02 August) are observed. In the period between 18 July and 23 July, the studied crops are in the end of flowering stage. After entering development of fruit stage, and during the whole stage, the decrease of NDWNI values and respectively of moisture content is observed. After the abovementioned periods, after starting of the ripening stage, an increase of NDWNI values and stabilization of moisture content is detected.

The dynamics of moisture content in maize ecosystems is similar, but less pronounced (Fig. 5).

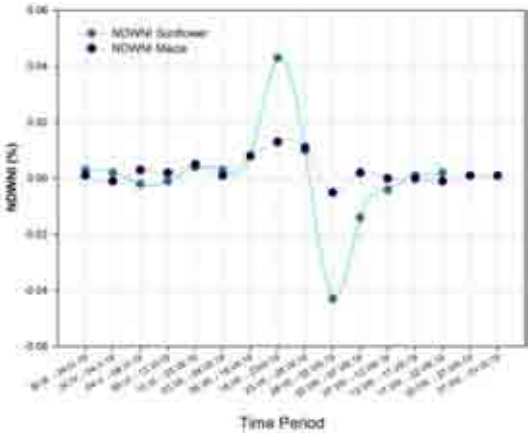


Fig. 5 Average values of NDWNI

As a conclusion, it could be said that the study confirms that the water status of agroecosystems and dynamics of moisture content is closely related to different growth stages. The suggested research approach is appropriate for an accurate examination of different crop types, developing under various environmental conditions, during growth season.

Acknowledgements

This work was supported by the Bulgarian Ministry of Education and Science under the National Research Programme “Young scientists and postdoctoral students” approved by DCM # 577/ 17.08.2018

References:

1. Ceccato, P., S. Flasse, S. Tarantola, S. Jacquemond, J.M. Gregoire. "Detecting vegetation water content using reflectance in the optical domain " Remote Sensing of Environment, 77, 22–33, 2001.
2. Gao Bo-cai, "NDWI – A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space, " Remote Sensing of Environment, Volume 58, Issue 3, 257–266, 1996.
3. Hack, H., H. Bleiholder, L. Buhr., U. Meier, U. SchnockFricke, E. Weber, A. Witzenberger,“Einheitliche Codierung der phanologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen - Erweiterte BBCH-Skala“, Allgemein. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 44: 265–270, 1992.
4. Hunt, Jr E.R., B.N. Rock. "Detection of changes in leaf water content using Near- and Middle-Infrared reflectances," Remote Sens Environ., 30, 43-–54, 1989.
5. Kadrev, T.,G.,“Physiological ecology of agricultural plants”. ZEMIZDAT, Sofia, 1975, p. 276 (in bulgarian)
6. Kadrev, T.,G.,“Water and plant productivity”, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 1985.
7. Kauth, R. J., G. S. Thomas. "The Tasseled Cap – a graphical description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat,“ Proc. Symp. “Machine Processing of Remotely Sensed Data”, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 4B41–4B51,1976.
8. Meier, U.,(editor) “Growth stages of mono-and dicotyledonous plants”. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Berlin and Braunschweig, 2001.
9. Mirik, M., R. J. Ansley,. G. J. Michels Jr., N. C. Elliott. “Spectral vegetation indices selected for quantifying Russian wheat aphid (Diuraphis noxia) feeding damage in wheat (Triticum aestivum L.)”. Precision Agriculture, 13: 501–516, 2012, http://dx.doi.org/10.1007/s11119-012-9264-7.
10. Nedkov, R., "Normalized Differential Greenness Index for vegetation dynamics assessment, " Comptes rendus de l’Acad´emie bulgare des Sciences, Tome 70, No 8, 2017.
11. Nedkov, R., "Orthogonal Transformation of Segmented Images from the Satellite Sentinel-2", Comptes rendus de l’Acad´emie bulgare des Sciences Tome 70, No 5, 687– 692, 2017.
12. Serrano, L., I. Fillella., J. Peñuelas. ”Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies”. Crop Science, 40: 723–731, 2000, http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2000.403723x.
13. Shishkov, T., N. Kolev, “The Soils of Bulgaria”, World Soils Book Series. Springer Netherlands, 2014, DOI 10.1007/978-94-007-7784-2.
14. Teoharov, M., T. Shishkov, B. Hristov, E. Filcheva, R. Ilieva, I. Lubenova, I. Kirilov, , G. Dimitrov, V. Krasteva, B. Georgiev, M. Banov, P. Ivanov, M. Hristova, Z. Mitreva. "Chernozems in Bulgaria – Systematic, Specific Features and Problems, " Soil Science Agrochemistry And Ecology, Vol. XLVIII, No 3–4, 2014.
15. Wardlow, B.D., M.C Anderson, J.P. Verdin. “Remote Sensing of Drought. Innovative Monitoring Approaches”, CRC Press Taylor & Francis Group, New York, 2012.
16. Welikhe, P., J.E. Quansah, S. Fall, W.Mc Elhenney. "Estimation of Soil Moisture Percentage Using LANDSAT-based Moisture Stress Index, “J. Remote Sensing & GIS, 6: 200, 2017, doi: 10.4172/2469-4134.1000200,

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

МОНИТОРИНГ НА СТРУКТУРНОТО ЗДРАВЕ НА ИНЖЕНЕРНИ СЪОРЪЖЕНИЯ ЧРЕЗ ДИСТАНЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Васил Кавърджиков[1], Десислава Пашкулева[1], Георги Стоилов[1], Иван Николов[2]

[1]Институт по механика – Българска академия на науките
[2]Физически факултет – Софийски университет „Св. Кл. Охридски"
e-mail: kavarj@imbm.bas.bg; dessip@imbm.bas.bg; gstoilov@imbm.bas.bg; ivandn2@phys.uni-sofia.bg

Ключови думи: *Дистанционни изследвания, мониторинг на структурното здраве, цифров корелационен анализ на изображения*

Резюме: *В настоящата работа се разглеждат проблеми, свързани с мониторинга на структурния интегритет на големи инженерни конструкции. Интересът към тази научно-приложна тематика нараства с впечатляващо ускорение през последното десетилетие. Разработват се нови технологии за мониторинг чрез дистанционно и безконтактно регистриране с висока разделителна способност на цифрови изображения на големи строителни съоръжения и машини. Методът, основан на цифров корелационен анализ на изображения показва голям потенциал за приложения към обекти с различни размери, които могат да бъдат инспектирани от разстояния няколко метра, няколко десетки или стотици метри, до разстоянията, характерни за орбиталните апарати. В доклада са представени състоянието на съвременните технологии за дистанционно обследване и мониторинг на структурната цялост на инженерни съоръжения, опитът на авторите в създаването на софтуер за реализиране на цифров корелационен анализ с относително лесно достъпна екипировка, и са илюстрирани възможностите на метода чрез избрани резултати от проведени от тях експерименти.*

STRUCTURAL HEALTH MONITORING OF ENGINEERING STRUCTURES THROUGH REMOTE SENSING

Vasil Kavardzhikov [1], Dessislava Pashkouleva [1], Georgi Stoilov[1], Ivan Nikolov [2]

[1]Institute of Mechanics – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Sofia University, Faculty of Physics
e-mail: kavarj@imbm.bas.bg; dessip@imbm.bas.bg; gstoilov@imbm.bas.bg; ivandn2@phys.uni-sofia.bg

Keywords: *Remote sensing, structural health monitoring, digital image correlation*

Abstract: *This paper addresses the problems associated with monitoring the structural integrity of large engineering structures. Interest in this topic of applied science has been growing with impressive acceleration over the last decade. There are developed new monitoring technologies implementing remote and noncontact capturing with high-resolution of digital images of large construction equipment and machines. The Digital Image Correlation method shows great potential for applications to objects of various sizes that can be inspected from distances of several meters, several tens or hundreds of meters, to distances typical of orbital apparatus. The report presents the state-of-the-art technologies for remote sensing and monitoring of the structural integrity of engineering facilities, the authors' experience in developing software to implement Digital Image Correlation with relatively readily available equipment, and illustrates the method's capabilities through selected results from their experiments.*

Въведение

Мониторингът на структурното здраве на инженерни съоръжения (т. нар. Structural Health Monitoring - SHM) е мултидисциплинарна задача. През последните две десетилетия в областта SHM са разработени иновативни сензори и системи, основани на технологията за регистриране и цифрова обработка на изображения. Тази технология има присъщи

отличителни предимства. Тя е дистанционна, безконтактна, безразрушителна, осигурява висока точност на измерванията, устойчива е на електромагнитни смущения и може да бъде прилагана за мониторинг на инженерни съоръжения. Тя вече има множество приложения за наблюдение и измерване на двумерни и тримерни полета на преместване, деформации, усукване, вибрации, локализиране и следене развитието на пукнатини, и процеси на разрушаване на конструкции с различни размери [1–7]. Впечатляващият напредък в областта на оптиката, компютрите и методите за цифрова обработка на изображения, превърна SHM в авангардна научноизследователска област с голям потенциал за приложения в инженерната практика, свързани с периодична диагностика на актуалното състояние на инженерни обекти или на отговорни техни части. Това води до по-евтина поддръжка на сградите и съоръженията (по-ниски текущи разходи) и подобрение на безопасността (навременни предупреждения за промени в конструкциите).

При периодично обследване на експлоатационното състояние на инженерни съоръжения, съществуват голям брой задачи за измерване на полета на премествания и деформации. Те не могат да бъдат решени с традиционните контактни методи и средства използващи тензодатчици, сензори с оптични влакна, ултразвукови сензори и др., независимо от това, че и те претърпяха развитие и напредък през новия век. Едно съществено неудобство на тези техники е свързано с трудности по тяхното монтиране върху обекта за мониторинг. Рутинно прилаганите средства за дистанционно измерване на премествания на инженерни съоръжения са геодезични уреди, като нивелири и теодолити [2]. Те имат своето безспорно място в строителното инженерство, но като правило тези уреди работят чрез проследяване движението на отделни маркери, нанесени върху повърхността на обследваната конструкция. Този подход прави трудно регистрирането на цялото поле на деформация на изследваната повърхност и автоматизирането на процеса на мониторинг.

Цифровият корелационен анализ на изображения (т. нар Digital image correlation - DIC) е оптична цифрова техника, която намира все повече приложения за SHM. DIC позволява на инженерите по експлоатация и поддръжка на строителните съоръжения и машини да наблюдават конструкциите дистанционно и с висока точност да бъдат открити, измервани и следени промени в полетата на преместване и деформация на техните повърхности. Една много успешна илюстрация на приложението на DIC метода за изследване на носимоспособността на големи архитектурни елементи, каквито са стоманобетонни рамки със зидария, подложени на статично и на динамично натоварване е представена в [3]. Тези експерименти са дали основание на авторите да мислят за бъдещо приложение на този метод при SHM на такива архитектурни елементи. Преглед на възможни приложения на DIC към решения на огромно разнообразие от проблеми, зададени от инженерната практика е направен в [4]. Подчертано е, че този метод е станал много подходящ и ефективен за наблюдение на големи строителни конструкции, включително измервания на отваряне на пукнатини в стоманобетонни елементи. Това е една от първите публикации, в които се лансира идеята за използване на безпилотни летателни апарати (дронове) за SHM в комбинация с DIC. Авторите на [5] са приложили модификация на цифровия корелационен анализ на изображения за количествена оценка и диагностика на вибрациите на портален кран в процеса на неговата работа. В [6] е осъществено дистанционно наблюдение на витлото на работещ вътърен генератор на електроенергия и чрез DIC е визуализирано и измерено тримерното поле на деформации в критична зона на този елемент.

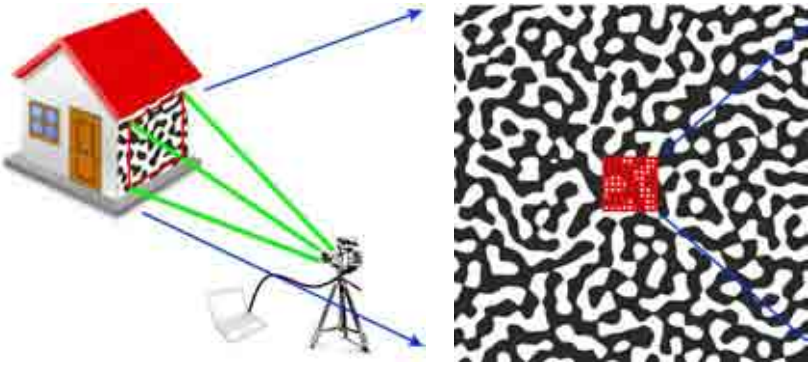
Обща концепция за комплексна, автоматизирана система за мониторинг на инженерни съоръжения е развита в [7]. Такъв мониторинг изисква измерване на полета на премествания и деформации на повърхности на обекти с различни размери и с различни нива на чувствителност и точност. Това предполага в общия случай да бъдат разглеждани три нива в зависимост от размерите на полетата на наблюдение: 1. Глобален сензор, чрез който се наблюдава цялата структура или поне една голяма част от такава конструкция; 2. Локален сензор, който се използва за определяне на полета на преместване в решаващи /критични/ зони на обекта поставен под наблюдение; 3. Прецизен сензор за измерване на поле на преместване в едно малко поле на наблюдение, но с микро- или нано-метрична точност. Прототип на такава система, работещ като глобален и локален сензор, е използван за изследване поведението на метален железопътен мост в процеса на неговата експлоатация.

Цитираните публикации убедително показват, основното предимство на технологията за регистриране и обработка на последователни във времето изображения на инспектираните повърхности на инженерни обекти – тя е дистанционна, безконтактна, безразрушителна и е доказано, че може да работи ефективно при полеви условия. Затова тази технология може в редица случаи да бъде една по-добра алтернатива на традиционните методи и средства за

измерване на премествания и деформации на инженерни съоръжения. Засега не ни е известно, тя да е била прилагана при мониторинг на наземни обекти от околоземаната орбита.

Принцип на метода основан на цифровия корелационен анализ на изображения

Цифровият корелационен анализ на изображения [8] се основава на сравняването на двойки последователни изображения: първото (референтното) изображение е направено преди деформацията, а другото след деформацията на наблюдаваната повърхност. В някои публикации по темата, тази повърхност се нарича „зона на интерес" (фиг. 1а). Референтното изображение се разделя на еднакви по размери „подгрупи" – квадратни матрици от пиксели (фиг. 1б). Чрез числено решаване на корелационна задача за намиране на максимално съвпадение на интензитета на пикселите от всяка подгрупа от първото изображение с някоя от подгрупите на второто изображение, се намира тяхното съответствие. Количествена информация за преместването на точките, аташирани към геометричните центрове на съответните подгрупи се получава, като се определи броя пиксели между тях, калибрирани в единици за измерване на разстояние.



а б

Фиг. 1. Регистриране на зона на интерес а) и разделянето на подгрупи б)

Императивна необходимост при реализирането на DIC метода е изображението на зоната от интерес да притежава такова разпределение на интензитета на всеки пиксел, че всяка от корелационните подобласти да се различава максимално от всички останали – т.е. да е уникална. При възникването на този метод през 70-те години на миналия век, това условие се изпълняваше, чрез равномерно осветяване на повърхностите, подложени на мониторинг с лазерна светлина. Върху изображението на изследваната повърхност, заснемано върху фотографски филм, се генерира т. нар. „лазерна петниста структура". В периода на неговия генезис, този метод не беше пригоден за масови приложения поне по две причини: на практика беше трудно постижимо големи повърхности да бъдат осветявани равномерно с лазерна светлина и корелационният анализ на заснетите изображения беше трудоемък. Паралелно с това беше показано, че повърхностите на множество обектите, които биха представлявали интерес за мониторинг, имат структура, която задоволително удовлетворява условието за уникалност на нейните подобласти, когато са осветени например със слънчева светлина и са фотографирани с подходящо увеличение. През първите десетилетия на новия век се утвърди и влезе в масова употреба цифровия корелационен анализ на изображения. Това стана благодарение на качествения скок в развитието на цифровите детектори на изображения, работещи на практика в реално време при разделителна способност съпоставима с резолюцията на фотографските филми, както и в мощността и бързодействието на съвременните компютри. Въоръжени с тази съвременна екипировка, изследователите видяха възможност за числено генериране на структури с уникални свойства, които нанесени върху изследваните повърхности осигуряват висока точност и повтаряемост на измерванията чрез DIC. Класификация на спекъл структурите, оценка на качеството им от метрологична гледна точка и техниките за тяхното нанасяне върху повърхности, са представени в [8–11].

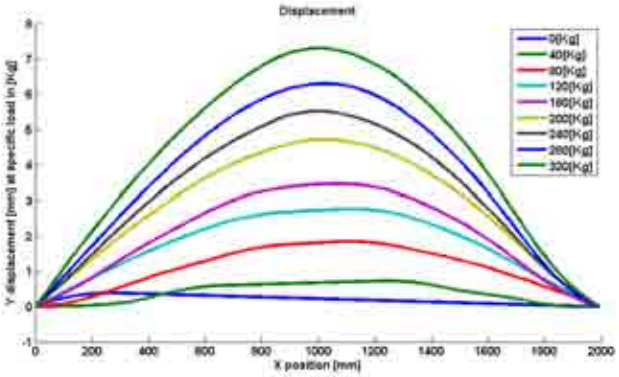
Експериментални изследвания и резултати

На този етап от нашата работа, свързана с приложения на DIC за мониторинг на инженерни обекти с относително големи размери, ние направихме изследвания на една метална и една дървена конструкция.

Експерименталната апаратура за реализация на DIC метода включва цифров фотоапарат с подходящ вариообектив и компютърен блок за корелационен анализ на изображението. Ние използваме цифров фотоапарат Sony Alpha a6000 с 24,3 мегапикселова CMOS матрица. Разработеният от нас софтуер за запис и обработка на данни е в среда Microsoft Visual C++". Също така, този софтуер управлява и работата на фотоапарата.

Методът, чрез които сме генерирали използваните от нас спекъл структури (фиг. 1) е подробно обяснен в предишни наши публикации [8, 11]. Тя е нанесена върху изследваната повърхност посредством офсетов печат.

При решаването на приложна задача, свързана с работата на група за оценяване на съответствие на строителни продукти „Мехатрол" към Института по механика, изследвахме напрегнатото състояние на пътна ограничителна система на мостове, изработена от стомана (парапет за пешеходци) при статично натоварване (фиг. 2а). То се прилага хоризонтално към парапета, чрез винтов натоварващ механизъм, снабден с датчик за измерване на усилието, както е показано на фиг. 2а. Нарастването на товара става на осем стъпки до достигане максимум от 3,2 kN. След всяка стъпка се прави снимка на повърхността. Цифровата камера е фиксирана на разстояние 3 м от горната хоризонтална повърхност на парапета. Оптичната ос на камерата е перпендикулярна на наблюдаваната повърхност. На фиг. 2б са представени крайните резултати за преместванията на парапета по неговата дължина, в резултат на приложените хоризонтални натоварвания.



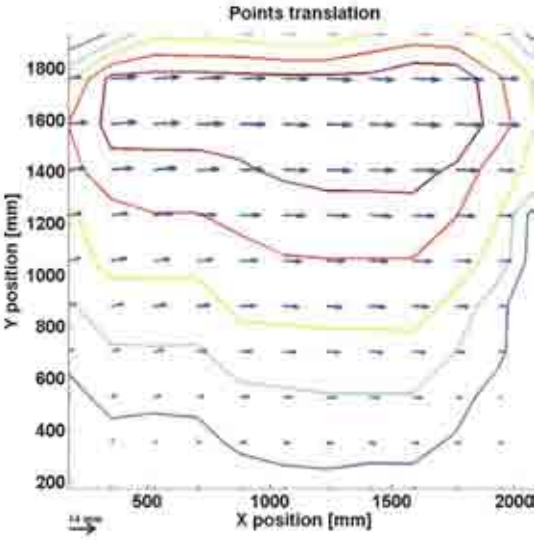
а б

Фиг. 2. Схема на опитната установка при мониторинга на парапет за пешеходци а) и резултати от измерванията б)

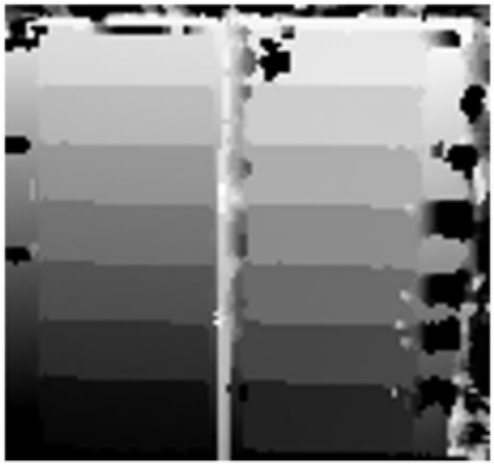
При дървените стенни конструкции възникват следните проблеми, които могат да бъдат решени с метода, използващ корелационен анализ на изображения: измерване на хоризонтални или вертикални отклонения под действие на различни по характер натоварвания (въздействие от деформациите на земната основа върху подпорите, поддаване на фундамента, вятър и пр.). Талпено-стълбова стенна конструкция, която изследвахме (фиг. 3), беше подложена на квази-статичен натоварване при комбинация от вертикални и хоризонтални сили. Този експеримент е част от разработвана методика за мониторинг на къщи строени в България през периода на Възраждането. Панелът е изградена в лабораторията на Строителния факултет към Университета по архитектура, строителство и геодезия.

Фиг. 3. Схема на опитната установка при мониторинга на талпено-стълбова стена

Към стената е приложен хоризонтално натоварване до нейната повреда и постоянно вертикално натоварване от 21 kN. Фиг. 4а показва полето на хоризонтално преместване в *XY*-равнината на наблюдаваната стена, непосредствено преди нейното разрушаване. На фиг. 4б е представена визуализация на полета на преместване и деформации на дървената стена. Движенията на отделните дъски, от които е изградена стената (те не са свързани помежду си) ясно се виждат, чрез различните тонове на сивото.



а



б

Фиг. 4. Поле на хоризонтално преместване на дървената конструкция:
а) векторна диаграма; б) диаграма в тонове на сивото

Заключение

Системното получаване на информация за текущото състояние на структурния интегритет на големи инженерни конструкции е актуална мултидисциплинарна задача, решаването на която става все по-важно за съвременната цивилизация, характерна с нарастваща концентрация на хора на относително малка територия, каквито са мегаполисите и строителството на все по-мащабни съоръжения и машини. Тези продукти на инженерната мисъл са подложени на амортизация в резултат от тяхната интензивна експлоатация, а също и на повреди от въздействието на природни климатични и сеизмични сили. Поради това, броят на публикациите, съответстващи на ключовата комбинация от думи “structural health monitoring” нараства с впечатляващо ускорение през последното десетилетие. Едновременно със засиления интерес към тази тематика, в множеството от тези публикации се обособи и бързо се развива научно-приложен клон, свързан с разработването и използването на методи и екипировка за дистанционен и безконтактен мониторинг на структурното здраве на инженерни съоръжения. Тези методи са свързани главно с получаването, регистрирането и обработката на изображения на обектите, поставени под наблюдение. Измежду тях – методът, основан на цифров корелационен анализ на изображения (DIC) показва най-голям потенциал за приложения към обекти с различни размери, които могат да бъдат инспектирани от разстояния няколко метра, няколко десетки или стотици метри, до разстоянията, характерни за орбиталните апарати. Очевидна е добрата перспектива за прилагането на DIC с използване на безпилотни летателни апарати (дронове) носещи цифрови камери.

В този доклад ние се опитахме да представим състоянието на съвременните технологии за дистанционно обследване и мониторинг на структурната цялост на инженерни съоръжения, нашия опит в създаването на софтуер за реализиране на DIC с относително лесно достъпна екипировка и илюстрирахме възможностите на метода чрез избрани резултати от проведени от нас експерименти.

Литература:

1. Ye, X.W., C. Z. Dong, T. Liu. A Review of machine vision-based structural health monitoring: methodologies and applications. J. of Sensors, 2016, article Nr. 7103039
2. Золотухин, Ю. Д. Испытание строительных конструкции. Минск, Высйшая школа, 1983.
3. Ramos, T., A. Furtado, Sh. Eslami, S. Alves, H. Rodriges, A. Arede, P. Tavares, P. Morena. 2D and 3D digital image correlation in civil engineering – measurements in a masonry wall. Procedia Engineering, 2015, vol. 114, 215–222.
4. McCormick, N., J. Lord. Digital image correlation. Materials today, 2010, vol. 13, Nr. 12, 52–54.
5. Ri, S., T. Numayama, M. Saka, K. Nanbara, D. Kobayashi. Noncontact deflection distribution measurement for large-scale structures by advanced image processing technique. Materials Transactions, 2012, vol. 53, Nr. 2, 323–329.
6. Winstroth, J., L. Schoen, B. Ernst, J.R. Seume E. Wind turbine rotor blade monitoring using digital image correlation: a comparison to aeroelastic simulations of a multi-megawatt wind turbine. Journal of Physics: Conference Series, 2014, 524,article no. 012064
7. Malesa, M., D. Szczepanek, M. Kujawińska, A. Świercz, P. Kołakows. Monitoring of civil engineering structures using Digital Image Correlation technique. Proc. of the 14th International Conference of Experimental Mechanics, EPJ Web of Conferences 6, 2010, Poitiers, France.
8. Stoilov, G., V. Kavardzhikov, D. Pashkouleva. A Comparative Study of Random Patterns for Digital Image Correlation. J. of Theor. and Appl. Mechanics, 2012, vol. 42, Nr. 2, 55–66.
9. Dong, D.Y.L., B. Pan. A Review of Speckle Pattern Fabrication and Assessment for Digital Image Correlation. Experimental Mechanics, 2017, vol. 57, Nr. 8, 1161–1181.
10. Chen, Z., C. Quan, F. Zhu, X. He. A method to transfer speckle patterns for digital image correlation. Measurement Science and Technology, 2015, vol. 26, No. 9, article Nr. 095201.
11. Stoilov, G., V. Kavardzhikov. Multiscale monitoring of deformation fields by digital image correlation method. J. of Theor. and Appl. Mechanics, 2018, vol. 48, Nr. 2, 23–40.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

PLANT DISEASE DETECTION BY MEANS OF REMOTELY SENSED HYPERSPECTRAL LEAF REFLECTANCE DATA

Dora Krezhova[1], Kalinka Velichkova[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia
e-mail: dkrezhova@stil.bas.bg; k.velichkova@mgu.bg

Keywords: *hypersprectral remote sensing, leaf reflectance, leaf spectral reflectance, viral infection, red edge position (REP)*

Abstract: *Plant disease detection with remote sensing techniques, based on hyperspectral reflectance measurements, is a challenging area that can have a significant economic and environmental impact on agricultural yield management. Leaf spectral reflectance is a sensitive indicator of a variety of environmental factors affecting plants such as stress, diseases, drought, and senescence. This study aims to relate changes in plant physiological status caused by a biotic stress (viral infection) to leaf spectral reflectance and to identify wavebands that best discriminate this disease. Young potato plants, cultivar Armada, infected with Potato Virus Y (PVY) are investigated. Hyperspectral reflectance data were collected by a portable fiber-optics spectrometer in the visible and near-infrared spectral ranges (400–1100 nm). Wavebands with most disease sensitivity were identified by means of four empirical approaches and statistical analyses (Student's t-test, cluster analysis). The results demonstrate that hyperspectral reflectance data in red and red edge spectral ranges (680–740 nm) allow detection and quantification of plant stress due to viral infection and are most sensitive to related changes in biophysical parameters.*

УСТАНОВЯВАНЕ НА ЗАБОЛЯВАНИЯ НА РАСТЕНИЯ ЧРЕЗ ДИСТАНЦИОННИ ХИПЕРСПЕКТРАЛНИ ДАННИ ЗА ОТРАЗЕНАТА ОТ ЛИСТАТА РАДИАЦИЯ

Дора Крежова[1], Калинка Величкова[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София
e-mail: dkrezhova@stil.bas.bg; k.velichkova@mgu.bg

Ключови думи: *хилерспектрални дистанционни изследвания, спектрално отражение на листата, вирусна инфекция, позиция на червения ръб*

Резюме: *Откриване на болести по растенията чрез метод за дистанционни изследвания, базиращ се на хиперспектрални измервания на отразена радиация, е предизвикателна област, която може да окаже значително икономическо и екологично въздействие върху управлението на добивите в селското стопанство. Спектралното отражение на листата е чувствителен показател за различни фактори на околната среда, влияещи върху растенията като стрес, болести, суша и стареене. Това проучване има за цел да свърже промените във физиологичното състояние на растенията, причинени от биотичен стрес (вирусна инфекция) и да идентифицира спектралните диапазони, които най-добре разграничават това заболяване. Изследвани са млади картофени растения сорт Армада, заразени с картофен вирус Y (PVY). Хиперспектралните отражателни данни са регистрирани с преносим спектрометър във видимата и близката инфрачервени области на спектъра (400–1100 nm). Вълновите диапазони с най-голяма чувствителност към болестта бяха идентифицирани с помощта на четири емпирични подхода и статистически анализи (t-тест на Стюдънт, клъстерен анализ). Резултатите показват, че хиперспектралните отражателни данни в червения спектрален диапазон и в червения ръб (680–740 nm) дават възможност за установяване и количествена оценка на растителния стрес поради вирусната инфекция и са най-чувствителни на промените във биофизичните параметри.*

Introduction

The reliable detection and identification of plant disease and plant stress are very essential for preventing the loss in yield of the agricultural crops [1]. Monitoring of plant health and detecting pathogens early are essential to reduce disease spread and facilitate effective management practices. It is difficult to monitor the plant diseases manually at each stage, which requires more effort and time. The traditional molecular methods such as serological assays and nucleic acid-based methods (PCR variants) are the most available and effective to confirm disease diagnosis, but they are not very reliable at the asymptomatic stage [2]. Remote sensing (RS) technologies are innovative and alternative methods for effective, reliable, and early detection of pathogen infections. RS techniques coupled with spectroscopy-based methods allow high spatialization of results, these techniques may be very useful as rapid preliminary identification of primary infections [3]. The RS scientific community defines plant disease monitoring as: detection (deviation from healthy), identification (diagnosis of specific symptoms among others and differentiation of various diseases), and quantification (measurement of disease severity, e.g., percent leaf area affected) [4].

RS techniques provide opportunities for non-destructive detection of plant diseases, especially hyperspectral technologies. RS is a technique obtaining information on an object by measuring the electromagnetic energy reflected/backscattered or emitted by the surface of the Earth [5]. The increased spatial resolution of recent satellite sensors and the decrease in the cost of data acquisition are making RS really competitive for the integration with traditional techniques. RS offers the advantages of a large amount of data from the spectral response and the possibility of working at different spatial scales, with available sensor resolution from a single leaf level to an entire region [3].

In scientific literature the methods for RS data analyses related to detecting of plant disease can be categorized into four groups: (1) correlation and regression analysis of disease presence and severity with spectral response in specific bands and/or intervals of electromagnetic spectrum [6, 7]; (2) assessment and derivation of spectral vegetation indices (SVIs), general or specifically introduced, sensitive to disease presence [8, 9]; (3) data mining algorithms applied to spectral data processing and feature extraction/selection for data dimensionality reduction [10, 11]; and (4) machine learning and classification techniques, parametric and non-parametric, supervised and unsupervised, for producing results which are classified depending on disease presence/ absence and possibly severity levels [3, 12, 13].

The plant spectral reflectance is a sensitive indicator of a variety of environmental factors affecting plants such as stress, diseases, drought, and senescence. Measurement of leaf reflectance is a fast, non-destructive method for plant health estimation which provides valuable insight into the physiological performance of the leaves. Reflectance data indicated consistent and diagnostic differences in the red edge portion (680–740 nm) of the spectrum among the various samples and populations of leaves. The red edge of the reflectance curves, the maximum slope between the red and near-infrared (NIR) wavelengths, is strongly correlated with the foliar chlorophyll (Chl) content and is a good estimator for stress monitoring [14]. The main red edge parameter, red edge position (REP), is the inflection point of the slope of the spectrum. REP is an important index that indicates the abrupt leaf reflectance change between 680 nm and 740 nm of the vegetation spectra caused by the combined effects of strong Chl absorption and leaf internal scattering [15]. Increases in the amount of Chl result in a broadening of the major Chl absorption feature centred around 680 nm, causing a shift in the slope and REP towards longer wavelengths [16]. Various techniques have been developed for the extraction of REP parameters from different sources of spectral data with minimized estimation error and improved performance.

This study aims to relate the leaf spectral reflectance to changes in plant physiological status caused by biotic stress (viral infection) and to identify wavebands that best discriminate this disease. Young potato plants, cultivar Armada, infected with Potato Virus Y (PVY) are investigated. Several techniques have been applied and compared for accurate estimating of the REP, such as the maximum of the first derivative, the Lagrangian interpolation method, the linear extrapolation method, the first derivative main peak decomposition.

Spectral measurements

Young potato plants, cultivar Armada, grown in controlled greenhouse conditions were investigated. Some of the plants were healthy (control) and some were infected with Potato Virus Y (PVY). Leaf spectral reflectance data were collected from fresh detached leaves by a portable fibre-optic spectrometer USB2000 (Ocean Optics, USA) in the visible and NIR spectral ranges (450–850 nm) in 1170 narrow bands at a spectral resolution of 1.5 nm. The spectral reflectance characteristics (SRC) of the investigated plants were determined as the ratio between the reflected from the leaves radiation and this one reflected from the diffuse reflectance standard.

Data analyses

The application of RS data for plant disease assessment is relying on adequate and effective data processing techniques because they are intrinsically high dimensional. Especially when dealing with hyperspectral data, in order to extract the largest amount of information data, processing and analysis techniques are a crucial asset. The data processing methods used in this study are shown in Table 1.

Table 1. Applied methods

REP technique	Equation	Subject	Reference
Maximum of first derivative of reflectance spectrum (MFD)	$FDR_{\lambda_i} = \left(R_{\lambda_{i+1}} - R_{\lambda_i}\right) / \left(\lambda_{i+1} - \lambda_i\right)$ $REP = \lambda_{\max}\left(FDR_{(\lambda)}\right)$	First derivative of the SRC in interval 680 nm – 760 nm	[16]
Lagrangian interpolation method	$A = \frac{FDR_{(\lambda_{i-1})}}{(\lambda_{i-1} - \lambda_i)(\lambda_{i-1} - \lambda_{i+1})}$ $B = \frac{FDR_{(\lambda_i)}}{(\lambda_i - \lambda_{i-1})(\lambda_i - \lambda_{i+1})}$ $C = \frac{FDR_{(\lambda_{i+1})}}{(\lambda_{i+1} - \lambda_i)(\lambda_{i+1} - \lambda_{i-1})}$ $REP = \frac{A(\lambda_i + \lambda_{i+1}) + B(\lambda_{i+1} + \lambda_{i-1}) + C(\lambda_{i-1} + \lambda_i)}{2(A + B + C)}$	First derivative of the SRC in interval 680 nm –760 nm	[16]
Linear extrapolation	Red line: $FDR = m_1\lambda + c_1$ NIR line: $FDR = m_2\lambda + c_2$ $REP = \frac{c_2 - c_1}{m_1 - m_2}$	First derivative of the SRC (680 nm–694 nm and 724nm–760 nm)	[17]
First derivative main peak decomposition		First derivative of the SRC	Used in this study

1. Maximum of the first derivative (MFD)

First derivatives of the leaf reflectance spectra of healthy and infected potato plants were calculated using the equation in row 1 (Table 1). REP is determined as a maximum of the peak in the spectral range 680–760 nm. Extraction of REP, which is based on derivative analysis, minimizes interpolation and computation errors; it is one of the simpler curve fitting techniques [18].

2. Lagrangian interpolation method

The Lagrangian technique uses three points interpolation for estimating REP. It is applied to the first-derivative transformation of the reflectance spectrum. The technique fits a second-order polynomial curve to three bands, which need not be equally spaced, centered around the maximum slope position. A second derivative is then performed on the Lagrangian equation to determine the maximum slope position (equations at row 2 in Table 1) [16].

3. Linear extrapolation

The linear extrapolation technique is designed to mitigate the destabilizing effect of the double peak feature on the correlation between Chl and REP and track changes in slope near 700 nm and 725 nm, where derivative peaks (Fig. 1) occur [17]. The REP is calculated as the wavelength at the intersection of two straight lines (Eqs. at row 3 in Table 1) extrapolated through two points on the far-red flank and two points on the NIR flank of the red edge (680–740 nm) first derivative reflectance spectrum.

4. First derivative main peak decomposition

This method is applied when a double-peak feature is observed in the first derivative of the reflectance spectrum. The position and amplitude of the peak around 700 nm can be used as an estimator of the Chl content. The change in the amplitude of the second peak indicates the change of the biomass or/and the internal structure of the cellular tissue. The first peak is greater when the Chl effects dominate, which occurred during the initial and final stages of the plant cycle [19].

Results and discussion

The averaged SRC over all measurements (up to 30 areas) of healthy (control) and infected with PVY potato leaves are shown in Fig. 1a). The spectral reflectance of infected leaves increased in

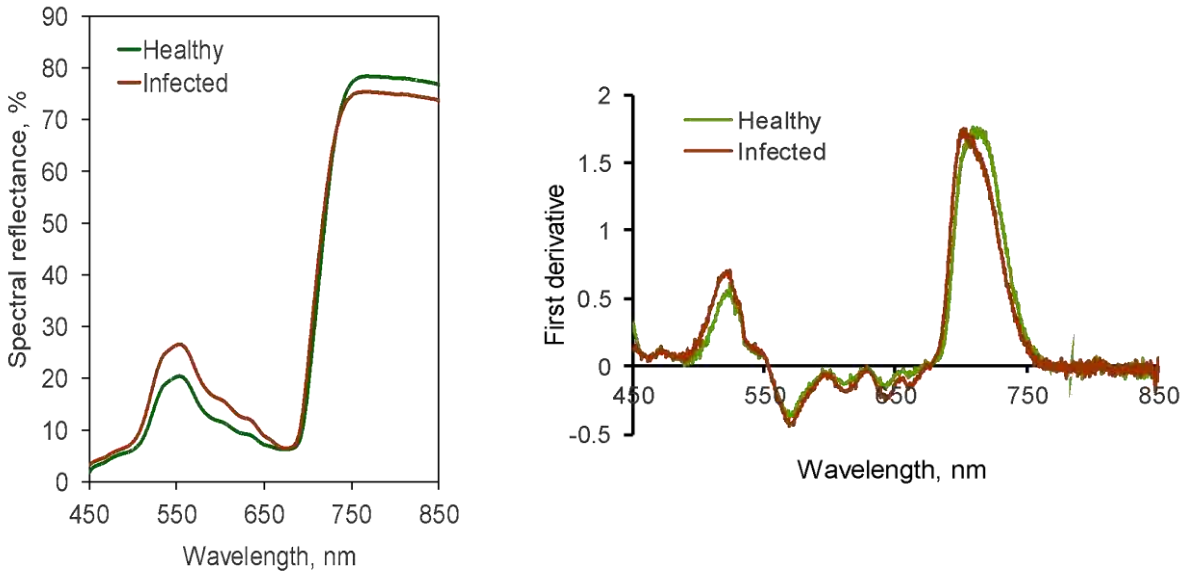


Fig.1 a) Averaged spectral reflectance characteristics (SRC) of healthy and infected potato leaves; b) first derivative curves of the averaged SRC of healthy and infected leaves

the green peak (500-670 nm) and decreased in the NIR range due to a reduction of the Chl content and changes in leaf tissue. The first derivative curves in the range of red edge wavelengths (Fig.1b) are shifted towards the shorter wavelengths because of the narrowing of the Chl absorption peak, centered around 680 nm. This shift is an indicator of the reduction of the Chl content in leaves and for changes in the physiological status of plants, respectively, for the presence of a disease. The spectral distribution of REPs of the reflectance spectra of all measured areas of healthy and infected leaves, obtained by the first derivative method, is shown in Fig. 2. Two separate clusters are being formed, testifying to significant changes of data in the red edge spectral range. The location of the REPs and the results of statistical analysis are given in Table 2.

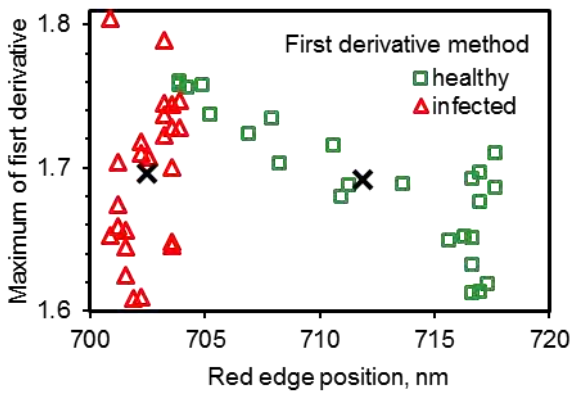


Fig. 2. REPs of the reflectance spectra of healthy and infected potato plants, cultivar Armada. The averaged REP values are shown by a black X.

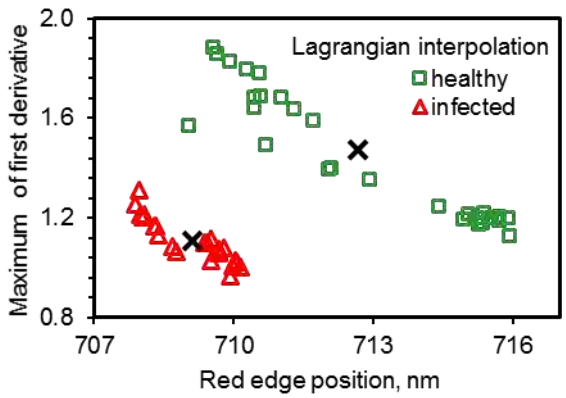


Fig. 3. REPs of the reflectance spectra of healthy and infected potato plants, cultivar Armada. The averaged REP values are shown by a black X

The three point Lagrangian interpolation technique was applied to the first derivatives of the reflectance spectra following the algorithm:

1. Wavelength λ_{max} and the value of the maximum of the first derivative (MDF) at λ_{max} were determined;

2. Values of the first derivative of the reflectance spectra at wavelengths 10 nm before and 10 nm after λ_{max} were determined;

3. REPs were calculated by the equations in row 2 of Table 1.

The distribution of the REPs, calculated by the Lagrangian interpolation method, is shown in Fig. 3. Similar to the results from the first method two clusters are separated. The calculated REPs and the results from statistical analysis are given in Table 2.

Algorithm of the linear extrapolation method:

1. The slope on the far-red flank of the first derivative reflectance spectrum in red edge was extrapolated with a straight line through two points (680–694 nm);

2. The slope on the NIR flank of the first derivative reflectance spectrum in red edge was extrapolated with a straight line through two points (732–760 nm);

3. The REP was calculated as the wavelength at the intersection of two straight lines (equations at row 3 in Table 1).

The REPs are shown in Fig. 4 and the results from the statistical analysis are given in Fig. 4.

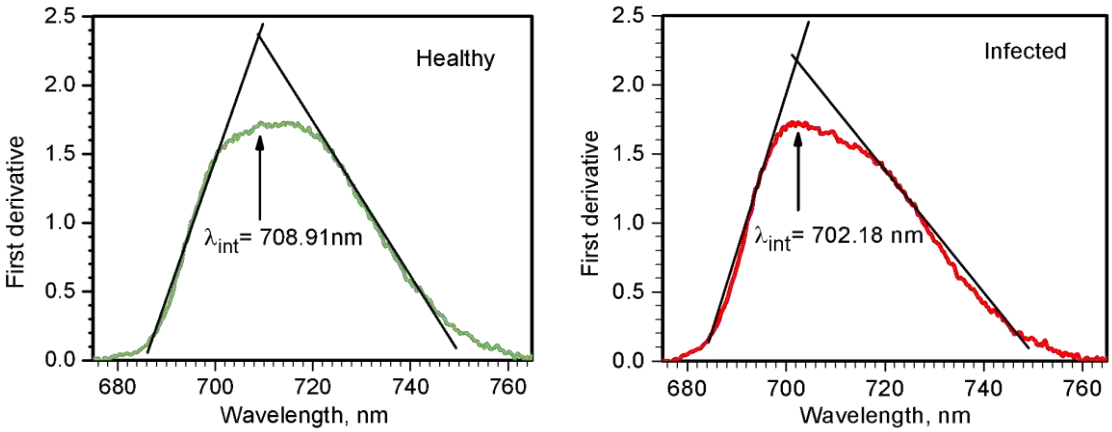


Fig. 4. Red edge position of the averaged SRC of healthy and infected potato leaves, cultivar Armada, obtained by the linear extrapolation method

Algorithm of the first derivative main peak decomposition (FDMPD):

1. FDMPD in the spectral range 670–770 nm was approximated by Origin software into two peaks. The best approximation was accepted this one with a maximum coefficient of determination R^2.

The wavelengths of the peak maximums are shown in Fig.5. The big peak position at 715 nm

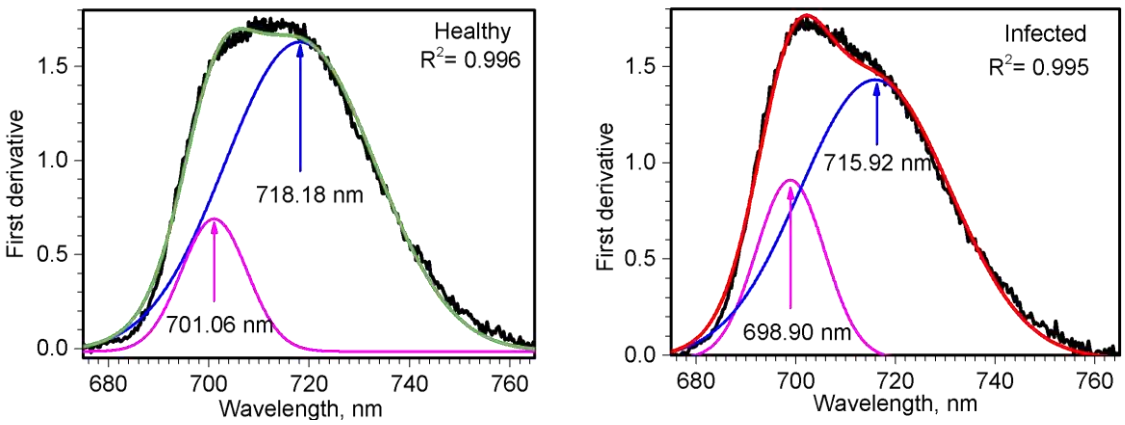


Fig. 5. Red edge position of healthy and infected potato leaves, cultivar Armada, obtained by the first derivative main peak decomposition method

to 720 nm is an estimator of the Chl content and it is shifted to the shorter wavelengths for infected leaves with 2.28 nm. The change in the amplitude of the second peak indicates the change in cell

Table 2. Results from statistical analysis (Student's t- test)

Method	REP of SRC of healthy plants, nm	REP of SRC of infected plants, nm	t stat	p	Difference, nm	σ_1	σ_2
MFD	711.89	702.48	9.12	***	-9.40	4.95	1.05
Lagrangian interpolation	712.67	709.14	6,74	***	-3.53	2.45	0.82
Linear extrapolation	694.30	689.35	19.64	***	-4.95	1.05	0.71

structure. The decrease of the amplitude and area of the first peak is related to the degradation of the leaf pigments, more strongly to the Chl. The results from statistical analysis (Student's t- test) of the REP datasets of the SRCs of healthy and infected leaves are given in Table 2, where σ_1 and σ_2 are the dispersions of the REPs distribution.

Conclusions

The red edge position of the reflectance spectra (680–740 nm) strongly correlated with the foliar Chl content and was extracted and evaluated from hyperspectral data as a good estimator for plant health. Four techniques for REP detection were applied and compared (maximum of the first derivative, Lagrangian interpolation method, linear extrapolation method, first derivative main peak decomposition). The best results were given by the Lagrangian interpolation method (the difference between REPs of SRC of healthy and infected potato plants is 3.53 nm). The maximum of the first derivative because of the destabilizing effect of the double-peak feature proved most inaccurate (difference - 9.4 nm). The results demonstrate that hyperspectral reflectance data in the red and red edge spectral ranges can be used to quantify the plant stress due to viral infection and related changes in biophysical parameters.

References:

1. Savary, S., A. Ficke, J-N. Aubertot, C. Hollier. Crop losses due to diseases and their implications for global food production losses and food security. Food Secur., 2012, 4, 519–537. doi: 10.1007/s12571-012-0200-5.
2. Schaad, N.W., R.D. Frederick, J. Shaw, W.L. Schneider, R. Hickson, et al. Advances in molecular-based diagnostics in meeting crop biosecurity and phytosanitary issues. Ann Rev Phytopathol., 2003, 41, 305–324. doi:10.1146/annurev.phyto.41.052002.095435.
3. Federico, M., R. Scalenghe, S. Davino, S. Panno, G. Scuderi, et al. Advanced methods of plant disease detection. A review, Agron. Sustain. Dev., 2015, 35, 1–25. doi 10.1007/s13593-014-0246-1.
4. Mahlein, A.K., E.C. Oerke, U. Steiner, H.W. Dehne. Recent advances in sensing plant diseases for precision crop protection. Eur J Plant Pathol., 2012a, 133, 197–209. doi: 10.1007/s10658-011-9878-z.
5. De Jong, S.M., F.D. van der Meer. Remote sensing image analysis: including the spatial domain. Dordrecht, Springer. 2006, 359 p.
6. Chen, B., K. Wang, S. Li, J. Wang, J. Bai, et al. Spectrum characteristics of cotton canopy infected with Verticillium wilt and inversion of severity level. In "Computer and computing technologies in agriculture", volume II. Springer, 2008, 259, 1169–1180. doi:10.1016/S1671-2927(08)60053-X.
7. Huang, J., H. Liao, Y. Zhu, J. Sun, Q. Sun, et al. Hyperspectral detection of rice damaged by rice leaf folder (Cnaphalocrocis medinalis). Comput Electron Agric., 2012, 82, 100–107. doi: 10.1016/j.compag.2012. 01.002.
8. Reynolds, G.J., C.E. Windels, I.V. MacRae, S. Laguette. Remote sensing for assessing Rhizoctonia crown and root rot severity in sugar beet. Plant Dis., 2012, 96, 497–505. doi: 10.1094/PDIS-11-10-0831.
9. Mahlein, A.K., T. Rumpf, P. Welke, H.W. Dehne, L. Plümer, et.al. Development of spectral indices for detecting and identifying plant diseases. Remote Sens Environ., 2013, 128, 21–30. doi:10.1016/j.rse. 2012.09.019.
10. Delalieux, S., J.A.N. Van Aardt, W. Keulemans, E. Schrevens, P. Coppin. Detection of biotic stress (Venturia inaequalis) in apple trees using hyperspectral data: non-parametric statistical approaches and physiological implications. Eur J Agron., 2007, 27, 130–143. doi: 10.1016/j.eja.2007.02.005.
11. Bauriegel, E., A. Giebel, M. Geyer, U. Schmidt, W.B. Herppich. Early detection of Fusarium infection in wheat using hyper-spectral imaging. Comput Electron Agric., 2011, 75, 304–312. doi: 10.1016/j.compag.2010. 12.006.
12. Moshou, D., I. Gravalos, D.K.C. Bravo, R. Oberti, J.S. West et.al. Multisensor fusion of remote sensing data for crop disease detection. In "Geospatial techniques for managing environmental resources". Springer, 2012, 201–219.
13. Mirik M., R.J. Ansley, J.A. Price, F. Workneh, C.M. Rush. Remote monitoring of wheat streak mosaic progression using sub-pixel classification of Landsat 5 TM imagery for site specific disease management in winter wheat. Adv Remote Sens., 2013, 2, 16–28. doi: 10.3390/rs5020612.
14. Carter, G.A., A.K. Knapp. Leaf optical properties in higher plants: Linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. Am. J. Bot., 2001, 88, 677–684.
15. Dawson, T.P., P.J. Curran. A new technique for interpolating the reflectance red edge position. Int. J. Remote Sens., 1998, 19, 2133–2139.
16. Clevers, J.G.P.W., S.M. de Jong, G.F. Epema, F. van der Meer, W. Bakker, et. al. Derivation of the red edge index using MERIS standard band setting. Int. J. Remote Sens., 2002, 23, 3169–3184.
17. Cho, M.A., A.K. Skidmore. A new technique for extracting the red edge position from hyperspectral data: The linear extrapolation method. Remote Sens. Environ., 2006, 101, 181–193.
18. Shafri, H.Z.M., M. A.M. Salleh, and A. Ghiyamat. Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation Using Red Edge Position Techniques. Am. J. Applied Sciences 3(6): 1864–1871, 2006, ISSN 1546-9239.
19. Horler, D.N.H., M. Dockray, J. Barber, Intern. "The red edge of plant leaf reflectance J. Remote Sensing. 1983, 4, 273–288.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

СПЪТНИКОВИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА КАСПИЙСКО МОРЕ

Ангел Манев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
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 Каспийско за периода 1988–1999 години. Изследването се основава на ежедневни сателитни данни за температурни зони. Разглеждат се някои особености на възникването на краткосрочните аномалии на повърхността.*

CASPIAN SEA RESEARCH SATELLITES

Angel Manev

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

Key words: *temperature, anomaly, satellite, Caspian Sea.*

Abstract: *This article explores the short-term temperature anomalies of the Caspian Sea sea surface for the period 1988–1999 years. The study is based on daily satellite data for temperature zones. Some features of the occurrence of short-term surface anomalies are considered.*

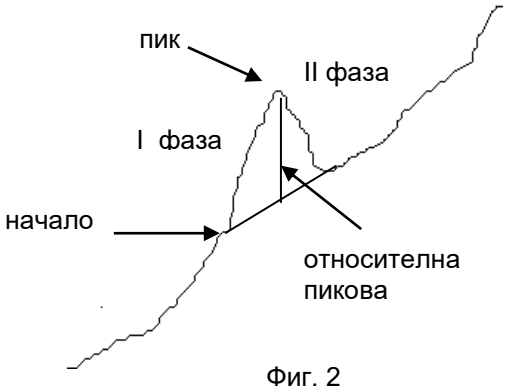
Каспийско море е единственото напълно затворено континентално море на Земята. Морето заема най-голямата и дълбока континентална депресия в границите на най-обширната в Европа и Азия област на вътрешен сток. Нивото на морето лежи на 28 m под нивото на океана. По размерите си Каспийско море е най-големият на Земята затворен водоем. Неговата площ съставлява 18 % от общата площ на земните езера. Площта на морето е 4.5 пъти по-голяма от второто по големина езеро в света – Горното езеро в Северна Америка (84 100 km^2) [3]. За морето е характерно субмеридиално разположение. Най-голямата му протяжност от север на юг е 1030 km, най-голяма ширина достига 435 km, а най-малката 196 km. По дълбочина Касписко море отстъпва само на двете най-дълбоки езера в света – Байкалското и езерото Танганайка. Средната му дълбочина, пресметната по бариграфичната крива е 208 km.

Така описаните геологически характеристики на морето го правят много удобен полигон за изследване на кратковременните аномалии в атмосферата, слънчевата, геомагнитна и сеизмична дейности. Измененията на температурните полета на повърхността на морето са тясно свързани с енергетиката на системата Слънце-Атмосфера-Океан. Проследяването на динамиката на температурата на повърхността може да служи за индикатор за възникнали аномални процеси в Атмосферата и Озоносферата.

За основа на настоящото изследване са използвани данни за температурата на повърхността на морето от спътниковите платформи на NOAA (Национална администрация по атмосфера и океани) на САЩ [5]. Спътниковата система включва няколко оперативни, полярни спътника, оборудвани с еднотипна апаратура, които летят на близки орбити. Температурните данни за наземната повърхност се набавят главно от радиометъра с висока разделителна способност AVHRR. Пространствената разделителна способност на апаратурата е 1.1 x 1.1 km, но след обработка за потребителите картите се строят с разделителна способност 9 x 9 km. След използване на многоканални методи за анализ и прилагането на относително строги правила за отбор на „смутените” данни се строят ежедневни температурни карти. Точността, с която са построени картите е 0.3 ^{o}C.

На повърхността на морето са избрани четири характеристични зони с размери 116 x 116 km^2, разположени както е показано на Фиг. 1. Зоните бяха избрани с оглед приетото делене на физико-геофизично райониране. В Средната част на морето са определени две зони (2 и 3) предвид по-голямата протяжност на района. Разположението на 1 и 3-та зони съвпада с географската ширина на Черно море. Размерът на зоните е достатъчно голям за да се намали влиянието на малки по-размер, локални, аномални фактори като наличие на разкъсана облачност, Зоните са сравнително далеч от бреговата ивица и така се снижава въздействието на сушата.

Фиг. 1



Фиг. 2

Годишният ход на повърхнинните температури е с ясно обусловен сезонен ход, характерен за водни басейни на средни географски ширини. На фона на годишната крива на температурите се открояват кратковременни пикови отклонения най-вече в посока на повишаване на температурата. Тези пикови изменения се определят като аномални отклонения и са предмет на настоящия анализ. На Фиг. 2 е показана една такава аномалия. Чрез интерактивна програмна система се определят началото и край на аномалията и се определят няколко параметъра на индивидуалната аномалия.

Аномалията се разделя на два времеви отрязъка – I фаза, фаза на повишаване на температурата и II фаза, фазата на спад, съответно с времената на нарастване и спадане на температурата. Пресмятат се градиентите на нараствате и спадане като средни за между дневните градиенти в рамките на фазата. Определя се и един относителен параметър – относителна пикова стойност. Това е максималното отклонение на температурата спрямо евентуалния нормален сезонен ход на температурата. Така определените индивидуални характеристики се записват в годишни файлове и след това се обработват статистически.

В настоящото изследване е обхванат период от 11 пълни години – от 1989 до 1999 година и се базира изцяло на спътникови данни. През късната есен, зимата и ранната пролет облачността над морето е значителна и не може да се отстрани влиянието и върху точността на определяната температура на повърхността на водата. Затова изследването включва периода от 31.03 до 22.10 на съответната година – период през който температурните полета са достатъчно добре определени.

Основните характеристики на откритите аномалии са вече публикувани [4]. Времевите граници на определяните аномалии са от 3 до 15 денонощия. По кратките от 3 денонощия аномалии е много трудно да бъдат идентифицирани и изискват прецизна индивидуална обработка. Наблюдават се и аномалии с продължителност от 16, 17 и 18 денонощия но тяхната поява се оценява като епизодична и не се включва в анализа. Броят на аномалиите с продължителност по-голяма от 11 денонощия са много малко и могат да бъдат изключени от груповата обработка.

За единадесетте години в периода 1.05–20.10 броят на аномалиите с продължителност до 11 денонощия е следния: I зона - 87, II зона - 88, III зона - 112 и IV зона - 152. Върху графиките с хода на температурата на цялата акватория могат да се локализират 77 аномалии.

Завишеният брой аномалии в IV зона се дължи на по-южното и разположение, където метеорологичните промени са по-динамични и съответно безоблачните дни повече. За голяма част от аномалиите в IV зона по същото време не се наблюдават аномалии в останалите зони. Малкият общ брой на аномалиите за цялата акватория се обяснява с ефекта на „замазване”

при осредняването на пикселните температури на силно протяжният по посока север-юг морски басейн.

За нуждите на анализа 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. Изследването на регресионния коефициент r при различни регресионни зависимости за зоните и цялата акватория е показано в Таблица 1.

Таблица 1

Зона \ формула	Линейна	Квадратична	Кубична
I	**0.308**	**0.764**	**0.766**
II	**0.315**	**0.469**	**0.519**
III	0.178	**0.629**	**0.629**
IV	0.122	**0.424**	**0.425**
Цяла акватория	0.083	**0.546**	**0.570**

Интерпретацията на корелационния коефициент на Пирсън е следната [1] :

0.70 < r < 1.00 - много голяма корелация

0.50 < r < 0.70 - голяма корелация

0.30 < r < 0.50 - средна корелация

0.10 < r < 0.30 - слаба корелация

От Таблица 2 се вижда, че вида на разпределението на аномалиите може да се оподоби на квадратично или кубично. Или възникването на аномалиите във времето ще има камбановиден вид 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 подобен и е с максимум около средата на лятото.

Стойността на корелационният коефициент на Пирсън за паралелност в динамиката на появата на аномалии за четирите зони и за цялата акватория и показа в корелационната матрица на Таблица 2.

Таблица 2

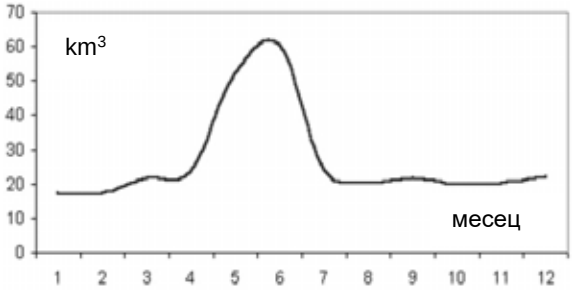
	I	II	III	IV	Цяла акватория
I	1	**0.593**	**0.377**	0.131	0.140
II	**0.593**	1	**0.372**	0.268	0.22
III	**0.377**	**0.372**	1	**0.519**	**0.729**
IV	0.131	0.268	**0.519**	1	**0.616**
Цяла акватория	0.140	0.220	**0.729**	**0.616**	1

От матрицата е видно, че не съществува корелация между възникването на аномалии в I и II зони и тези в IV-та зона. Причината най-вероятно е в отдалечеността на зона IV от зони I и II 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 и II, от една страна и зона IV от друга.

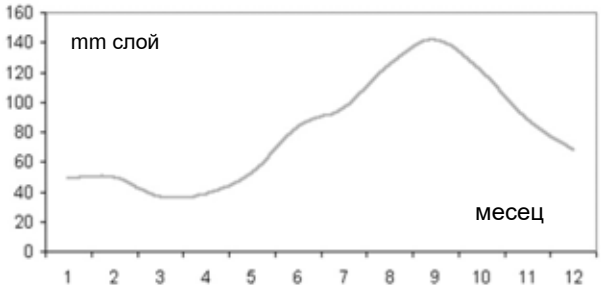
Ниската корелация между зоните I и II и цялата акватория може да се обясни с доста по-големия брой аномалии в IV-та зона.

На фигура 3 е показан средно годишния речеви сток на водите в Каспийско море. При съпоставката на хода на водния сток с динамиката на възникването на температурните аномалии на цялата повърхност на морето се получава коефициент на Пирсън 0.136, или почти не съществува корелация между двете явления. Следователно водния сток не е свързан с процесите на генерация на кратковременните температурни аномалии.

На фиг. 4 е средногодишния ход на изпарението от повърхността на Каспийско море [5]. Корелацията с възникването на аномалиите се измерва с коефициент на Пирсън равен на 0.259 или на границата на средната и слаба корелация. В случая е на лице въздействие на повишената температура на аномалите върху процеса на изпарени. Но той във всички случаи е много малък.

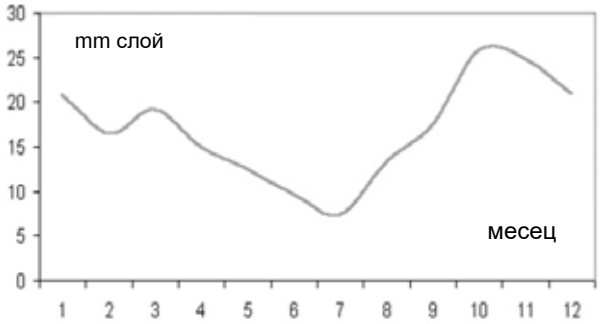


Фиг. 3

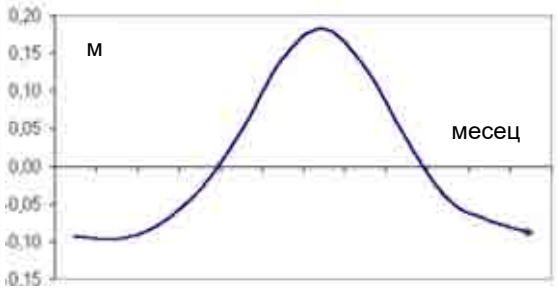


Фиг. 4

Годишните валежни суми над морето са показани на фиг. 5. Корелацията им с възникването на аномалии е отрицателна и малко над прага на средната корелация – 0.332. Логиката налага да се приеме тази отрицателна връзка – валежите са повече при облачно време, а тогава или не възникват положителни температурни аномалии или ако възникнат не могат да бъдат наблюдавани.



Фиг. 5



Фиг. 6

На фиг. 6 е показан един много интересен параметър на Каспийско море – вертикалното движение на водната повърхност на цялото море през годината. Корелационният коефициент е 0.436 и показва средна, стабилна корелация. Да се търси причинно-следствена връзка с генезиса на температурните аномалии на повърхността е много смело действие, тъй като механичното повдигане на нивото на водата на цялата повърхност не е сходна с голямата динамика на появата и изчезването на температурните аномалии.

В заключение могат да се направят следните изводи:

1. Генерацията на кратковременните температурни аномалии на повърхността на Каспийско море не е еднаква и едновременна върху цялата повърхност на морето.
2. Изследваните процеси: валежи, изпарение, воден сток и динамика на нивото на повърхността не са сред главните причини за възникването на температурните аномалии.

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 VI. Каспийское море. Выпуск 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. С-Пб: Гидрометеоиздат, 1996.
3. Касынов, А. Г. "Каспийское море" Л. 1987.
4. Манев, А., С. Стоянов, Ж. Жеков, В. Ташев, К. Палазов, С. Спасов, С. Райков. Краткосрочни температурни аномалии на повърхността на Каспийско море. Сб. доклади на Юбилейна научна сесия „50 години от полета на Първия изкуствен спътник на Земята”, НВУ „В. Левски”, факултет „Авиационен”, Д. Митрополия, 2007, с. 254–261, ISBN 978-954-713-091-3.
5. http://www.oceanography.ru/esimo/zaklin/
6. http://ncdc.noaa.gov

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

НЯКОИ ГРЕШКИ В ТОПОГРАФСКИТЕ КАРТИ НА НИКУЛИЦЕЛ

Иван Димитров

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

Ключови думи: *Топографски карти, грешки, Никулицел, Аспарух, Тервел*

Резюме: *Представени са някои грешки в топографските карти, отразяващи района на Никулицел и военния лагер на Аспарух и Тервел. Използвани са сателитни изображения за коригиране на откритите грешки..*

SOME ERRORS IN NICULITEL TOPOGRAPHIC MAPS

Ivan Dimitrov

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

Keywords: *Topographic maps, errors, Niculitel , Asparuh, Tervel*

Abstract: *Some errors in the topographic maps reflecting the Niculitel area and the Asparuh and Tervel military camp are presented. Satellite images are used to correct errors detected.*

Въведение

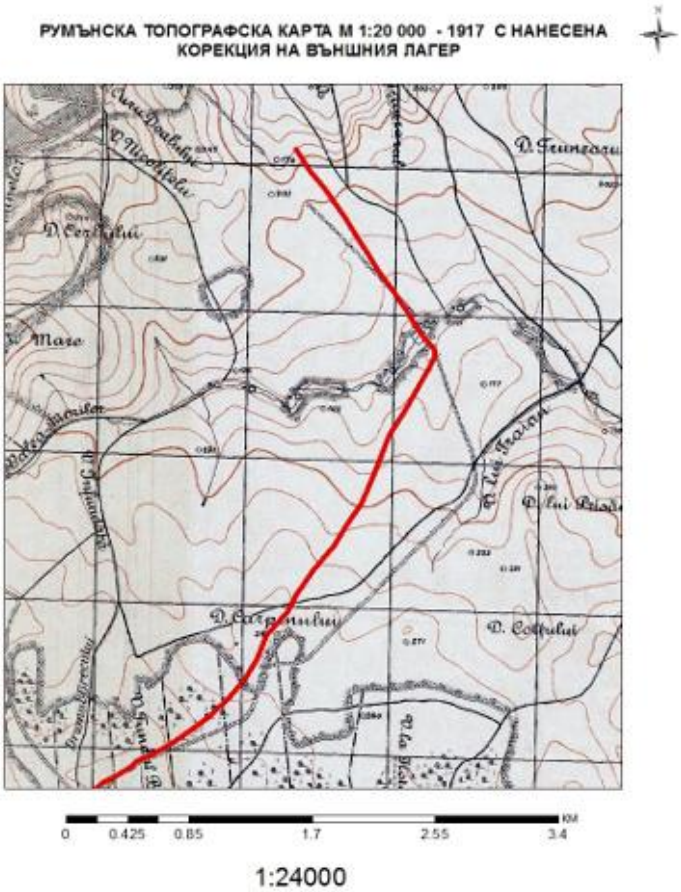
Историческите факти, свързани със създаването на българската държава и периода на управление на хановете Аспарух и Тервел са слабо отразени във византийските хроники и съвременните български исторически изследвания. Фортификационното съоръжение край с.Никулицел, област Тулча при устието на р. Дунав, се счита за лагер на хан Аспарух и е първата българска столица на Балканите. На някои от топографските карти лагерът е отбелязан като “Вал на Траян”. Пълно изследване и картографиране на цялото отбранително съоръжение е извършено през 1917 година от Карел Шкорпил. В отчета за проучването той отбелязва, че Никулицелския лагер е Аспаруховият лагер “Онгъл”. Лагерът има обща площ над 50 km^2. и периметър над 30 km. Това е най-голямото фортификационно съоръжение в историята на българската държавност.

Основен източник на информация за Аспаруховия военен лагер представляват топографските военни карти, отразяващи делтата на река Дунав. Сред тях особено значими са румънските и руски военни топографски карти, характеризиращи се с висока точност и степен на подробност. Германските военни карти се явяват обновено копие на румънските топографски карти и потвърждават отбелязаните важни особености. Австроунгарските военни топографски карти от края на 19 и началото на 20 в. са първите точни и детайлни свидетелства за местоположението, размера и особеностите на Аспаруховия военен лагер. Особено място сред другите карти заемат румънскити военни топографски карти от началото и края на 20 век. Те се характиризират с голяма детаилност и точност на изобразената информация. Безценни като източник на информация са картите с мащаб 1:20 000 от 1917 г., на които е изобразен външния вал на Аспаруховия лагер край с. Никулицел, част от вътрешната валова структура и основите на две големи постройки с размер 100 на 200 m.

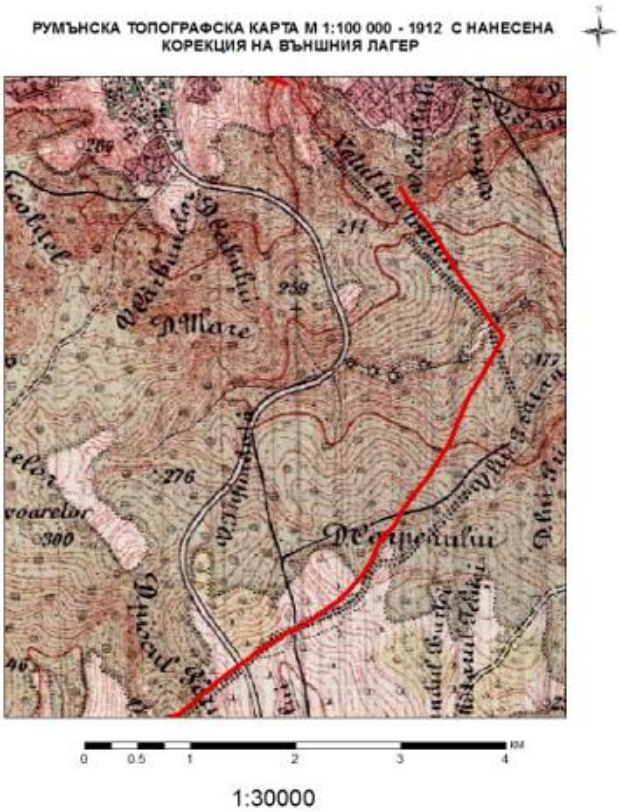
Някои грешки в топографските карти

При изследване на изобразената информация в топографските карти и сравняването с информацията от сателитните снимки с високо разрешение са констатирани някой грешки в топографското заснемане на югоизточния и източния вал на външната валова структура (външния лагер) на фортификационното съоръжение. Тези грешки се повтарят във всички карти от 1884 до 2013 г. и произлизат от топографското заснемане на Добруджа през периода 1880–1884 г. Кралство Румъния след завземането на Добруджа от Османската империя извършва топографско заснемане с мащаб 1:10 000 с цел продажба на земеделска земя на новозаселените поданници. Вероятно при това заснемане в непроходимите вековни гори на Никулицелското плато са възникнали въпросните грешки и те са репликирани многократно в топографските карти на много държави (Кралство Румъния, Русия, Германия, Великобритания, САЩ, Австо-Унгария, СССР и РНР). Последната реплика на грешките се появява в картите за урбанизация на Никулицел от 2013 г. Основата за създаване на информационния слой от външната валова структура (от 2010 г.) на картата за урбанизация е румънската топографска карта с мащаб 1: 20 000 като тя също е носител на въпросните грешки.

За коригиране на външната валова структура на фортификационното съоръжение е използвано сателитно изображение IKONOS с разделителна способност 2 m/pix. При ширина на вала от 24 m това сателитно изображение представя подробно неговите особености и дава възможност за правилно картографиране на югоизточния и източния вал на фортификацията. Валът е добре различим и на сателитните изображения от „SENTINEL 2 A, B“ с разрешение 10 m/pix. За изследване на особеностите на вала в горските масиви са подходящи зимните сателитни снимки при липса на листна маса, големи стойности на слънчевия зенит и наличие на удължени сенки на обектите. Правилното отразяване на валовата структура ще промени и местоположението на създадения предпазен двустранен буфер от 500 m в плана за урбанизация на Никулицел.

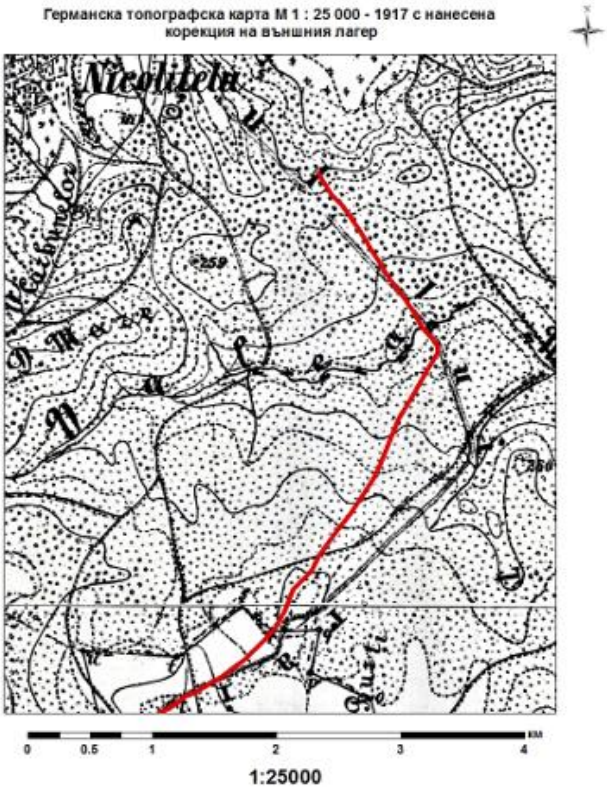


Фиг. 1. Румънска топографска карта – 1917 г., М 1:20 000



Фиг. 2. Румънска топографска карта – 1917 г., М 1:100 000

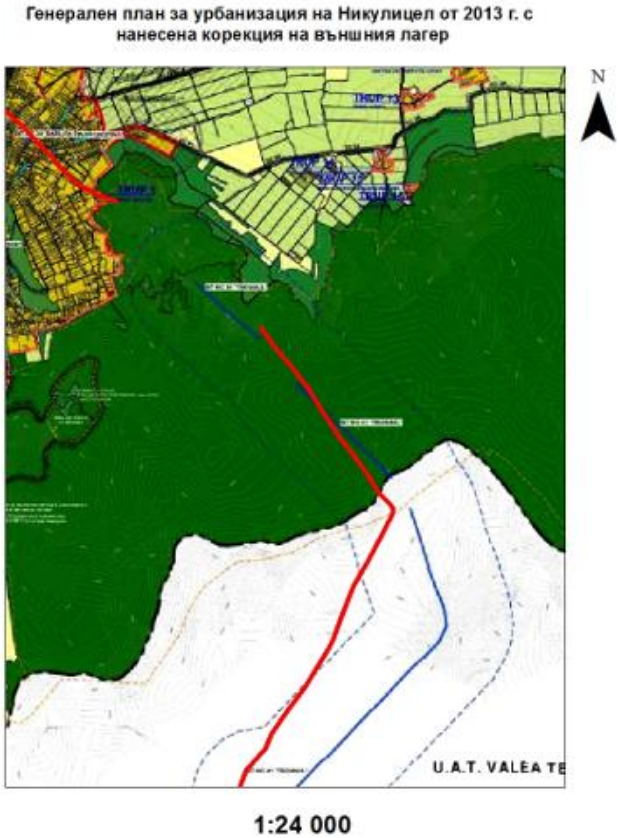
Фиг. 3. Германска топографска карта – 1917 г., М 1:100 000



Фиг. 4. Германска топографска карта – 1917 г., М 1:25 000

Фиг. 5. Топографска карта на РККА, СССР – 1944 г., М 1:100 000

Фиг. 6. Британско - Американска топографска карта – 1944 г., М 1:100 000



Фиг. 7. Генерален план за урбанизация на Никулицел - 2013

Заключение

Извършените корекции на грешките в топографските карти на Никулицел позволяват да се създават точни информационни слоеве, отразяващи реалното разположение на валовата структура. Информационните слоеве са в основата на тематичните карти и това ще подпомогне бъдещите съвместни изследвания на фортификационното съоръжение от румънски и български учени.

Литература:

1. Румънска топографска карта – 1917 г., М 1:20 000.
2. Британско - Американска топографска карта – 1944 г., М 1:100 000.
3. Генерален план за урбанизация на Никулицел - 2013.
4. Румънска топографска карта – 1917 г., М 1:100 000.
5. Германска топографска карта – 1917 г., М 1:100 000.
6. Германска топографска карта – 1917 г., М 1:25 000.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

ТРИКОНХАЛНА ЦЪРКВА В РАЙОНА НА КРЕПОСТТА КРАЙ НИКУЛИЦЕЛ

Иван Димитров

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

Ключови думи: *Ескизна реконструкция, триконхална църква, Никулицел, Аспарух, Тервел*

Резюме: *Представена е ескизна реконструкция на триконхална църква край Никулицел в района на двореца на Аспарух и Тервел. Използвани са сателитни изображения, цифров модел на релефа, топографски карти и друга приложна информация*
.

TRICONCH CHURCH IN THE AREA OF CITADEL NEAR NICULITEL

Ivan Dimitrov

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

Keywords: *Sketchy reconstruction, triconch church, Niculitel, Asparuh, Tervel.*

Abstract: *The paper presents sketchy reconstruction of triconch church near Niculitel in the area of Asparuh and Tervel palace. Satellite images, topographic maps, digital elevation model and other applied information are used.*

Въведение

Останките от основите на триконхална църква в района на Крепостта (двореца на Аспарух и Тервел) край Никулицел са разкрити при археологически разкопки през 1953–1954 г. от Йон Барня на разстояние 50 m от северната част на валовата структура. Църквата има обща дължина от 6 m, диаметър на източната конха (абсида) 1,9 m и на южната и северната конха – 1,7 m. Стените на църквата варират от 0,6 до 0,7 m. Основите са положени върху скалната основа на рида без каменен зид и са изградени от парчета римски тухли споени с хоросан. На 15 m от църквата са намерени основи на монашески килий, вероятно част от манастир.

Църквата и целият манастирски комплекс са датирани от XI–XII век. Йон Барня го датира от втората половина от XII в. В останките от подовата настилка и в основите на църквата са намерени римски тухли с печата на римския граничен легион, базиран в Новиодунум (Исакча) - Leg. I Iovia Scythica [1].

В североизточната част на Външния град на Плиска се намират останките на малка триконхална куполна църква, отбелязана на плана на археологическите разкопки като номер 28. Основите на църката са дълги 6 m и широки 6,50 m. Архитектурното решение включва наос от три еднакви по диаметър конхи и притвор. Западното правоъгълно засводено пространство е продължавало с наос и врата от севертата фасада. Трите еднакви конхи са подържали купол върху цилиндричен барабан. Подовата налтилка се е състояла от квадратни тухли в римски стил. Малките размери на църквата и нейното разположение във Външния град на Плиска подсказват, че тя построена за да обслужва духовните нужди на малка група от населението, намиращо се в периферията на градската ерархия.

Аналагочни триконхални църкви има в Хърватска - Далмация. Църквата Св. Тома до Върши близо до Нин е максимално близка по архитектурно решение до тези в Плиска и Никулицел. Запазени са останки от основите и част от зидарията. Извършени са

археологически частични разследвания от Шиме Батович през 1961 г. Към днешен ден са издигнати стени около 1 m над кота „0“ [4].

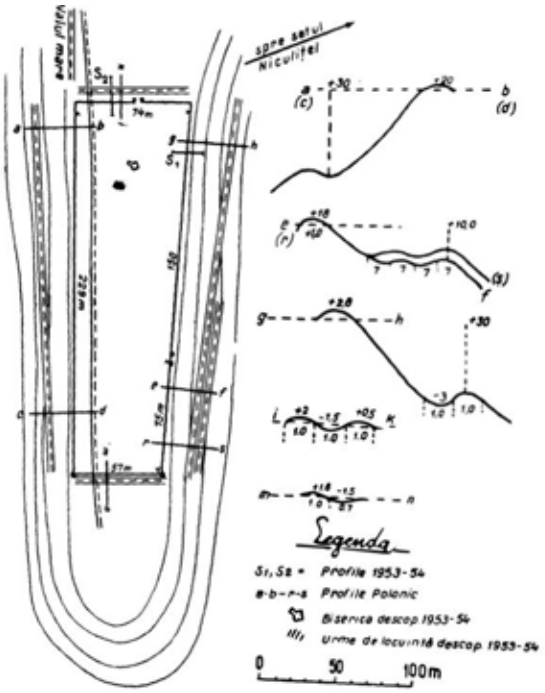
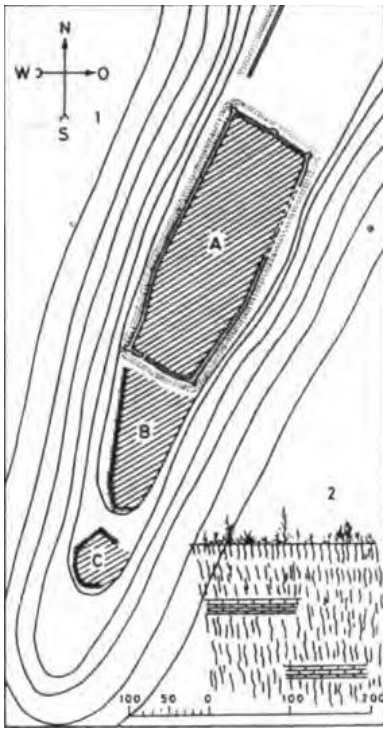
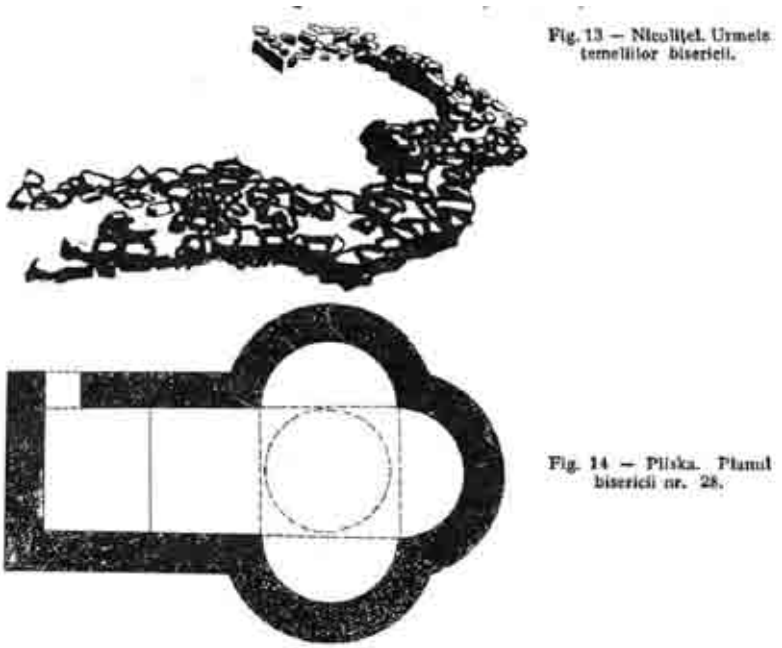


Fig. 1. Planul fortificației de pe dealul Cetățuia (executat de Panfil Polonic în 1895).

Фиг. 1. План на Крепостта от Панфил Полоник и разположението на триконхалната църква по Йон Барня – 1953-–1954 г. [2]



Фиг. 2. План на Крепостта (дворецът на Аспарух и Тервел) по К. Шкорпил - 1917 г. [3]



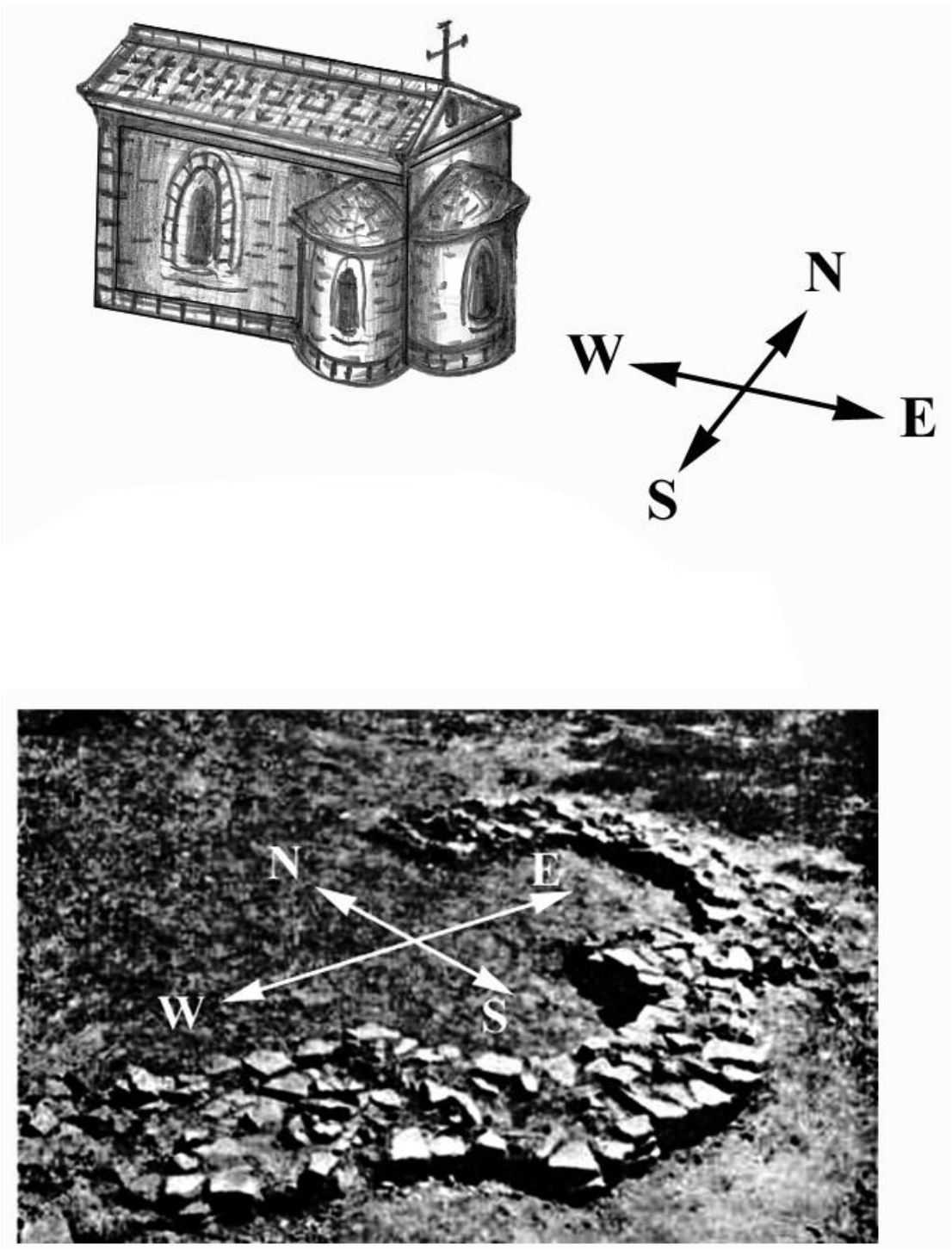
Фиг. 3. План на триконхалната църква в Плиска - номер 28 и следи от основите на триконхалната църква в района на Крепостта – Никулицел [5]

Фиг. 4. Църквата Св. Тома до Върши близо до Нин

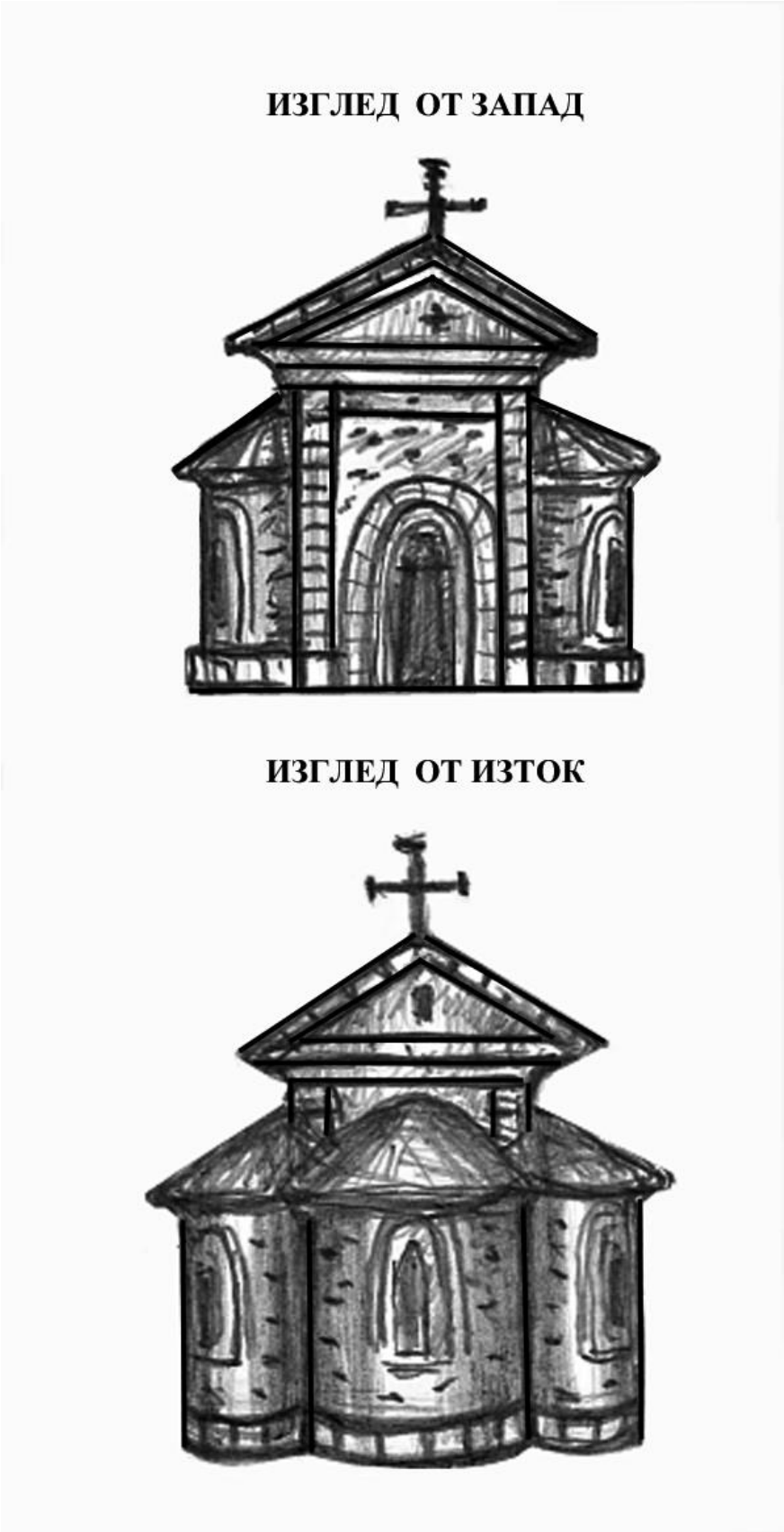
Реконструкция на триконхалната църква

Ескизната реконструкция на триконхалната църква край Никулицел предполага да се отчитат размерите, архитектурните решения и използваните строителни техники от древните майстори. Останките от основите на църквата показват различни размери на северна и южната конха от размерите на абсидата (източната конха), съответно 1,7 и 1,9 m. При изграждане на кръстокуполни църкви абсидата и двете конхи имат еднакви размери. Това дава възможност трите еднакви конхи да подържат купол върху цилиндричен барабан. При архитектурното решение на църквата в района на Никулицел това условие не е изпълнено и може да се

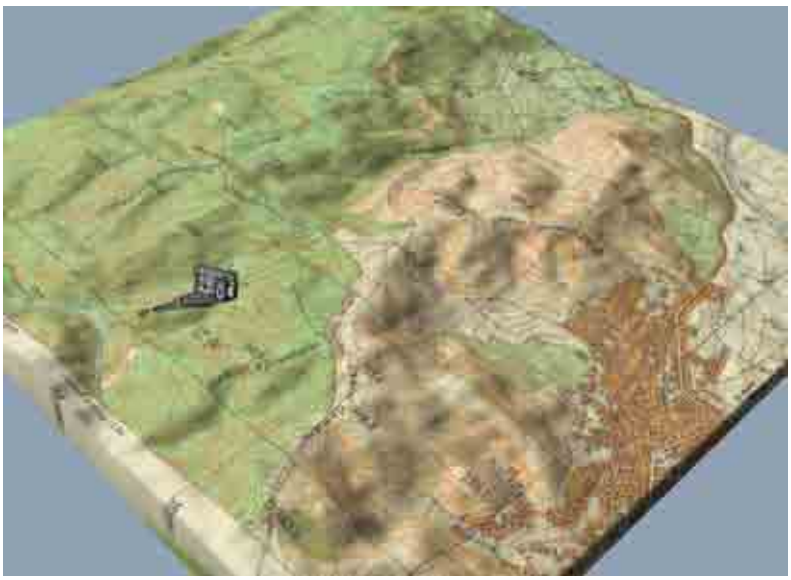
предположи, че църквата е засводена и безкуполна. Наличието на разлика в размерите на основите, вариращи от 0,6 до д 0,7 m, липсата на каменни зидове и изграждането на основите от парчета римски тухли подсказват за една нестрога строителна техника, която също предполага за липса на купол. Трябва да се отбележи, че съществуват и изключения на това правило и не следва да се изключва и наличието на купол.



Фиг. 5. Ескизна реконструция и снимка на останки от основите
на триконхалната църква



Фиг. 6. Ескизна реконструция на триконхалната църква



Фиг. 7. Разположение на ескизната реконструкция върху топографска карта и сателитна снимка

Заключение

Представената ескизна реконструкция позволява да се получи пространствена представа за триконхалната църква край Никулицел в района на двореца на Аспарух и Тервел. Резултатите могат да се използват от археолози, историци, докторатни и студенти в изследователска дейност на терен и в процес на обучение.

Литература:

1. Barnea, I., Stefanescu S. Din istoria Dobrugei, vol. III, 1971, pp. 99–100.
2. Diaconu, P., Recenzii si discutii arheologice, Muzeul dunării de jos, Câlârasi - Muzeul Brăilei, octombrie, 1994, 30 p.
3. Ichirkov, A., Skorpil, C., La Dobroudja, Sofia, 1918, 145 p.
4. Vežić, P., Dalmatinski trikonhosi, Ars adriatica, 1/2011, pp. 27–66.
5. Theodorescu, R., Bizant, Balcani, Occident la inceputurile culturii medievale romanesti (secolele XXIV), Editura Academiei Republicii Socialiste Romania, Bucurelti, 1974, pp. 102–103.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

LIDAR MONITORING OF THE NEAR-SURFACE ATMOSPHERIC AEROSOL CONTENT OVER SOFIA URBAN ZONES

Tanja Dreischuh, Zahari Peshev, Ivan Grigorov, Ljuan Gurdev, Atanaska Deleva, Georgi Kolarov, Dimitar Stoyanov

Institute of Electronics – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: tanjad@ie.bas.bg

Keywords: *Aerosol, lidar, scanning lidar, near-surface aerosol lidar mapping, air-quality monitoring*

Abstract: *In this paper, recent experimental results are described and analyzed, concerning the distribution of the aerosol load in the near-surface atmospheric layer above Sofia City. The measurements were performed at the Laser Radar Laboratory of the Institute of Electronics of the Bulgarian Academy of Sciences using laboratory Light Detection And Ranging facilities (LIDARs). Urban and suburban areas were examined, located near and far from sources of air pollution of different aerosol types. The results obtained are presented as polar diagrams of the aerosol backscattering coefficient distribution superimposed on the map of Sofia City region. In addition, color maps in range-time coordinates are also displayed and analyzed, showing the temporal dynamics of the near-surface aerosol density distribution along fixed lidar-measurement directions crossing the investigated areas. In some of the regarded cases, the lidar backscattering coefficient data obtained are calibrated using data of in-situ measurements, allowing one to determine the spatial distribution of the aerosol mass concentration and the zones where it exceeds the permissible limit values. Expectedly, we found that the aerosol mass concentration reaches maximum values near industrial sources of pollutants and over heavy-traffic zones. The results might be of importance to the city authorities, providing them with fast and range-resolved information about air pollution levels over broad urban areas.*

ЛИДАРЕН МОНИТОРИНГ НА ПРИЗЕМНИЯ АЕРОЗОЛЕН СЪСТАВ НА АТМОСФЕРАТА НАД СОФИЯ

Таня Драйшу, Захари Пешев, Иван Григоров, Люан Гърдев, Атанаска Делева, Георги Коларов, Димитър Стоянов

Институт по електроника – Българска академия на науките
e-mail: tanjad@ie.bas.bg

Ключови думи: *Аерозол, лидар, сканиращ лидар, лидарно картографиране на приземните атмосферни слоеве, контрол на атмосферните замърсявания*

Резюме: *В работата са описани и анализирани някои последни експериментални резултати относно разпределението на аерозолната натовареност в приземния атмосферен слой на град София. Измерванията са извършени от екип на лаборатория „Лазерна Локация" на Института по Електроника към Българската Академия на Науките, използувайки лидарните установки на лабораторията. Изследвани са градски и извънградски зони, разположени в близост до или отдалечени от източници на различни аерозолни замърсявания. Получените резултати са изобразени като полярни диаграми на разпределението на аерозолния коефициент на обратно разсейване, разположени върху географски карти на района на София. Представени и анализирани са, също така, и цветови карти в координати разстояние-време, показващи динамиката на разпределението на плътността на приземните аерозолни слоеве по фиксирано направление, пресичащо изследваните области. За някои от разгледаните случаи, получените стойности на коефициента на обратно разсейване са калибрирани по отношение на аерозолната масова концентрация, което позволява да се определят пространственото разпределение на последната, както и зоните, където тя надвишава пределно допустимите стойности. Установено е, както може да се очаква, че масовата концентрация е максимална в близост до индустриални източници на замърсявания или оживени пътни артерии или кръстовища. Резултати, подобни на тези, получени в настоящата работа, са от особено значение за градските власти, предоставяйки им своевременно и с висока разделителна способност информация за нивата на замърсяване на въздуха в обширни райони.*

Introduction

Earth's atmosphere contains an immense amount of aerosol particles, known also as particulate matter (PM). Atmospheric aerosols are of primary importance for the energy exchange between the Sun and the Earth, influencing heavily the climate and living conditions on Earth [1]. The near-surface aerosol particles may have an even stronger direct negative effect on the ecosystems and the human health [2 and references therein]. Penetrating into the human's respiratory tract, they can be extremely harmful, causing various mechanical, chemical, radiological and microbiological impacts [3]. The fine and ultrafine aerosol particles, sized in the micron and submicron range, are especially dangerous in this case, because they are hardly removable by the organism. Therefore, the near-surface atmospheric aerosol load is of crucial importance for the quality of life. By monitoring this load, information could be derived about the concentration and nature of the aerosol pollutions, as well as about the actions to be undertaken by the city authorities to diminish their negative effects.

The LIght Detection And Ranging systems (LIDARs) are the most appropriate instruments for express monitoring on a vast scale and with a high spatial resolution of the distribution and nature of the aerosol particulate matter in the atmosphere as a whole and in its near-surface layer, in particular [4, 5]. Lidar scanning of the near-surface (living) atmospheric layer along with the contact *in-situ* monitoring by ecological stations provides valuable information about the local density, spatial distribution, and temporal dynamics of polluting aerosol loads over broad areas. Such information allows one to timely warn the city authorities of arising health hazard. This is why the near-surface aerosol field has long been a subject of particular attention for the Laser Radar Laboratory of the Institute of Electronics of the Bulgarian Academy of Sciences (LRL-IE) [6]. In this respect, the main purpose of the present work is to describe and discuss some results obtained recently concerning the distribution of particulate matter in the atmospheric layer near the Earth surface in Sofia City region.

In the following Section we briefly describe the lidar facilities employed and the methods of extracting (from the lidar data) the information about the aerosol extinction and backscattering coefficients and mass concentration. Then, the main results obtained in the work are presented and analyzed. In the last Section, the main conclusions are summarized.

Experimental instruments and methods

Lidar systems and observation zones

The measurements were conducted by horizontal scanning of observation zones over Sofia using lidar systems developed at the LRL-IE [6]. They are of the monostatic non-coaxial type. The first of them (Fig. 1a) has an elastic and a Raman receiving channels, the former being in use in this work. The light transmitter in this system is a frequency-doubled Nd:YAG laser with a pulse energy of up to 600 mJ at λ = 1064 nm and 80 mJ at λ = 532 nm, a pulse repetition rate of 2 Hz, a pulse duration of 15 ns, and a beam divergence of 2 mrad. The receiving optics consists of a Cassegrain-type telescope with an aperture of 35 cm, a focal distance of 200 cm, and a three-channel wavelength separator comprising dichroic beam splitters and three 1–3 nm passband interference filters. The receiving electronic part consists of three compact electronic modules, each one including a 10 MHz 14-bit analog-to-digital converter (ADC), a high-voltage power supply, and controlling electronics. The backscattered lidar signals from the atmosphere are digitized every 100 ns by the ADC, which provides a range resolution of 15 m. The accessible range of this lidar is about 30 km. It is mounted on a stable metal coaxial construction allowing reliable fixing and precise synchronized mutual motion of both the telescope and the output laser beam in horizontal (toward Vitosha Mountain) and vertical direction with an angular resolution of about 1 degree.

The second system (Fig. 1b) is an elastic lidar, whose transmitting unit consists of a pulsed CuBr-vapor laser emitting at the wavelength λ = 510.6 nm and a beam-forming expander-collimator. The mean power and repetition rate of the emitted laser pulses are 2.5–3 W and 12 kHz, respectively. The pulse duration is 15 ns. The receiving optics comprises a Cassegrain-type telescope with an aperture diameter of about 0.2 m and a focal distance of 1 m, a 2-mm-wide focal diaphragm, and an interference filter with a 2-nm-wide passband. The angle of view of the receiving system is ~ 2 mrad. The backscattered laser light is detected in a photon-counting mode using EMI 9789 photomultipliers with a spatial resolution along the lidar line of sight (LOS) of 30 m and accumulation time of 5 minutes. The azimuthal and elevation angles of the LOS can be scanned with a step of 1 degree.

The lidar systems are installed, respectively, on the fourth floor and on the roof of the IE-BAS building (42.65 N, 23.38 E; 590 m a.s.l.), in the southeast part of Sofia. They are employed to perform lidar mapping experiments in the south-southwest and in the north-northwest directions, respectively. Thus, surface areas of about 100 km^2 are scanned and mapped over the central city zone, the north industrial zone and the south urban and suburban parts, including the north slopes of Vitosha Mountain,

allowing us to detect and analyze aerosols of different origin (natural, urban, industrial, etc.), with the aim of contributing to the establishment of a modern city air-quality monitoring system.

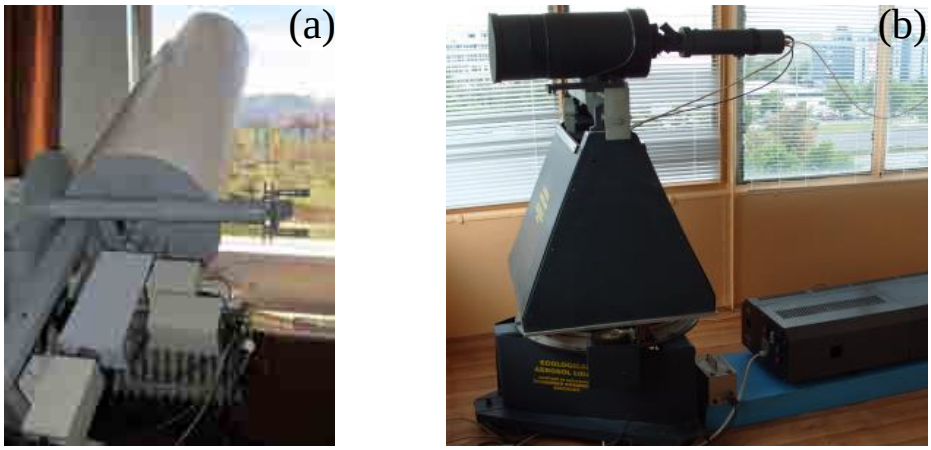


Fig. 1. Lidar systems based on a Nd:YAG laser transmitter (a) and a CuBr-vapor laser transmitter (b)

Determining the aerosol extinction and backscatter coefficients and mass concentration

The monostatic lidar sensing of the atmosphere requires pulsed laser radiation in order to ensure range-resolved detection of the laser light backscattered from the atmosphere. The temporally successive direct detection of the backscattered light, at the same wavelength as the sensing laser wavelength λ, produces a variable electrical (direct current or photon-counting-based) signal, called the lidar signal profile, which is a projection in time of the light-power portions arriving from successive elementary scattering volumes along the lidar LOS. The lidar profile, as a function of the lidar parameters and the LOS profiles of the atmospheric extinction $\sigma(r)$ and backscattering $\beta(r)$ coefficients, is described by the so-called lidar equation [7], whose solution with respect to $\sigma(r)$ and $\beta(r)$ is obtainable using the Klett-Fernald or the slope (logarithmic-derivative) approaches [7–9]; $r = ct/2$ is the coordinate along the LOS.

The first approach leads to a stable solution of the lidar equation and is being widely applied now. An inverse integration algorithm is used, starting from the far end of the lidar sounding path, where the aerosol backscatter coefficient is either negligible compared to the molecular backscatter coefficient or is known from other sources. In the case of molecular (Rayleigh) atmospheric scattering, the value of the so-called lidar ratio $S = S_m = \sigma_m(r)/\beta_m(r) = 8\pi/3$ is known [7]. Then, after measuring, e.g., by radiosondes, the vertical molecular density profile, or using the Standard Atmosphere Model [10] one could determine independently the molecular extinction $\sigma_m(r)$ and backscatter $\beta_m(r)$ profiles at wavelength λ. Their knowledge allows one to determine $\sigma_a(r)$ and $\beta_a(r)$ provided that the aerosol lidar ratio $S_a(r) = \sigma_a(r)/\beta_a(r)$ is known and invariant along the laser beam path [8, 9]. The exact value of this ratio is determined depending on the laser wavelength and also on *a priori* assumptions about the atmospheric conditions and the type of the aerosols observed. One may assume that near the ground S_a ~ 40–60 sr for hazy atmosphere and ~20–30 sr for clear atmosphere [11, 12].

In the case of horizontal or quasi-horizontal lidar sensing of the near-surface atmospheric layer, which is rich in aerosols so that molecular reference values of $\beta_m(r)$ could not be used, one can employ alternative approaches to solve the lidar equation in order to characterize the aerosol content in the observation areas. In such instances, there may exist LOS zones with relatively homogeneous aerosol composition and concentration providing conditions favorable for applying the slope (logarithmic-derivative) method. In the present experiments, a combination of the two methods described was used, whereby the slope method was applied to determining $\sigma_a(r)$ and $\beta_a(r)$ in appropriate parts of the lidar beam path, while the values of $\beta_a(r)$ thus obtained were used as reference ones in retrieving the whole range profiles of $\beta_a(r)$ by means of the Klett-Fernald approach. As a result, the range profiles of the aerosol extinction and backscatter coefficients were retrieved with relatively high precision and reliability; these were accordingly transferred to the color maps based on them of the near-surface aerosol density distribution.

The spatial distribution of the aerosol mass concentration C_m can be estimated by assuming that the mass concentration is proportional to the aerosol extinction and backscattering coefficients determined by the lidar. The corresponding coefficients of proportionality, K_σ and K_β, can be obtained as slopes of regression lines fitting the data from parallel lidar and contact measurements of the extinction and backscatter coefficients and the mass concentration, respectively (e.g., [13, 14]).

Results and discussion

Below we present and discuss recent results of lidar monitoring of the near-surface atmospheric aerosol content over Sofia City region obtained along a fixed direction or by horizontal scanning.

Fig. 2 shows results of a quasi-horizontal lidar scanning of the near-ground aerosol density carried out on Feb. 20, 2019 by using the Nd:YAG lidar's infrared spectral channel (wavelength of 1064 nm) at a slope angle of 6˚ and in a horizontal angular section of 50˚ to the south-southwest from the lidar station. The blank section is due to objects obstructing the laser beam. Fig. 2a is a color-coded diagram of the aerosol density spatial distribution in arbirary units; in Fig. 2b, this color map is superimposed over the map of the area allowing us to differentiate the characteristics of the aerosol pollution above the urban and suburban zones within the sector of lidar observation. This color map, with the specificities it illustrates, presents a typical aerosol distribution pattern that we consider as being representative for the results of our measurements of the aerosol pollution over the urban areas considered here. As one can see, the aerosol density is maximal (red-colored areas) over the densely populated *Mladost 1–4* residential districts, which are also characterized by thoroughfares with heavy traffic. The aerosol density remains moderately high (predominant yellow-orange coloration) up to Sofia city ring road; it decreases gradually above the suburban areas close to *Vitosha* Mountain, especially so over the mountain slopes (colored correspondingly in green-blue and blue).

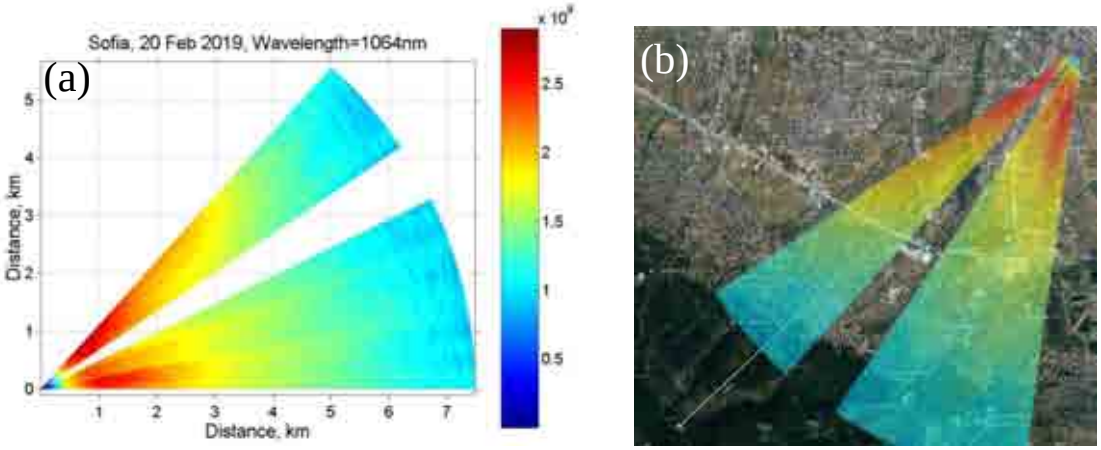


Fig. 2. Sectoral color maps of the aerosol density obtained by quasi-horizontal scanning by the Nd:YAG aerosol lidar in southwest direction: (a) color-coded diagram of the spatial aerosol distribution; (b) map of the area with the color map superimposed on it

Fig. 3 displays results from measurements of the aerosol density temporal development along a fixed southwest LOS carried out by the Nd:YAG aerosol lidar around midday on June 7, 2019. The infrared lidar channel was used (wavelength 1064 nm) at a slope angle of 4° with respect to the horizon. The aerosol pollution was thus observed over this particular urban area along the direction chosen, spreading up to the city ring road (distance of 4 km). Fig. 3a is a color-coded diagram of the aerosol density spatial-temporal distribution in arbirary units; in Fig. 3b, this color map is superimposed on the map of the area in order to follow the aerosol pollution dynamics above the selected sections of the urban zone located around the LOS. In contrast to the previous case of sector lidar scanning, in Fig. 3 the color map does not lie in the geographical map plane, but is rather projected only on the LOS (marked by a white line); the figure thus provides a convenient visual correlation of the dynamic aerosol pollution picture with the corresponding areas along the direction chosen. As seen, the LOS passes above two distinct characteristic zones. The first one is a typical urban zone comprising the densely populated *Mladost 1*, *Mladost 1A* and *Mladost 2* districts and extending to a distance of about 2.5 km from the lidar station. The second part of the lidar beam path traverses a park and a sparsely populated urban zone reaching 4 km away from the lidar in the ring road vicinity. Correspondingly, the two figure parts exhibit significantly differing aerosol densities. Over the heavily populated urban area near the lidar, one can see a noticeably higher aerosol concentration (yellow-red coloring), combined with a higher density distribution dynamics; while over the park zone most of the time the aerosol content is significantly lower (predominant blue-green and yellow coloring). Along with the systematically high aerosol density within the 0.3–1.3 km range, an interesting result is the "aerosol island" partially connected to the adjacent dense aerosol zones and detected in the middle of the measurement time interval at a distance of about 2 km. By the end of the measurement period, sections with higher aerosol densities can also be seen over the park area, which are probably due to air mass advection from the nearby zones of high aerosol content. In summary, the dynamic picture of the aerosol distribution

observed along the lidar LOS demonstrates the lidar technique's exceptional capabilities in detecting and characterizing aerosols in the near-ground atmospheric layer with high sensitivity and reactivity to the presence and variations of the aerosol pollutions in this layer.

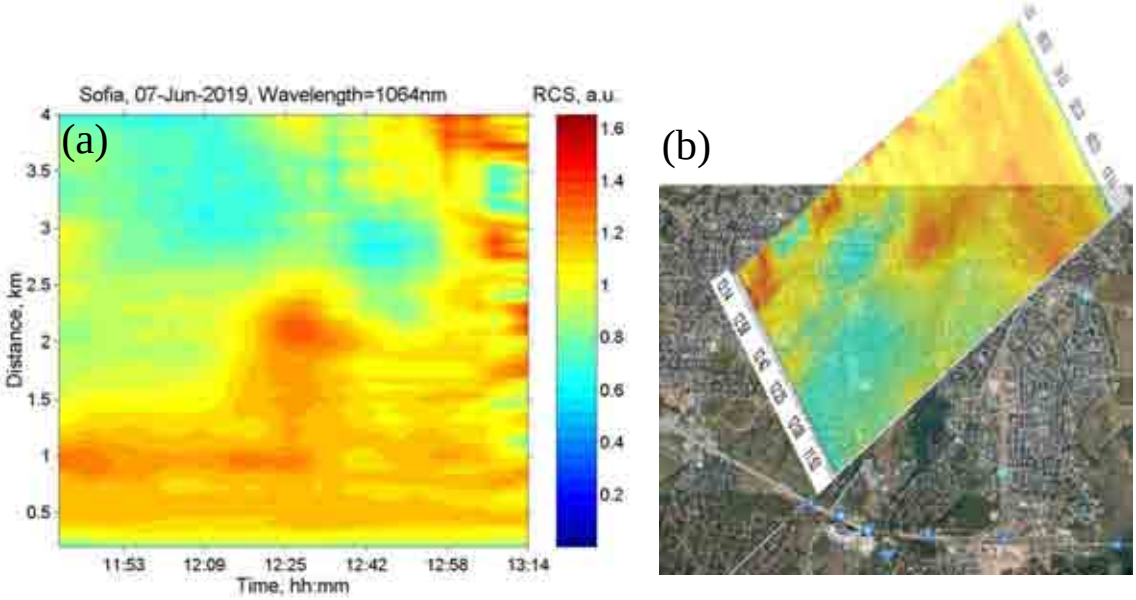


Fig. 3. Dynamic color map of the near-ground aerosol density obtained by quasi-horizontal sounding by the Nd:YAG aerosol lidar in a fixed southwest direction: (a) spatial-temporal color diagram; (b) dynamic color map superimposed on the map of the area along with the LOS (indicated by a white line)

Figs. 4 and 5 illustrate the results of our further recent experiments, namely, horizontal lidar sensing of the aerosol field at about 20–40 m above ground using the lidar system based on a CuBr vapor laser. Fig. 4 displays the results from the observation conducted on March 13, 2019, of the aerosol field evolution along a fixed LOS direction from the IE-BAS toward Droujba residential district. The signal-accumulation (sampling) time interval was 5 minutes. In Fig. 4a, the presence is clearly seen of a permanent high-intensity source of aerosol pollution (with high values of $\beta \sim 3.5 \times 10^{-3}$ km^{-1} sr^{-1}) at a distance of 7 km. Let us assume that $S_a = 50$ sr and $K_\sigma = 0.17$ km mg m^{-3} [14]. Then, the aerosol peak mass concentration at the 7-km distance will be $C_m \approx K_\sigma S_a \beta \approx 30$ μg m^{-3}, which is near the acceptable PM_{10} concentration threshold [15,16]. The color map from Fig. 4a imposed on the map of Sofia (district Droujba) shows (Fig. 4b) the location of the industrial source of PM pollution and its local small-size character. At other distances along the LOS one can observe other aerosol inhomogeneities with relatively smaller concentration and restricted lifetime or spatial scale. One may notice as well a low-concentration aerosol field given in yellow, extending from one to six kilometers along the LOS.

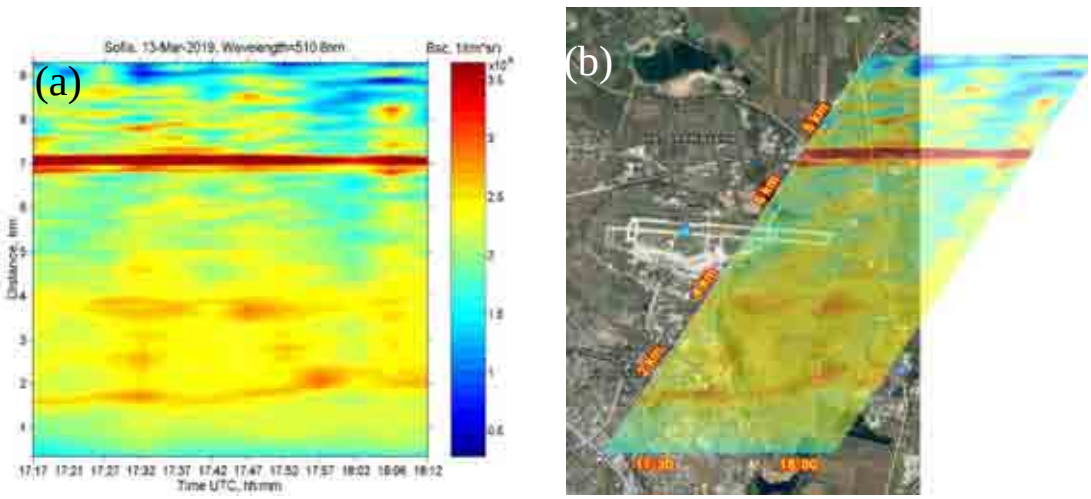


Fig. 4. Temporal evolution of the aerosol density distribution along a horizontal line of sight of the CuBr-laser-based lidar system, measured on 13 March 2019 (a) and superimposed on the map of Sofia (district *Droujba*) (b)

Fig. 5 is a horizontal scan of the LOS at a step of 1.6 degrees around the direction toward Sofia City center above Tsarigradsko Chaussee blvd. The experiments were conducted on April 8, 2019. The signal-averaging time at each angular position was 5 min. Zones with low (in blue) and high (in yellow and red) aerosol concentration are clearly seen in Fig. 5a. The color map superimposed on the map of Sofia shows that (Fig. 5b) the areas of high aerosol concentration are near the Tsarigradsko Chaussee blvd. and the crossing roads with heavy traffic. Thus, the results obtained by the lidar system confirm the expectation that the industrial facilities and the intensive traffic are the main sources of aerosol pollution in the region of observation.

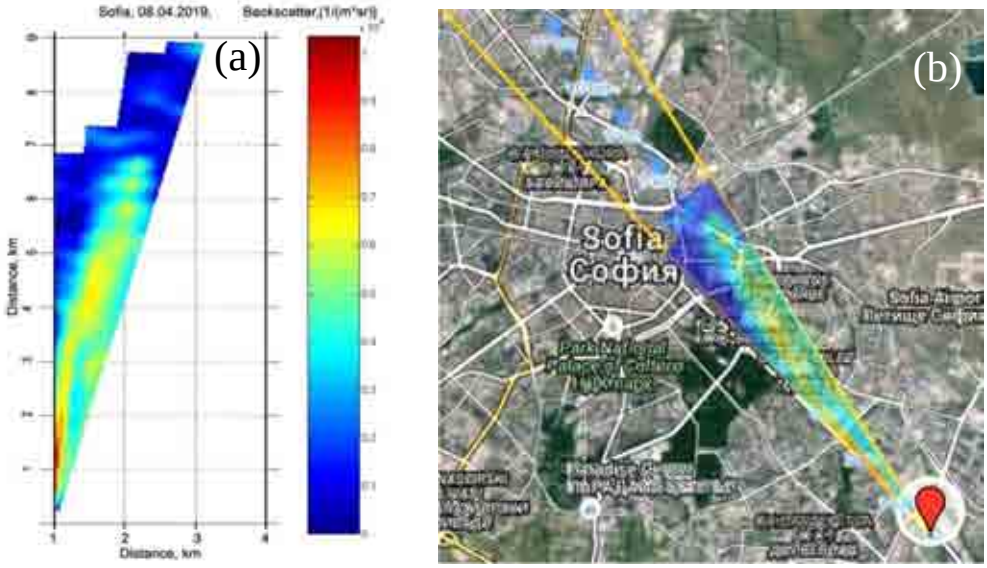


Fig. 5. Horizontal spatial distribution of the aerosol concentration around the direction toward the Sofia City Center above *Tsarigradsko Chaussee* blvd., measured on April 8, 2019 (a) and superimposed on the map of Sofia (b)

Conclusion

The results obtained in this work demonstrate the capabilities of the elastic lidar systems to probe rapidly the atmospheric aerosol fields on a large scale and with relatively high temporal and spatial resolutions. Two elastic-scatter lidar systems were employed to measure the spatial distribution of the aerosol backscatter (or extinction) coefficient over the vast areas of Sofia Valley. The dynamics of the backscatter coefficient distribution along a fixed LOS was also observed and analyzed. Thus, the possibility was illustrated to monitor the evolution of the aerosol fields as a whole. In addition, it was shown how, through appropriate calibration, one could transform the measured backscatter (extinction) coefficient distribution into aerosol mass-concentration distribution. The results from the elastic lidar sensing were presented as 2D horizontal diagrams and 3D diagrams of the backscatter-coefficient distribution superimposed on the maps of the region. Thus, “maps of the air pollution” were in fact created. As far as human health and ecosystems are concerned, most valuable are the results (horizontal 2D diagrams) describing the aerosol (PM) load distribution near the ground. Such regularly updated diagrams would timely indicate the cases of excessive air pollution and warn the city authorities of the need to take precautionary measures.

Acknowledgements

This work was 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 № DO-230/06-12-2018).

References:

1. Fuzzi, S. et al., “Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs”, Atmos. Chem. Phys. 15, 8217–8299, 2015.
2. World Health Organisation (WHO). “Review of evidence on health aspects of air pollution-REVIHAAP Project”, Technical Report. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe, 2013.
3. Straif, K., A. Cohen, J. Samet, Eds., “Air Pollution and Cancer”. IARC Scientific Publication. Geneva, Switzerland: World Health Organisation, 2013.

4. Pappalardo, G. et al. “EARLINET: towards an advanced sustainable European aerosol lidar network”, Atmos. Meas. Tech. 7, 2389–2409, 2014.
5. He, T.-Y. et al., “Tracking of urban aerosols using combined LIDAR-based remote sensing and ground-based measurements”, Atmos. Meas. Tech. 5, 891–900, 2012.
6. Dreischuh, T., I. Grigorov, Z. Peshev, A. Deleva, G. Kolarov, D. Stoyanov, “Lidar Mapping of Near-Surface Aerosol Fields”, in: “Aerosols – Science and Case Studies”, K. Volkov, Ed., pp. 85-107, InTech (2016).
7. Measures, R.M., “Laser remote sensing”, New York: Wiley, 1984.
8. Klett, J., “Stable analytical inversion solution for processing lidar returns”, Appl Opt. 20, 211–220 (1981).
9. Fernald, F., “Analysis of atmospheric lidar observations: some comments”, Appl. Opt. 23, 652–653, 1984.
10. United States Committee on Extension to the Standard Atmosphere (COESA). U.S. Standard Atmosphere 1976. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 1976. 241 p.
11. Mueller et al., “Aerosol-type-dependent lidar ratios observed with Raman lidar", Journal of Geophysical Research 112, D16202, 2007.
12. Wang, W., “Measurement and Study of Lidar Ratio by Usinga Raman Lidar in Central China”, Int. J. Environ. Res. Public Health,13, 508, 2016.
13. Ansmann, A. et al., “Ash and fine-mode particle mass profiles from EARLINET-AERONET observations over central Europe after the eruptions of the Eyjafjallajökull volcano in 2010”, J. Geophys. Res.-Atmos. 116, D20, 2011.
14. Angelova, R. et al., “Lidar and contact investigations of aerosol characteristics near high-traffic urban sites”, Proc. SPIE 1104713, 2019.
15. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe.
16. Environmental Protection Act of Bulgaria, 2002(2017); https://www.moew.government.bg/en/environmental-protection-act-7628/

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

ВИДОВЕ КАМЕРИ, ИЗПОЛЗВАНИ НА ДРОНОВЕ

Георги Желев

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

Ключови думи: *Дронове, Камери, Класификация*

Резюме: *Направен е опит да се систематизира и класифицира разнообразието на професионални камери, използвани за заснемане с дронове. Направената класификация се базира на техническите характеристиките и сферите на приложение на камерите.*

DIFFERENT TYPES CAMERAS FOR DRONES

Georgi Jelev

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

Keywords: *Drones, Cameras, Classification*

Abstract: *An attempt has been made to systematize and classify the variety of professional cameras used for drone shooting. The classification made is based on the technical characteristics and areas of application of the cameras.*

Дроновете навлизат все повече в различни сфери на живота. Тяхното разнообразие е голямо и те се специализират в зависимост от приложението им (Желев, 2018; Желев и др., 2016; Атанасова, 2016; Филипов, 2011; Цекова и др., 2005,.). Поради възможността за дистанционно управление те са подходящи за изпълнение на задачи за наблюдение на труднодостъпни места и рискови зони, използват се за определяне на щетите от природни бедствия и технологични аварии (Creutzburg, R., 2015). Често те се използват за видео и фото заснимане с професионална и все по-често за любителска цели.

Най-важния компонент на системата за наблюдение е камерата. Камерите могат да бъдат най-разнообразни и зависят от целите и задачите, които трябва да се решат с безпилотната системата за наблюдение.

Целта на настоящата статия е да се направи една обобщена класификация на голямото разнообразие от камери за дронове на пазара и та се наблегне на някои основни характеристики на тези, използвани за професионални цели.

Най-общо камерите могат да се поделят спрямо приложението си на два вида – любителски и професионални (Фиг. 1.).

Любителските камери са основно вградени в тялото на дрона камери имат малки размери и по-слаби характеристики. Те се използват от аматьори и полупрофесионалисти за фото и видео заснемане на спортни и други дейности на открито, за обучение, подарък или просто за забавление. Камерите са монтирани в роторни дронове с до четири ротора и често са с включени очила за FPV (*предаване в реално време*) или са част от RTF дронове - напълно сглобени и готови за ползване (Фиг. 2.) с функция „следвайте ме“.

Любителските камери, като част от дроновете нямат възможност да бъдат подменени и не могат да бъдат разглеждани като отделно от дрона. Поради това те не нарушават аеродинамиката на дрона и не се изисква да имат аеродинамична форма. Тенденцията в тяхното развитие е повишаване на видео и фото характеристиките, минимизиране на размерите и теглото им. Те все по-често поддържат 1080P HD формат на въздушни снимки, регулируем ъгъл до 120°, 2MP WIFI висококачествено видео в реално време направо от дистанционното управление. Дават възможност за направа на идеално селфи и гледна от птичи поглед.

Професионалните се използват при решаване на задачи в науката и бизнеса, както и за военни дейности. Те често са самостоятелни, могат да бъдат заменяеми на дрона и като цяло са със много добри технически характеристики (фиг. 2.).

Syma X21-S - Микро дрон с вградена камера з а видео наблюдение в закрити помещения или на открито в рамките на 5 min. С 4K предна камера и 720P (*1 MPx*) дънна камера W1 pro за двойно визуално изживяване.

Микро (*нано*) дрон L6058W притежава 0.3 MPx камера, която заснема видео с прилично качество, с характеристиката FPV (*предаване в реално време*)

Дрон SJR/CZ5 с 1080P широкоъгълна Wifi камера с регулируем ъгъл до 120° и функция FOV за заснема висококачествени видео и въздушни снимки.

Дронът Selfly се прикрепя към калъфа за смартфон, когато не се използва

Дрон Bebop 2 с 14Mpx и full HD камера и FPV очила

Фиг. 1. Вградени в корпуса на дрона камери

Професионална камера на фирмата DJI от серията Zenmuse X, използва се за професионална фотографията и кинематографията. 24 MP сензор, 4K Ultra HD: 3840×1572, 30p, ISO 100 – 25 600 за снимки и 100 – 6 400 при видео, скорост 1/8 000s – 8s

Термална камера Yuneec CGO ET, използва се за нощни снимки и термални изображения и видеозаснемане. 12 MP сензор, резолюция на заснемане 1920 x 1080p 30 fps, чувствителност 100-12800 ISO, температурна чувствителност от -10° до 180°, дължина на LWIR вълни: 8 µm - 14 µm

Лидарна камера Snoopy Lidar USA, заснема терена с 700 000 точки/s, има 32 индивидуални лазера с обхват - 40 градуса вертикален и 360 градуса хоризонтален, +/- 2 cm точност и 100 m обхват

Фиг. 2. Професионални камери за дронове

Друг показател по който камери могат да се подразделят е спектралния диапазон, в който те работят (*регистрират*). Поделят се на:

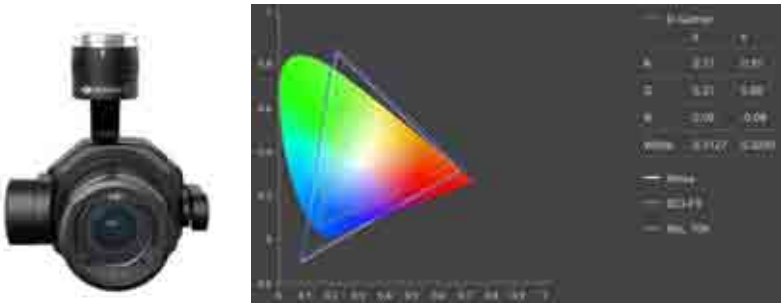
1. Камери в оптичния диапазон (*RGB камери*)

Характерното за тези камери е те регистрират видео и фотозаснемане във видимия диапазон на електромагнитния спектър – червено, зелено и синьо.

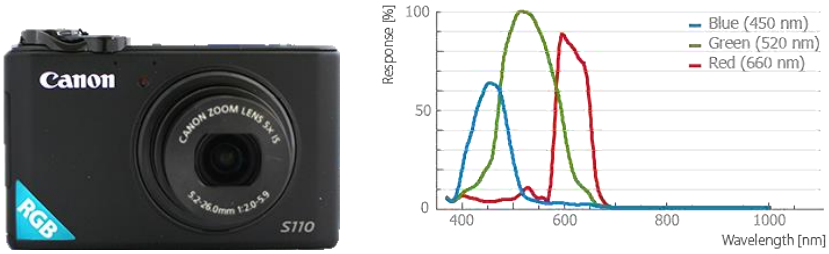
В тази група попадат почти всички камери за любителски дронове (*за снимане в реално време, за и видео „селфи“ и др.*) (фиг. 3.).

Фиг. 3. Квадракоптер Eachine E50 с WIFI видеопредаване в реално време, камера: 2MP, 720P, видео и снимки;

Те са видеокамери и фотоапарати за дронове, снимащи панхроматично във видимия диапазон от спектъра (фиг. 4). или в спектрални канали син, зелен, червен (фиг. 5).



Фиг. 4. Камера за дрон за професионално видео заснемане ZENMUSE X7



Фиг. 5. Спектрална кмера Canon S110 12 MP RGB, за получаване на изображения във видимия спектър в три канала: син, зелен и червен.

2. Мултиспектрални (*NIR, Green, Red, Red Edge*) камери

Мултиспектрални изображения са много ефективен инструмент за оценка на състоянието на околната среда (*производителността на почвата, анализ на състоянието на растенията, граница суша-вода и др.*). Проучването на състоянието на околната среда с невъоръжено око е много ограничено и нерационално. Технологията за заснемане в много канали (*мултиспектрални изображения*) и комбинацията между тях позволява да се види много повече отколкото с само с „просто око“. Най-често тези данни намират приложение в земеделието, горското стопанство и затова наборът от канали **(***NIR, Green, Red, Red Edge*) е ориентиран към характерните спектрални отражателни характеристики на растенията и възможността за изчисляване на различни вегетационни индекси (*NDVI, NDRE и др.*). Тези данни се използват и в

геологията, геоморфологията, археологията и др. като се използват библиотеки със спектрални отражателни характеристики на минерали и скали.

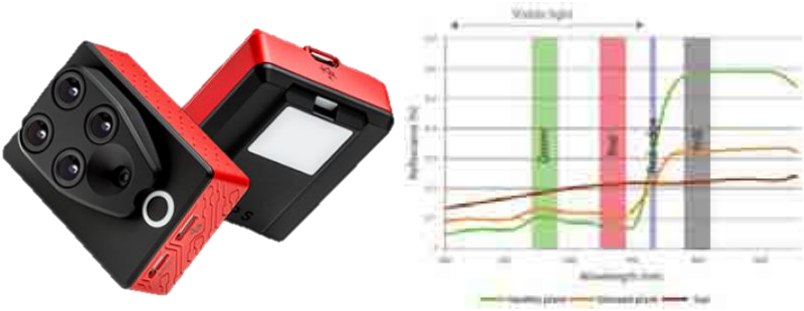
В земеделието, данните от мултиспектралните камери (фиг. 6–10) - мултиспектралните изображения имат редица предимства като:

- Дават възможност за работа със спектрални данни от различни спектрални канали (*NIR, Green, Red, Red Edge и др.)*;
- Идентифицират вредители, болести по растенията и плевели;
- Маже да се оптимизира употребата на пестициди при културните растения, чрез ранно откриване на вредители и заболявания;
- Оптимизиране на торенето чрез откриване на недостиг на хранителни вещества;
- Улесняване и оптимизиране на сеитбооборота (*редуването на културите*);
- Определяне плътност и гъстота на посева;
- Прогнозиране на добива от реколта;
- Определяне на влажността на почвата и контролиране на напояването, чрез идентифициране на райони, за които има съмнение за воден стрес;
- Провеждане мониторинг на добитъка;

Една от водещите в сектора селскостопански камери (*сензори*) са тези на Sentera (фиг. 6). Сензори са напълно адаптивни, което позволява да се използват както визуално, по канали мултиспектрални данни, така и калкулирани, пространствено и радиометрично точно, растителните индекси NDVI, зелен NDVI и NDRE. Quad сензорът може да измерва ключови показатели на хлорофила в културите. Тези камери дават в реално време представа за състоянието на реколтата.

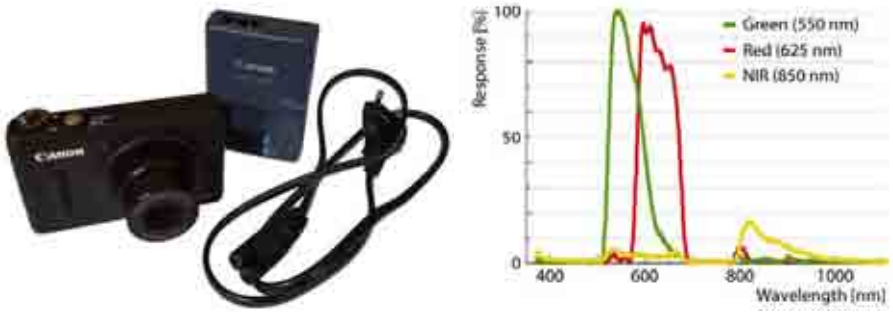
Фиг. 6. Четириканална мултиспектрална камера Sentra High Precision

Камерата Parrot Sequoia (фиг. 7) е една от най-малките и леки мултиспектрални камери за дронове на пазара към днешна дата. Тя е специално насочена за заснема на селскостопански култури в четирите дефинирани спектрални канала, във видимата и близката инфрачервени зони на спектъра плюс изображение в RGB. Камерата използва два сензора. Единият улавя отразената слънчева радиация, а втория, монтиран на гърба, регистрира падналата слънчева радиация в същите спектрални канали. Това позволява калибриране на получените данни още по време на заснемането.



Фиг. 7. Четириканална мултиспектрална камера Parrot Sequoia

Мултиспектрална камера Canon S100 NIR (фиг. 8) е способна да заснема изображения в червената и NIR (*близката инфрачервена*) област от спектъра. Оригиналният ИЧ (*инфрачервен*) блокиращ филтър е заменен от висококачествен двоен лентов пропусклив филтър, който позволява на червения и NIR спектър да достигнат до сензора вътре в камерата.



Фиг. 8. Мултиспектрална камера Canon S100 NIR

Мултиспектрална камера ADC Lite разполага с един 3.2-мегапикселов сензор, оптимизиран за регистриране на дължини на вълната във видимата, по-голяма от 520 nm до 920 nm и в близката до инфрачервена област от спектъра (фиг. 9).

Фиг. 9. Мултиспектрална камера ADC Lite

Мултиспектрална камера MicaSense Red Edge (фиг. 10) е системата за едновременно регистриране в пет отделни спектрални канала, позволяващи създаването на специално пригодени индекси. Интегрирайки двете пет-лентови камери, RedEdge-MX и RedEdge-MX Blue, дава възможност за най-модерни приложения за дистанционно изследване и изследване на растителността.

Мултиспектрална камера Airinov multiSPEC 4C е насочена към прецизно земеделие. Измерва отразената слънчева радиация от културите в четири различни спектрални канала: зелен, червен, Red Edge и NIR.

Фиг. 10. Мултиспектрални камери RedEdge-MX и RedEdge-MX Blue

3. Термални камери

Термалните камери позволяват използването им за спасителни операции, гасене на пожари, инспекция на соларни панели и електропреносни мрежи, наблюдение на животни и посеви, обследване на сгради, комини, електропроводи, електрически станции, тръбопроводи и нощно наблюдение на населени места и др. (фиг. 11 и фиг. 12).

Фиг. 11. Приложение на термалните камери

Термална камера Yuneec CGO ET съчетава висока светлочувствителност за нощни снимки и температурен сензор за термални изображения и видеозаснемане.

Термална камера SMT18HT6 комбинира 18x оптично приближение и 640 x 480 термична система за визуализация

Термовизионната камера DJI Zenmuse XT е разработена FLIR. Тя осигурява висока чувствителност (50 mK) при инфрачервено заснемане с 640/30 кадъра в секунда

Фиг. 12. Термални камери

4. Хиперспектрални камери

Характерно за хиперспектралните камери е заснимането в много тясни спектрални канала. Те регистрират отразената слънчева радиация във видимата – близка инфрачервена (*VIS-NIR*) и средната инфрачервена (*SWIR*), покриващи спектралния диапазон от 400–2500 nm (фиг. 13).

Hyspex Mjolnir V-1240 със 200 спектрални канала и спектрален диапазон 400 до 1000 nm

BaySpec , OCI™-UAV дава хиперспектрални данни в VIS-NIR с непрекъснато спектрално и пространствено покритие.

Hyperspec SWIR система с дрон DJI M600 хиперспектрално изображения във спектрален диапазон от 900 до 2500 nm.

Фиг. 13. Хиперспектрални камери

5. Лидарни камери

Използването на лидарни камери на дронове във фотограметрията, 3D фотограметрията и лидарното картографиране се увеличава бързо. Това не е изненадващо, тъй като използването на дрон за въздушно наблюдение е много по-рентабилно в сравнение с наемането на самолет с фотограметрично оборудване. Тъй като дроновете са сравнително евтини, много организации ще разполагат със собствен „флот“, позволяващ бързи проучвания върху големи площи, където е необходимо.

Дронове оборудвани с GPS, цифрови фотоапарати и мощни компютри (*изкуствен интелект*), дават възможност за проучвания с точност до 1 до 2 cm (фиг. 14).

MiniRanger е миниатюризираната версия на пълноразмерното картографско решение за свръхвисока точност на Phoenix LiDAR. Абсолютна точност - 10/15 mm

RMUS LiDAR USA I +/- 4cm точност, 16 лазера,100 m обхват, сканиране - 300 000 точки в секунда

Фиг. 14. Лидарни камери за дронове

6. Видеокамери за дронове

Видеокамерите се характеризират с невероятно 4K/Full HD 4:2:2 видео и висококачествени снимки, имат компактно, леко и лесно за използване тяло с възможност за смяна на обективите и с оптичен стабилизатор на образа (фиг. 15).

Фиг. 14. Камера ZENMUSE X7 Професионалните камери на DJI от серията Zenmuse X са широко разпространени сред професионалисти и ентусиасти във фотографията и кинематографията

Фиг. 15. Камера Rapture X8 Arri Alexa за целите на професионалната кинематография

7. Други камери за дронове

Наземният проникващ радар (*GPR*) съществува от доста време, но в комбинация с въздушна система, той предоставя специфични предимства като увеличено въздушно покритие, отдалечен достъп и картографиране, в недостъпни или твърде опасни за персонала участъци (фиг. 16).

Фиг. 16. COBRA DJI Matrice 600 Pro с георадар (*GPR*)
използва радиолокационния сигнал в реално време

U10 (фиг. 17) е лек, високочувствителен газов детектор на базата на лазерна спектроскопия с регулируема диодна настройка (*TDLAS*), която позволява бързо идентифициране на метан от разстояние до 100 m или с концентрация до 5 ppm.m. Задвижван от дрон DJI SkyPort, U10 може да бъде интегриран безпроблемно с DJI Matrice 200 Series V1 и V2 платформи.

Фиг. 17. Лазерен детектор за изтичане на метан U10

Заключение

Голямото разнообразие на камери за дронове определя възможните сфери на приложение, а това са:

Управление и планиране на горите;
Селско и горско стопанство;
Моделиране на наводнения;
Хидродинамично моделиране;
Батиметрия на прясна вода;
Моделиране на замърсяване;
Картографиране и картография;
Цифрови модели на терена;
3D моделиране и топография;
Мониторинг на строителния обект;
Строителни и структурни инспекции;
Изследване на градските среди, градоустройство;
Управление и моделиране на брегова линия;
Транспортното планиране;
Проучване на нефт и газ;

Кариери и открития добив на полезни изкопаеми;

Геоложки проучвания за профилиране на почвен слой;

Археология и документация за културно наследство;

Планиране на клетъчни мрежи;

Фотограметрията започва да налага ползването на дронове с лидарни сензори;

Картографиране на коридора: електропровод, железопътна линия и инспекция на тръбопроводи;

Управление на ресурси;

Картографиране на подземни инфраструктури с георадар

и др.

Благодарности:

Използвана е апаратурата, закупена по проекта ИКАМОС и включена в Полевия измерителен комплекс (ПИК) – Специализирана безпилотна система за въздушно картографиране senseFly eBee Ag.

Литература:

Желев, Г. 2018. Видове дронове. Proceedings SES2018, Space Research Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences, ISSN:2603-3313, 236-252, Международно академично издателство. (in Bulgarian)

Желев, Г., Руменина, Е., Димитров, П., Каменова, И., Илиева, И., Найденов, Й., Нанков, М., Кръстева, В., 2016. Приложение на БЛА eBee AG за оценка състоянието на царевични посеви с различна норма на торене. Proceedings of Eleventh scientific conference with International Participation "Space, Ecology, Safety" (SES 2015), SRTI-BAS, 2016, 154-166

Сотиров, Г. С., В. Т Цекова, Ф. Х. Филипов, 2005. Комплекс за екологичен мониторинг с мини безпилотни летателни апарати, Сборник доклади от Юбилейна Научна Конференция, «10-години Тракийски Университет, Стара Загора, 29.09.2005 г. ISSN 1312-1723, стр.127-131.

Daponte, P., De Vito, L., Mazzilli, G., Picariello, F., Rapuano, S., & Riccio, M. (2015). Metrology for drone and drone for metrology: Measurement systems on small civilian drones. 2015 IEEE Metrology for Aerospace (MetroAeroSpace). doi:10.1109/metroaerospace.2015.7180673

Flammini, F., Pragliola, C., & Smarra, G. (2016). Railway infrastructure monitoring by drones. 2016 International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference (ESARS-ITEC). doi:10.1109/esars-itec.2016.7841398

Филипов, А., 2011. Използване на безпилотни летателни системи (БЛС) като платформи за дистанционни изследвания, Геомедия. С. онлайн портал - https://www.geomedia.bg/geodezia.

Атанасова, Ц. 2016. Приложение на БЛА (безпилотни летателни апарати) в архитектурната фотограметрия, Годишник на УАСГ, том 49, бр. 4, стр. 51-60, ISSN 2534-9759, https://uacg.bg/UserFiles/File/UACEG_Annual/2016/Issue_4/22.pdf

Желев, Г., Руменина, Е., Димитров, П., Каменова, И., Илиева, И., Найденов, Й., Нанков, М., Кръстева, В., 2016. Приложение на БЛА eBee AG за оценка състоянието на царевични посеви с различна норма на торене. Proceedings of Eleventh scientific conference with International Participation "Space, Ecology, Safety" (SES 2015), SRTI-BAS, 2016, 154-166

Цекова, В., Г. Сотиров. 2005. Безпилотни летателни апарати за мониторинг на земната повърхност, Scientific Conference “SPACE, ECOLOGY, SAFETY” with International Participation, 10–13 June 2005, Varna, Bulgaria. Book II, SES‘ 2005, Space Research Institute – BAS, pp 409-414, ISBN 954-438-485-5, http://www.space.bas.bg/astro/Ses2005/w5.pdf

E-agriculture in Action: Drones for Agriculture, 2018. Edited by Gerard Sylvester, ppublished by Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union, Bangkok, pp 126, ISBN 978-92-5-130246-0s, http://www.fao.org/3/I8494EN/i8494en.pdf

Използвани интернет източници:

https://www.precisionhawk.com/blog/media/topic/sensors-101-basics-lidar-thermal-hyperspectral-multispectral-technology - PRECISIONHAWK, Home page

https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/multispectral-sensor-drones-in-farming-yield-big-benefits/ - DroneZon, Drone Technology, Knowledge, News & Reviews

https://www.yuneec.bg/c/kameri-i-stojki - Yuneec.bg, Home page

https://store.dji.bg/bg/kameri-za-dronove/ - DJI STORE SOFIA, Home page

https://www.lidarusa.com/scanlook-revolution.html - LiDAR USA, Home page

http://www.symatoys.com/goodshow/x21-s-syma-x21-s-universe-features-in-a-tiny-drone.html - SYMA, Home page

https://sentera.com/sensors/ - SENTERA, Home page

https://www.copter.bg/bg/termovizionni-kameri-flir - COPTER.BG, Home page

https://www.riseabove.com.au/ - RISEABOVE, Home page

Session 4

Ecology and Risk Management

Chairman: Prof. Garo Mardirossian
Secretary: Tsveta Srebrova, MS

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

ARCHAEOSEISMOLOGICAL STUDIES – BULGARIA-RUSSIA COOPERATION

Boyko Ranguelov[1], Orlin Dimitrov[2], Andrey Korzhenkov[3], Evgeny Rogozhin[3], Alexandr Ovsyuchenko[3]

[1]University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" – Sofia
[2]Institute of Oceanology "Fr.Nansen" Bulgarian Academy of Sciences, Varna, Bulgaria
[3]"Schmidt's" Institute of the Physics of the Earth – RAS, Moscow, Russia

Keywords: *Archaeoseismology, Bulgaria-Russian cooperation, Black Sea*

Abstract: *Several expeditions to the Bulgarian and Russian costal areas have been performed during the last two years in the frame of the bilateral scientific cooperation. The main purpose of these expeditions was to reveal the relationships between the seismic effects and the archaeological objects, (discovered and excavated) and the influence of the strong earthquakes occurred in ancient and historical times. This approach is newly performed and is targeted to the increased completeness to the earthquakes catalogues, data about secondary effects (such like tsunamis, landslides, turbidities, etc.) and the collection of new data to serve about new seismic zoning of the Black Sea areas. The massive measurements in situ, visual documentation, comparative studies, can help drastically to fulfill the gap of data into the earthquakes catalogues. The combination between archeological findings, surface and deep and blind active faults and geophysical characteristics of the local and regional seismic sources are these fundamentals which helps the discoveries done in this bilateral cooperation.*

АРХЕОСЕИЗМОЛОГИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ – БАЛГАРСКО- РУСКО СЪТРУДНИЧЕСТВО

Бойко Рангелов[1], Орлин Димитров[2], Андрей Корженков[3], Евгений Рогожин[3], Александър Овсюченко[3]

[1]Миннно-геоложки университет „Св. Иван Рилски" – София
[2]Институт по океанология – БАН, Варна,
[3]Институт по физика на Земята О. Ю. Шмидт – РАН, Москва

Ключови думи*: Археосеизмология, Българо-Руско сътрудничество, Черно море*

Резюме: *В рамките на съвместни проекти са проведени няколко експедиции с основна цел установяване на земетръсни ефекти върху археологически обекти (на повърхността или разкопани.) Използван е нов подход, специално разработена методика и богат опит на специялистите – участници в разработките. Измервания на място, установяващи систематични ефекти върху различни структури са в основта на определянето на параметрите и характеристиките на минали земетресения. Това ще спомогне за допълване на каталожната информация и нови резултати в сеисмичното райониране на северното причерноморие.*

Introduction

Despite the relatively well documented catalogue about the local seismicity in Northern Black Sea area, a lot of unknown and not proved facts exist, especially related to the ancient seismic events. This area is famous with the development of multihazard natural disasters such like earthquakes, landslides, tsunamis, floods, storm surges etc. [1, 2], frequently generating each other and thus creating so called domino effects which are dangerous for the population and the infrastructure [3, 4]. Because of its location on the Black Sea shore the areas were inhabited since very ancient times. Due to this a lot of historical descriptions exist about different hazardous events observed since a long time ago. Such situation combined with the earthquake sources located in the aquatory of the

sea creates still a lot of interest especially among the specialists in seismology, geodynamics, geomorphology, seismostratigraphy and archaeology. Such situations are creating huge interest among these specialists. The Bulgarian-Russian cooperation is targeted to the study of seismic effects over the archaeological sites – excavated of on the surface. The objects of the study are the North Bulgarian Black sea coast from the Balkans to the Romania-Bulgaria boundary and in Russia to Kerch and especially Taman peninsula.

Methods, Data and Information Collection

To combine the seismological investigations with the archaeology, the previously developed methodology was used [5, 6]

The methodology in this study was limited due to the specifics of:

- Earthquake source location in the sea
- The multihazards chains of disastrous events (earthquakes, landslides, water level changes, tsunamis, surge storms, etc.) frequently affected the ancient inhabited areas [7, 8].
- Archaeological excavations and disclosures of the preserved sediments, destructions and disturbances limited in space and time, and frequently a lack of finances for extended arhaeoseismology research when necessary.
- Removal of the deposits during the excavations, which almost always eliminated all signs of disaster affection to the historical and archaeological sites.

According to the developed archaeoseismological studies before, the following methodology was applied in depths to support both studies – in Russia and in Bulgaria:

- Data collection by filed observations, measurements, documentation, interpretation and seismic intensity assessment
- Seismic sources formalization, based on known past earthquakes and seismic zoning.
- New interpretation and the seismic sources formalization.
- Use of the referent seismic event (M7.2 31st March, 1901) relatively well documented with an extended macroseismic map, good description of the effects of this strong event (secondary effects generated by it – subsidence, rockfalls, landslides, tsunami, etc.- and their influence to the environment) to create the calibration curve – intensity vs. distance [4].
- Creation of the calibration curve itself, considering the sea location of the epicenter, the azimuth distribution of the intensities, intensity attenuation, destructions and disturbances, etc.
- Selection of the most affected part of the coastal area with the investigated objects.

Research and Discussion

The following archaeological sites have been visited, observations made and interpretations done according to the described methodology:

Russia

Several national and international expeditions in the frame of Russia-Bulgaria bilateral project cooperation focused on:

- Gorgippia – ancient city (Greek colony) located in the centre of Anapa city. Many seismic effects have been observed.
- Raevskoe – ancient fort, mostly under the recent sediments.
- Utrish – natural reserve area with a lot of expressions of the paleosesimogenic dislocations, landslides and silt volcanoes.
- Fanagoria – huge ancient city located to the bay of Taman peninsula. Many archaeological layers are discovered which preserve a lot of seismic deformations.

The study of ancient objects has revealed a number of seismically induces deformations and destructions: systematic tilts and shifts of upper parts of the walls, as well as their arch-like warping in plan; shear ruptures; rotations of different components of walls and other building elements around vertical axis; squashing of water wells' mouths and stems. Some of mentioned deformations can be formed during strong historical earthquakes in 3rd and 1st centuries BC, as well as in 1st and 3rd century AD. There seismic events were accompanied by local destructions and fires. Summarizing the data on historical earthquakes of the Taman's Peninsula it can be concluded that regional seismic potential is determined by a possibility of $M \geq 7.0$ crust earthquake occurrence with average

recurrence interval – one seismic event if few hundred years. Seismic oscillations in the source zone from such natural events are about I_o = IX or even more [9, 10].

Bulgaria

Several national and international expeditions in the frame of Bulgaria-Russia bilateral project cooperation to the sites:

- Durankulak - very ancient site developed in long time interval from Neolithic structures to the medieval buildings with observed seismic effects.
- Balchik – famous with its Cybela temple destroyed by a complex disaster (earthquake, tsunami, landslide).
- Kavarna – ancient Greek colony Bisone, flooded by tsunami generated by huge landslide, generated by an earthquake.
- Kaliakra – ancient city, castle and fort, source of many paleoseismodislocations.
- Varna – old city Odessos, with observed seismic affects on its preserved ancient structures.
- Pobiti kamani. – natural reserve preserved a long lasted geological history of seismic effects in situ to the stones.

Almost all seismic effects to the investigated archaeological sites, structures (excavated or surface), or rocks are expressed as fallen stones or bricks or cracks to the direction of the possible epicenter. The calibration curve derived from the macroseismic map of the M7.2 seismic event of 31st March, 1901 is essential for the investigated objects, observed seismic effects and assessed intensities. The variations in distances (respective intensities) cover the observed effects and give the possibility of eventual reconstruction of the acting forces, their directions and correct interpretation of the observations. There are a lot of effects observed on the archeological sites, paleoseismological and recently active faults and their activated segments, which could be considered as sources of the seismic effects to the investigated sites and objects. Sometimes integrated effects of several seismic effects are impossible to separate.

The most difficult to asses parameter is the time of the seismic event, affected the respective site and structures. To solve this problem an intensive cooperation between seismologists, geomorphologists and archaeologists is essential [11].

Conclusion

The extended cooperation between Bulgarian and Russian specialists reveal many new and unknown facts about the seismic influence to the archaeological objects on Bulgarian and Russian Black Sea coastal areas. Many objects have been discovered, documented and investigated and new data and information collected.

This important information is available to the both teams working on the topic and detailed interpretation will follow by the Russian and Bulgarian specialists.

The promising results are expected due to the systematic deformations observed to all archaeological objects located in the areas of high seismicity. There are a lot of indications that this information will drastically change the image of the local seismicity and its influence to the ancient habitats and the cooperation between seismologists and archaeologists seems to be very fruitful.

Acknowledgements:

Several projects supported this study:

"Research of the Consequences of Strong Earthquakes in the Coastal Areas of Bulgaria and the Taman Peninsula. Program for bilateral cooperation Bulgaria-Russia. Funded by the FNI (Contract №DNTS / Russia 02/20 of 25.06.2018).

RFFI grants - №№ 19-55-53017 ГФЕН_а; 18-55-18014 Болг_а; 18-05-01004 А

The National Science Program "Environmental Protection and Reduction of Risks of Adverse Events and Natural Disasters", supported by the Ministry of Education and Science (MES) of Bulgaria (Agreement № D01-230/06.12.2018).

References:

1. Bonchev, E. K., Bune V. I., Christoskov L. V., Karagjuleva J. B.; Kostadinov V. B.; Reisner G. I.; Rizikova S. V., Shebalin N. V., Sholpo V. I., Sokerova D. C. A method for compilation of seismic zoning prognostic maps for the territory of Bulgaria; Geol. Balc., 1982, 12, 2, pp. 3–48.

2. Ranguelov, B. K.; Seismicity and Tsunamis in the Black Sea., Proc. Seismology in Europe. XXV Gen. Ass. ESC, 9-14 Sept. Reykjavik, Island, 1996, pp. 667–673.
3. Ranguelov, B. K.; Dimitrova S. D.. The secondary effects of earthquakes. Vulnerability, objects at risk and risk reduction., Proc. Intl. Conf. VSU'2004., Sofia, Bulgaria, 2004, pp. V-6 – V-11.
4. Ranguelov, B. Natural Hazards and nonlinearities. BAS, Sofia, Bulgaria 2011; pp. 1–232.
5. Ranguelov, B. Historical macroseismic observations - a tool for the quake parameters determination. Book of papers, XXVI Gen. Ass. ESC, Tel Aviv, Israel, 1998; pp. 306–310.
6. Ranguelov, B. The archeoseismology in Bulgaria – Present and Expectations., Proc. 31st Gen.Ass. ESC., Hersonissos, Greece, 2008, pp. 372–378 (on CD).
7. Ranguelov, B., Bojkova A. Archaeoseismology in Bulgaria, Proc. Conf. Geoarchaeology and Archaelomineralogy., Sofia, Bulgaria, 2008; pp. 341–346.
8. Ranguelov, B., E.Mircheva, I. Lazarenko, R. Encheva. The archaeological site – possible evidence about multihazard ancient events.
9. Proc. Conf. Geoarchaeology and Archaelomineralogy., Sofia, Bulgaria 2008; pp. 347–352.
10. Molev, E. A., Korzhenkov A. M., Ovsyuchenko A.N., Larkov A.S. Potential traces of earthquakes in the ancient city of Kytaia, Kerch Peninsula, Crimea//Geodesy and Geodynamics. 2019. No. 10. pp. 321–330.
11. Korzhenkov, A. M., Mazor E. Structural reconstruction of seismic events: Ruins of ancient buildings as fossil seismographs; Sci. and New Technol. 1999. N 1. pp. 62–74.
12. Paneva, Zl., B.Ranguelov., 2011. Archaeoseismology and reconstruction of the ancient environment in Bulgaria., Proc. 3rd EMUNI student research multi-conference. 2011. pp. 82–89.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

PROJECT CABARET – EDUCATIONAL PLATFORM (WP7, MOOCS AND DEVELOPMENT)

Boyko Ranguelov[1], Fathimath Shadiya[2], Fathimath Nistaran[2], Mariyam Humra[2], Mariyam Eeman[2], Mohaned Haikal Ibrahim[2]

[1]University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" – Sofia
[2]Faculty of Engineering, Science & Technology – Maldives National University, Male, Maldives
e-mail: branguelov@gmail.com

Keywords: *Educational Platform, WP7, MOOCs, warnings*

Abstract: *The **CABARET** (**C**apacity **B**uilding in **A**sia for **R**esilience **E**duca**T**ion) Project is funded by the European Union under the Erasmus+ program, to foster regional cooperation for more effective multi-hazard early warnings and increased disaster resilience among coastal communities. The goal of the Project is to strengthen the evidence-base in support of the implementation of the new framework. The participants constructed of a consortium of 14 European and Asian higher education institutions from nine countries - four from Europe and five from Asia. The Project covers three years period and intend many meetings among participants for data and knowledge exchange. The MGU and MNU participation are active as co-chairs of the WP7 – "Learning and teaching tools methodologies and approaches to the MHEW (Multi Hazards Early Warnings) and sustainable development of the resilience". The progress and achievements of the WP7 co-chaired by MGU and MNU are presented and the developments of MOOC's (Major Online Open Courses) are under discussion. The intended deliverables include MOOC's, Educational Platform development, Manual for use, Technical and Functional Specifications, Implementation actions, Students and wider public presentations about MHEWS, International Cooperation among partners, Sandpit Events, Promotions, etc. The new developments of WP7 are under discussion.*

ПРОЕКТ CABARET - ОБРАЗОВАТЕЛНА ПЛАТФОРМА (РАБОТЕН ПАКЕТ 7)

Бойко Рангелов[1], Фатима Шадия[2], Фатима Нистаран[2], Мариам Хумра[2], Мариам Ееман[2], Мохамед Хайкал Ибрахим[2]

[1]Миннно-геоложки университет „Св. Иван Рилски" – София
[2]Факултет по инженерство, Наука и Технологии – Национален Университет на Малдиви, Мале, Малдиви
e-mail: branguelov@gmail.com

Ключови думи: *Образователна платформа, РП7, ранни предупреждения.*

Резюме: *Проектът **CABARET** (**C**apacity **B**uilding in **A**sia for **R**esilience **E**duca**T**ion) е финансиран от Европейския Съюз по Програмата Еразмус+, с цел да усили регионалното сътрудничество за по-ефективни системи за ранно предупреждение отнасящи се до комплексни бедствия. Участиците са 14 Европейски и Азиятски университети от девет страни – четири от Европа и пет от Азия. Проектът има продължителност от три години и осъщесвява множество работни срещи, семинари и конференции между участниците. Минно-Геоложкия Университет (МГУ) и Малдивския Национален Университет (МНУ) са актевни ко-водещи на Работен Пакет 7 - „Създаване на инстументи за методологии и подходи към Системите за Ранно Предупреждение от комплексни бедсвтени явления и устойчивото им прилагане". Развитието и достиженията на Работен пакет 7 са демонстрирани, както и изработването на Отворени курсове за обучение насочени към дистанционно образование на студенти и широка публика. В заключение са идентифицирани няколко основни насоки за устойчиво развитие на образование:*

- *Развитие на отворените курсове за студентите от МНУ, като са използвани моделите на Университетите от Филипините – Де Ла Сале и Атенео в Манила.*

- *Създаването на двустранно сътрудничество между МГУ и МНУ е в рамките на координацията между тях в рамките на работен пакет 7.*
- *Представяне на Проекта, образователната платформа и основните курсове в нея.*
- *Представени са нови специализирани курсове и общообразователни такива.*
- *Показано е, че международната сътрудничество се явява основен компонент за успешното развитие на проекта CABARET.*

Introduction

One of the most important packages due to the deliverables listed in the Project targeted to all participants is the WP7 entitled "Learning and teaching tools methodologies and approaches" for the mulihazards early warning systems and their applications [1]. The intended Educational Platform (EP), MOOCs (Major Online Open Courses), technical manuals and brochures, together with the use of the Internet abilities for distant education are the modern tools for Higher Educational Institutions (HEI's) and their high effective performance of the knowledge for real practical purposes could be the most useful outputs [2]. During the last months many activities like bilateral cooperation, new concept about EP, curriculum of the MOOC's, etc. have been performed and executed following the research program and the practical applications [3, 4, 5]. The part of MOOC's is good to follow the Curriculum of Maldives education course (undergraduate level). There some links to other materials (such like larger and deeper content about Multihazards, MHEWS, case studies etc.) could be incorporated for students who like to extend their knowledge about different topics of this issue, because the Platform is targeted to the students of MNU.

International and bilateral cooperation

During the development a lot of activities have been performed:

- Meeting with the team of MNU participating in the CABARET Erasmus+ Project and discussions about the educational platform and the MOOC's content of WP7.
- Visit to the Maldives Meteorological Service (The Multihazards Early Warning System – MHEWS located and functioning there) and shearing experience (book "Multihazards early warning systems – Bulgarian expertise") donated to the team of MMS.
- Meeting with the Dean of the FEST (MNU) and shearing experience on natural hazards assessment
- Visit to the Male (capital with a monument of the victims of tsunami of 2004) and the island Viligilli.
- Meeting with the vice-chancellor of the MNU and shearing experience on Natural Hazards (book "Natural hazards – nonlinearities and assessment" donated to the MNU)
- Public lecture "Maldives Mystery (an insight into geological formation of Maldives Archipelago) held in the Auditorium of MNU (visited by the deputy minister, vice-chancellor, Dean of FEST, many specialists, teachers and student and more then 300 people), created large public interest and recorded by the local TV channels.
- Meeting and training with the staff of the Research Unit of MNU, etc.

The meetings and discussions were rather fruitful and some important conclusions have been extracted:

- Maldives islands are a unique formation of the double chain of coral atolls, an inside sea located between them, with a unique nature, location and specific problems.
- The sustainable development of the Republic of Maldives has many specifics, related to the position, coral composition of the islands and large concentration of people in Male.
- The country is rather isolated, which can create huge difficulties in case of a major disaster possibly affecting the Maldives. Large earthquakes, huge tsunamis, strong cyclones, etc., can create large destructions due to the low average elevation of the islands.
- In case of a major disaster, if the airports are damaged or destructed, the international help could be impossible due to the communication difficulties
- Sea transport, such as ferries or sea ambulance accessibility is possible but in larger interval of time and they can provide only service to the ports that are not affected by disaster.
- The natural protection walls in the sea are difficult to construct, due to the lack of stones, cement, etc.
- The natural protection by the mangrove forests is also limited, due to the specific soil conditions mangrove forests required to be planted.
- The problem with the wastes of the islands is also heavy and could create environmental crisis.

- The water supply is strongly dependent of the purification and desalinization factories, which in case of major disaster also could be damaged or destructed.

The Maldives are islands archipelago located in calm geodynamic environment, with lack of local earthquakes, active faults and other large natural disasters. Most of the hazards affecting Maldives are “imported” (tsunamis in the Indian Ocean, possible mega earthquakes, cyclones, ocean level oscillations – fast, due to the sea wind storms and slow, due to the climate change, etc.). Might be the only local potential disaster could be the coral reef collapse, but it needs really specific circumstances (mega earthquake, big blasts, etc.). Other threats are related to the wastes (industrial, technological, anthropogenic) and lack of deposition sites. This needs special treatment to avoid the negative ecological consequences.

The cooperation between the MNU and MGU tends to be extended in the fields of environment protection, disaster’s education and marine research. The MGU has well developed Department of Ecology, experience in the natural disasters and waste management as well as expertise in marine research, marine biology and fish industry.

Educational Platform

The part of MOOC’s is good to follow the Curriculum of Maldives education course (undergraduate level). There some links to other materials (such like larger and deeper content about Multihazards, MHEWS, case studies etc.) could be incorporated for students who like to extend their knowledge about different topics of this issue

Other part of other topics of MOOC’s could be developed to the educational platform using ACCENT Platform including specific topics related to MHEW’s.

Third part of the CABARET Educational Platform (EP) can use published materials for broader coverage of the topics related to the CABARET activities, using again ACCENT Platform (good horizontal link with similar projects), as well as other developed sources of information.

The curriculum of the MOOC’s is adopted on the basis of the Philippine’s expertise, especially of the De La Sale University (Manila). The educational platform is decided to use Moodle abilities for distant and on-line education and the experience of MNU. Course skeleton and several MOOC’s are proposed with thematic topics and schedule for students in MNU.

A progress in MOOC’s development has been made during the last year. Lessons structure has been accepted and unified. It consists of the following elements:

- Definitions – the general explanation is described to introduce students to the terminology
- Physical characteristics – the main physical characteristics of the studied disasters are presented by measurable parameters to characterize the destructive potential of the hazards
- Examples – various case studies are demonstrated to illustrate the negative consequences of the disasters
- Lessons learned are summarized to focus the attention of the students to the possibilities to mitigate and eliminate these negative consequences
- Specifics – many specifics of the different disasters and their effects are developed and explained to separate and introduce the students to the different aspects of the consequences – social, economic, psychological, gender, disable people, etc.
- Results achieved are under control by various methods – discussions, tests, seminars, etc.
- Quiz (test) – target tests are developed to control the obtained knowledge, accommodated to the different assessment scales at national and international level.

First Disaster Management Course (DMC) is finished according the preliminary accepted educational program.

Conclusion

The international bilateral cooperation between MGU and MNU is established in the frame of the co-chairmanship of the WP7 – CABARET Project.

A progress of the work performed in the frame of the WP7 of CABARET Project is displayed including educational platform development and MOOC’s.

The co-chaired WP7 by MGU and MNU is under development according to the time schedule of the Project. First results of MOOC’s are available.

Intended international cooperation among participants of the Project is an essential topic for the coastal resilience educational platform development.

References:

1. Capacity Building in Asia for Resilience Education – CABARET Project. Detailed Description of the Project. Annex IV. Version 1., 2016, 201 p.
2. Ranguelov, B. THE EU ERASMUS+ PROJECT C A B A R E T AND MGU PARTICIPATION., Journal of Mining and Geology University, v.60, part I, Geology and Geophysics, 2017, pp .90–93. 2017.
3. Ranguelov, B. 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. 2017. https://uni-plovdiv.bg/pages/index/1318/
4. Ranguelov, B. and F. Shadiya., THE C A B A R E T ERASMUS+ PROJECT - WP7 (PROGRESS AND ACHIVEMENTS.),SES2018,14thIntl.Sci.Conf."SPACE, ECOLOGY, SAFETY",7–9 November 2018, Sofia, Bulgaria.
5. Maldives-Philippines workshop newsletter – 20th May, 2019.
6. http://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/projects/eplus-project-details-page/?nodeRef=workspace://SpacesStore/5315e537-5ff2-42ed-888d-d8f3fb6ce86c
7. http://www.journalriskcrisis.com/mr-ranguelov-on-seismic-early-warning-systems/

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.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕ И МОНИТОРИНГ НА СЕИЗМОГЕННАТА ЗОНА „КРУПНИК“ В ЮГОЗАПАДНА БЪЛГАРИЯ

Димитър Димитров

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

Ключови думи: *сеизмогенна зона, разлом, GPS, модел*

Резюме: *Представени са резултатите от изследване на Крупнишкият разлом чрез палеосеизмоложки траншеи и данните от мониторинг с постоянните и периодичени GPS измервания. Показан е модел на тектонските напрежения в източното Средиземноморие.*

RESULTS OF STUDY AND MONITORING OF SEISMOGENE REGION „KRUPNIK“ IN S-W BULGARIA

Dimitar Dimitrov

National institute of geophysics, geodesy and geography – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: clgdimi@abv.bg

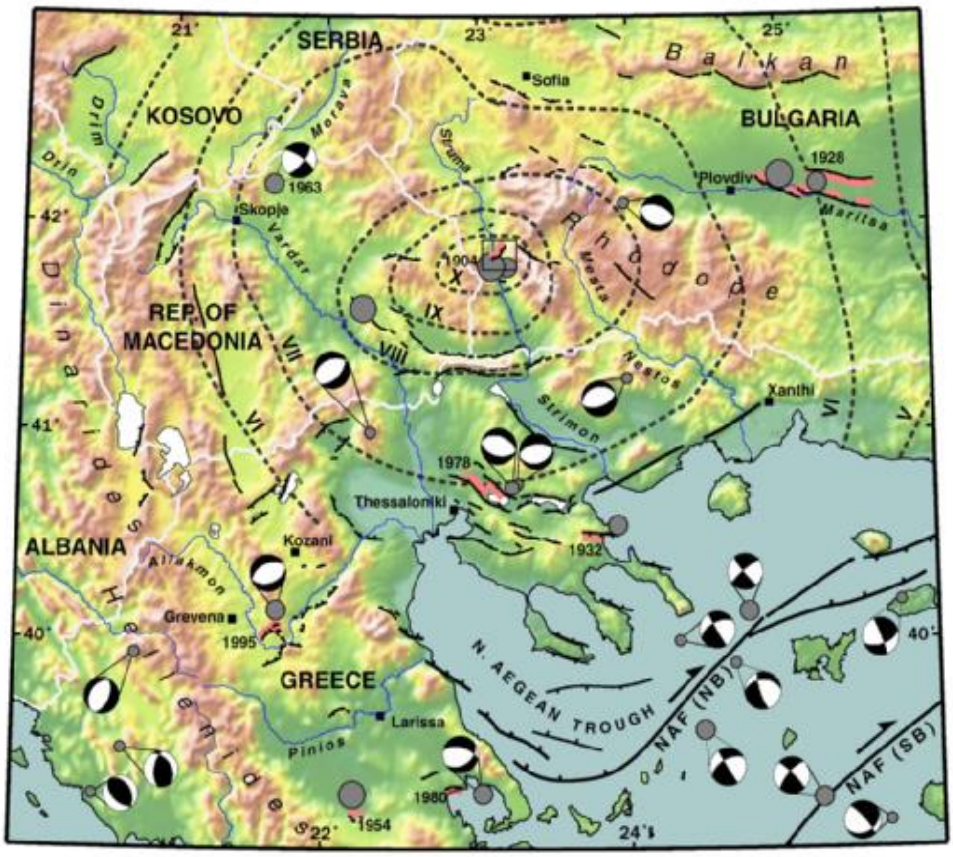
Keywords: *seismogene area, fault, GPS, model*

Abstract: *We presented the results of a study of Krupnik fault bay paleoseismic trenches, permanent et periodical GPS monitoring in S-W Bulgaria. The model of tectonic tensions in Eastern Mediterranean used the GPS data are also presended.*

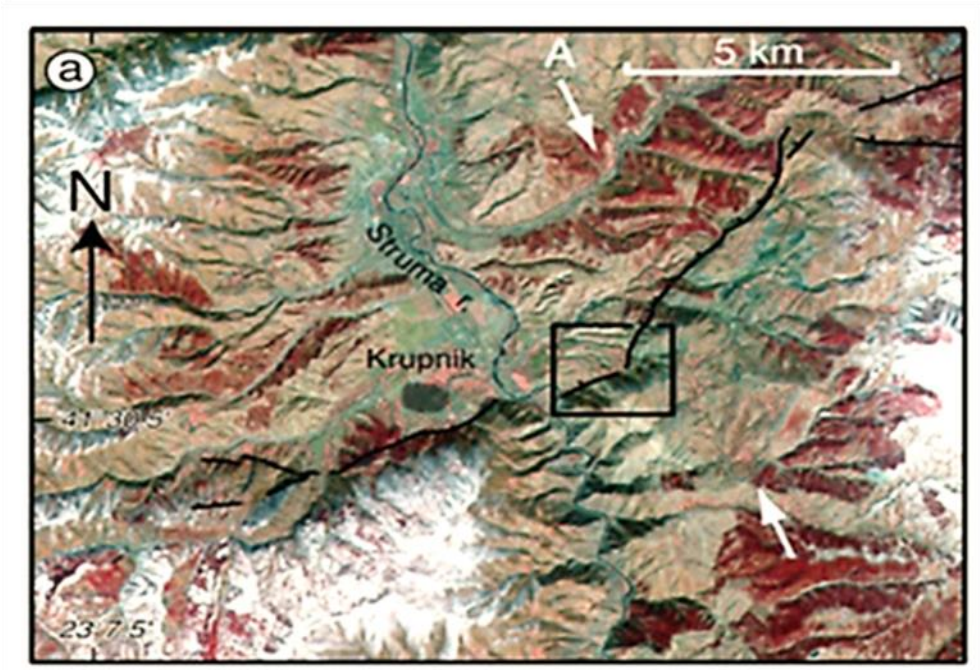
Въведение

Районът между селата Кадиица, Крупник, Брежани и гр. Симитли в югозападна България (Фиг. 1) е известен с едно от най-силните земетресения поразили Европа с магнитуд (M) 7.3 и 7.8 на 4 април 1904 г. (Карник, 1968). Трусовете от 4 април 1904 г. са почувствани в цяла България, Албания, Гърция, Турция, Югославия, Италия, Унгария, Румъния и южна Русия.

Съвременните сеизмоложки и тектонски изследвания определят Крупнишкия разлом и зоната около него за най-активните в България. Наблюдаваното съгласуване на регионалните напрежения, определени от геодезическия мониторинг, с освободените при земетресения моментни напрежения, свидетелства за механизма на деформиране и активността на тази сеизмогенна зона (Димитров, 2009). Преобладаващите регионални тектонски напрежения на разтягане се освобождават периодично чрез активиране на отделни сегменти нормални разломи - разседи.



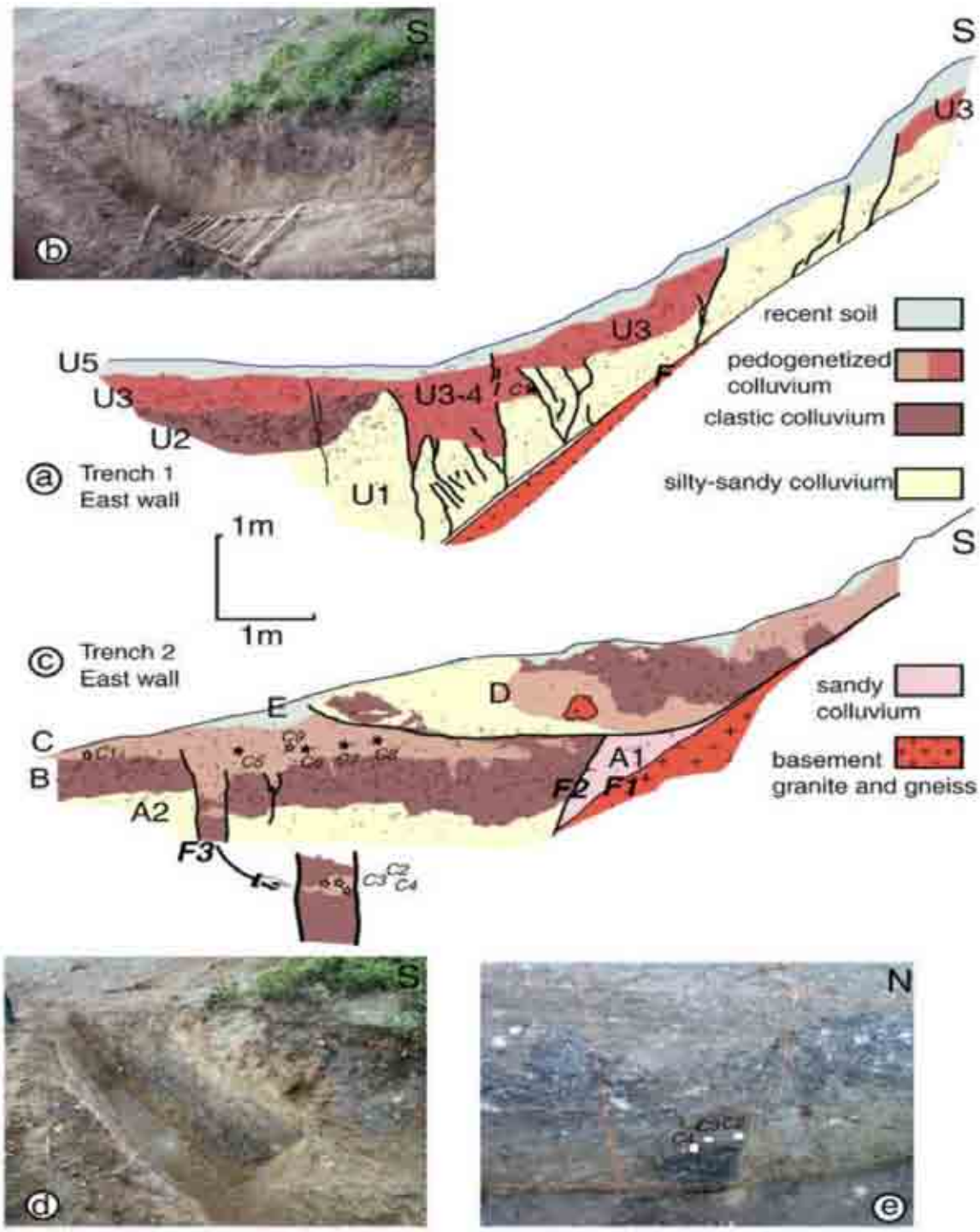
Фиг. 1. Сеизмотектонска карта на района с епицентрите и изосеистите на двата труса от 1904 г., показани с прекъснати линии и с означена с римски цифри интензивност по скалата на МШК. Механизмите на сеизмичните огнища са от каталога CMT на Харвардския университет. Със сиви кръгчета са означени земетресенията с 5 < Ms < 7 (Meyer B., R. Armijo and D. Dimitrov, 2002)



Фиг. 2. Спътникова снимка с картираните повърхностни изяви на Крупнишкия разлом. С квадрат е означена зоната, в която се осъществиха детайлните изследвания с напречни топографски профили и палеосеизмични траншеи (Meyer, Dimitrov et al., 2007).

Изследователски палеосеизмични траншеи

За изследване на движенията по главния Крупнишки разлом и определяне на сеизмичния цикъл по него на земетресения с M ≥ 7 през 2003 г. се изпълниха две напречни на ко-сеизмичните повърхностни разкъсвания изследователски палеосеимологични траншеи с дължина около 10 m и дълбочина до 3.5 m (Meyer, Dimitrov et al., 2007).



Фиг. 3. Изследователски траншеи за анализ на съвременните движения по главния разлом и определяне на сеизмичния цикъл по Крупнишкия разлом (Meyer, Dimitrov et al., 2007)

Особеност и трудност при изпълнените двете палеосеизмични траншеи беше това, че изследователският изкоп опира директно в гранитното "геоложко огледало" на разлома. В случая важна роля изигра опитът на френските колеги при избора на местата на траншеите,

недвусмислени датировки на палеонаходките, както и анализът и интерпретацията на резултатите в сеизмотектонски аспект.

В двете траншеи се установи отместване по разлома от 1.5 до 2.3 m, което съответства на средната стойност на определените от геодезическото и тектонско изследване остатъчни ко-сеизмични разкъсвания от трусовете от 04 април 1904 г. (Meyer, Dimitrov et al.2002), на измерени през 2005 г. отмествания по главния разлом.

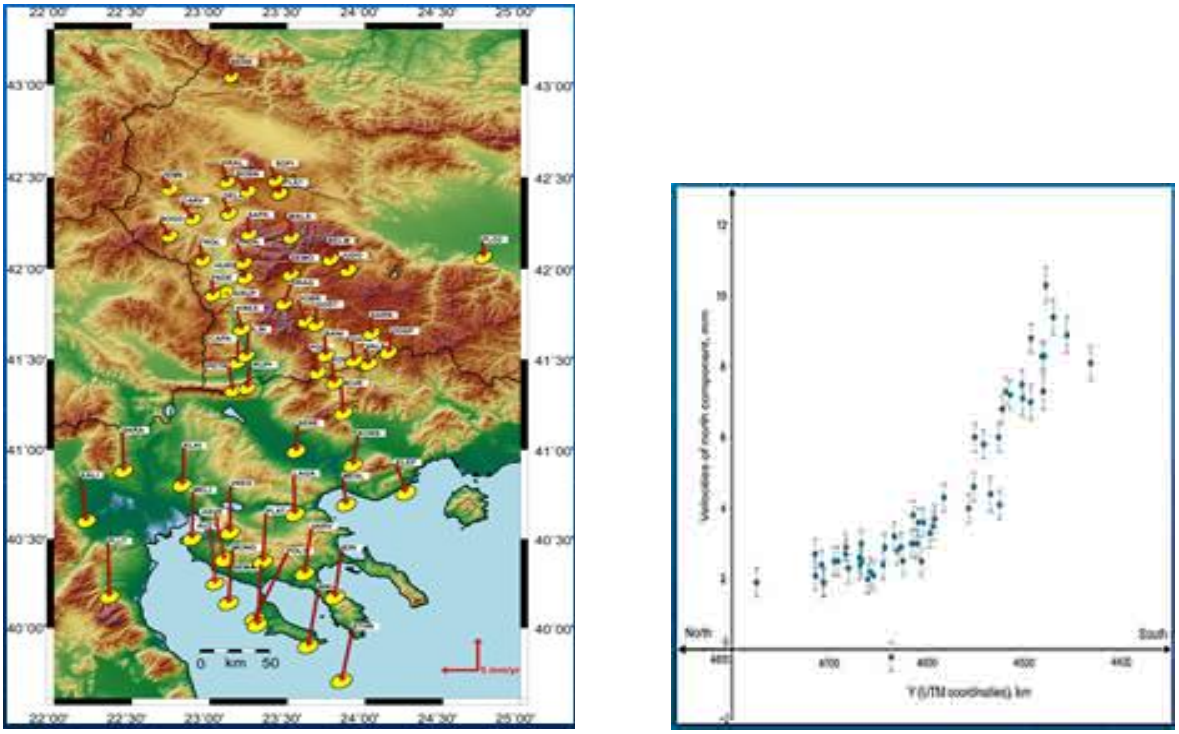
Резултатите от датирането на полеопочвите и палеонаходките от двете траншеи в две независими европейски лаборатории и анализът им в тектонски аспект показаха, че по Крупнишкия разлом за последните 10 000 години (холоцена) навярно е станало само едно земетресение с магнитуд M ≥ 7.0.

Измерени и анализирани бяха 12 топографски профили, напречно на Купнишкия разлом, за определяне на остатъчните разкъсвания от земетресенията от 1904 г. осем от които са в близост на двете изследователски траншеи.

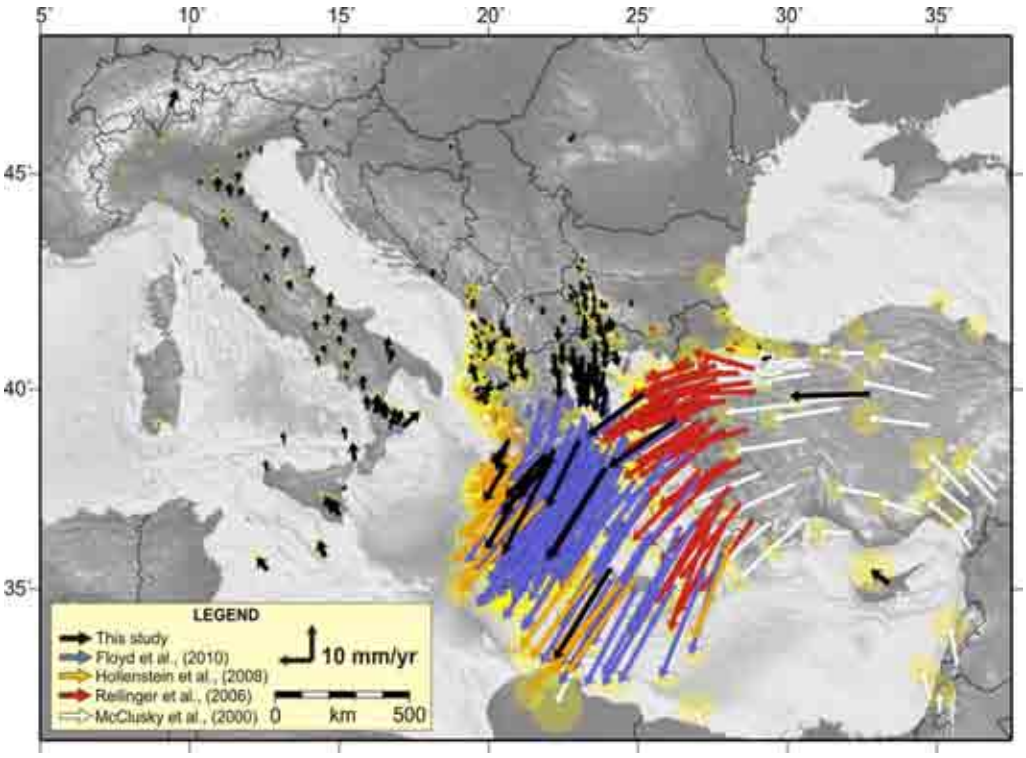
Резултатите от измерените и анализирани напречни на разлома топографски профили потвърди напълно палеосеизмоложкото изследване осъществено чрез траншеите.

Резултати от GPS измервания в югозападна България и околните земи

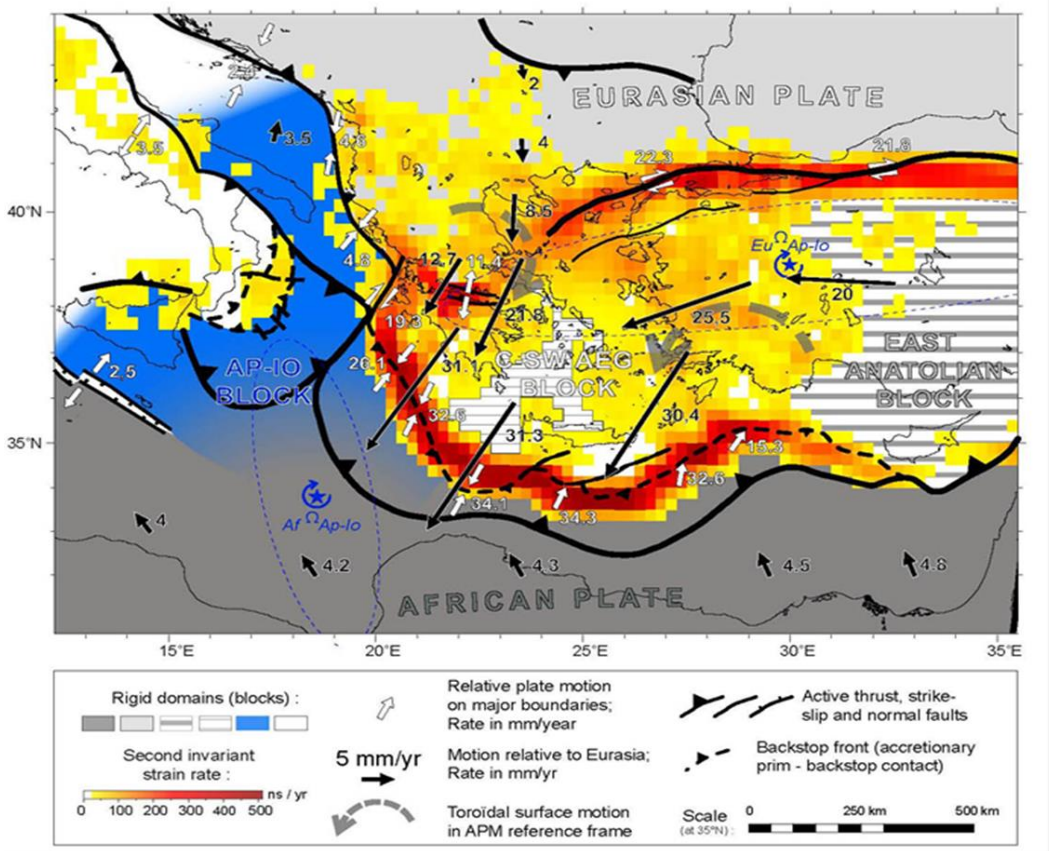
Релативните спрямо стабилна Европа скорости в югозападна България, определени от постоянни и периодечни измервания он 2003 до 2013 г. са от 2 до 3 mm/year (Matev, 2008)., с изявено нарастване от север на юг (Димитров, 2009) (Фиг. 4 и Фиг. 5).



Фиг. 4. Релативните спрямо стабилна Европа скорости в югозападна България и северна Гърция (Matev,2008), с градиентът на определените скорости от север на юг (Димитров, 2009)



Фиг. 5. Сравнение на релативни движения спрямо Евразия от GPS мониторинг на източното Средиземноморие от различни научни екипи (Matev, 2008)



Фиг. 6. Модел на тектонските напрежения в източното Средиземноморие от GPS мониторинг със съвременната кинематика на района (Perouse, Dimitrov et al.2014)

На база на данните от 30 годишния GPS мониторинг в източното Средиземноморие е направен модел на тектонските напрежения в района, като са включени GPS данните от измерванията в югозападна България и сеизмичната информация за зоната (Фиг. 6).

Скоростите на съвременните тектонски движения и направеният от тях модел на тектонските напрежения, потвърждават определения от палеосеизмоложките изследвания сеизмичен цикъл на главния Крупнишки разлом (Meyer, Sebrier et Dimitrov, 2007).

Аанализът на определените от GPS мониторинг движения и напреженията в района на Крупнишкия разлом и околните земи показват, че в зоната протичат съвременни тектонски процеси, свързани с геодинамичната активност на литосферата в южните Балкани и водещи до относително интензивната съвременна сеизмична активност на югозападна България.

Литература:

1. Karnik, V. (1969) Seismicity of the European Area, parts 1, 2, Prage.
2. Meyer, B., R. Armijo and D. Dimitrov (2002) “Active faulting SW Bulgaria. Possible surface rupture of the 1904 Struma earthquakes“, Geophysical Journal International, 148, 246–255.
3. Meyer, B., M. Sebrier, D. Dimitrov (2007) “Rare destructive earthquakes in Europe: The 1904 Bulgaria event case”, Earth and Planetary Science Letters, 253, 3-4, 485–496.
4. Димитров, Д. (2009), Дисертация дтн, ЦЛВГ, София.
5. Matev, K. (2011) These de doctorat, Chambery, France.
6. Perouse, E., M. Sebrier, R. Braucher, N. Chamot-Rooke, Didier Bouries, P. Briole, D. Sorel, D. Dimitrov, S. Arsenikos (2014) "Transition from collision to subduction in Western Greece: The Katouna-Stamna active fault system", Geophysical Journal International, GJI-S-14-0850.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

SOME RESULTS OF A RETROSPECTIVE MULTIFRACTAL ANALYSIS OF MICROSEISMIC NOISE BEFORE EARTHQUAKES IN BULGARIA AND ADJACENT LANDS

Emil Oynakov, Valentina Protopopova, Emil Botev

National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: emil.ilievmg@gmail.com; valya.pr@gmail.com; ebotev@geophys.bas.bg

Keywords: *earthquake indicators, seismic noise, fractal analysis of seismic noise*

Abstract: *For deciphering the structure of micro-seismic noise, the use of multi-fractal analysis proves to be a good enough alternative. If we calculate the spectrum of singularity F (α) in a creeping time window, then changing its parameters gives information about the change of the noise structure, and therefore about the structure of the medium in which it propagates. Such changes in the earth structure are associated with the processes of earthquake preparation and have been established for the periods before several earthquakes in the Central Balkans.*

НЯКОИ РЕЗУЛТАТИ ОТ РЕТРОСПЕКТИВЕН МУЛТИФРАКТАЛЕН АНАЛИЗ НА МИКРОСЕЙСМИЧЕН ШУМ ПРЕДИ ЗЕМЕТРЕСЕНИЯ В БЪЛГАРИЯ И ПРИЛЕЖАЩИТЕ ЗЕМИ

Емил Ойнаков, Валентина Протопопова, Емил Ботев

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките
e-mail: emil.ilievmg@gmail.com; valya.pr@gmail.com; ebotev@geophys.bas.bg

Ключови думи: *индикатори на земетресения, сеизмичен шум, фрактален анализ на сеизмичния шум*

Резюме: *За разшифроването на структурата на микросеизмичния шум, използването на фракталния анализ се оказва една достатъчно добра алтернатива. Ако изчисляваме спектъра на сингулярност F(α) в пълзящ времеви прозорец, то промяната на неговите параметри дава информация за промяната на структурата на шума, и оттам за структурата на средата в която той се разпространява. Такива изменения в земната среда се свързват с процесите на подготовка на земетресенията и са установени за периодите преди няколко земетресения в Централни Балкани.*

Introduction

The development of new methods for earthquake forecasting based on data from geophysical and, in particular, seismic monitoring is one of the priority goals of Earth science. Seismic records of twenty-three Balkan Peninsula broadband stations were analyzed, at distances of 1 to 500 km far from the earthquake on 28.10.2018 with magnitude 5.5 in seismic zone Vranchea. For the analysis, the Lubusin method was used for fractal analysis of scalar time series.

A scientific goal is to detect common signals based on different earthquakes focal mechanisms and ignore the "individual" behavior of the elements of the monitoring systems.

Determination of the clear signs for future strong earthquakes on Bulgarian territory and the neighboring countries is a main task for the project “Exploration of changes in some geophysical fields preceding the occurrence of earthquakes in the Balkans”, Grant DN 14-1/11.12.2017, financed by Bulgarian National Science Fund.

The present paper generalizes the experience accumulated in studies of microseismic background in the (LF) range of periods from 1 to 300 min observed in time interval preceding the

earthquake on 28.10.2018 with magnitude 5.5 in seismic zone Vranchea. This frequency range is the least studied and occupies an intermediate position between LF seismology and investigations of slow geophysical processes such as gravity field variations, crustal strain, and tilt variations, and so on. In the present paper, the main attention is given to the background behavior of microseisms. Note that this background contains continuous arrivals from near weak and far strong and moderate earthquakes.

The joint effect of atmospheric and oceanic processes, tidal deformations of the crust, and the global seismic process, as well as difficultly identifiable and poorly studied processes in the crust related to accumulation and slow dissipation of tectonic energy in the lithosphere results in a random process the study of which by the traditional technique of spectral analysis is ineffective. The methods of identifying periodicities in an event flow, orthogonal wavelet decompositions, estimates of multifractal spectra of singularity, and multidimensional measures of coherent behavior were applied to the study of LF microseismic background in [Sobolev, 2004; Sobolev et al., 2005; Sobolev and Lyubushin, 2006, 2007; Lyubushin and Sobolev, 2006; Lyubushin, 2007].

Method and Theory

Let *F* be some random fluctuations in the time interval $[t-\delta/2,\ t+\delta/2]$ (Figure 1) with duration δ and the reach of the random process for this interval - $\mu(t,\delta)$ (difference between the maximum and minimum amplitude values) and calculate the mean value of its power degree q: $M(\delta, q)=[(\mu_x(t,\delta))^q]$.
A random signal is scale-invariant [Taqqu, 1988] if M (δ, q) ~ $\delta^{(q)}$ when δ→0, that is, the following limit exists:

(1) $$(q)=\lim_{\delta\to 0}(\ln(M(\delta,q))/\ln(\delta)),$$

If $\boldsymbol{\rho}(q)$ is a linear function $(q) = Hq$, where $H = const$, $0 < H < 1$, the process is called monofractal. In the case where $\boldsymbol{\rho}(q)$ is a nonlinear concave function of *q*, the signal is called multifractal. To estimate the value of $\boldsymbol{\rho}(q)$ using a finite sample $x(t),\ t = 0,1,\ldots,N-1$ we used the method, which is based on the approach of detrended fluctuation analysis (DFA) [Kantelhardt et al., 2002]. Let us split the entire time series into non-overlapping intervals of length *s*:

(2) $$I_k^{(s)} = \{t: 1+(k-1)s \le t \le ks, k = 1, \ldots\ldots, \left[\frac{N}{s}\right]\}$$

and let

(3) $$y_k^{(s)}(t) = x\big((k-1)s+t\big), t = 1, \ldots\ldots, s$$

be a part of the signal $x(t)$, corresponding to interval $I_k^{(s)}$. Let $p_k^{(s,m)}(t)$ be a polynomial of the order *m*, best fitted to the signal $y_k^{(s)}(t)$. Let us consider the deflections from the local trend:

(4) $$\Delta y_k^{(s,m)}(t) = y_k^{(s)}(t) - p_k^{(s,m)}(t), t = 1, \ldots, s$$

and calculate the values

(5) $$Z^{(m)}(q,s) = \left(\frac{\left(\sum_{k=1}^{[\frac{N}{s}]}(\max_{1\le t\le s}\Delta y_k^{(s,m)} - \min_{1\le t\le s}\Delta y_k^{(s,m)}(t))^q\right)}{\frac{N}{s}}\right)^{\frac{1}{q}}$$

that can be regarded as the estimate of $(M(\delta_s,q))^{\frac{1}{q}}$. Let us define the function $h(q)$ as a coefficient of linear regression between $\ln\big(Z^m(q,s)\big)$ and $\ln(s)$: $Z^{(m)}(q,s) \sim s^{h(q)}$ fitted for scales range $s_{min} \le s \le s_{max}$. It is evident that $(q) = qh(q)$ and, for a monofractal signal, $h(q) = H = const$. The multifractal singularity spectrum $F(\alpha)$ is equal to the fractal dimensionality of the set of time moments *t* for which the Hölder – Lipschitz exponent is equal to α i.e. for which

$|x(t+\delta)-x(t)| \sim |\delta|^{\alpha}$, δ→0 [Feder, 1988]. The singularity spectrum can be estimated using the standard multifractal formalism, which consists in calculating the Gibbs sum: multifractal formalism, which consists in calculating the Gibbs sum:

(6) $$W(q,s)=\sum_{k=1}^{N/s}\left(\max_{1\le t\le s}\Delta y_k^{(s,m)}(t)-\min_{1\le t\le s}\Delta y_k^{(s,m)}(t)\right)^q$$

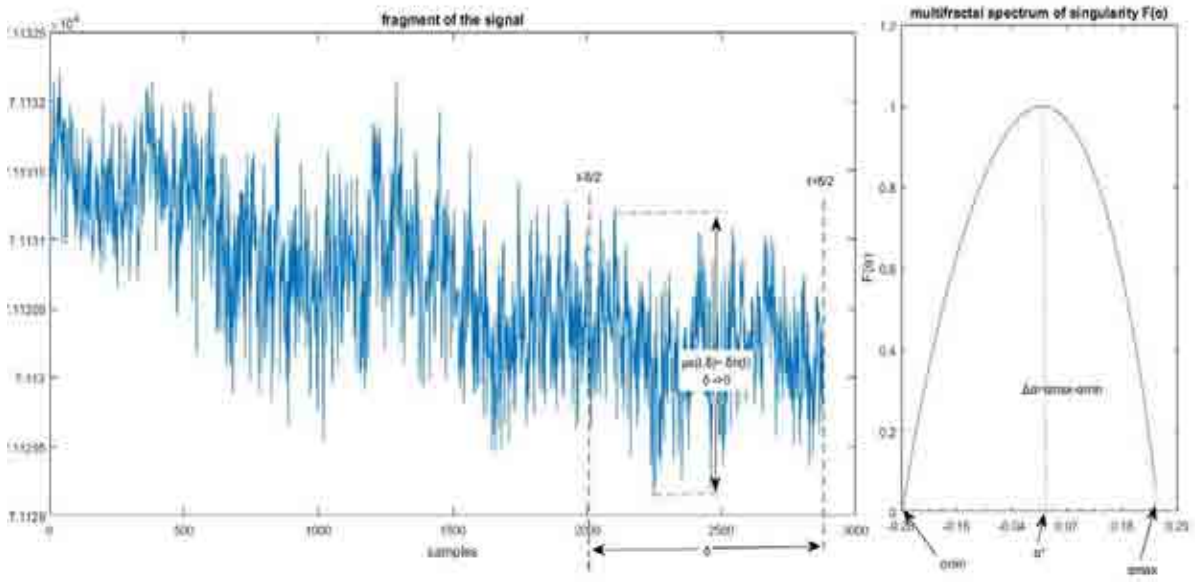


Fig. 1. Illustration of the multifractal spectrum of the singularity, where: F (α) - the multifractal spectrum of the singularity or fractal dimension of the set of times t; Δα - width of the carrier of F (α); α* - a general exponent Hearst.

and in estimating the mass exponent *τ (q)* from the condition $W(q,s) \sim s^{\tau(q)}$. From (6) it follows that $\tau(q) = \rho(q) - 1 = qh(q) - 1$. In the next step, the spectrum $F(\alpha)$ is calculated with the Legendre transform:

(7) $$F(\alpha)=\max\{\min_q(\alpha q-\tau(q)),0\}$$

If the singularity spectrum $F(\alpha)$ is estimated in a moving window, its evolution can give useful information on the variations in the structure of the "chaotic" pulsations of the series. In particular, the position and width of the support of the spectrum $F(\alpha)$, i.e., the values α_{min}, α_{max} , $\Delta\alpha=\alpha_{max}-\alpha_{min}$, and α^* , such that $F(\alpha*)=\max_{\alpha}F(\alpha)$, are characteristics of the noisy signal. The value α^* can be called a generalized Hurst exponent and it gives the most typical value of Lipschitz-Holder exponent. Parameter $\Delta\alpha$, singularity spectrum support width, could be regarded as a measure of variety of stochastic behavior. In the case of a monofractal signal, the quantity $\Delta\alpha$ should vanish and $\alpha^* = H$. Usually $F(\alpha^*) = 1$, but there exist time windows for which $F(\alpha^*) < 1$. Estimates of minimum Hölder-Lipschitz exponent min a are mainly positive. Nevertheless negative values of min a are quite possible as well [Telesca et al., 2005; Currenti et al, 2005; Telesca, Lovallo, 2011; Chandrasekhar et al., 2016] for time fragments which are characterized by high-amplitudes spikes and steps.

Used data

This article explores the time interval of 06.10.2018–30.10.2018, preceding the Vrancea earthquake on 28.10.2018; 00:38:15 GMT; with coordinates 45.7 oN / 26.4 ºE; M w = 5.5; h = 150 km. For the study, vertical component records (BHZ) of 23 seismic stations (Table 1), with records of 100 reports per second (i.e., 8 640 000 reports for 24 hours) are used. In order to obtain 1/2-minute low-frequency noise time series, the average values of the original recordings at successive time intervals of 3000 reports calculated for each station — 1/2 minute time series are obtained for all 23 stations.

Eight of the seismic stations – PLOR, PLOR1, PLOR2, PLOR3, PLOR4, PLOR5, PLOR6 and PLOR7 (Local Ploeschina network), located in the epicentral region (average 20 km from the epicentres of the two earthquakes) of the Vrancea seismic zone, VRI and DRGR stations are located

at distances of 30 and 450 km respectively from the earthquake epicentres. All ten listed seismic stations are part of the seismic network of Romania. The seismic stations PRD, AVR, BOZ, DOB, NEF, and ROIA, are part of the Provadia Local Seismic Network (LSN-Provadia). They are at an average distance of 400 km from the epicenters of the two earthquakes, the PSN, PVL, MPE, SZH, ORH and VLD seismic stations are part of the seismic network of Bulgaria and located at approximately 370 km, 430 km, 470 km, 380 km, 420 km and 460 km from the epicenters, respectively. The DJES seismic station is part of the seismic network of Serbia and is at approximately 470 km from the epicenters.

Table 1. Seismic stations used in the study. The last 3 columns represent the time intervals and the number of 24-hour seismic records, used in the research.

сеизм. станции	дигитайзер	геогр. дължина	геогр. ширина	надморско ниво	сензори	период 06.10.18 до 30.10.18 брой 24 ч. записи
AVR	DAS 9AF3	27,6685	43,1178	513	GEOPHON	24
BOZ	DAS 98B6	27,4786	43,1044	31	GEOPHON	24
DOB	DAS 9C9D	27,4628	43,1790	230	GEOPHON	24
PRD		27,4099	43,1602	128		24
NEF	DAS 986E	27,2753	43,2644	343	S13	24
ROIA	DAS 9913	27,3778	43,0934	353	GEOPHON	24
PSN	DAS A646	28,1359	43,6376	182	KS2000/60s	24
PVL	DAS 990C	25,1732	43,1227	210	CMG 3ESPC/120	24
MPE	DAS A625	23,7401	43,3560	342	S13	24
SZH	DAS 9901	25,9762	43,2653	329	CMG 3ESPC/120	24
ORH		23,9664	43,7263	231	S13	24
VLD		23,4356	43,6899	95	S13	24
VRI	Altus-K2	26,2764	45,8665	472	CMG3ESP	24
DRGR	Altus-K2	22,7111	46,7917	921	KS54000	24
PLOR	Q330	45,8512	26,6498	680	STS2	24
PLOR1	Q330	26,6466	45,8520	706	CMG-40T	24
PLOR2	Q330	26,6437	45,8502	702	CMG-40T	24
PLOR3	Q330	26,6454	45,8539	722	CMG-40T	24
PLOR4	Q330	26,6498	45,8512	730	CMG-40T	24
PLOR5	Q330	26,6635	45,8455	720	CMG-40T	24
PLOR6	Q330	26,6415	45,8419	720	CMG-40T	24
PLOR7	Q330	26,6405	45,8603	831	CMG-40T	24
						552

With the used methodology, three informative fractal statistics are estimated at consecutive time intervals of 2880 report (1 day) for 1/2-minute time series for each station. The estimation of the values of the noise statistics is made after the separation of the low-frequency trend using an 8th-order polynomial. Trend filtering is required to eliminate the effects of tidal and temperature deformations of the Earth's crust in the seismic noise variations and also represents a necessary procedure for studying the noise's statistical characteristics. The usage of an orthogonal polynomial enables the stability of the trend evaluations at the reading points. In this case, the order of the polynomial (8th) was chosen as the smallest one after numerical experiments, thus allowing the elimination of the day-to-day variations for the intervals of one-day duration (Lyubushin, A. A. 2007). The question of the regularity of the transition in such a low-frequency domain of seismic signal recordings naturally arises.

It should be noted that the development of broadband seismological apparatus did not consider its use for continuous seismic recording over a more extensive frequency range beyond the earthquake signal frequencies, and is not assumed that seismic sensors could also be used as the usual inclinometer, i.e., to register the change of signal in the tidal band frequencies. Following numerical experiments (Lyubushin A. A, 2008), we believe that in solving geophysical monitoring tasks and investigating earthquake preparation processes, there is a theoretical possibility for broader use of broadband seismological equipment that exceeds the formal operating frequency limitations, which is

traditionally used to study individual earthquakes. Fig. 2 shows the graphs, illustrating this consideration. Continuous, uninterrupted seismic noise recordings of the taken eight stations and a 1-hour discretization step are made. From the initial recordings at a sampling rate of 100 Hz, the average value was calculated at consecutive time intervals with a length of 360,000 reports, which is 1 hour. In this way, the traditional for gravimetry frequency range is provided. If adhering to the traditional view of such a procedure, the transition to an hourly discretization step seems unacceptable. The graphs of the time series of Fig. 1a in their behavior do not differ externally from similar graphs of the readings of the inclinometers.

Moreover, if we look at the power spectra of the temporal variations of the seismic noise, recorded with the instrumentation used (Table 1), we see the manifestation of tidal 12 and 24-hour spectral extremum, even separation of different tidal harmonics at sufficient length of time series. This example shows that the signal, recorded with modern broadband seismometers, contains low-frequency components, significantly exceeding the formal limits, specified in their technical passports by the manufacturer. It is these undocumented and poorly understood capabilities of broadband seismometers that could be used in this study.

It should also be pointed out that all of the used noise statistics are dimensionless and do not depend on the scale of the output data. That significantly reduces their dependence on the fact that different seismometers have been installed at the seismic stations.

Results

The interest towards the positive value of the Hurst exponent estimate (H > 0) is related to the fact that for self-similar processes it is in the interval 0 < H <1 (Kantelhardt, Jan W., et al., 2002). Therefore, H (τ) > 0 represents a sign of self-similar fractal behavior of low-frequency seismic noise, indirectly. It is of our interest to separate those time windows, as for all simultaneously analyzed processes, the Hurst exponent is positive, which is a sign of low-frequency synchronization – a possible sign of a future earthquake.

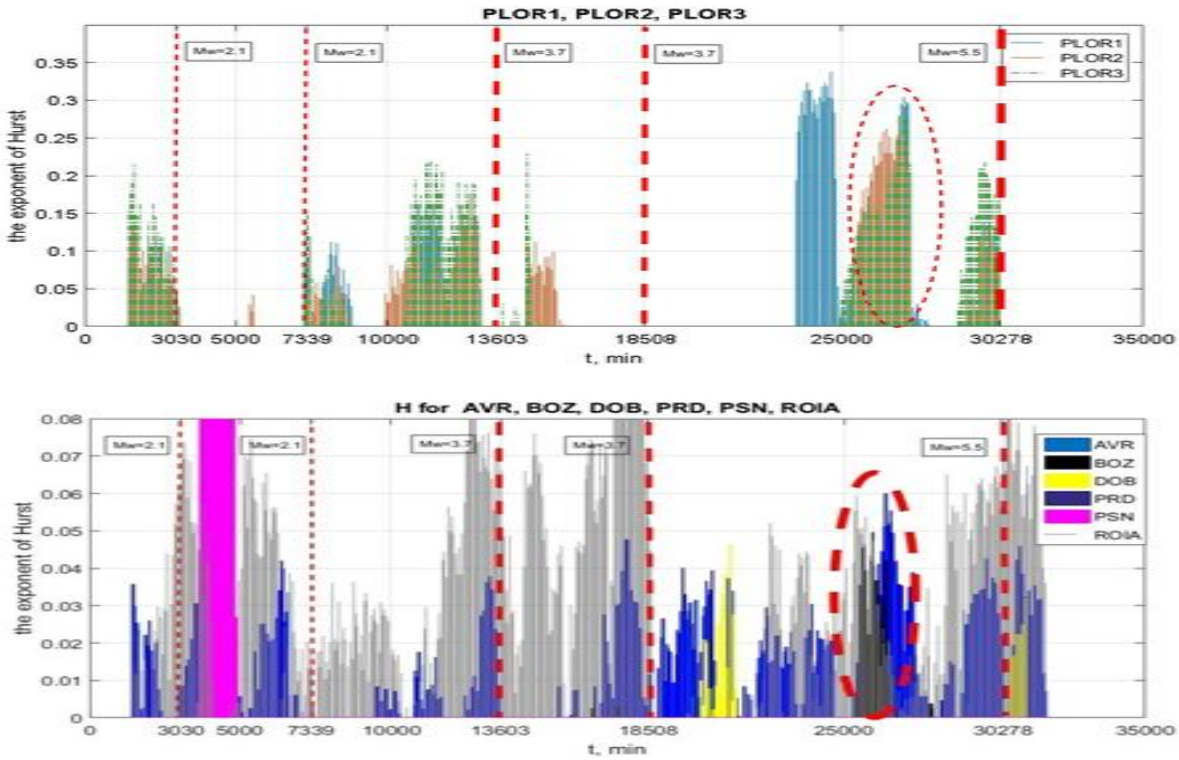


Fig. 2. Graphs of the change in the Hearst (H) metric for different stations combination, calculated in a time window 1 day and 1 hour displacemen; the red dotted line shows the moment of the earthquake - 28.10.2018 (Vrancha, 00:38:15; 45.7 / 26.4; M = 5.5) and the earthquakes that occurred in the analysed area

The results obtained show that 2 to 4 days before the earthquake on October 28, 2018, with Mw = 5.5 and 2 to 3 days before the earthquake on October 18.2018 with MW = 3.7, the Hurst index has a high value (Fig. 2).

The parameter Δα = αmax-αmin (Feder E., 1991), also called the width of the singularity spectrum, represents one of the important multifractal characteristics and assessments for the variety

of random signal behavior. The statistically significant decrease in the average value of Δα reflects the decrease in the degrees of system's freedom, generating a signal and thus enables the determination of the time of preparation of an earthquake.

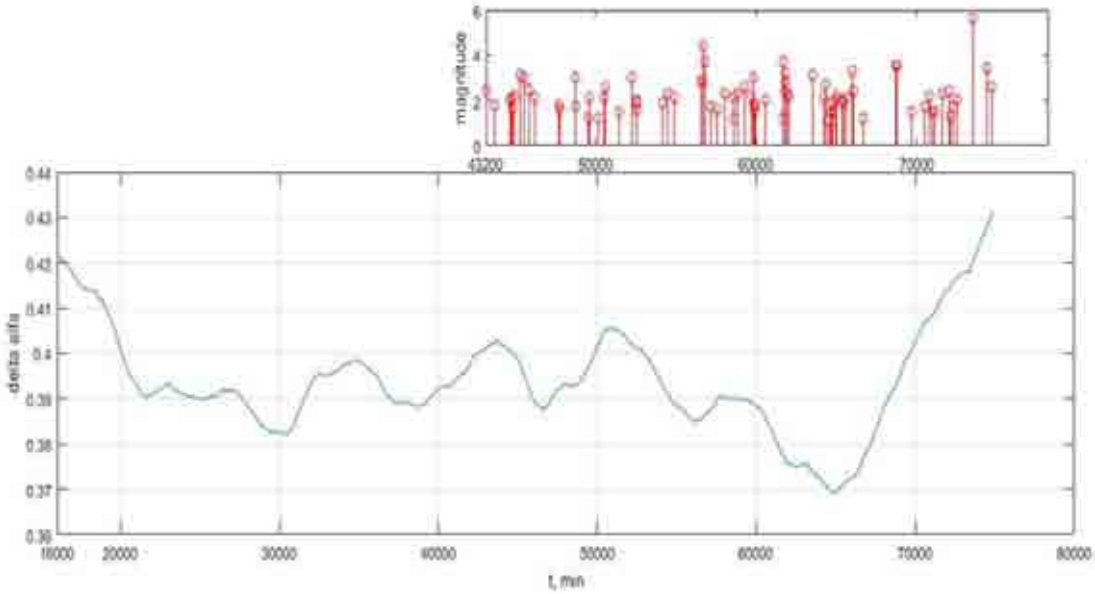


Fig. 3. Diagram of the mean values of parameter Δα, for stations - DJES, DOB, DRGR, MPE, ORH, PVL, SZH, VLD, VRI, between 06.09 and 28.10.2018. Combined with the graphs of all the earthquakes that occurred in the Balkan Peninsula in the period 06.10–28.10.2018.

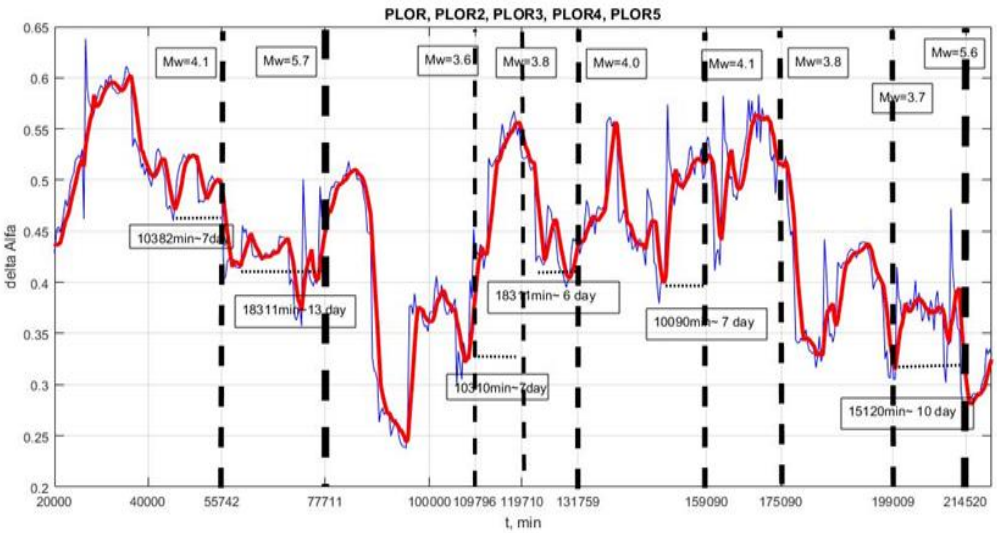


Fig. 4. Graph of the average values of the parameter Δα, for stations from the local area network Ploeschina. The dashed line indicates all earthquakes, occurrences in the analyzed area for the period. The beginning of the abscissa is 06.10.2018–00:00 hours (GMT).

Fig. 3 and 4 presents a graph of the overall assessment of the parameter Δα for stations DJES, DOB, DRGR, MPE, ORH, PVL, SZH, VLD, VRI, and all stations on the network PLOR (i.e., the average value of Δα). For each station, Δα is calculated in consecutive non-intersecting windows with a length of 24 hours and a shift of 1 hour over the entire time interval (01.08–30.12.2016, 22 days), after which the average value for the local area network is obtained. One feature of the smoothed Δα schedule are the minimums in the 59400 and 199700 minutes, 13 and 10 days before the earthquakes on 23.09.2016 and 27.12.2016. The other earthquakes in the analyzed time interval are preceded by a minimum of the width index of the singularity spectrum from 6 to 7 days. We may also note a large minimum of Δα at 95040 minutes, which precedes the earthquakes at 109796, 119710, and 131759 minutes, and can be assumed to be related to them.

For assessing the synchronization effects of the results, measuring of the low-frequency microseismic background for several seismic stations, is used the spectral measure of coherence, proposed by Lyubushin (1998). It is constructed as a module of the product of the component canonical coherence.

(8) $$\lambda(\tau,\omega) = \prod_{j=1}^{m} |\upsilon_j(\tau,\omega)|,$$

where $m \geq 2$ is the total number of jointly analyzed time series (the dimension of the multidimensional time series), ω is the frequency, τ is the time coordinate of the right edge of the scandent time window, $\upsilon_j(\tau,\omega)$ is the canonical coherence of the jth scalar time row that describes the relationship between that row and the other ones. The inequality $0 \leq |\upsilon_j(\tau,\omega)| \leq 1$ is satisfied. The closer the value of $|\upsilon_j(\tau,\omega)|$ is to one, the higher linearly are connected the variations of the jth order of frequency ω in the time window with coordinate τ to the similar variations in other lines studied. Accordingly, measure $0 \leq \lambda(\tau, \omega) \leq 1$ describes the effect of the overall coherent (synchronous, collective) behavior of all signals.

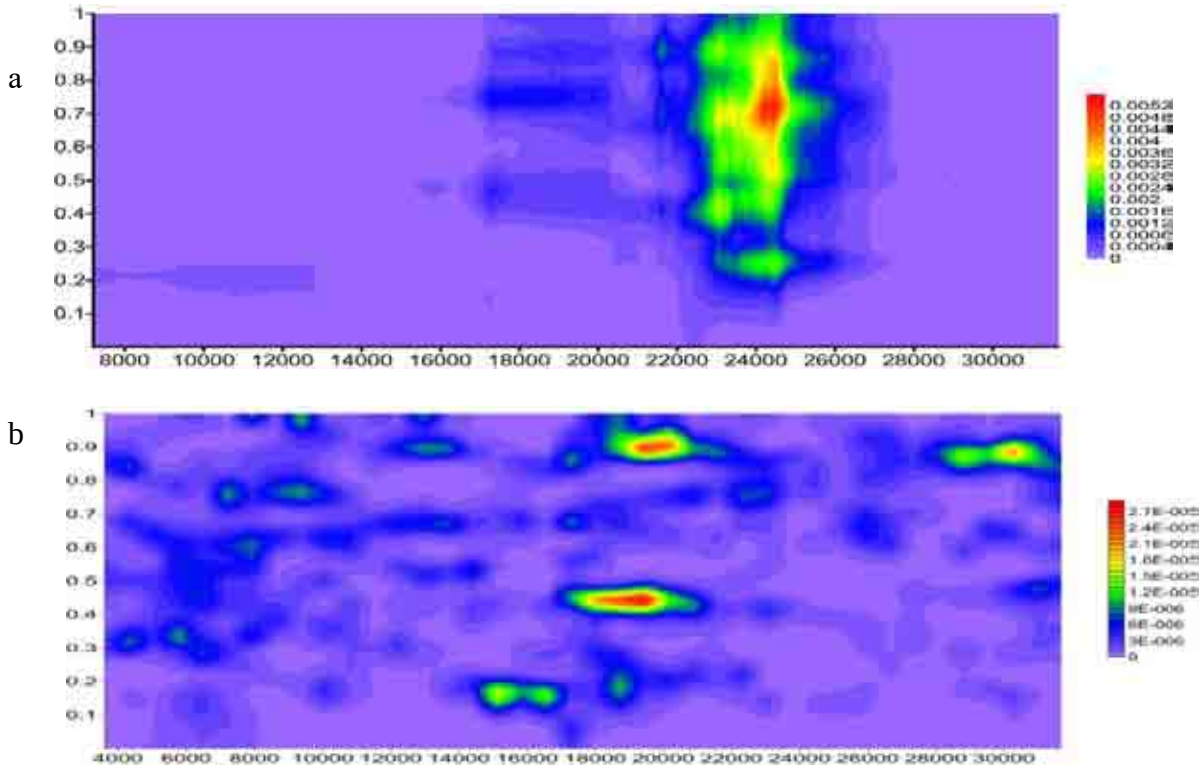


Fig. 5. Frequency-time diagram of the evolution of λ (τ, ω) (spectral measure of coherent behaviour) for PLOR1-PLOR7 stations a); end MPE; NEF; ORH; PSN; PVL; ROIA; SZH ; VLD stations b).

Fig. 5 a) shows the behaviour of the spectral measure of coherent behaviour λ(τ, ω) of the seismic signal for stations PLOR1-PLOR7, in a time window 20160 half minute reports (7 days) with 720 reports (6 hours) shift for the time interval 06.09.2018–30.10.2018 (the abscissa timestamps indicate the right end of the time window). From the result we can conclude that the signal synchronization of all stations has a maximum of all frequencies in 24000 minutes, which is ~ 5 days before the earthquake which is in 30278 minutes (28.10.18, Mw = 5.5) and b) shows the behaviour of the spectral measure of coherent behaviour λ(τ, ω) of the seismic signal for stations MPE; NEF; ORH; PSN; PVL; ROIA; SZH ; VLD. From the result we can conclude that the signal synchronization of all stations has a maximum from 19000 to 21000 minutes, which is ~ 9 to 7 days before the earthquake..

Conclusion

An attempt to predict strong earthquakes shows insufficient reliability of forecasts only on seismic catalogues. To increase the effectiveness of traditional forecasting methods, they need to be supplemented by analysing the multi-dimensional uninterrupted data flow of monitoring networks.

The search for qualitatively new earthquake predictors such as the effect of increasing synchronization (coherent behaviour) of scalar components of multi-dimensional time series of monitoring systems is one of the most pervasive directions in earthquake forecasting.
It is necessary to develop and improve software that can simultaneously analyse hundreds of hundreds of millions of reports in each signal.

Acknowledgements

This study has been carried out within the framework of the National Scientific Program "Young Scientists and Postdoctoral Fellows", approved by Council of Ministers Decision No 11/ 17.08.2018 and the project “Exploration of changes in some geophysical fields preceding the occurrence of earthquakes in the Balkans”, Grant DN 14-1/11.12.2017, financed by Bulgarian National Science Fund.

References:

1. Любушин, А. А. "Модель сейсмического процесса в блоковой среде." Современные методы интерпретации сейсмологических данных. (*Вычислительная сейсмология*, выпуск 24). М., *Наука*, 1991.
2. Любушин, А. А. Анализ данных систем геофизического и экологического мониторинга. *Наука*, 2007.
3. Ойнаков, Е., Александрова, И., **–** Сеизмични характеристики на земетресението от 28.10.2018 г., генерирано в сеизмогенна област Вранча, Румъния. *Проблеми на географията*, Книга 1, София 2019.
4. Benoit, B., B. B. Mandelbrot, J.W. van Ness. 1968. Fractional Brownian Motions, Fractional Noises and Applications. SIAM Review, Vol. 10, No. 4 : pp. 422–437.
5. Feder, J. 1988. Fractals. Plenum, New York.
6. Feder, E**.** 1991. Fractals. M.: Mir, 254 p. (Ru)
7. Huang, K. 1967. Statistical Mechanics. John Wiley & Sons, New York.
8. Hurst, H. E. 1951. Long-term storage capacity of reservoirs. Trans. Am. Soc. Eng. 116, 770-99. Kac, M. & Pollard, H. (1950). The distribution of the maximum of partial sums of independent random variables. Can. J. Math. 2, 375–384.
9. Kantelhardt, J. W., S. A. Zschiegner, E. Konscienly-Bunde, S. Havlin, A. Bunde, H.E. Stanley. 2002. Multifractal detrended fluctuation analysis of nonstationary time series // Physica A. № 316.
10. Kantelhardt, J. W., R. Sven et al. 2002. Fuc (α1→ 3) GalNAc-: the major antigenic motif of Schistosoma mansoni glycolipids implicated in infection sera and keyhole-limpet haemocyanin cross-reactivity. *Biochemical Journal*, 366.1 (2002): 217–223.
11. Lyubushin, A. A. G. A. Sobolev. 2006. Multifractal Measures of Synchronization of Microseismic Oscillations in a Minute Range of Periods, Fiz. Zemli, no. 9, pp. 18–28 [Izv. Phys. Earth (Engl. Transl.), 2006, vol. 42, no. 9, pp. 734–744.
12. Lyubushin, A. A. 2008. Microseismic Noise in the Low Frequency Range (Periods of 1–300 min): Properties and Possible Prognostic Features, Fiz. Zemli, no. 4, pp. 17–34 [Izv. Phys. Earth (Engl. Transl.), 2008, vol. 44, no. 4, pp. 275–290].
13. Mandelbrot, B. B., J.R. Wallis. 1969. Water Resources Research.
14. Mandelbrot, B. B. 1982. Fractal Geometry of Nature, Freeman, San Francisco.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

СВЛАЧИЩНИ КРИЗИСНИ СЪБИТИЯ НА ТЕРИТОРИЯТА НА Р. БЪЛГАРИЯ ЗА ПЕРИОДА 2010 – 2017 Г.

Ралица Берберова, Биляна Костова

Нов български университет
e-mail: rberberova@nbu.bg, bkostova@nbu.bg

Ключови думи: *кризисни събития, свлачища, България, статистически данни.*

Резюме: *В проучването се прави съпоставка на броя възникнали свлачищни кризи в периода 2010–2017 г. и геоложките предпоставки за тези процеси по райони в България. За целта са използвани официални данни на НСИ за настъпили кризи от свлачища, геоложки данни от Карта на геоложките опасности в България и данни от Регистъра на свлачищата към Министерство на регионалното развитие и благоустройството.*

LANDSLIDE CRISIS IN BULGARIA FOR THE PERIOD 2010 – 2017

Ralitza Berberova, Bilyana Kostova

New Bulgarian University, Natural Sciences Department
e-mail: rberberova@nbu.bg, bkostova@nbu.bg

Keywords: *crises, landslides, Bulgaria, statistics*

Abstract: *The research compares the number of landslides that have occurred in the period 2010–2017 and the geological prerequisites for these processes by regions in Bulgaria. For this purpose were used official National Statistic Institute data on landslide crises, geological data from the Map of Geological Hazards in Bulgaria and data from the Landslide Register of the Ministry of Regional Development and Public Works.*

Въведение

Свлачищните процеси имат природен или техногенен произход и могат да породят кризисна ситуация в даден район [1–3]. Те се класифицират по многобройни белези: по дълбочина - плитки и дълбоки, по скорост на свличане - бързи и бавни, по възраст – съвременни и древни, по местопроявление – крайбрежни, крайморски и др. [4, 5]. Обект са на геоложки, хидрогеоложки и инженерно-геоложки изследвания и проучвания [4–15]. Създават се и се поддържат регистри и геоинформационни системи, вкл. от аерокосмически наблюдения на свлачищни райони [14–19].

На територията на България са определени няколко свлачищни района: Североизточен, Дунавски, Предбалкански, Източнородопски, Източномаришки, Софийски и Струмски [1, 4–5].

В района на северното Черноморие свлачищните процеси са концентрирани около градовете Варна и Балчик, като свлачищната ивица е почти непрекъсната в участъка от Варна до Каварна.

По Дунавското крайбрежие в участъка между с. Дунавци и устието на р. Искър свлачищната ивица е почти непрекъсната. В Източна посока на р. Дунав по-значителни свлачищни райони има около градовете Никопол, Свищов и Тутракан и Силистра.

Свлачищата в Предбалканския свлачищен район са по р. Янтра, на север от гр. Велико Търново, в Ловешко, Севлиевско, Габровско и Врачанско.

По-големите свлачища в района на Източни Родопи са по поречието на р. Върбица, в Смолянско и Кърджалийско, при с. Джебел и край с. Горни Воден.

За Източномаришкия свлачищен район е характерно, че има техногенен характер. Свлачищата са концентрирани в района на гр. Гълъбово (Мини Марица Изток) и при с. Обручище.

В Софийския свлачище район тези процеси са концентрирани около гр. София - Банкя, Кокаляне, Бистрица и Драгалевци, селата Драговищица, Кътина и др.

По-опасни свлачища в Струмския район са тези в Пернишката и Бобовдолската котловина, край градовете Симитли, Благоевград, Дупница и с. Крупник.

В България са 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 ни 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 държавните дружества за геозащита [19].

Дружествата са три и функционират на териториален принцип, както следва:

- ✓ *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].

Националният статистически институт (НСИ) публикува официалните годишни данни за възникнали кризисни събития на територията на страната ни в Секция „Регионална статистика и показатели за мониторинг“, подсекция „Кризисни събития”. Публикуваните данни за периода 2010–2017 г. са резултат от представените в НСИ годишни отчети от общински комисии за защита и подпомагане на населението при бедствия. Данните обхващат: (1) щети от настъпили събития, които са установени и протоколирани от членовете на комисиите; (2) средствата за възстановяване по източник на подпомагане (от Правителствената комисия към Министерски съвет, изплатени застраховки, помощи от Европейския съюз); (3) разходи за спасителни и неотложни аварийни работи (предвидените средства в плановете за защита, отпуснатите допълнително средства в определени ситуации) [21].

Целта на настоящата работа е да се направи съпоставка между броя на станали кризисни събития от свлачища и геоложките предпоставки за тези процеси по райони в България.

Обект и методи

Обект на изследване са станали кризисни събития от свлачища на територията на Р България за осемгодишен период – от 2010 до 2017 г.

За съпоставителния анализ са използвани официални данни на НСИ за настъпили кризи от свлачища, геоложки данни от Карта на геоложките опасности в страната ни и данни от Регистъра на свлачищата към МРРБ.

Резултати и дискусия

По официални данни от НСИ за периода от 2010 до 2017 г. са настъпили общо 39 837 броя кризисни събития. 5 713 от тях (14,34 %) са възникнали следствие на природни бедствия (фиг. 1).

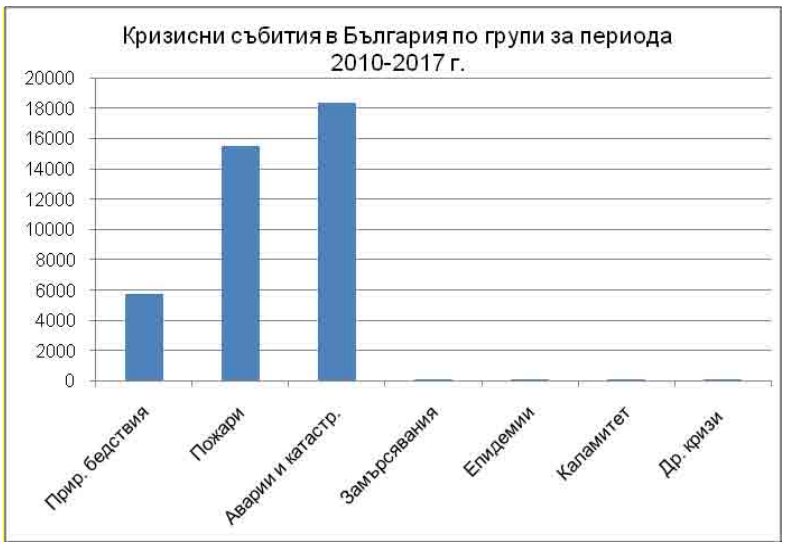
За периода от 2010 до 2017 г. кризите от наводнения (3 241 бр.) и тези от атмосферни явления (вятърни бури – 773 бр., снежните бури – 561 бр., градушки – 104 бр., заледяване – 422 бр.) заемат най-голям относителен дял – близо 90 %. Кризите, причинени от свлачища, са 561 бр., а тези от земетресения – 51 бр. или само около 10 % от общия брой (фиг. 2).

Тук е важно да се отчете, че:

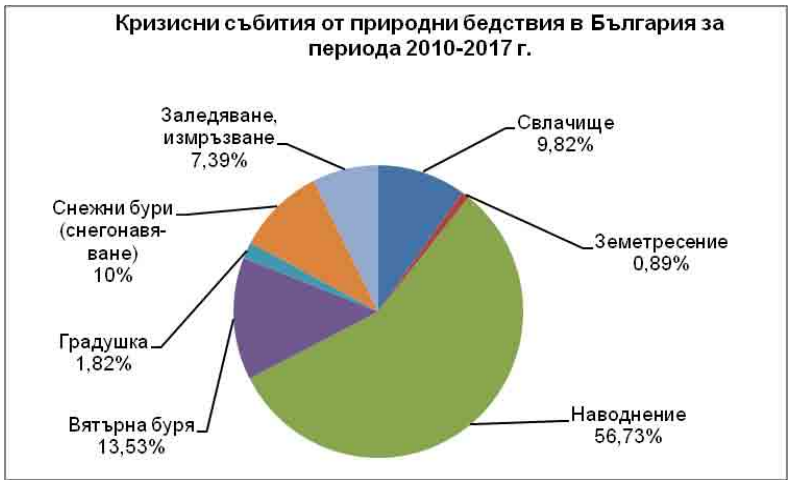
а) част от регистрираните кризисни събития от пожари може да са следствие на самозапалване, поради високи температури, което би ги отнесло в групата на събитията от природен характер;

б) в групата на други кризисни събития, може да са отнесени и такива, които имат природен характер.

Редно е да бъдат отнесени в групата на природните бедствия, но от представените в НСИ данни не е възможно подобно разграничаване.

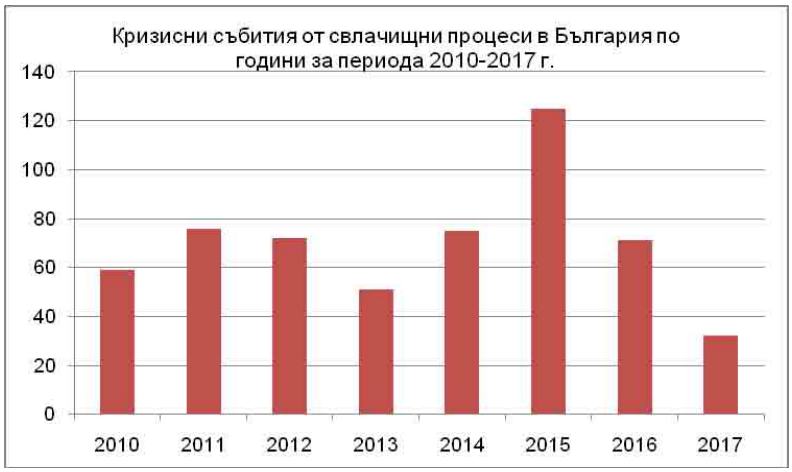


Фиг. 1. Брой на кризисните събития в България по групи за периода 2010–2017 г. (По данни от НСИ [21])



Фиг. 2. Относителен дял на кризисни събития в България по вид природно бедствие за периода 2010–2017 г. (По данни от НСИ [21])

Общият брой на кризите за разглеждания период, причинени от свлачища, е 561. На фиг. 3 е представено тяхното рапределение по години.



Фиг. 3. Кризисни събития от свлачищни процеси в България по години за периода 2010–2017 г. (По данни от НСИ [21])

Обобщените данни за настъпили свлачищни кризи по области за периода от 2010 до 2017 г., са представени на фиг. 4.

Фиг. 4. Брой на кризисните събития от свлачища в България по области за периода 2010–2017 г.
(По данни от НСИ [21])

От представените данни на фиг. 4 се вижда, че кризисните събития съвпадат добре с районите, описани в Карта на геоложките опасности на България [4–5] и включени в Регистъра на свлачищата в страната ни (фиг. 5) [16–18].

Фиг. 5а. Състояние на свлачищата в района на Геозащита Перник, Регистър свлачищата в България, сайтът е посетен на 10.10.2019 г. [16]

Фиг. 5б. Състояние на свлачищата в района на Геозащита Варна, Регистър свлачищата в България, сайтът е посетен на 10.10.2019 г. [17]

Фиг. 5в. Състояние на свлачищата в района на Геозащита Плевен, Регистър свлачищата в България, сайтът е посетен на 10.10.2019 г. [18]

Легенда:

- Активно
- Потенциално
- Стабилизирано
- Няма изследвания

Прави впечатление, че за периода има само четири области без регистрирани кризи от свлачища – Силистра, Разград, Ямбол и Стара Загора (фиг. 4). В същото време се отчита, че в три от тях (Силистра, Разград и Стара Загора) има отразени свлачищни процеси в Регистъра на свлачищата (фиг. 5). Причина за тези на пръв поглед несъответствия е, че: 1) в Регистъра на свлачищата се вписват и такива обекти, които не са довели до кризисна ситуация [19]; 2) в Регистъра има вписани свлачища от други времеви периоди [16–18].

Най-много кризи от НСИ са отчетени в област Кърджали – 127 бр. или близо 30 % от кризисните събития от свлачищни процеси са настъпили в тази област [21]. Свлачищата в този район са от консистентен тип и се активизират лесно следствие на зачестяване на валежите. Геоложкият строеж на този район може да бъде представен схематично като двуслоен. Горният слой е изграден от пропускливи скали, а долният – от пластични скали с голяма пориозност и

ниска пропускливост. Тази характерна геоложка обстановка води до образуване на свлачища при повишаване количеството на валежите [8, 9].

Заключение

Резултатите от обработката на официалните статистически данни за периода от 2010 до 2017 г., публикувани от НСИ, показват, че около 10 % от възникналите кризи с природен характер се дължат на свлачищни процеси.

Установено е, че има добро съвпадение на областите с възникнали свлачищни кризи с районите, описани в Картата на геоложките опасности в България и включените обекти в Регистъра на свлачищата.

За проучения период има констатирано незначително несъответствие в данните, публикувани от НСИ и в Регистъра на свлачищата за областите Силистра, Разград и Стара Загора, тъй като: 1) в Регистъра се включват и обекти, които не са класифицирани като „кризи" и 2) има разлика във времевия период на регистриране на данните.

Най-много свлачищни кризи (30 %) са отчетени в област Кърджали, което е свързано със специфичната геоложка обстановка в района - свлачищата са от консистентен тип и се активизират лесно от повишено количество валежи.

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. Мардиросян, Г. 2009. Природните бедствия и екологични катастрофи – изучаване, превенция, защита. Второ допълнено и преработено издание. Акад. изд. „Проф. Марин Дринов" – БАН.
2. Близнаков, А., Б. Рангелов, Г. Мардиросян. 2011. Природни бедствия – възникване, последици, защита. Авит консулт.
3. Берберова, Р. 2012. Природни бедствия в България – състояние и тенденции. НБУ. ISBN 978-954-535-699-5
4. Геоложката опасност в България, карта в М 1:500 000.
5. Илиев-Бручев, И. (ред.). 1994. Геоложката опасност в България. Обяснителен тескт към карта в М 1:500 000. Изд. на БАН.
6. Бручев, Ил., Франгов, Г. 2000. Условия и фактори за възникване на свлачищни процеси. В сборник доклади "Свлачищните процеси в България". НКС-ПКЗНБАК. 38–56.
7. Франгов, Г.2001. Прогнозно райониране на страната по степен на свлачищна опасност. Научна сесия ВСУ'2001. София. 85–92.
8. Бручев, Ил., Р. Върбанов, Г. Франгов, Пл. Иванов, Б. Беров. 2002. Големи активни свлачища в България. Сп. Проблеми на географията. БАН. Кн. 1–2. 70–80.
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/
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. Национален статистически институт, Кризисни събития, http://www.nsi.bg/node/2891

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

ПРИЛОЖЕНИЕ НА РАДИОТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИТЕ СРЕДСТВА ЗА ПРЕВЕНЦИЯ И РЕАКЦИЯ ПРИ ПРИРОДНИ БЕДСТВИЯ

Димитър Илков[1], Ралица Берберова[2], Георги Петров[1]

[1]Нов български университет, Департамент «Телекомуникации»
[2]Нов български университет, Департамент «Природни науки»
e-mail: rberberova@nbu.bg, gpetrov@nbu.bg

Ключови думи: *радиотелекомуникационни средства, природни бедствия*

Резюме: *Развитието на информационните и телекомуникационни технологии са важни както за изучаването на природните бедствия, така и за навременна реакция по прилагане на аварийно-спасителни дейности след настъпване на такова явление.*

Развиването на системите за наблюдение на природни бедствия в бъдеще ще дават по-навременна и точна информация за тяхната поява. Телекомуникационните средства са неизменна част от глобалните системи за мониторинг и превенция на природни бедствия, както и в организацията по оказване на помощ на пострадалите след настъпили природни бедствия.

В настоящата разработка се представя обзорен преглед на специализирани системи за превенция от природни бедствия, базирани на телекомуникационни технологии, както и алтернативни системи за осигуряване на комуникация при бедствени ситуации.

APPLICATION OF RADIO-COMMUNICATION EQUIPMENT FOR PREVENTION AND RESPONSE TO NATURAL DISASTERS

Dimitar Ilkov[1], Ralitza Berberova[2], Georgi Petrov[1]

[1]New Bulgarian University, Department of Telecommunications
[2]New Bulgarian University, Natural Sciences Department
e-mail: rberberova@nbu.bg, gpetrov@nbu.bg

Keywords: *radio telecommunications equipment, natural disasters*

Abstract: *The development of information and telecommunication technologies are important both for the study of natural disasters and for the timely response to the implementation of emergency response activities after such occurrence.*

The development of systems for natural disasters monitoring in the future will provide more timely and accurate information on their occurrence. Telecommunications are an integral part of global systems for the monitoring and prevention of natural disasters, as well as in the organization of assistance to victims of natural disasters.

This paper presents a comprehensive overview of specialized systems for the prevention of natural disasters based on telecommunication technologies, as well as alternative systems for providing communication in emergency situations.

Въведение

Природните бедствия се характеризират с внезапна поява, щети и необходимост от комуникация и координация при справянето с породената от тях ситуация [1–6]. Обикновено при тези събития липсата на комуникация е основен проблем. Тук ролята на телекомуникационните инженери е от съществена важност. Невинаги обаче, е възможно инженерите да възстановят комуникациите навреме. В този момент едно хоби, което е познато от самото зараждане на електронните комуникации може да подпомогне възстановяването на комуникацията. Радиолюбителите са общност от професионално и всестранно развити хора по цял свят, винаги готови да се отзоват в помощ на обществото при необходимост, особено когато е застрашен живота на много хора [7–8].

Целта на настоящата разработка е да представи обзорен преглед на специализирани системи за превенция от природни бедствия, базирани на телекомуникационни технологии, както и алтернативни системи за осигуряване на комуникация при бедствени ситуации.

Резултати и дискусия

Специализирани системи за превенция от природни бедствия, базирани на телекомуникационни технологии

В световен мащаб съществуват и се използват системи за наблюдение, отчитане, категоризиране и предупреждение за настъпване на природни бедствия с цел ранно оповестяване на населението, за да бъдат сведени до минимум потенциалните жертви и материални последици. Тук се разглеждат и дискутират специализирани системи за превенция на отделни природни бедствия, които са базирани на телекомуникационните технологии.

Превенция от вълни цунами

Сондите и буйовете за предварителна детекция на вълна цунами са важен елемент от ранното оповестяване на населението при наближаване на опасната вълна. От Националната агенция на океанските и атмосферни изследвания на САЩ (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) разполагат автономни детектори на промяна на нивото на морската вода. Привързани към котва, те следят на конкретни позиции навътре в морето. При промяна на нивото на водата буят се надига, котвата опъва датчиците отдолу на буя и се активира алармена система. Постъпилият сигнал се анализира допълнително с данни от глобалната система за позициониране (GPS), като се отчитат нивата на височина на сензора, и с данни от интегрираната метеорологична станция. Такава е системата DART (Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis), разработена и използвана от NOAA за изследване и ранно оповестяване за настъпване на вълни цунами (Фиг. 1).

Фиг. 1. Принципна схема за работата на система за ранно оповестяване на вълна цунами [https://www.ndbc.noaa.gov/dart/dart.shtml]

Превенция от земетресения

Сеизмологичните сензори са важна част в детекцията, изследването и прогнозирането на големи земетресения. В шахта се залага сеизмологичен сензор, свързан към радиопредавателна апаратура. Тази апаратура предава данните към централизираната система за отчитане и съхранение на данните за анализ (Фиг. 2). Предвид необходимостта от стотици сензори, работещи в една обща мрежа, телекомуникациите са необходимост за трансфера на данни в реално време. Така се гарантира по-бързото и точно локализиране на огнището на едно земетресение.

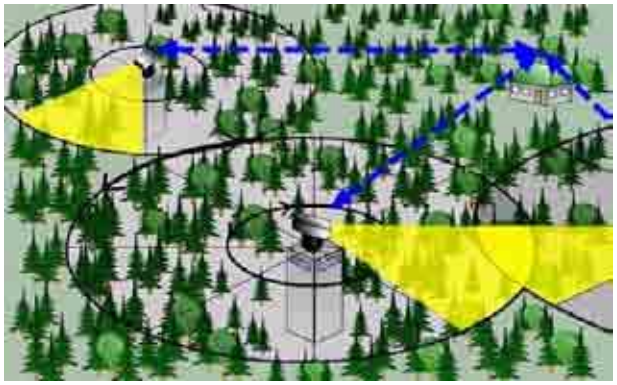
Фиг. 2. Принципна схема за функционирането на сеизмологична мрежа [http://www.imseismology.org/regional-monitoring/]

Превенция от горски пожари

В превенцията с горските пожари при развитието на новите технологии разработчиците внедряват камери и термални сензори, разположени на възлови места в горските терени с най-вероятна опасност от възникване на пожар. Обикновено тези места са в недостъпни планински горски масиви, където постоянното наличие на дежурни оператори е немислимо. Тези станции са автономни, със захранване от соларни станции и независима радиокомуникация, тъй като в подобни високопланински местности мобилните оператори не могат да осигурят покритие.

Съществуват различни видове станции за детекция на пожари в горски пресечени масиви. Показаната тук станция е снабдена с камера за визуално засичане и разпознаване на пожара, както и анализатор на твърди частици и състав на газовете в околната среда (Фиг. 3).

Фиг. 3. Схема с оборудването на станцията [https://www.lufft.com/blog/en/forest-fires-drought-and-floods-extreme-weather-in-australia/]



Фиг. 4. Принципна схема за фенкционирането на системата [https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/brand/fva_waldbrand_wb3/index_DE]

Мониторните станции се разполагат в горските масиви и покриват конкретни територии, като се районират и предават данни към координационен център за анализ на данните (Фиг. 4). Съвременните станции са снабдени със софтуер за анализ и детекция на пламъци и пушек, след което данните се предават към центъра като аларма, за да може оператор да ги отсее и анализира (Фиг. 5 и Фиг. 6). Последващите действия са изцяло по усмотрение на оператор след анализа им.

Фиг. 5. Регистрирани пламъци [http://signal.ee.bilkent.edu.tr/VisiFire/]

Фиг. 6. Регистриран дим [http://www.firesafemarin.org/remote-fire-detection-cameras]

Превенция от разливи на речни корита

Контролът на нивата на речните корита е важна част от превенцията и ранното оповестяване на населението при очаквани наводнения. Сензорите се разполагат по поречията на реките и следят нивата на водата, като данните се подават към мониторинг центрове и се анализират, за да се предпази населението от наводнения. На нашите географски ширини се забелязва все по-голяма тенденция за зачестяване на наводненията [3, 15, 16].

Фиг. 7. Принципна схема на система за превенция от наводнения [https://www.fondriest.com/environmental-measurements/environmental-monitoring-applications/stream-and-river-monitoring/]

Фиг. 8. Апаратура за мониторинг на река [https://www.fondriest.com/environmental-measurements/environmental-monitoring-applications/stream-and-river-monitoring/]

Мостовете са важна стратегическа точка за населението, а в отделни случаи са и единствен подход към дадено населено място. Поради това инсталирането на измервателни системи по мостовете е наложително. На тези съоръжения се инсталират нивомери и радиоапаратура за изпращане на данните за речното ниво към центрове за анализ на данните и взимане на своевременни мерки по проверка на проходимостта на мостовите съоръжения, както и евентуално оповестяване на населението за евакуация.

Фиг. 9. Пример за монтирана апаратура за оповестяване на наводнения [https://www.fondriest.com/environmental-measurements/environmental-monitoring-applications/flood-warning-systems/]

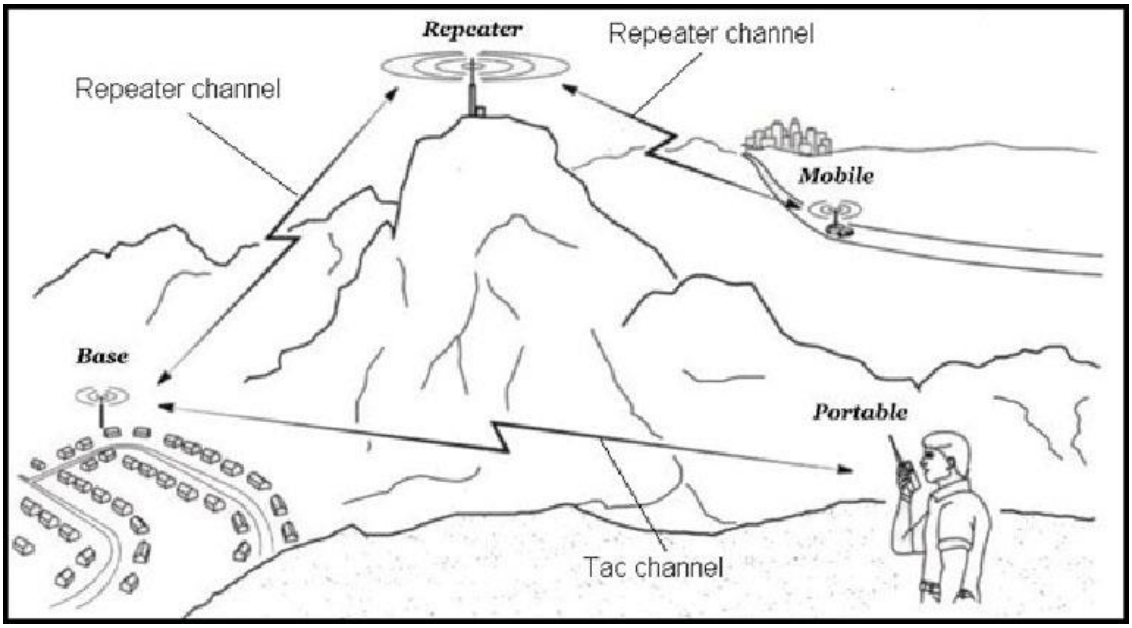
Алтернативни системи за осигуряване на комуникация при бедствени ситуации

Въпреки усилията на компетентните органи за изграждането и поддържането на системи за ранно оповестяване от природни бедствия и навременна реакция при появата им, често в такива ситуации комуникацията е затруднена или невъзможна. Тук се представят алтернативни системи за осигуряване на комуникация при бедствени ситуации. Разяснени са

няколко системи, които радиолюбителската служба използва при организирането на комуникацията си с цел подпомагане на силите на реда и местните власти по региони. За целта се използва взаимстваният от други държави BEN (Bulgarian Emerency Network) протокол.

Организация на репитерна мрежа при бедствия и аварии

Поради спецификата на релефа и физическите особености на разпространението на радиовълните, както и с цел разширяването на обхвата на комуникациите, се използват ретранслиращи радиосигнала съоръжения. По-голямата част от тези съоръжения се инсталират в осигурени точки към момента (обекти на НУРТС, Национално управление „Радио и телевизионни станции"), като те се считат за комуникационни точки с приоритет и се обслужват и поддържат от радиолюбителите с приоритет. При бедствия ситуации и аварии обаче, нищо не е сигурно и с гарантирана безотказност на работа. Поради това е необходимо да се сформират групи за изграждане на комуникационни съоръжения (репитерни точки), ако действащата мрежа към момента не е засегната или липсва такава в конкретния регион. При трайна повреда и невъзможност да се възобнови комуникацията, се стартират временни репитерни точки (мобилни репитри) за обезпечаване на комуникацията. Обектите, на които се изграждат точките за комуникация, обикновено са подсигурени с допълнително захранване и охрана. Там, където няма активна точка с изграден репитер, се инсталира временнен такъв. На места, където няма никаква комуникация, но има нужда от такава, се избира подходяща точка на терен (връх с достатъчна височина и достъп до него, както и с голямо радиопокритие), където се инсталира временен репитер, захранван от акумулаторни батерии и соларна инсталация. Екипът може да напусне територията на инсталацията, за да върши други задачи или ако е необходимо да остане на място, за да се грижи за обезпечаване работата на комуникационната точка.



Фиг. 10. Принципна схема на репитерна мрежа [https://qrznow.com/vhf-repeater-project-gb3xp-icqpodcast/]

Организация на пунктове и координационен център при бедствия и аварии

Сформират се групи по населени места или региони за изграждане на комуникационни центрове в засегнатите райони. Най-често кметства, училища, изнесени палатки и шатри. Работата на операторите в екипа е свързана с приемане и предаване на служебна информация под контрола на отговорните служби – Министерство на вътрешните работи и Регионалните служби за пожарна и аварийна безопасност, спешна медицинска помощ, местна власт. Работата в подобни центрове е много отговорна и натоварваща, поради целия обем от информация, която трябва да се предаде. В повечето случаи комуникацията в издирвателно-спасителните операции преминава през координационните центрове. Обмен на информация има както между самите координационни центрове, така и с хора, които са дошли на място с желание да разберат нещо за близките си. Необходима е и комуникация за осигуряване на продоволствени нужди по настаняване на пострадали в кризисни центрове. Всеки доброволец отива на терен със своята собствена техника и необходими съоръжения за изграждане на комуникационната точка, като предварително се уточняват честотните схеми за комуникация и

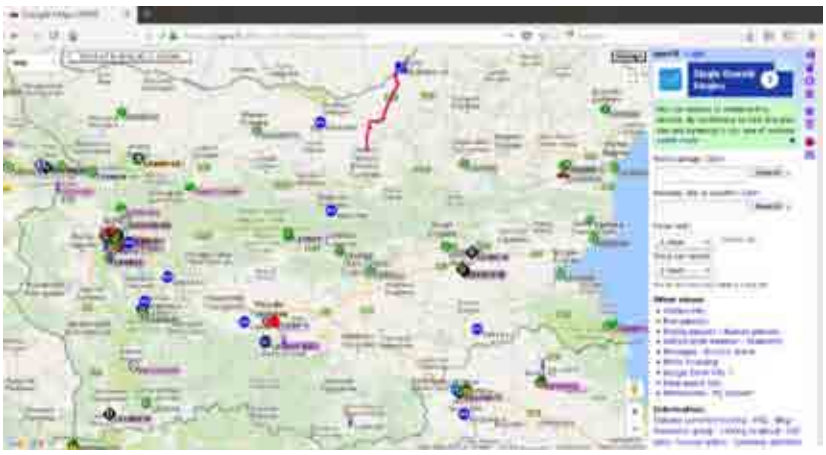
плана за действие. Изгражда се мрежа за алтернативна комуникация APRS (Automatic Packet Reporting System, Система за Автоматизирано Пакетно Радио), WLAN (Wireless Local Area Network, безжична локална мрежа), както и други цифрови мрежи, предаващи гласови съобщения и обмен на данни. Екипите на терен участват освен с цел осигуряване на комуникация между спасително-издирвателните екипи с координационните центрове, но и като спасители, защото всяка сила е важна и от значение за навременното намиране и спасяване на оцелели хора.

APRS мрежа

APRS е радиолюбителска система за предаване на данни по радиоканал (Фиг. 11). Чрез APRS могат да се предават данни за позиция, метеорологични данни, данни от различни сензори, електронни писма, както и малки файлове, предимно съдържащи текст. С помощта на тази система радиолюбителите, които участват в обезпечаването на комуникациите по време на спасителни мероприятия при бедствия и аварии, могат да изградят алтернативна и независима от интернет мрежа за предаване на информация по пунктовете, така че да се облекчи иначе натоварения радиоефир. Пример за това е предаване на електронно съобщение, съдържащо данни за стотици граждани настанени в кризисен център. Съобщението съдържа важна информация като три имена, имена на близки и роднини, единен граждански номер и евентуална забележка със специфични нужди (приемани лекарства, специфични нужди, заболявания). Предаването на информацията от оператор на оператор би отнела много време, а по този начин ще я получат всички пунктове и своевременно могат да подават адекватна информация на службите и заинтересовани граждани. В България радиолюбителите сами развиват APRS мрежата, като към момента тази дейност е много по-назад от наши страни съседки и други страни като САЩ.

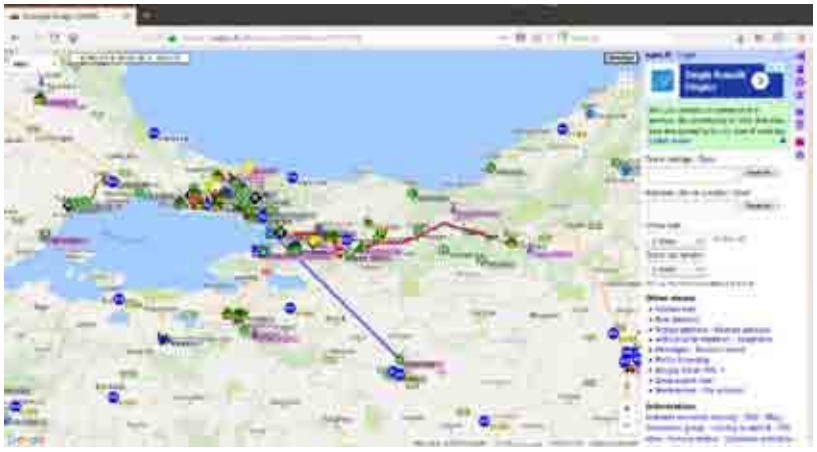
Фиг. 11. APRS мрежа [http://www.sarcnet.org/files/GippsTech/7%20APRS%20on%20HF.pdf]

На фиг. 12 е представено изображение от карта, която показва APRS устройствата, работещи на територията на Р. България. Към момента на картата има обозначения на работещите репитри, които поддържат APRS, APRS репитри, APRS igates, както и други датчици като телеметрични предаватели APRS тракери, APRS станции, метеорологични станции, сонди и балони. Посредством APRS системата могат да се показват позициите на спасителни екипи, координационни пунктове, специализирани автомобили и техника.



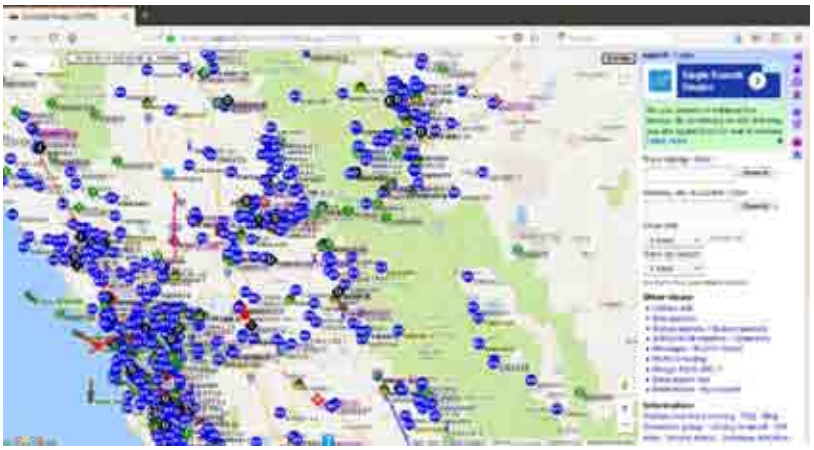
Фиг. 12. APRS устройствата, работещи на територията на Р България [http://aprs.fi]

Фиг. 13 представлява карта на територията на Турция при същото увеличение като фиг. 12, на която се наблюдава по-голяма наситеност на сходи сензори, но и огромен брой метеорологични станции, които дават информация за обстановката в реално време, както и алармени събития при рязка промяна. Има и сеизмични сензори, но те се появяват на картата, само когато отчетат сеизмична активност, тъй като са автономни и се налага да пестят енергията си.



Фиг. 13. Карта на Турция с маркирани сензори и метеорологични станции [http://aprs.fi]

При същото увеличение на фиг. 14 е представена карта на САЩ, територията на щата Калифорния, където се наблюдава няколко десетки пъти по-голяма концентрация на точки на картата. Подобно на фиг. 13 метеорологичните сензори преобладават. Активността на радиолюбителските доброволчески организации е доста голяма, тъй като пожарите са сред сериозните проблеми в този щат.



Фиг. 14. Карта щата Калифорния - САЩ, с отбелязани сензори [http://aprs.fi]

Метеорологични прогнози

Метеорологичната прогноза е много важна при бедствия и аварии, поради което радиолюбителските служби имат способ да използват информацията предавана от метеорологичните сателити на NOAA. При интернет свързаност това става лесно през сайта на организацията. Но дори при липса на интернет, спътниците на NOAA минават на всеки час над нашата територия и излъчват радиосигнал на конкретна честота. Радиолюбителите организират радиоприемник, който е обвързан с компютър и софтуер за декодиране на сигнала и визуализирането му във вид на сателитна снимка с различни филтри за различна информация.

Алтернативни комуникационни мрежи

Съществуват радиомрежи за употреба от редовите граждани като те си имат регламентиране и международни организации за разпределение на честотния план. В повечето страни от Европа свободни за употреба от гражданите честоти за комуникация са CB (Citizens Band), който е в честотния диапазон 26,965 MHz до 27,405 MHz, разпределени в 40 канала. 9-ти и 19-ти канал са определени за EMERGENCY (спешни) повиквания. Друг по-популярен у нас честотен обхват за гражданско ползване е PMR (Private Mobile Radio). В честотен обхват 446,00625 MHz до 446,09375 MHz, разпределени в 8 канала с множество подтонове и кодировки позволява употребата им от стотици оператори. Операторите в координационните центрове, както и тези в информационните пунктове, следят и тези честоти за евентуални сигнали за бедстващи хора. При провеждане на спасително-издирвателни акции с наличието на доброволци, незапознати с правилната комуникация, а и за облекчавана на радиоефира, се използва комуникация в малки групи именно на тези честоти, като отговорникът на издирвателното звено има комуникация с координационния център.

Заключение

Развитието на информационните и телекомуникационни технологии са важни както за изучаването на природните бедствия, така и за навременна реакция по прилагане на аварийно-спасителни дейности след настъпване на такова явление.

Системите за наблюдение на природни бедстви са необходима част при тяхното изследване, класифициране и прогнозиране. Развиването на тези системи в бъдеще ще дават по-навременна и точна информация за тяхната поява.

Телекомуникациите са навлезли във всички аспекти на нашето ежедневие. Това ги прави неизменна част от глобалните системи за мониторинг и превенция на природни бедствия и при организацията по оказване на помощ на пострадалите след настъпили такива явления.

Доброволческите екипи, сформирани от радиолюбители, могат да подпомогнат при необходимост специализираните и отговорни звена с цел осъществяване на навременна комуникация и координация между тях. Радиолюбителите сами сглобяват и поддържат своето оборудване. APRS устройствата се изработват от радиолюбители и се монтират обикновено на места, където вече има изградени комуникационно оборудване, тъй като се счита за подсигурено откъм свързаност. При необходимост винаги могат да бъдат изградени и допълнителни точки за достъп, препредаване и крайни устройства.

Благодарности: Настоящата работа е осъществена в Лаборатория по природни бедствия и рискове и Лаборатория по телекомуникации на Нов български университет.

Литература:

1. Берберова, Р. 2007. Урбанизация, природни бедствия и възможности за превенция. Сборник с доклади Трета научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS 2007. БАН. 248–253. ISSN 1313–3888.
2. Берберова, Р. 2010. Национална сигурност и системите за ранно оповестяване и редуциране на последствия от природни катастрофи. Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS 2009. БАН. 229–230. ISSN 1313–3888.
3. Берберова, Р. 2012. Природни бедствия в България – състояние и тенденции. НБУ. 147 с. ISBN 978-954-535-699-5.
4. Костова, Д., Р. Берберова. 2009. Екология и геоинформационни системи (ГИС). Сп. “Екологично инженерство и опазване на околната среда” - специализиран брой Годишната международна научна конференция “Екологизация – 2009”. Кн. 3–4/2009. 102–106. ISSN 1311-8668.
5. Мардиросян, Г. 2009. Природните бедствия и екологични катастрофи – изучаване, превенция, защита. Второ допълнено и преработено издание. Акад. издат. „Проф. Марин Дринов“ – БАН. 376 с. ISBN 978-954-322-349-7

6. Мардиросян, Г., Б. Рангелов, А. Бизнаков. 2011. Природни бедствия – възникване, последици, защита. Акад. издат. „Авит Консулт“, 170 с. ISBN 978-954-92214-2-8
7. Специализиран екип за безжични комуникации, http://swat.bg/
8. Мобилна спасителна служба: Сдружение „Офроуд”, https://www.facebook.com/pg/mss.offroad/about/?ref=page_internal
9. https://www.ndbc.noaa.gov/dart/dart.shtml
10. http://www.imseismology.org/regional-monitoring/
11. https://www.lufft.com/blog/en/forest-fires-drought-and-floods-extreme-weather-in-australia/
12. https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/brand/fva_waldbrand_wb3/index_DE
13. http://signal.ee.bilkent.edu.tr/VisiFire/
14. http://www.firesafemarin.org/remote-fire-detection-cameras
15. Берберова, Р. 2014. Анализ на статистически данни за наводнения в Р България. Сборник с доклади от IX научна конференция с международно участие SES’2013. 424-428. ISSN 1313–3888
16. Берберова, Р. 2018. Обзор на възникнали кризисни събития от природни бедствия в България за периода 2004–2016 г. Сборник с доклади от XIV Международна научна конференция SES’2018. ИКИТ-БАН. 375-378. ISSN 2603–3321
17. https://www.fondriest.com/environmental-measurements/environmental-monitoring-applications/stream-and-river-monitoring/
18. https://www.fondriest.com/environmental-measurements/environmental-monitoring-applications/flood-warning-systems/
19. https://qrznow.com/vhf-repeater-project-gb3xp-icqpodcast/
20. http://www.sarcnet.org/files/GippsTech/7%20APRS%20on%20HF.pdf
21. http://aprs.fi

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

SEASONAL CHANGES OF AEROSOL POLLUTANTS OVER BULGARIA

Maria Dimitrova[1], Plamen Trenchev[1], Emilia Georgieva[2], Nadya Neykova[2], Rozeta Neykova[2], Roumen Nedkov[1], Deyan Gochev[1], Dimiter Syrakov[2], Blagorodka Veleva[2], Dimiter Atanassov[2], Tatiana Spassova[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]National Meteorological and Hydrological Institute
e-mail: maria@space.bas.bg; emilia.georgieva@meteo.bg

Keywords: *Remote sensing, atmospheric pollution*

Abstract: *In this work we present an investigation of seasonal behavior of atmospheric pollutant amounts over Bulgarian region. We use monthly averaged satellite and ground station data for the period of 2005 till 2018 and 2013 till 2018 respectively.*

СЕЗОННО ИЗМЕНЕНИЕ НА АТМОСФЕРНИТЕ ЗАМЪРСИТЕЛИ НАД БЪЛГАРИЯ

Мария Димитрова[1], Пламен Тренчев[1], Емилия Георгиева[2], Надя Нейкова[2], Розета Нейкова[2], Румен Недков[1], Деян Гочев[1], Димитър Сираков[2], Благородка Велева[2], Димитър Атанасов[2], Татяна Спасова[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Национален институт по метеорология и хидрология
e-mail: maria@space.bas.bg; emilia.georgieva@meteo.bg

Ключови думи: *дистанционни изследвания, атмосферни замърсявания*

Резюме: *В настоящата работа е представено изследване на сезонното поведение на атмосферните замърсители над територията на България. Използвани са средно месечни стойности на спътникови и наземни данни за периодите 2005–2018 и 2013–2018 съответно.*

Introduction

Broadly speaking, on the base of the spatial scales of the atmospheric processes, the atmospheric pollution can be studied on different scales. Here we will use the terms global for processes at continental scale, regional – for country level, and local - for city level.

There are two main methods for observation of the atmospheric composition – remote sensing and direct (in-situ) measurements near the surface. Each method has advantages and limitations, but their combination provides more complete information.

Example of global events reaching Bulgaria is the transport of Saharan dust over the Mediterranean and Aegean Sea. The source of pollution in this case (uplifting of mineral dust) is natural, located at the earth's surface, and the atmospheric circulation transports the particles far away. For studying such kind of events, it is better to use remote sensing methods, such as satellite data information. The larger the scale of the event is, the lower the needed spatial resolution of the satellite data for its registration is. Still, in order to relate satellite and in-situ observations high resolution satellite data are needed.

The regional and local pollution events originate from a number of different sources, such as soil, industrial facilities, ship transport, urban traffic, agricultural activities, etc. The sources are on or at a stack-height near the surface (point and area sources covering limited spatial scales), so it is better to investigate those kind of pollution events using near-surface measurement stations.

Some local sources may have impact on regional scale, as big industrial facilities and coal fired thermal power plants. In this case the pollutants can rise in the atmosphere and travel with the

winds, thus polluting large distant areas. Such kind of events has to be investigated combining in-situ and remote sensing methods.

In this project the activities foresee combined use of satellite data and data from near-surface measurement stations. This is a way to reach a better understanding of the whole pollution picture.

For investigation on the seasonal pollution behavior we choose to use different data sources as follows:

Optical images from Terra and Aqua satellites for the period of 2004–2018 [1].

Monthly values for AAI and NO_2 and SO_2 from MetOp A, B and C satellites for the period from 2007 to March 2019 [2]

Monthly images of NO_2 from Sentinel 5P satellite for first three months of 2019.

Daily data from selected near-surface stations for the period 2013-2018 [3].

Seasonal changes of the global atmospheric pollution

We can consider the sand storms from Africa as the main global dust pollution source over the Balkans. In Fig.1 we show the monthly variation of the number of days with sand storms directed towards the Balkan region for the period 2005–2018. The events are registered on the base of optical satellite data from *Terra* and *Aqua* satellites.

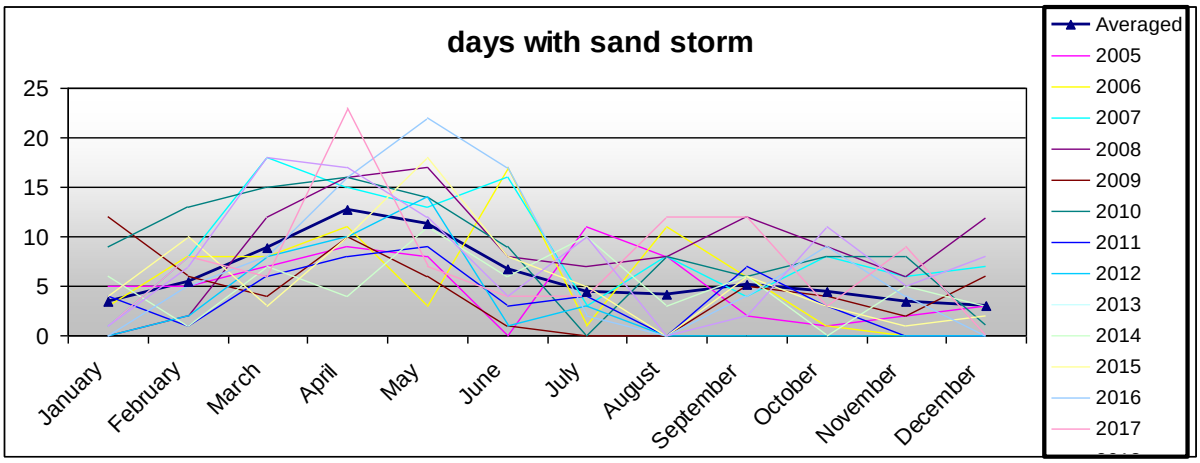


Fig. 1. Number of days with sand storms from Africa, directed to the Balkans

The number of days has monthly and yearly variability. The maximum number of days with sand storms, averaged over the 13-year period, is for April, while in specific years it occurs from March to May. Almost the same number of sand storm events is registered on the base of AAI from *MetOp A* and *MetOp B* satellites for the period 2007–2018.

For the investigation of the seasonal behavior of NO_2 vertical column density (VCD) over the Balkans, monthly values of NO_2 VCD from *MetOp* A satellite for the period from 2007 to 2018, and from *MetOp B* satellite for the period from 2013 to2018 were used. For comparison, *Sentinel 5 P* data for the period from February 2018 until February 2019 and from MetOp C for the first three months of 2019 were used. All mentioned data show similar seasonal changes – a small increase in January, November and December. In Fig. 2 examples for monthly values of NO_2 VCD distribution for different months of 2017 are shown.

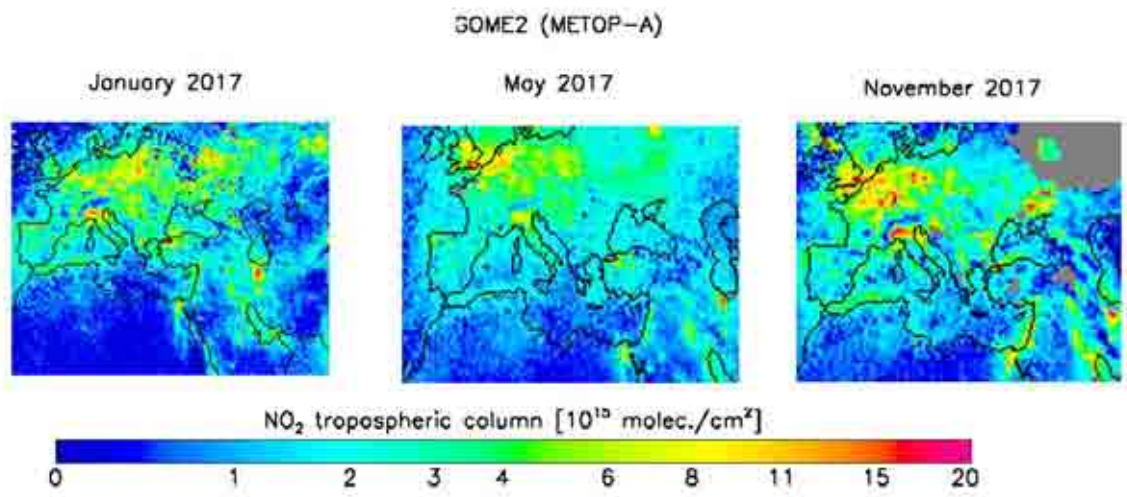


Fig. 2. Monthly averaged NO_2 distribution form MetOp A data

Seasonal changes of the local atmospheric pollution

The analysis here is presented for some selected points /urban and rural/ based on data from satellite and in situ measurements.

The region around the town of Stara Zagora is considered as one of the main industrial pollution sources in Bulgaria. The reason is the open coal mining and the complex of thermal power plants 'Maritza-Iztok'. In Fig. 3 the number of days with pollution for the period 2004–2011 registered on the basis of the optical satellite data from *Terra* and *Aqua* satellites is shown. The number of days with significant pollution in the region of Stara Zagora decreased strongly after 2012. This is confirmed also in [4] where the Aura OMI observations of regional SO_2 and NO_2 pollution changes from 2005 to 2015 over Eastern Europe and for the region of Stara Zagora are discussed. The vertical column density of SO_2 is compared for three periods 2005–2007, 2009–2011, 2013–2015, showing strong decreasing trend. Estimating the SO_2 emission retrievals and consistency of satellite and surface measurements with reported emissions in [5], these SO_2 emission reductions in the region of Stara Zagora after 2012 are also confirmed.

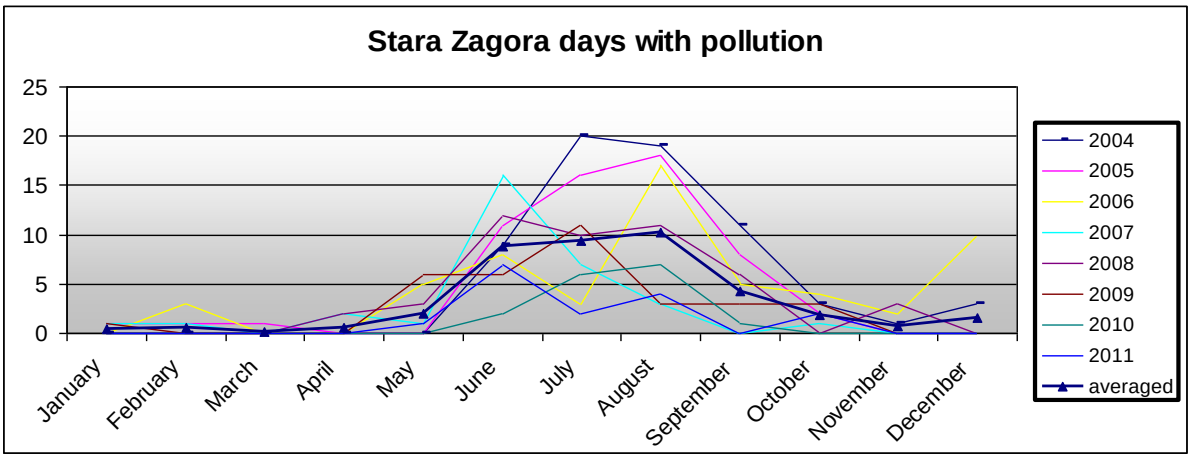


Fig. 3. Number of days with atmospheric pollution over the region of Stara Zagora

For the investigation of the local pollution, several near-surface stations from the monitoring network of the Executive Environmental Agency (ExEA) were chosen, as shown in Fig. 4. The abbreviation RIOSV in the Figures stands for the Regional Inspectorates of the ExEA.

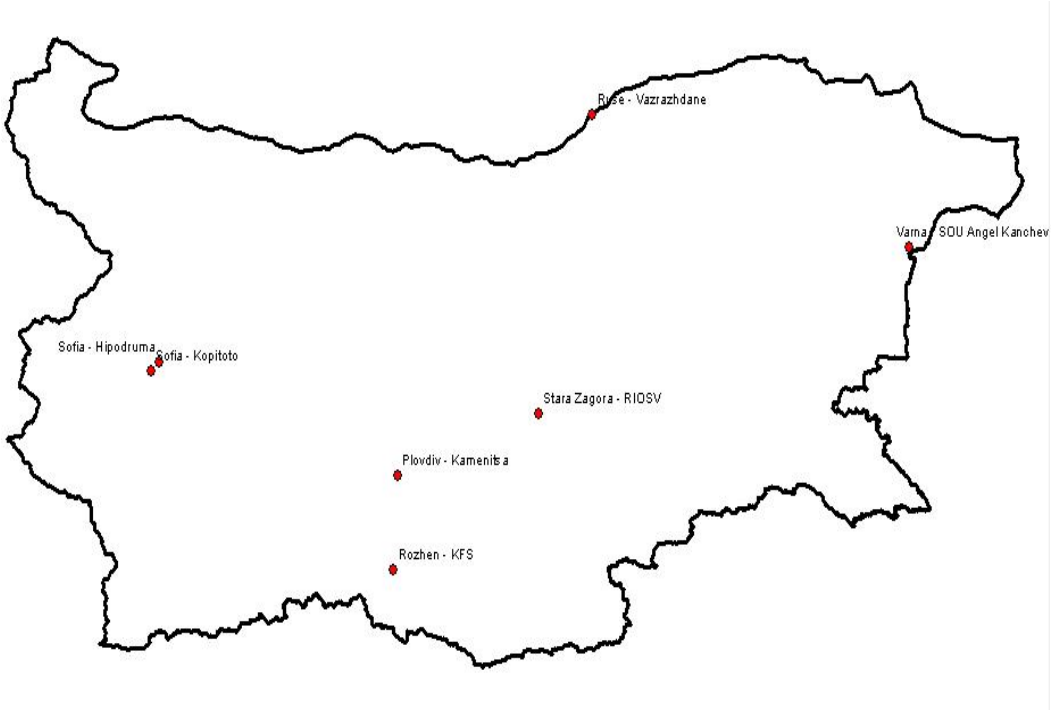


Fig. 4. Locations of the selected the near-surface stations for atmospheric pollution monitoring

The types of the selected stations are as follows:

- Big cities – Sofia, Varna, Plovdiv, and Ruse;
- Industrial region with well known pollution origins – Stara Zagora;
- Rural places far away from pollution sources (rural remote) – Rozhen and Kopitoto.

Data for PM2.5, PM10, SO2, NO and NO2 in the period 2013–2018 were analysed for all of the stations. As Plovdiv is the focus of interest in this project, the monthly averaged values for PM2.5, PM10, NO_2 and SO_2 concentrations at station Kamenitza are shown in Fig. 5 to Fig. 8, respectively.

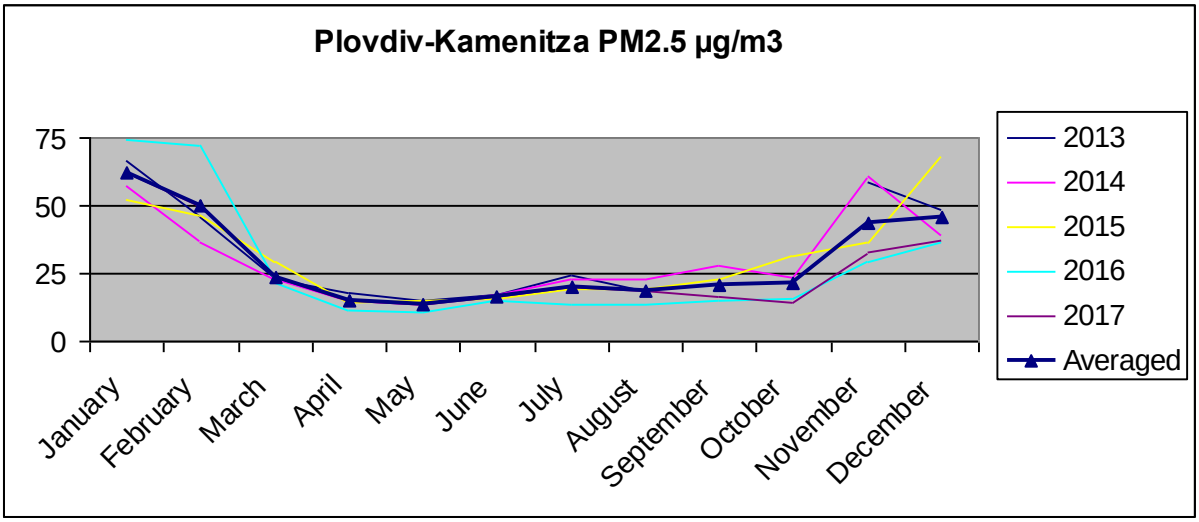


Fig. 5. PM2.5 monthly values (µg/m^3) at Kamenitza- Plovdiv station

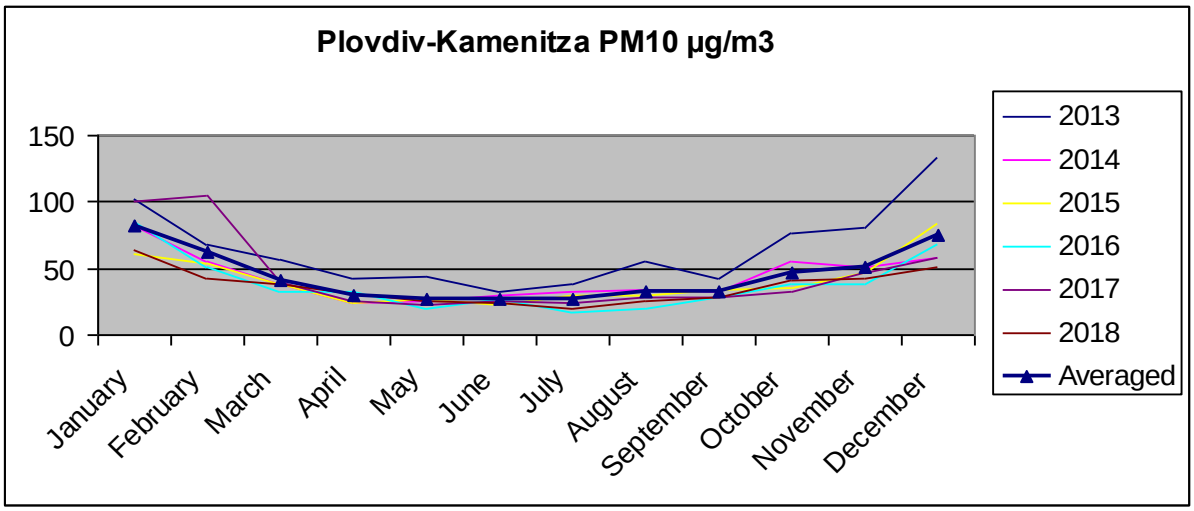


Fig. 6. PM10 monthly values (µg/m^3) at Kamenitza - Plovdiv station

As seen in Fig. 5 and Fig. 6, PM2.5 and PM10 concentrations show similar seasonal behavior with higher values in winter and lower in summer.

The SO_2 concentrations (Fig. 7) show low averaged values with no significant seasonal changes. In Fig. 8 and Fig. 9 the monthly variation of NO and NO_2 concentrations in Plovdiv are presented. The graphs show increased NO and NO_2 values during the winter months, similar to those registered with MetOp. The concentrations of NO_2 are higher than those of NO and show stronger seasonal variations.

For providing more information across the country in Fig. 10 and Fig. 11 the PM2.5 concentrations at the urban stations Hipodruma (in Sofia) and Vazrajdane (in Ruse) are shown.

As seen in Fig. 5, Fig. 10 and Fig. 11, the monthly variation for PM2.5 is similar in Sofia, Ruse and Plovdiv. It has a maximum during the winter months – January, February and December. The highest values are registered in Sofia, followed by Plovdiv and Ruse.

The averaged values for PM10 in the chosen big cities in Bulgaria show the same behavior as PM2.5, only with higher values.

For the investigation of the seasonal distribution of the pollutants over non-urban areas, two mountain stations not directly affected by pollution sources are chosen. In Fig. 12 and Fig. 13 the monthly variation of PM2.5 is shown, respectively at Rozhen (1760 m a.s.l) and Kopitoto (1350 m a.s.l).

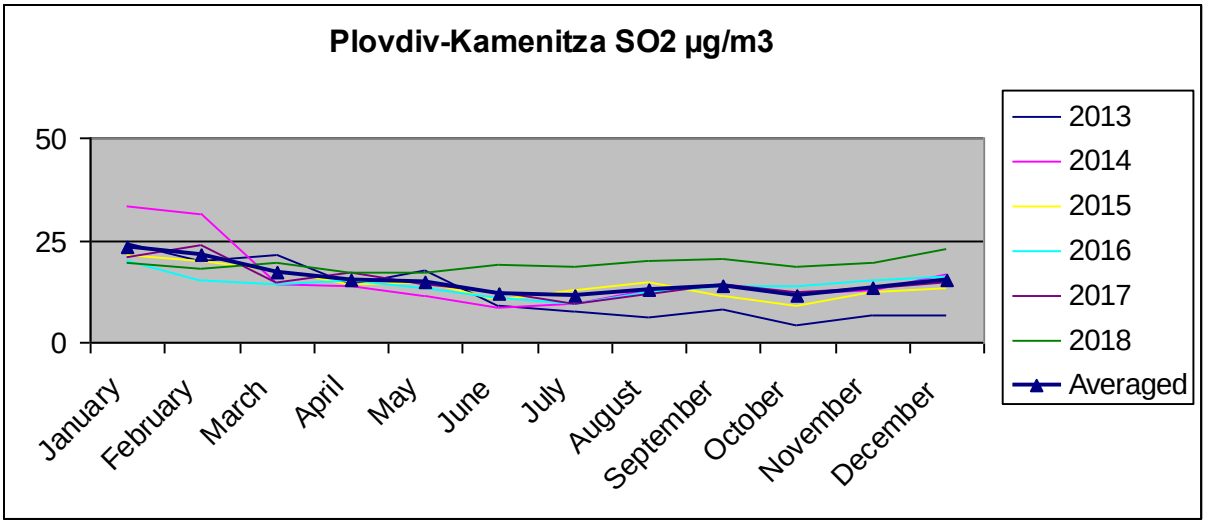


Fig. 7. SO_2 monthly values (µg/m^3) at Kamenitza - Plovdiv station

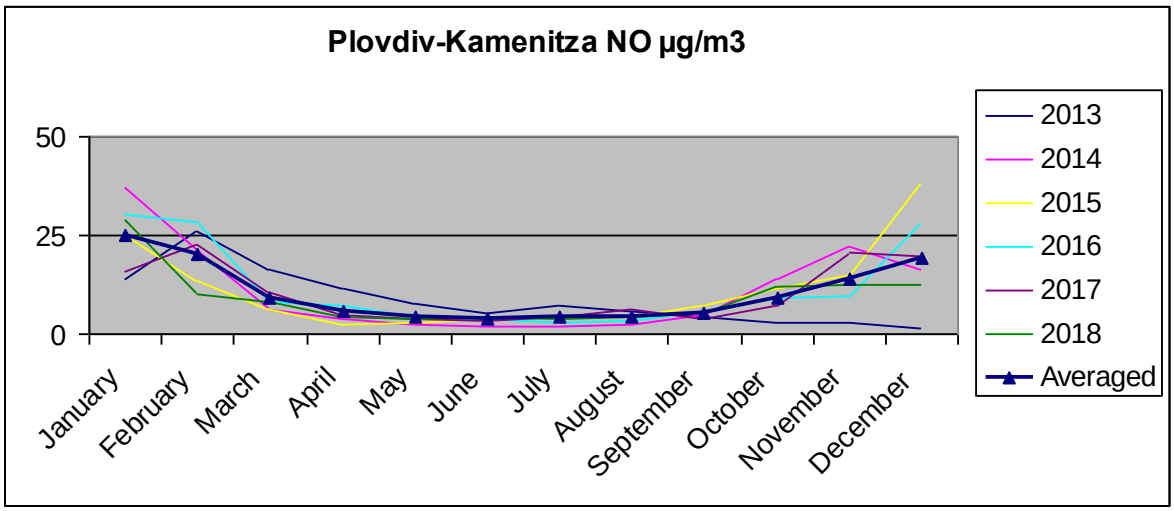


Fig. 8. NO monthly values (µg/m^3) at Kamenitza - Plovdiv station

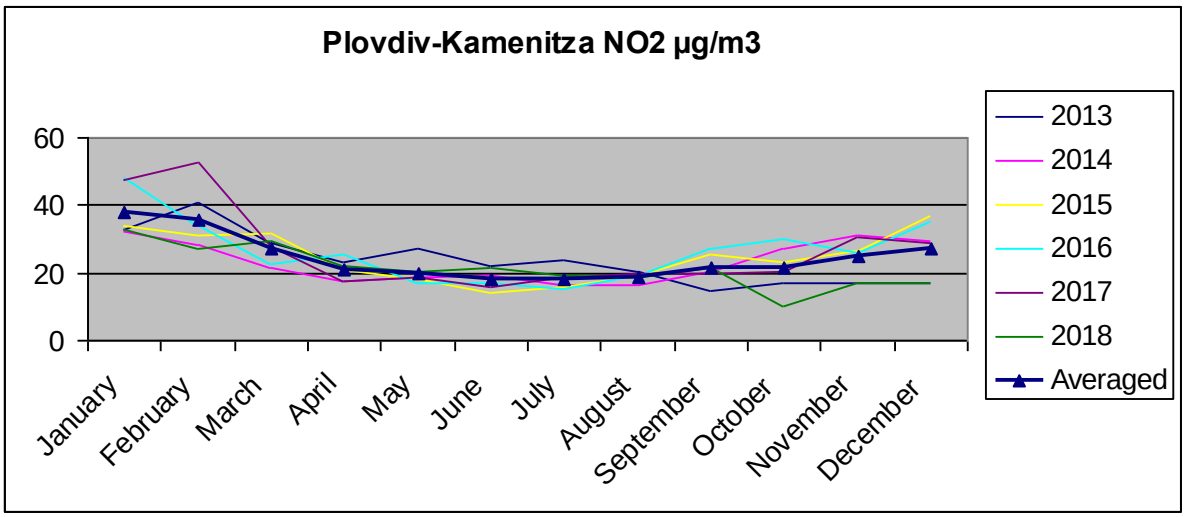


Fig. 9. NO_2 monthly values (µg/m^3) at Kamenitza- Plovdiv station

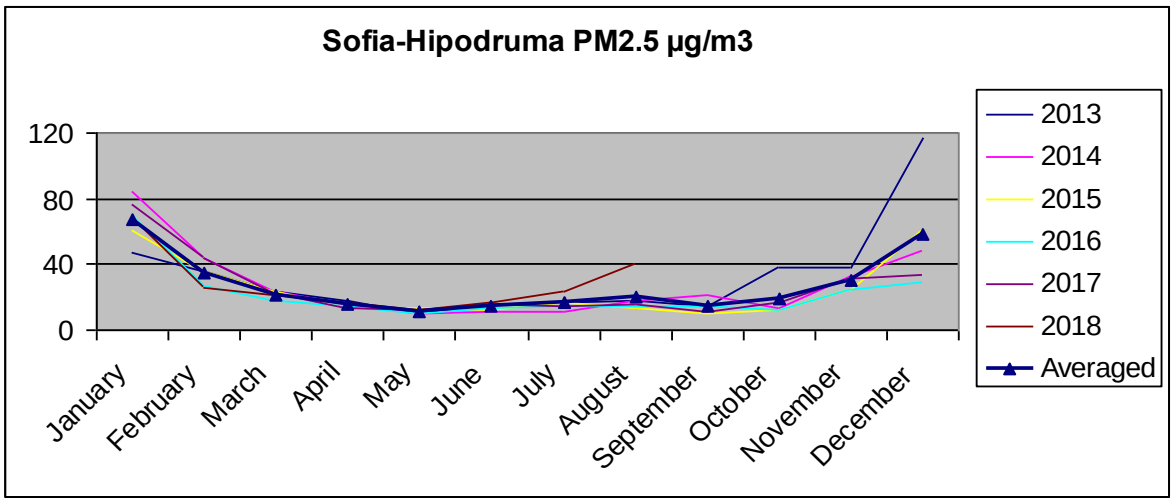


Fig. 10. PM2.5 monthly values (µg/m^3) at Hipodruma in Sofia

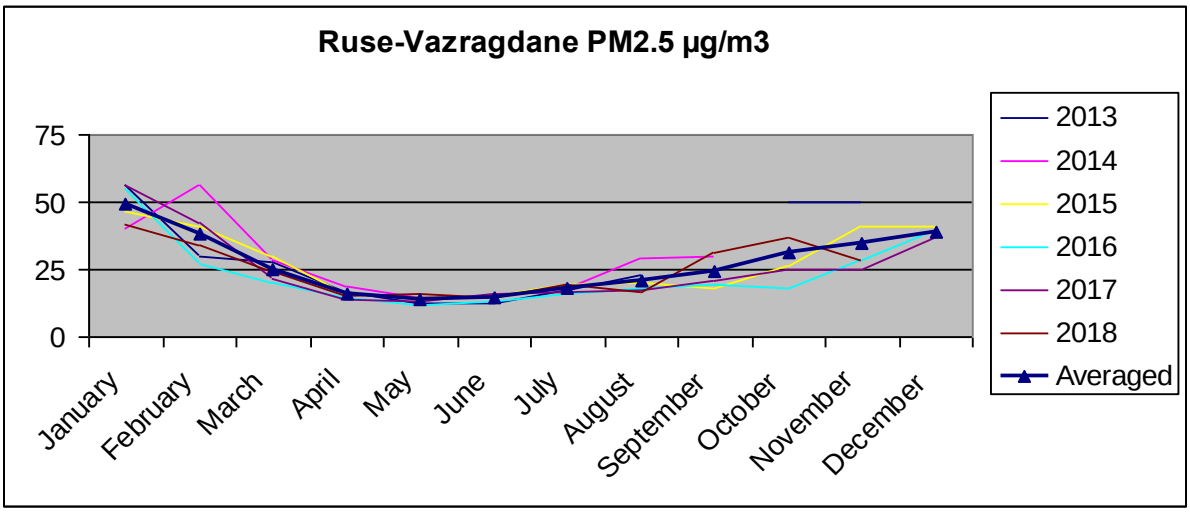


Fig. 11. PM2.5 monthly values (µg/m^3) in Ruse

As seen in Fig. 12 and Fig. 13, the seasonal behavior of PM2.5 concentrations at the mountain sites is quite different from that in the big cities. The maximal values are registered in spring and summer months. Main reason for this is the seasonal variation of the height of the atmospheric boundary layer (ABL), which is low in winter and keeps pollution below the mountain tops. In summer, the ABL height reaches above the mountain tops and brings the urban pollution up. The high values at Kopitoto in spring may be influenced also by Saharan sand storms (reference Fig. 1). The PM2.5 concentrations at mountain stations are much lower than in urban areas.

As mentioned above, one well known polluted industrial region in Bulgaria is around Stara Zagora. In Fig. 14 the monthly variation of PM2.5 concentrations at a monitoring station in the city of Stara Zagora is shown. The PM2.5 values are low and their seasonal changes are negligible. Historically, the region was a “hot spot” for PM pollution before 2012. Then measures were taken and the emissions were reduced significantly. Previous investigations in the region showed that even when PM pollution was registered from satellite observations, no high values were measured at the ExEA monitoring stations near the ground [6, 7]. Similarly, decrease of SO_2 concentrations was observed in the region after 2012 [8].

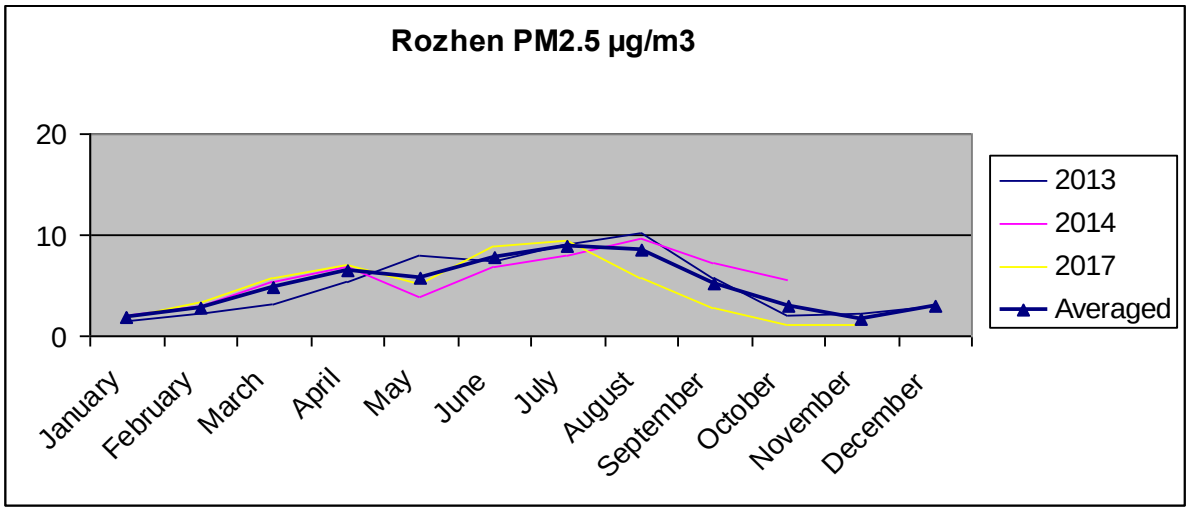


Fig. 12. PM2.5 monthly values (µg/m^3) at Rozhen

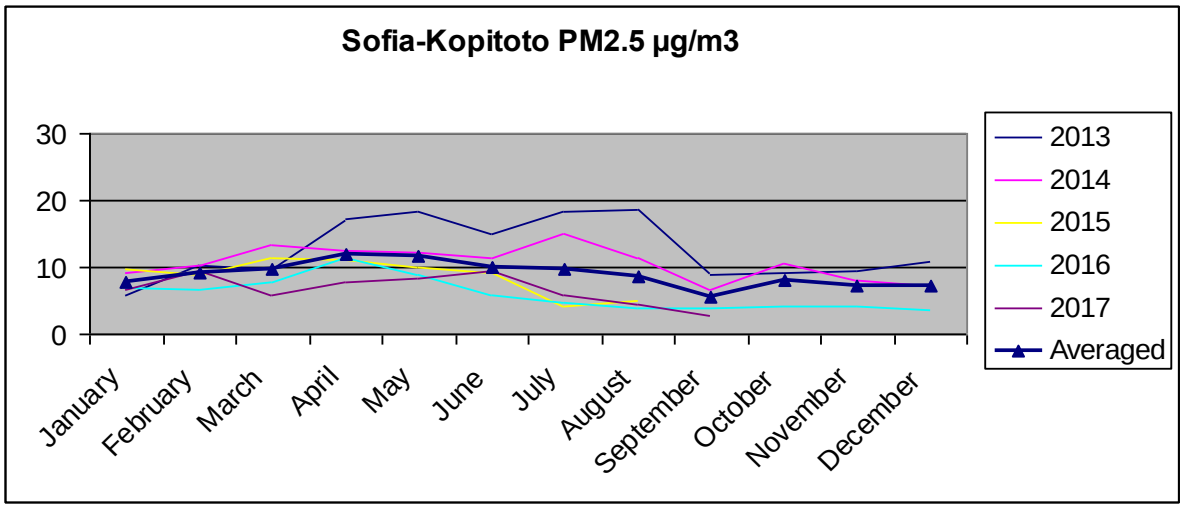


Fig. 13. PM2.5 monthly values (µg/m^3) at Kopitoto

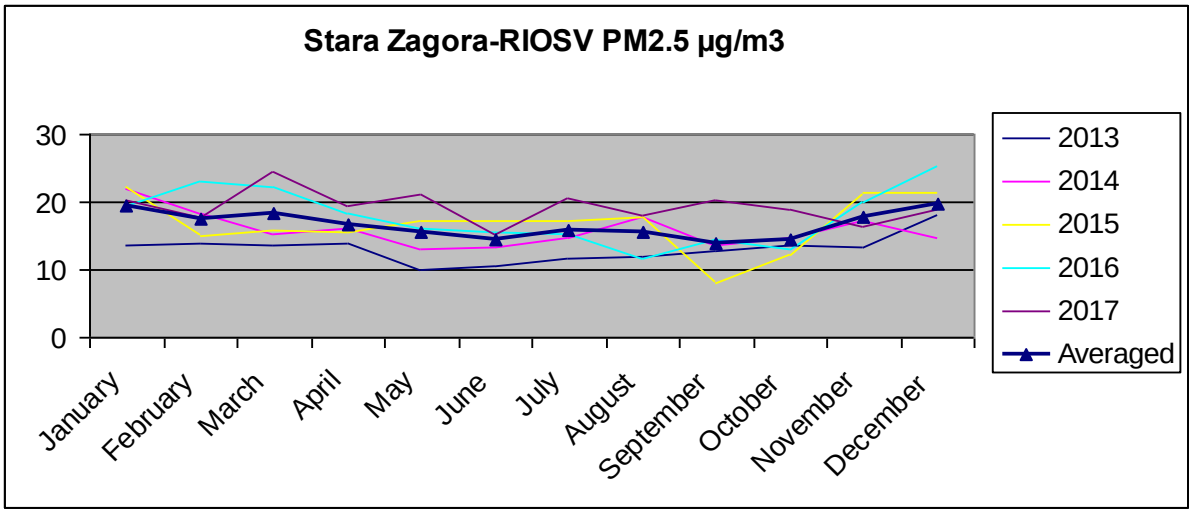


Fig. 14. PM2.5 monthly values (µg/m^3) in Stara Zagora

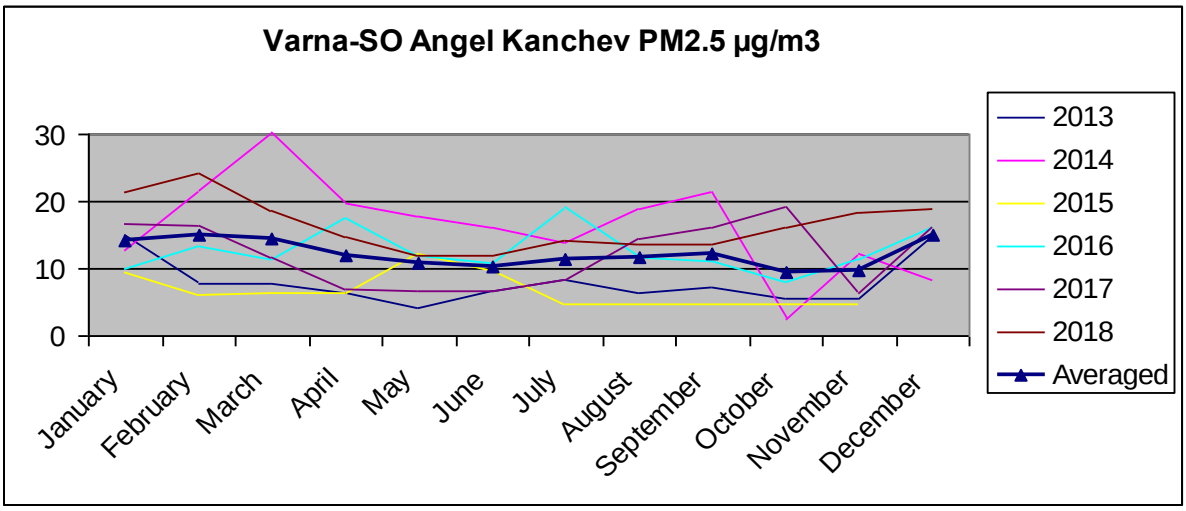


Fig. 15. PM2.5 monthly values (µg/m^3) in Varna

At the end, in Fig. 15, the monthly variation of PM2.5 in Varna, located at the Black Sea coast is shown. Low values and small seasonal variations are observed.

Comparison of the seasonal pollution behavior registered on the base of different data sources

For the comparison of dust pollution over Bulgaria registered from the satellites and near-surface stations, monthly values of AAI from the MetOp A and B satellites are used. The behavior of AAI from MetOp A for the period of 2007–2015 for Sofia, Plovdiv and Varna regions, respectively, is shown in Fig. 16, Fig. 17 and Fig. 18. The record stops in 2015, as after the middle of the 2015 AAI data from the MetOp A satellite decrease significantly.

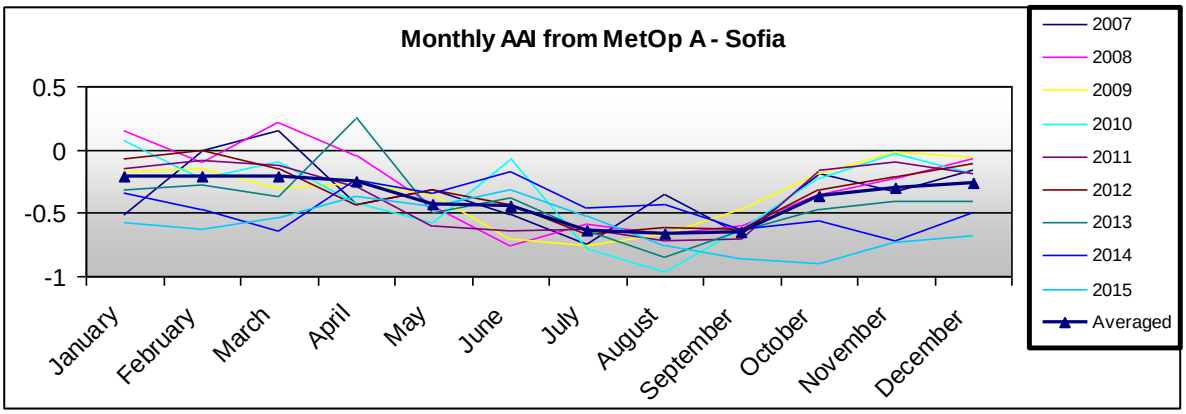


Fig. 16. of AAI in Sofia

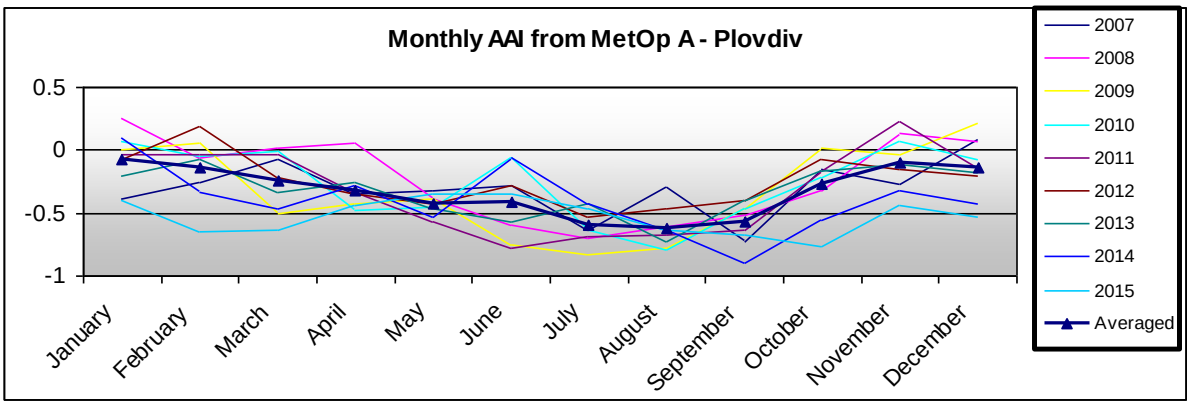


Fig. 17. Monthly variation of AAI in Plovdiv

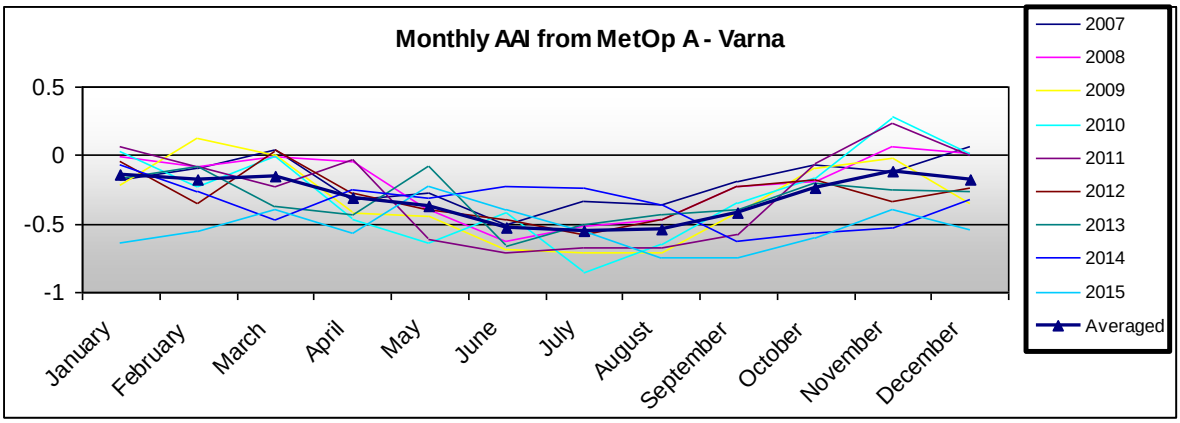


Fig. 18. Monthly variation of AAI in Varna

The monthly variation of AAI from MetOp B satellite for the period of 2012–2018 for Plovdiv is shown in Fig. 19 for comparison.

Almost all monthly AAI values in Figs. 15–18 are negative. A negative AAI value corresponds to presence of cloud coverage and scattering aerosols. Higher AAI values are registered in winter and spring.

To compare observations from the three MetOp satellites, monthly AAI data for March 2019 are used. The results are shown in Fig. 20.

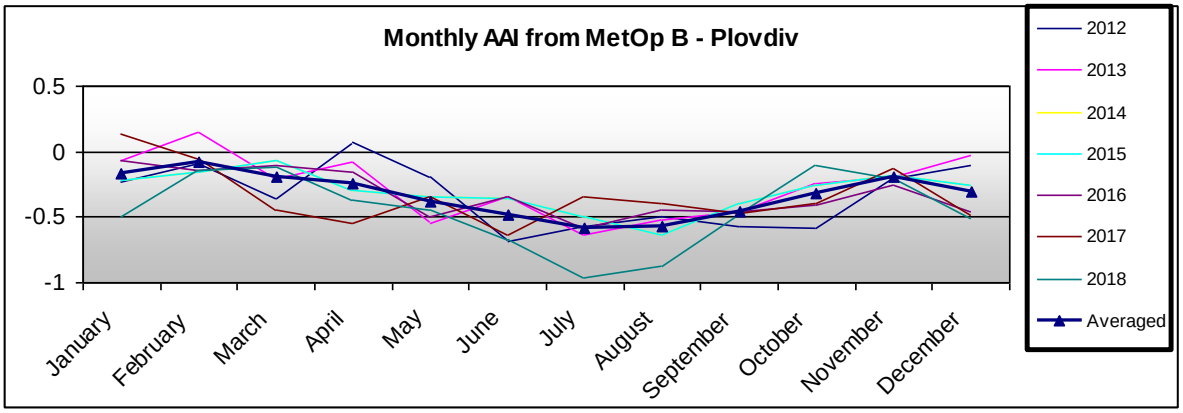


Fig. 19. Monthly variation of AAI in Plovdiv

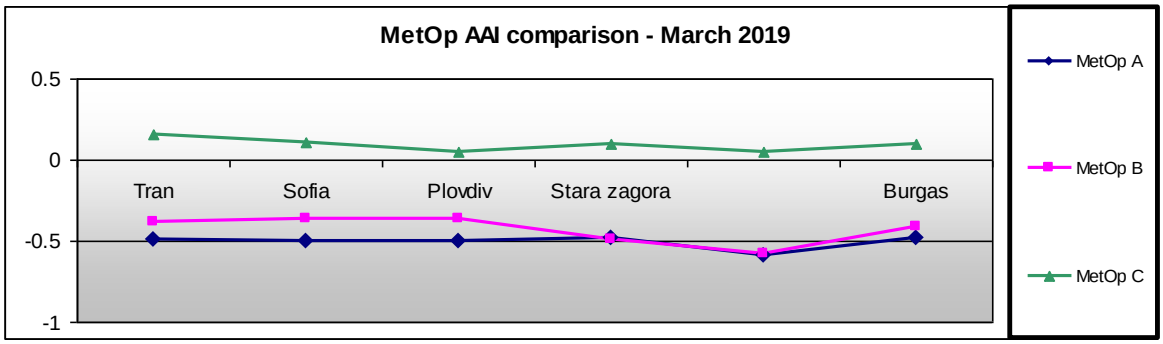


Fig. 20 Comparison of AAI data from tree MetOp satellites at selected locations in March 2019

AAI values from MetOp-C satellite are higher than those from the two other satellites and the differences change with place. This means that, best is to use available AAI data from all satellites for a selected period and place, to compare and to study the reasons for the differences.

There are no available for us satellite monthly data for SO_2, but, on the basis of available daily data, we can say that SO_2 values are very small and show no significant seasonal changes. The same behavior is seen in Fig. 7 for near-surface measurements.

To study the seasonal behavior of NO_2 from satellite data Sofia, Plovdiv and Varna are chosen as big cities, and Stara Zagora as industrial region.

In Fig. 21 and Fig. 22 the monthly variation of NO_2 registered on the base of monthly data from the *MetOp A* satellite for the period 2007–2018 for the regions around Sofia and Plovdiv is shown, respectively. The values of NO_2 are given in relative units.

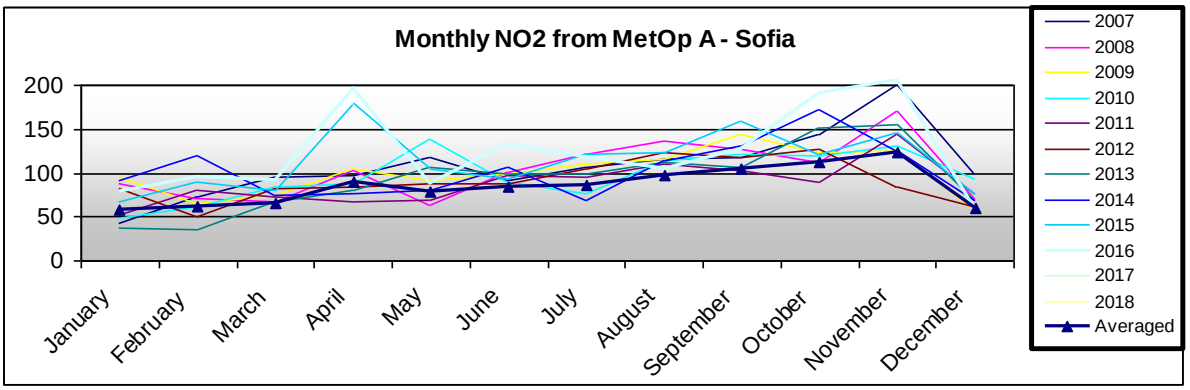


Fig. 21. Monthly variation of NO_2 around Sofia

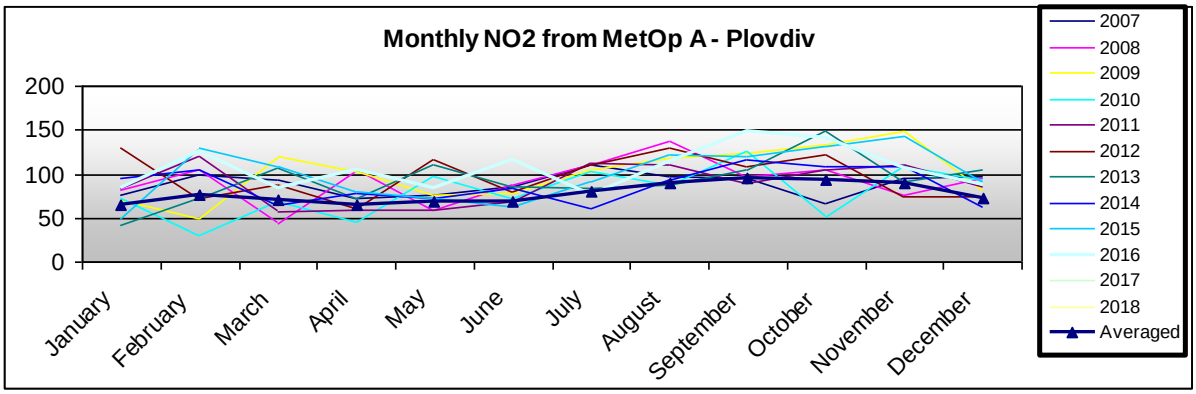


Fig. 22. Monthly variation of NO_2 around Plovdiv

As seen from the two Figures above, in both cases NO_2 shows a maximum during the autumn months. For Sofia region the well pronounced maximum of averaged over the years distribution is in November. In the region of Plovdiv the seasonal variation is smaller. In Stara Zagora region (not illustrated here) maximum values of NO_2 are registered during the summer months.

All the NO_2 data from the MetOp satellites show comparable values for the whole period of investigation. The data for NO_2 from Sentinel 5P, as presented in monthly images, is comparable with that from the MetOp satellites.

Conclusions

Comparing satellite data with the data from near-surface measurement stations, we must remember that:

A value for the total column content of pollutants over a region, is corresponding to the spatial resolution of the satellite's instruments, while at the near-surface stations the in-situ values (point values) for the concentrations are measured;

The satellite data contain both the influence of regional and global events;

For the dust pollution satellite data for AAI or AOD are available, while in-situ PM2.5 and PM10 are registered separately. AAI and AOD include represent various types of existing aerosol;

In the presented analysis for the near-surface stations daily values of PM2.5 and PM10 were used, while for other pollutants the temporal resolution was 1 hour.

The similar seasonal behavior seen in the data from different origins (satellite, in-situ) provides an opportunity to use them together, but only after a good understanding of their differences.

In a summary:

- Based on satellite data for 9 to 12 years, the monthly variation of AAI, NO2 and SO2 at selected big cities in Bulgaria is analysed.
- Satellite data show increased amount of dust and gaseous components in autumn and winter above big cities.
- The registered differences in the seasonal behavior of pollution ingredients at the chosen places could be explained with local sources of pollution, long lasting unfavorable meteorological conditions or pollutants transported from longer distance.

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. https://worldview.earthdata.nasa.gov/
2. http://www.temis.nl/airpollution/absaai/
3. http://discomap.eea.europa.eu/map/fme/AirQualityExport.htm
4. Krotkov, N. A., McLinden C. A. , Li Can, Lamsal L. N., Celarier E. A., Marchenko S. V., Swartz W. H., Bucsela E. J., Joiner J, Duncan B. N., Boersma K. F., J. Pepijn Veefkind, Levelt P. F., Fioletov V. E., Dickerson R. R., He H, Lu Z, and Streets D. G., 2016, Aura OMI observations of regional SO2 and NO2 pollution changes from 2005 to 2015, Atmos. Chem. Phys., 16, 4605–4629, 2016 www.atmos-chem-phys.net/16/4605/2016/ doi:10.5194/acp-16-4605-2016
5. Fioletov, V, McLinden C. A., Kharol S. K., Krotkov N. A., Li C, Joiner J., MoranM D., Vet R., Visschedijk A. J. H., and Denier van der Gon H. A. C., 2017, Multi-source SO2 emission retrievals and consistency of satellite and surface measurements with reported emissions, Atmos. Chem. Phys., 17, 12597–12616, 2017 https://doi.org/10.5194/acp-17-12597-2017
6. Nedkov, R., Rumenina E., Filipov L., Christov P., Dimitrova M., Zaharinava M., Naydenova V., Ghelev G. (2007). Web-Based Monitoring of Atmospheric Pollutants in the Region of Stara Zagora based on Satellite Data SENS 2007, Third Scientific Conference with International Participation, SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY, 27–29 June 2007, Varna, Bulgaria, pp. 264–273, ISSN 1313-3888 (in Bulgarian).
7. Stoyanova, P., Dimitrova M., Nedkov R., Panayotova D., Apostolova V., Zaharinova M., Ivanova I., 2010, Ecological monitoring of atmospheric pollution of Dimitrovgrad municipality, based on satellite and in-situ data for the period 2005-2009. Ecological engineering and environmental protection, issue 2/2010, pp. 21–26, ISSN 1311-8668 (in Bulgarian).
8. https://so2.gsfc.nasa.gov/measures.html

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

IDENTIFICATION OF OPTIMAL SATELLITE DATA FOR USE IN THE AIR QUALITY MODELING SYSTEM BGCWFS

Maria Dimitrova[1], Roumen Nedkov[1], Dimiter Syrakov[2], Emilia Georgieva[2], Deyan Gochev[1], Plamen Trenchev[1], Blagorodka Veleva[2], Dimiter Atanassov[2], Tatiana Spassova[2], Ekaterina Batchvarova[3]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]National Institute of Meteorology and Hydrology
[3]Climate, Atmosphere and Water Research Institute
e-mail: maria@space.bas.bg; emilia.georgieva@meteo.bg

Keywords: *Remote sensing, atmospheric pollution*

Abstract: *In this work we present an investigation of finding and processing of optimal satellite dataset for assimilation in the air quality modeling system BgCWFS. The modeling system BgCWFS simulates the transport and chemical transformation of air pollutants over five different nested domains with different spatial resolution and the optimal satellite datasets for each of them are different. We show that data from MetOp satellites is optimal for use in Europe and, Balkan domains while Sentinel 5P data is better for two other ones - Bulgaria and Sofia district*

ИЗБОР НА ОПТИМАЛНИ СПЪТНИКОВИ ДАННИ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ В СИСТЕМАТА ЗА АТМОСФЕРНО ЗАМЪРСЯВАНЕ BGCWFS

Мария Димитрова[1], Румен Недков[1], Димитър Сираков[2], Емилия Георгиева[2], Деян Гочев[1], Пламен Тренчев[1], Благородка Велева[2], Димитър Атанасов[2], Татяна Спасова[2], Екатерина Бъчварова[3]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Национален институт по метеорология и хидрология
[3]Институт за изследвания на климата, атмосферата и водите
e-mail: maria@space.bas.bg; emilia.georgieva@meteo.bg

Ключови думи: *дистанционни изследвания, атмосферни замърсявания*

Резюме: *В настоящата работа е представено изследване на избора и обработката на спътникови данни за асимилиране в BgCWFS.. Моделната система BgCWFS симулира разпространението и химическите трансформации на различни атмосферни замърсители в пет различни, вложени една в друга области с различна пространствена разделителна способност. Така оптималните спътникови данни за различните области са различни. Показали сме, че данните от спътниците MetOp са подходящи за областите Европа и Балкански полуостров, докато данните от Sentinel 5P са по-добри за използване в други две такива – България и София област..*

Selection of satellite data for use in BgCWFS

The satellite data to be used by the Bulgarian Chemical Weather Forecast System (BgCWFS), [1, 2] should have proper spatial and temporal resolution. The focus is on free data mainly from European satellites.

The modeling system BgCWFS operates over five different nested domains with different spatial resolution - Europe (81 x 81 km), Balkan Peninsula (27 x 27 km), Bulgaria (9 x 9 km), Sofia region (3 x 3 km) and Sofia city (1 x 1 km). The satellite data assimilation will be only in the first three domains.

In the perfect case we must use satellite data with the same space resolution and coverage of the whole areas of interest. There is no such kind of satellite data.

We decided to use data mainly from GOME-2 and TROPOMI instruments with space resolution 40 x 40 (40 x 80) km and 3.5 x 7 km respectively.

Data from GOME-2 are suitable for use in the first two model domains and TROPOMI data – for the two other domains.

There are three satellites – *MetOp A, B and C* respectively, with the same instrument GOME-2. Data from the first two satellites are used in the current investigation. They lay on the same orbit, placed on opposite sides of the Earth as it is shown in Fig. 1.

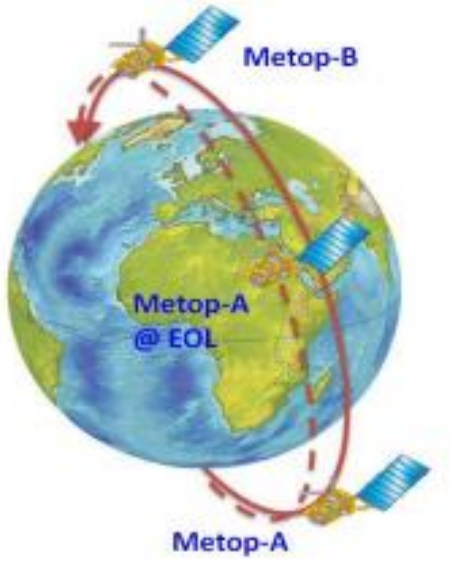


Fig. 1. The Orbit positions of MetOp A and B satellites

Metop-C has been placed in same orbit as *Metop-A* and *B* and at equal distance to both platforms, with LT equator crossing at 9:30 UTC, the same as for *Metop-A* and *B* (a '*Tristar* ' configuration – see Fig. 2, left)

During the course of commissioning, and based on the early data-user feedback, the decision will be made to either remain in a tristar phasing configuration or to shift *Metop-C* 180 degrees opposite *Metop-B* (original A/B configuration from Fig. 1) with *Metop-A* in-between ("*Trident*" configuration – see Fig. 2, right) [3]. At the moment (October 2019) three MetOp satellites are in Tristar position.

Combining data from two or from all three of satellites, it is possible to obtain better space resolution and have the possibility to use such data even in the third area in BgCWFS – Bulgaria domain.

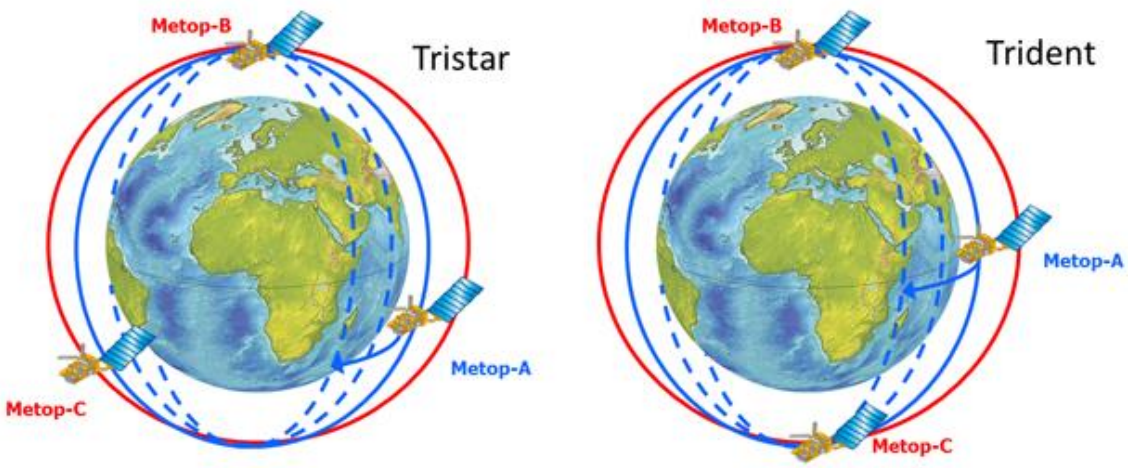


Fig. 2. The Orbit positions of *MetOp A, B* and *C* satellites

The time difference between two orbital passes of the same satellite is about an hour and forty minutes (about 100 minutes) as it is shown in Fig. 3.

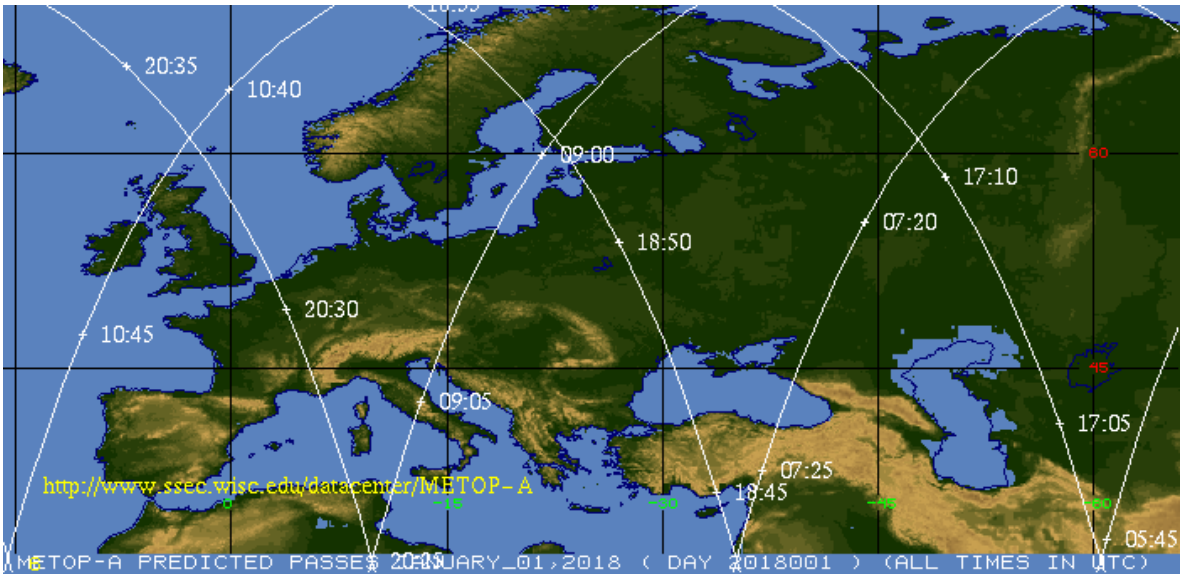


Fig. 3. Time difference between *MetOp* orbit tracks

If we use all three satellites in *Tristar* configuration, we will have time difference between their passes less than 70 minutes, so we can use them together. If the satellites are in a *Trident* position, the time difference will be about 50 minutes.

Unite data from *MetOp A, B* and (in future) *C* satellites

Satellite data with small and middle space resolution (such as *MetOp*) are appropriate for the investigation of continental scale processes. So we can use such kind of data only to register and study pollution distribution over the region of Europe.

Initially it was planned to use data from a single satellite to be sure that all measurements are made with the same instrument. However, *MetOp A* satellite is older and its scanning width becomes smaller. Its spatial resolution is 40 x 40 km, while *MetOp B* satellite has a resolution of 40 x 80 km. So, we decided to unite data from both of them.

After launching of *MetOp C* satellite at the end of 2018, we have the opportunity to use together data from all three satellites.

Even if we use two or three satellites, to cover the whole European area we must use at least two orbital passes of each of them. Fig. 4 shows the first domain of BgCWFS (domain Europe) and the corresponding area covered by one track of *MetOp A* and one of *MetOp B* satellites with pointed centres of their measurement cells.

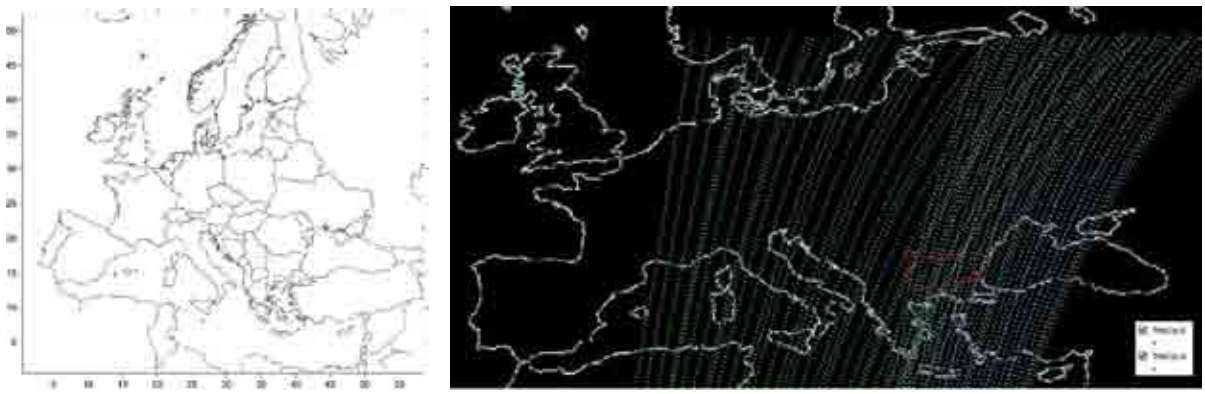


Fig. 4. The European domain in BgCWFS (left) and coresponding area covered by one track of *MetOp A* (blue dots) and one track of *MetOp B* (green dots) satellites (right)

The purpose of using satellite data in BgCWFS is better air quality predictaions through downscaling towards smaller domains and the area of interest is the Balkan region. Thus, more important is to use satellite data in the second domain of BgCWFS. Its horizontal grid resolution of 27 x 27 km is appropriate to the resultant space resolution of the combined data from the two MetOp satellites. Figure 5 shows the second modelling domain of BgCWFS and the corresponding area covered by one track of *MetOp A* and one track of *MetOp B* satellites with pointed centres of their measurement cells.

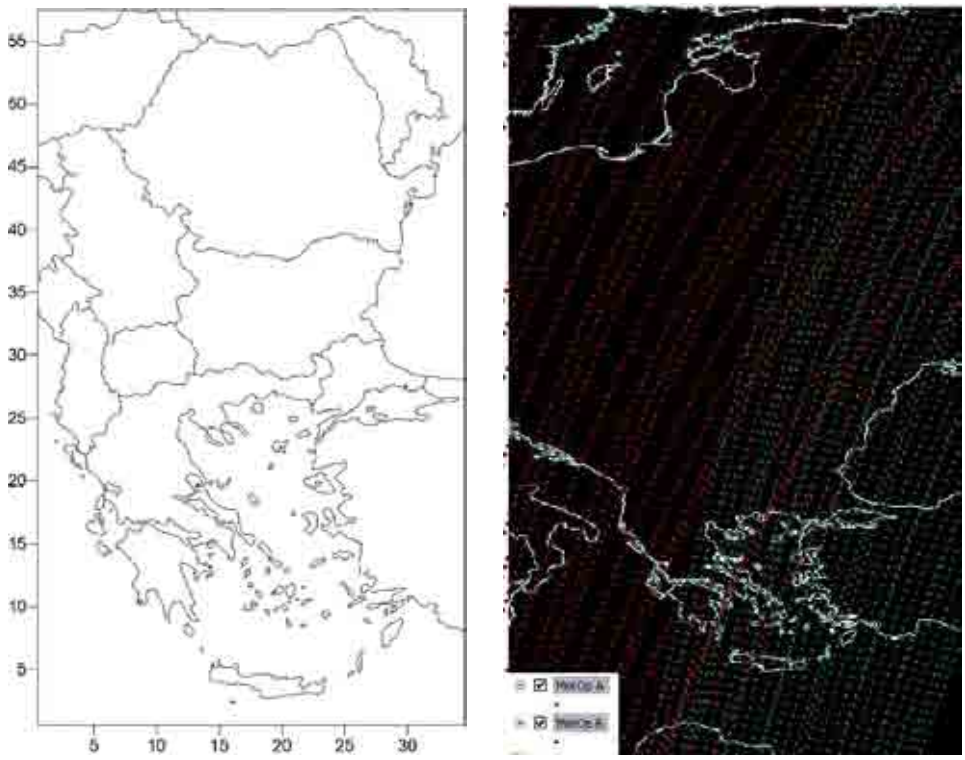


Fig. 5. The Balkan domain of BgCWFS (left) and the corresponding area covered by one track of *MetOp A* (blue dots) and one of *MetOp B* (red dots) satellites with pointed centres of their measure cells (right)

The *MetOp* orbits are in north-east toward south-west directions. The covered area changes from day to day and not-every-day single orbital pass of one satellite covers the whole area. Thus, we have a different spatial resolution of satellite data in the different domains.

Mineral dust is significant source of natural particulate matter. Sand storms from Africa may affect the Balkan region and thus contribute to elevated pollution levels. These sand storms approach Bulgaria mostly from south-west moving towards north-east and this is in good accordance with the *MetOp* tracks. Thus, for the investigation of dust pollution in Bulgaria, it is important to have good coverage of the whole south area of the Balkan domain.

Relevant to SO_2 and NO_2 column densities, we have analysed *MetOp* data for the period - from 2007 till now (more than 10 years). Based only on these data we don't register any significant SO_2 pollution and can't say anything about the tendency of its propagation. On the contrary, we registered a tendency for NO_2 propagation from north-west towards our area of interest. In this case it is more important to have better spatial resolution and coverage for the north-west area of the Balkans.

So, according to the main goal of the investigation, we may choose an earlier or the next orbit of each satellite.

Figure 6 shows the domain Bulgaria of BgCWFS and the corresponding area covered by one track of *MetOp A* and one of *MetOp B* satellites. As it is seen, we have small amount (100–150) of measurement points over the whole area (less than 100 points for *MetOp A* and less than 50 points for *MetOp B*).

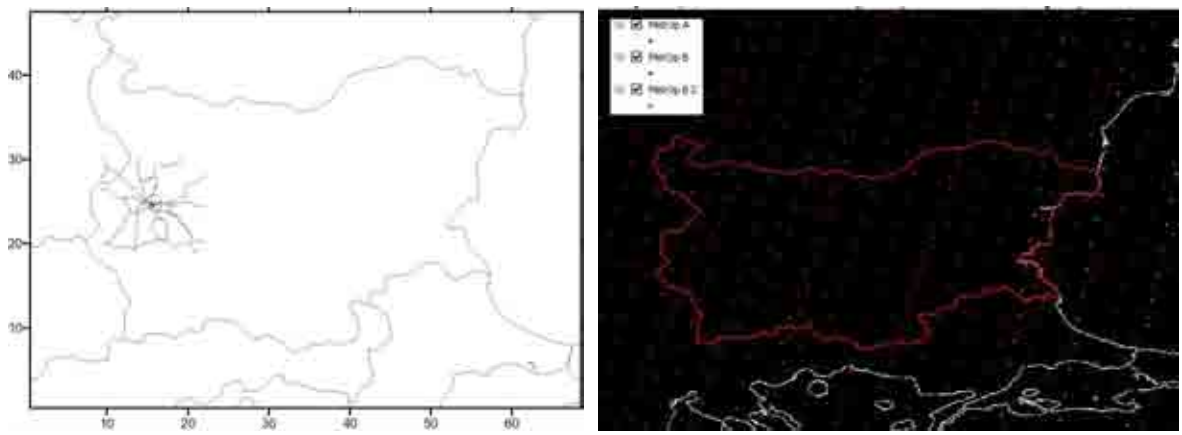


Fig. 6. The domain Bulgaria of BgCWFS (left) and responding area covered by one track of MetOp A (red dots) and two of MetOp B (dark and light blue dots) satellites with pointed centres of their measure cells (right).

For the Figures 4, 5 and 6 we used information for different days of March, 2018 in order to show the differences in satellite data coverage from day to day.

GOME 2 Data processing

When satellite data will be used on daily basis it is important to obtain and process data quickly and almost automatically.

The data from the *MetOp* – GOME-2 instrument are in h5 format [4] (Level 2 products) [4], Near real time product contain the data for AAI and NO2 and offline - for AAI, NO_2 and SO_2 in one file. In the same file there are other interesting variables such as clouds, other pollution ingredients, water column etc.

Data processing starts with obtaining the needed track for both *MetOp A* and *B* satellites. Then, from the files of each satellite we extract data for AAI, NO_2 and SO_2 only at geographical points (lat-lon coordinates) from one single orbit (Latitude from -90 to 90 degree). Then we import data in ArcGIS and define our area of interest (the Balkans in this case). The next step is to convert the data to one-and-the-same units as needed for BgCWFS. The last step is to unite the data from both satellites.

The AAI values from *MetOp A* satellite are much smaller than those from *MetOp B* satellite.

The values for NO_2 and SO_2 from both satellites are fully comparable.

The AAI data are in dimensionless units, but not from 0 to 1 as AOD. Data for NO_2 are in [molecules/cm^2] and data for SO_2 are in DU (Dobson units) [5].

The data conversion we use is as follows:

$$\text{If } NO_2>0 \text{ then } NO_2\ [\mu g/cm^2] = NO_2\ [molecules/cm^2] \times 7.636 \times 10^{-17}$$
$$\text{If } SO_2>0 \text{ then } SO_2\ [\mu g/cm^2] = SO_2\ [DU] \times 2.14$$

For AOD we use the following relationship:

$$\text{If } AAI > 0.5 \text{ then } AOD = AAI/10 \text{ for } \textit{MetOp B}$$
$$\text{If } (AAI \neq -1) \text{ and } (AAI + 3 > 0.5) \text{ then } AOD = (AAI + 3)/10 \text{ for } \textit{MetOp A}$$

The two wavelengths that constitute the AAI wavelength pair are set to 340 and 380 nm, respectively [6, 7].

These relationships between AAI and AOD are based on previous comparison of data for AOD and AAI from AURA satellite and data for AAI from *MetOp B* and for AOD from Terra, Aqua and Aura satellites [6, 7].

Comparing data for AAI (340 and 380 nm) and AOD (550 nm) from the same OMI instrument for past periods, we found that relationships between values for these two characteristics are close to linear. Values for both of them are dimensionless, but have different spatial resolution. The AOD (550 nm) from Terra and Aqua have average values for the period from January to March 2018 about 10 times higher than AAI form *MetOp* values. Further in this analysis we obtained the maximal value of AAI from *.h5* files for the period February–April 2018 and found that AAI not exceeds the value of 8.5 even in the regions above Sahara at moments of stronger sand storms.

Thus, the above relationship for increasing AAI value from *MetOp A* was derived comparing *.h5* data and the official *.nc* data, provided for this satellite from ESA [4, 7].

If the value of any pollution ingredient is negative, the value is treated as error.

Usage of Sentinel 5P data

The data from *MetOp* satellites is not appropriate for investigation of local pollution processes. For such kind of processes is better to use satellite data with finer space resolution such as the data provided by *Sentinel 5P* (3.5 x 7 km)

Sentinel 5P- TROPOMI instrument provides data for aerosol index AI (the same as absorption aerosol index AAI) in two different diapasons – 340–388 nm and 380–354 nm in one file and, in another separate file for NO_2 and SO_2.

For our purposes we may use the data provided in the Copernicus Scientific Hub [8] for the region, as it is shown in Fig. 7.

Fig. 7. The *Sentinel 5P* area for the maps in Fig. 8 and Fig. 9

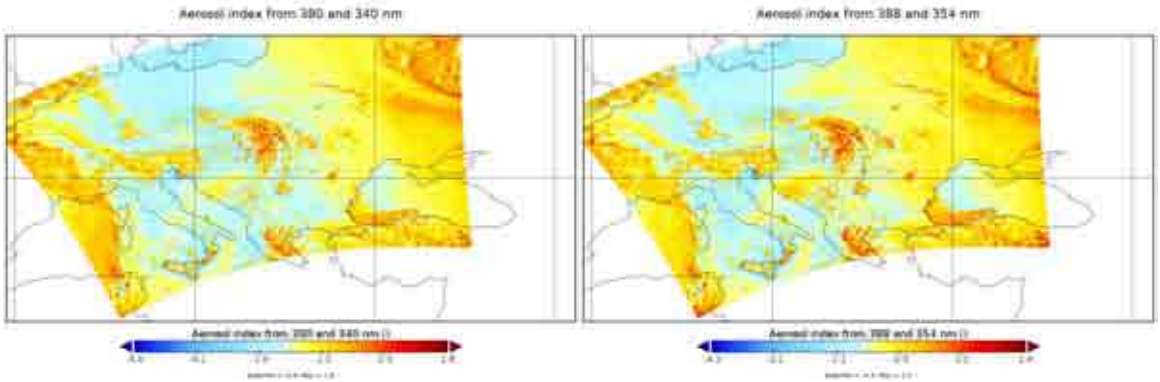


Fig. 8. The Aerosol Index in 340-380 (left) and 354–388 (right) nm - *Sentinel 5P* for the area shown in Fig. 7 on April 6th 2019

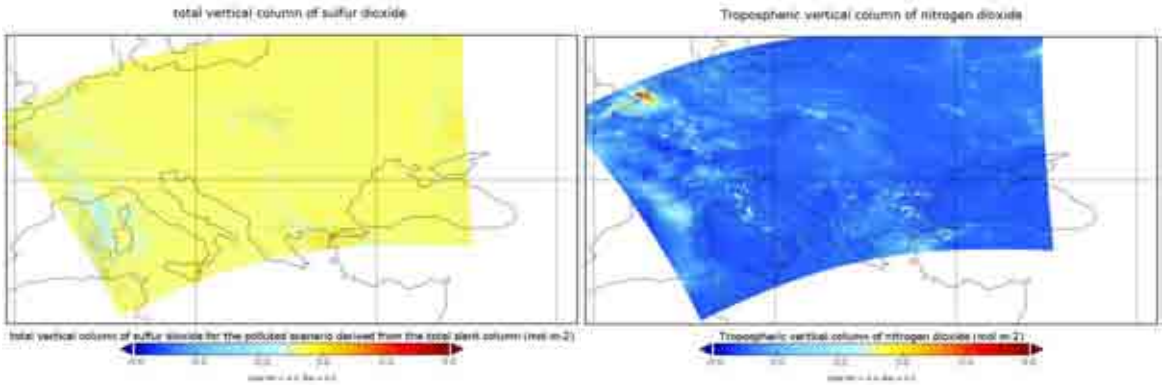


Fig. 9. SO_2 (left) and NO_2 (right) - *Sentinel 5P* for the area, shown in Fig. 7 on April 6th 2019

In Fig. 8 and 9 the spatial distribution of the AI estimated for two diapasons, and the vertical columns of NO_2 and SO_2 are shown for 6.04.2019 in the region marked in Fig. 7.

We can notice small differences between the two Aerosol Indexes (Fig. 8)

Before using of TROPOMI aerosol data as input to some of the domains of BgCWFS, an analysis of the conversion AI – AOD has to be performed.

However, Sentinel 5P data will be used also for other tasks in the project and we are working on data-set preparation for the purposes of WP3.

Data from other satellites

Except *MetOp* and *Sentinel 5P* data, we inspected other sources of satellite air quality related data.

Data are available from MODIS spectrometer on *Terra* and *Aqua* satellites directly for AOD with spatial resolution of 3 x 3 or 10 x 10 km in 540 nm [9]. But these satellites do not provide data for other pollutants. Moreover, these data are often missing in case of clouds.

There are data from OMI instrument of *Aura* satellite. The data provided include all the pollutants - SO_2, NO_2, AAI and AOD measured together. The spatial resolution is the same as of *MetOp. GOME 2* instruments are placed on three *MetOP* satellites *(A, B* and *C),* while *OMI* instrument is placed only on board of one and a much older *AURA* satellite.

There are data from OMPS instrument of *NOAA* satellites. The spatial resolution is 50 x 50 km and the data flow starts in 2012, while the *MetOp* data we collect is from 2007 till now, thus allowing to make analysis based on longer time period

For illustration of the differences in the AAI data from the mentioned before instruments, we show measurements from all of them for a selected day – 11 March 2019, in Figures 10 and 11.

As it is seen, the measurements from GOME-2 and TROPOMI instruments are of similar order and have similar spatial distribution. The data from OMPS are of lower level of details, while the OMI instrument coverage is very limited.

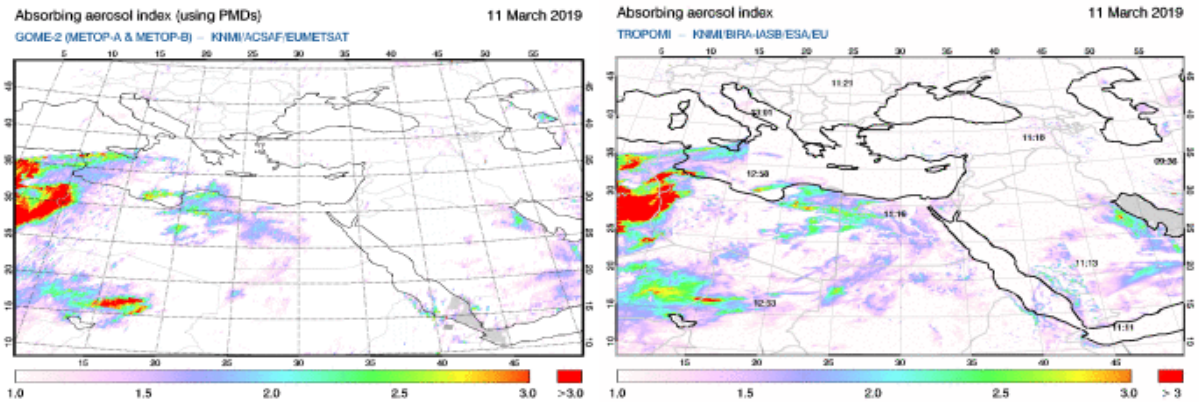


Fig. 10. The AAI from *MetOp A* and *B* satellite (left) and Sentinel 5P (right) on 11.03.2019

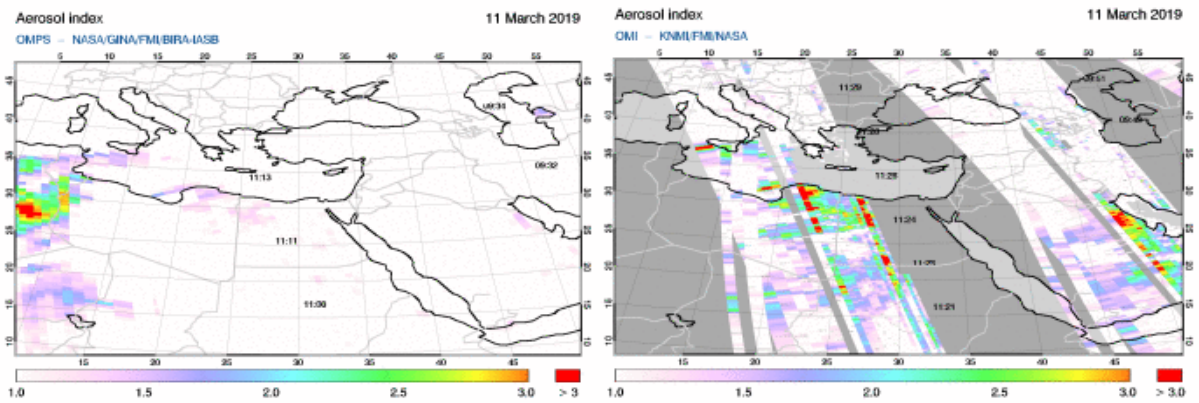


Fig. 11. The AI from OMPS (left) and OMI (right) instruments on 11.03.2019

Conclusions

As a result we can say that it is optimal to use GOME-2 data for the Balkan region either for investigation of past events, or in relation to satellite data assimilation in BgCWFS.

The data from TROPOMI are being collected as they provide information on much finer spatial scale, and might be used for the Bulgarian and near city domains in BgCWFS.

The use of AI for assimilation in BgCWFS is, however, not a trivial task [10] and further analysis based on long – term series of data are needed for proposing such possibilities.

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. Syrakov, D., Prodanova, M., Slavov, K., Etropolska, I., Ganev, K., Miloshev, N., Ljubenov, T. (2013): Bulgarian System for Air Pollution Forecast, Journal of International Scientific Publications ECOLOGY & SAFETY, Vol. 7, Part 1, ISSN: 1313–2563, pp.325-334 (http://www.science-journals.eu)
2. Syrakov, D., Prodanova, M., Etropolska, I., Slavov, K., Ganev, K., Miloshev, N., Ljubenov, T. (2014): A Multy-Domain Operational Chemical Weather Forecast System, in I. Lirkov et al. (Eds.): LSSC 2013, LNCS 8353, pp. 413–420, DOI: 10.1007/978-3-662-43880-0 55, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014.
3. https://scienceblog.eumetsat.int/2018/11/metop-c-where-is-it-now/
4. https://atmos.eoc.dlr.de/products/
5. https://atmos.eoc.dlr.de/products/documents/Product_User_Manual_NTO_OTO_GDP48_June_2017.pdf
6. https://acsaf.org/docs/pum/Product_User_Manual_NAR_NAP_ARS_ARP_Aug_2018.pdf
7. http://www.temis.nl/airpollution/absaai/
8. https://s5phub.copernicus.eu/dhus/#/home
9. https://worldview.earthdata.nasa.gov/
10. Syrakov, D., Etropolska, I., Prodanova, M., Slavov, K., Ganev, K., Miloshev, N., Ljubenov, T. (2013b): Downscaling of Bulgarian Chemical Weather Forecast from Bulgaria region to Sofia city, American Institute of Physics, Conf. Proc. 1561, pp. 120-132, http://dx.doi.org/10.1063/1.4827221.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

HOLISTIC AND MULTIFACTORIAL METHODOLOGY FOR NATURAL DISASTER RISK ASSESMENT

Antoaneta Frantzova

Climate, Atmosphere and Water Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: antoaneta-bas@mail.bg; frantzantoanet@yahoo.com

Keywords: *risk assessment, multifactorial methodology, natural hazards and disaster*

Abstract: *Recent disasters dramatically affected millions of people, with hundreds of thousands of lives and US$ 1.5 trillion lost between 2005 and 2014 alone, a tenfold increase over the previous decade. Global economic loss from disasters varies on average from US$ 250 billion to US$ 300 billion each year.*

Changing climate, rapid urbanization, ongoing violence and conflicts in many parts of the world, changing demographics, technological innovations, increasing inequality and many other known and emerging changes with their inherent uncertainties have created an unprecedented context for disaster impact.

The present report presents holistic and multifactorial methodology for natural disaster risk assessment.

ХОЛИСТИЧЕН МУЛТИФАКТОРЕН МОДЕЛ ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА ОТ ПРИРОДНИ БЕДСТВИЯ

Антоанета Францова

Институт за изледване на климата, атмосфера и водитеме – Българска академия на науките
e-mail: antoaneta-bas@mail.bg; frantzantoanet@yahoo.com

Ключови думи: *оценка на риска, мултифакторен анализ, природни бедствия*

Резюме: *През последните години редица бедствени явления засегнаха милиони хора, като жертвите достигнаха няколско стотин хиляди, а 1,5 трилиона долара са нанесените щети само между 2005 и 2014 г., което е десетократно увеличение в равнение с предходното десетилетие. Глобалните икономически загуби от бедствия варират средно от 250 милиарда до 300 милиарда долара всяка година.*

Промяната на климата, бързата урбанизация, продължаващото насилие и конфликти в много части на света, демографските промени, технологичните иновации, увеличаването на неравенството, нововъзникващи промени и много други фактори, налагат нов холистичен подход за оценка на риска и въздействие върху бедствията

Настоящият доклад разглежда цялостна, холистична и многофакторна методология за оценка на риска от природни бедствия.

Introduction

The risk assessment (analysis) of natural hazards is a disaster preparedness activity including pre-disaster risk reduction phase of the risk management process. Risk analysis is a base for decision making and the main tool for the risk management and scenarios development about the risk reduction. UN terms and definition are accepted and approved among risk management specialists. According that, risk assessment includes three main activities shown on fig.1: vulnerability, hazard and coping capacity assessment.

Risk – the probability of harmful consequences, or expected losses (deaths, injuries, property, livelihoods, economic activity disruption or environment damaged) resulting from interactions between natural or human-induced hazards and vulnerable conditions. The term risk refers to the expected losses from a given hazard to a given element at risk, over a specified future time period. The first definition is given by (Blaikie et al., 1994)

Risk = Hazard potential x Vulnerability
Or
Risk = Hazard x Vulnerability / Coping capacity (UNISDR, 2002; UNDP, 2004)

It must be mentioned that these are not algebraic equations and only show the interactions between risk, hazard and vulnerability.

Hazard potential is characterized by its probability (frequency) and intensity (magnitude or severity).

Vulnerability – the conditions determined by physical, social, economic and environmental factors or processes, which increase the susceptibility of a community to the impact of hazards.

Vulnerability is determined by the potential of a community to react and withstand a disaster, e.g. its emergency facilities, disaster organization structure, education rate, early warning system, etc (coping capacity).

The coping capacity expresses the suitability of the society to "stand against disaster" and is described by the interaction of technical, organization, social and economic factors.

Methodology

There are many models and methods for disaster and damage assessment caused by particular natural hazards. Each methods or model for his own specific features. The differences in models very often lead to some disadvantages like: different results, different scenarios with various initial and final data and results, incompatibility, inappropriateness, etc. That's why during the last years the efforts are directed to search complex methods including all factors and parameters concerning risk assessment and analysis.

Basic methods and methodologies about the risk and multi-risk assessment are developed by: United nations programs (UN) – ISDR, UNDP; Inter-American Development Bank and Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (GTZ); ESPON 3.1.3 Project; Joint Research Centre (JRC), EC

IABD use four risk factors (IADB/GTZ, 2003): hazards, exposure, vulnerability and coping capacity and it is described in detail in Frantzova, 2014.

The main components (called risk factors) values are determined as follows:

$H = w(H1) \times H1 + w(H2) \times H2 + w(H3) \times H3 + \ldots + w(Hn) \times Hn$

$E = w(E1) \times E1 + w(E2) \times E2 + w(E3) \times E3 + \ldots + w(En) \times En$

$V = w(V1) \times V1 + w(V2) \times V2 + w(V3) \times V3 + \ldots + w(Vn) \times Vn$

$C = w(C1) \times C1 + w(C2) \times C2 + w(C3) \times C3 + \ldots + w(Cn) \times Cn$

where H, E, V and C are the values of the Hazard, Exposure, Vulnerability and Capacity & Measures, respectively; H1,H2…E1,E2…V1, V2….C1,C2….refer to the scaled values of the indicators; and w_i are the weights. A total sum of the weighting coefficients must be equal to 100.

The risk profile for the given selected area is expressed as:

$R = (wH + wE + wV) – wC$

where R is the overall risk index, H, E, V and C are the factors value of the hazard, exposure, vulnerability and coping capacity, respectively and w_i is the weighting coefficient.

The new developed and adapted methodology for risk and multi-risk assessment includes:

- Risk perception as a part of the risk assessment.

This is an attempt to quantify psychological factor as a source of increasing risk and vulnerability. Considering the models and research, risk perception can be accepted as a root foundation related to the risk management. Therefore, the inclusion in the risk assessment is imperative. The psychological variable "It won't happen to me" (Fig. 2) is associated with personal decisions. But the analogous psychological factors are the base of the human behavior and decisions. Risk perception as a key factor may be becomes the main reason for maximize vulnerability or respectively its reduction.

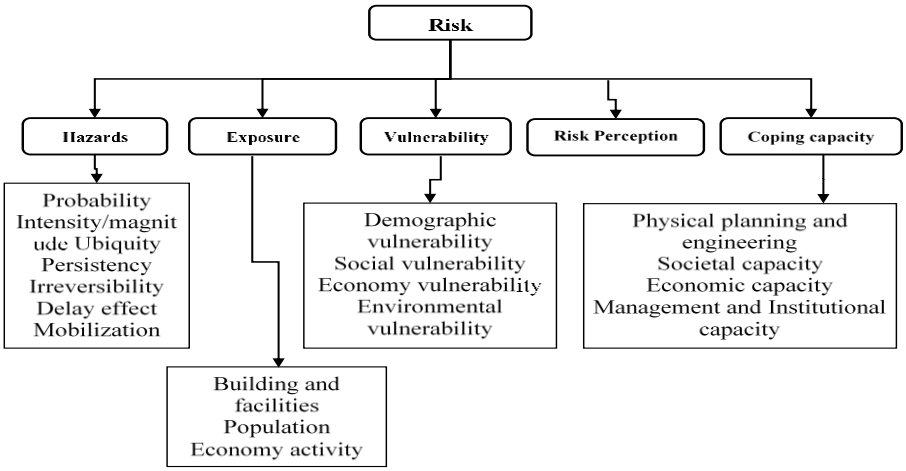
Thereby, the risk profile for the given selected area is expressed as:

$R = wH + wE + wV + wRP – wC$

where H, E, V, C and PR are the values of the Hazard, Exposure, Vulnerability, Coping Capacity and Risk Perception, respectively; H1, H2…E1, E2…V1, V2….C1, C2….refer to the scaled values of the indicators; and w_i are the weights.

The main feature of the methodology is the acceptance that the coefficient w is not equal to the five factors; it is assumed that various factors have varying weight and contribute in changing magnitude for the assessment of the risk levels. The values of weighting coefficients are defined similar as it is presumed that all risk factors contribute equally to the increasing or reducing of given risk. For the time being there are no scientific studies or technical methods which are able to defined whether the factor "hazard" is more important than the factor "vulnerability" or “copping capacity”. The risk factors are closely related to environment and the areas to be considered and thus their impact can range from minimum to maximum.

Thus, we can accept the "risk perception" as the one of the core factors with the highest „weight" in the establishment of the risk profile for the given phenomenon. The statement „It won’t happen to me” lead to „I won’t take any measures because it merely won’t happen to me."



- Five classification characteristics associated with risk perception.

These evaluation elements are derived from risk perception research. They have already been proposed as criteria for risk evaluation procedures in a number of countries such as Denmark, the Netherlands and Switzerland (WGBU, 1996). The following are particularly important:

- Ubiquity - Spatial distribution of damage or of damage potential.
- Persistency - Temporal scope of damage or damage potential.
- Irreversibility - Non-restorability of the state that prevailed prior to occurrence of damage. In the environmental context, this is primarily a matter of the restorability of processes of dynamic change (such as reforestation or water treatment), not of the individual restoration of an original state (such as preserving an individual tree or extirpating non-native plant and animal species).
- Delay effect - The possibility that there is large latency between the cause and its consequential damage. Latency can be of physical (low reaction speed), chemical or biological nature (such as in many forms of cancer or mutagenic changes). It can also result from a long chain of variables (such as cessation of the Gulf Stream due to climatic changes).
- Mobilization potential (refusal of acceptance) - The violation of individual, social or cultural interests and values that leads to a corresponding reaction on the part of those affected. Such reactions can include open protest, the withdrawal of trust in decision makers, covert acts of sabotage or other forms of resistance. Psychosomatic consequences can also be included in this category.

- Global Change Syndromes, specific to particular natural hazards for selected areas.

All syndromes must meet the following criteria, however:

- Each syndrome relates directly or indirectly to the environment; exclusive reference to core problems within the anthroposphere is not permitted.
- The syndrome should occur as a visible or virulent cross-cutting problem in many regions of the world.
- The syndrome should describe non-sustainable development and/or significant environmental degradation.

A cardinal feature of global change is that humankind itself is now an active factor within the Earth System, playing a significant role at the planetary scale. Human interventions, as manifested in the depletion of raw materials, shifts in material and energy fluxes, changes to large-scale natural structures and critical stresses on environmental assets, are altering the very character of the Earth System to an increasing degree. The complexity of the processes involved or driven by these changes poses a major challenge for the scientific community and generates a number of new research issues.

Global change research must therefore deal with the diagnosis, prediction and assessment of global trends, the prevention of negative trends, “repairing” existing damage (rehabilitation and reconstruct) and adaptation to the unavoidable. Therefore, the primary interactions between these trends must be identified, described and explained.

Such research should be guided by the principle of sustainable development. The crucial element of this concept, now generally acknowledged, is the interdependence of environment and development. This reflects a growing insight that human beings and their environment are closely integrated within a system of mutual interaction. Research on global change is therefore confronted with two fundamental problems. Firstly, the investigation of the Earth System requires an integrative approach because the interactions between its components operate across the boundaries of single disciplines, sectors or environmental media. The second fundamental problem is the enormous complexity of the dynamic interrelationships involved, which makes a distinct description, any overall analysis and modeling much more difficult. The only approach capable of responding adequately to these problems is one that is networked and interdisciplinary.

The syndrome concept provides a new basis for global change research, the knowledge base of which continues to be split up according to the environmental media or core problems. This sectoral or disciplinary approach is certainly justified: without searching for a deeper understanding of the individual problem areas and their functional mechanisms, it is impossible to understand the specific aspects of environmental stress.

Core problems / Syndrome	Climate change	Loss of biodiversity	Soil degradation	Scarcity and pollution of freshwater	Threats to world health	Threats to food security	Population growth and distribution	Man-made disasters	Overexploitation and pollution of the world's oceans	Global disparities in development
Sahel Syndrome		•	•	•		•	•	•		•
Overexploitation Syndrome	•	•	•	•				•	•	•
Rural Exodus Syndrome		•	•			•	•	•		•
Dust Bowl Syndrome	•	•	•	•		•		•		
Kanaga Syndrome		•	•	•						
Mass Tourism Syndrome		•	•	•				•		
Scorched Earth Syndrome		•	•		•	•	•			•
Aral Sea Syndrome	•	•	•	•			•	•		•
Green Revolution Syndrome		•	•	•	•	•	•			•
Asian Tigers Syndrome	•	•	•	•	•		•			•
Favela Syndrome	•		•	•	•		•			•
Urban Sprawl Syndrome	•	•	•	•						
Major Accident Syndrome		•	•		•					
Smokestack Syndrome	•	•	•		•	•		•		
Waste Dumping Syndrome		•	•		•					
Contaminated Land Syndrome		•	•		•				•	

Fig. 1. Assignment of core problems of global changes to syndromes (WBGU, 1998)

Why is the risk perception so important?

The study of risk perception arose out of the observation that experts and people often disagreed about the risky various technologies and natural hazards. Three major families of theory have been developed: psychology approaches (heuristics and cognitive), anthropology/sociology approaches (cultural theory) and interdisciplinary approaches (social amplification of risk framework).The earliest psychometric research was done by psychologists Daniel Kahneman and Amos Tversky, who performed a series of gambling experiments to see how people evaluated probabilities. Their major finding was that people use a number of heuristics to evaluate information.

Research within the psychometric paradigm turned to focus on the roles of affect, emotion, believes, etc, in influencing risk perception. Melissa Finucane and Paul Slovic have been the key researchers here.

Daniel Kahneman known for his work on the psychology of judgment and decision-making, as well as behavioral economics, for which he was awarded the 2002 Nobel Memorial Prize in Economic Sciences (shared with Vernon L. Smith).

Meanwhile, many different methods, methodologies and techniques have been developed to predict with the highest accuracy relative frequencies and magnitude of natural events and possible damage.

Risk perception, by contrast is based largely on personal experience, mediated information, intuitive estimations, cultural evolution, etc. As studies of risk perception have shown that people

associate risks not only with physical damage, but also violations of social and cultural values (Fischhoff et al., 1978; Covello, 1983; Slovic, 1987; Brehmer, 1987; Gould et al., 1988; Renn, 1989; Drottz-Sjöberg, 1991; Pidgeon et al., 1992; Jungermann and Slovic, 1993; Rohrmann, 1995). The technical-scientific risk perspective has largely excluded this dimension of risk, restricting itself essentially to damage to property, health and the environment (WGBU). It was only psychological and sociological risk research that then created a basis for sufficiently characterizing and largely explaining societal risk experience. Besides underscoring non-physical risk dimensions, perception research has also shown that people base their evaluations of risks on a series of contextual risk properties in addition to the probability and severity of damage.

On the basis of the knowledge of non-physical dimensions and contextual risk properties we can understand the human behavior against natural events and threats. What a society defines or professes to perceive as risk is thus not necessarily in any direct relation to the magnitude of risk as defined by the two components of probability of occurrence and extent of damage. (Slovak, 2000; Slovak, 2002; Fischoff at all, 2002; Renn, 1998).

It is very important for several reasons that a proactive and rationally structured risk policy addresses the issue of risk perception. For one thing, the behavior of people is guided by their perceptions and not by scientific risk models. The perception of risk is not independent of the 'objective' risk. Over the long run, only those risk perceptions will prevail that tally with the experience of real damage. However, in rare cases, imagined risks can generate precisely those symptoms that are in principle caused by the damage potentials of the risk sources in question. Psychosomatic reactions are frequently the consequences of risk perceptions (Aurand and Hazard, 1992).

Secondly, in addition to severity and probability people also act on other risk properties that not only reflect their personal preferences but should also be integrated in a rational risk policy on the basis of normative considerations (Renn, 1998). Whether a potential damage is irreversible or not, or whether it may impact upon other people or upon future generations, are dimensions that are usually excluded from classic risk assessments.

Thirdly, most people are not indifferent to distributional patterns of damage over time and space. The risk assessment process is based by definition on relative frequencies, necessarily meaning that averages are formed over space and time. However, in the perception of most people it is by no means the same thing whether a source of risk damages 1,000 people at one blow or continuously damages 1,000 people over a certain period (Jungermann and Slovic, 1993).

Moreover, people also link concepts of social equity and justice to distributional patterns. In most cultures, an asymmetrical distribution of benefits and risks requires a particular social justification. Whether a risk is viewed as fair or acceptable depends less upon the magnitude of the risk than upon an individual or cultural standard of equity. Classic risk assessments do not inform us on this point (WGBU,1998).

Validation of complex risk assessment methodology

Multifactorial methodology is validated via a former disastrous even. Forest fire in the area of Etropole, October 2010 in Stara Planina Mountain has been selected.

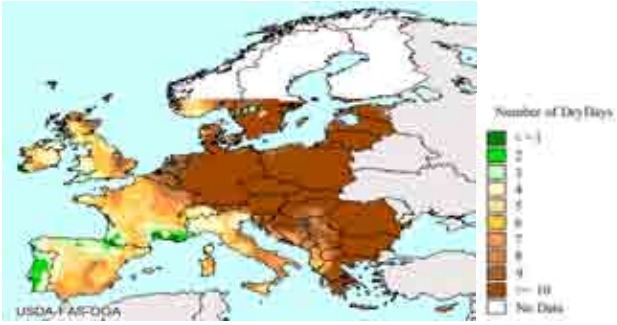
According to data of the Ministry of Interior, on November 10, 37 fires was burning on the territory of the country. The most severe forest fires are located in the Stara Planina, Lovech region.

One of the heaviest fires in Stara Planina Mountain, emerged on November 6, 2010 in a difficult accessible, highly intersected area, near the villages of Yamna, Patno Bardo, Duckot, Zarbavica. The situation is further complicated due to high air temperature, strong winds in the area of fire and the very low soil humidity. The fire was suppressed on 10.11.2011 using aviation equipment.

Meteorological parameters are based on the data from United States Air Force Weather Agency (AFWA) and World Meteorological Organization (WMO).

WMO and AFWA data show a lack of rainfall, very low soil humidity and high level of drought. The state of the environment can be described with high volume of the fuel materials (predominantly grass, shrub and wood materials) with high density due to the autumn fall.

Based on the analysis of the available data (not specified here), we can conclude that under existing conditions, the degree of fire hazard is significantly high for the given area.



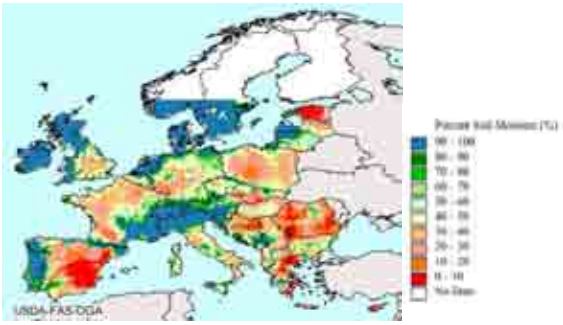
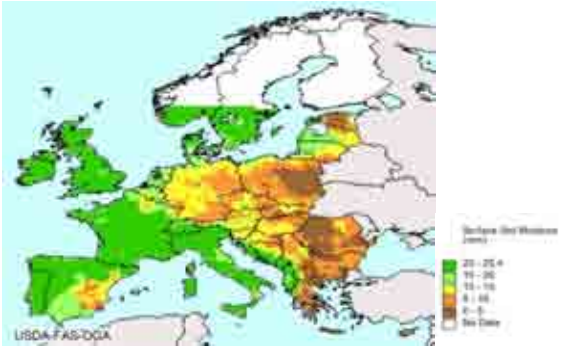


Fig. 2. Number of dry days from 1 to 10/10/10 (AFWA) (AFWA//LIS)

Fig. 3. Soil moisture 11/01/11 to 11/10/11



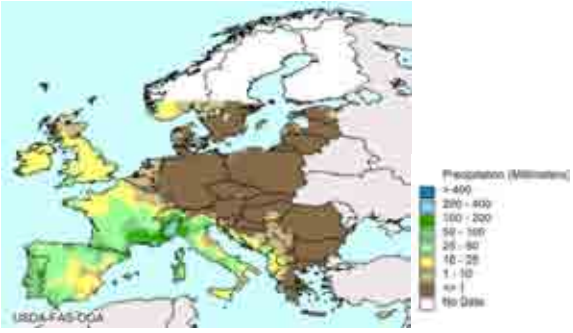


Fig. 4. Soil moisture from /01/11 to 11/10/11 (AFWA)

Fig. 5. Precipitation from 11/01/11 to 11/10/11 (AFWA)

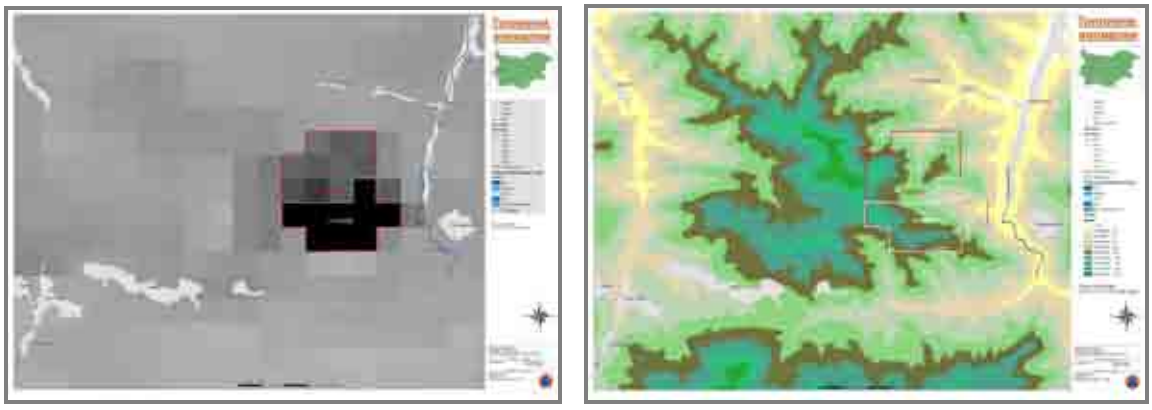


Fig. 6. Forest fire area - Etropole, October 2010, Stara Planina Mountain (2,418 km^2)
(The maps are prepared in the former DG Civil Protection, MoI)

Risk assessment is based on: 4 indicators for hazard; indicators for exposure; 19 indicators for vulnerability; 19 indicators for coping capacity and risk perception conception.

These values are divided into five risk classes and described the risk levels – the data falls in the interval between 0 and 56.25.

Risk levels	Very low	Low	Medium	High	Very high
Value	0-11.25	11.25-22.50	22.50-33.75	33.75-45	45-56.25

Calculated results with value 19.5 (34.67 %) show low risk profile for the given selected area which is consistent with the real situation.

Conclusions

The main conclusions are related to the adaptation and use of the developed holistic methodology about risk assessment.

The adaptation is focused to the clarification and selection of the risk factors, weighting coefficients assessment and sensitive analysis

The application of the developed methodology to the forest fire in the area of Etropole, October 2010 in Stara Planina Mountain shows reasonable results and considerations.

References:

1. Blaikie, P., T. Cannon, I. Davis, B. Wisner, 1994. At risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters. Routledge, London.
2. Drottz-Sjöberg, B.-M. 1991. Non-experts Definitions of Risk and Risk Perception (RHIZIKON: Risk Research Report No.3). Stockholm: Center for Risk research.
3. ESPON 1.3.1. Hazards Project. 2004. The spatial effects and management of natural and technological hazards in general and in relation to climate change. Final Report, March 2004. 100 p.
4. Fischoff, B., Slovic, P., Lichtenstein, S., Read S. & Combs, B. 1978. How safe is safe enough? A psychometric Study of Attitudes toward Technological Risks and Benefits. Policy Sciences, 9, pp. 127–155, Elsevier.
5. Frantsova, A. 2017. Risk mapping methodology and classification for environmental hazards, LAP LAMBERT Academic Publishing, 120 p. ISBN-10: 3330351160, ISBN-13: 978-333035116
6. Jungermann, H. and Slovic, P. 1993. Die Psychologie der Kognition und Evaluation von Risiko. In: Bechmann,G. (ed.): Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung. Opladen: Westdeutscher Verlag, 167–207. In: WGBU German Advisory Council on Global Change- WBGU. (1998). World in Transition: Strategies for Managing Global Environmental Risks, Annual Report , 1998, Springer-Verlag, 359 p.
7. Pidgeon, N. F., Hood, C. C., Jones, D. K. C., Turner, B. A. and Gibson, R. (1992). Risk perception. In: Royal Society Study Group: Risk analysis, perception and management. London: The Royal Society, 89–134.
8. Slovic, P. 1987. Perception of Risk, Science, New Series, Vol. 236, No. 4799, pp. 280–285.
9. Slovic P. 2000. The perception of risk. London: Earthscan, 543 p.
10. UNISDR, 2002. Living with risk. A global Review of disaster reduction initiatives. With special support from the Government of Japan, World Meteorological Organization and Asian Disaster Reduction Center (Kobe, Japan). Printed by United Nation, Geneva, Switzerland.
11. UNDP, 2004. Reducing Disaster Risk. A Challenge for Development. United Nations Development Programme, Bureau for Crisis and Recovery, Geneva.
12. WGBU- German Advisory Council on Global Change, 1998. World in Transition: Strategies for Managing Global Environmental Risks, Annual Report 1998, Springer-Verlag, 359 p.
13. Renn, O. 1998. The role of risk perception for risk management. Reliability Engineering and System Safety 59, 49–61.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

SOLAR ORIGIN OF COMMON INTERANNUAL CYCLES OF EARTH ROTATION, MSL AND CLIMATE

Yavor Chapanov[1], Cyril Ron[2], Jan Vondràk[2]

[1]Climate, Atmosphere and Water Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Astronomical Institute – Czech Academy of Sciences
e-mail: yavor.chapanov@gmail.com; ron@ig.cas.cz; vondrak@ig.cas.cz

Keywords: *solar activity, TSI, SSN, MSL, LOD, climate*

Abstract: *The solar activity cycles affect all surface geosystems, including weather and climate indices, winds, rains, snow covers, mean sea level (MSL), river flowing and other hydrological cycles. The MSL and polar ice changes cause common variations of the principal moments of inertia and consequently also the Earth rotation with decadal, centennial and millennial periods. The MSL, Earth rotation and climate indices have also some oscillations with periods from several months to 10 years, whose origin is not connected with the known tidal, seasonal and other Earth effects. The shape of solar cycles is rather different from sinusoidal form, so they affect geosystems by many short-term harmonics. The solar origin of interannual oscillation of Earth rotation, MSL and climate indices is investigated by long time series of Length of Day (LOD), MSL variations at Stockholm, temperature and precipitation over South-Eastern Europe, El-Nino Southern Oscillation (ENSO), Total Solar Irradiance (TSI), sunspot numbers SSN and North-South solar asymmetry (N-S SA).*

Introduction

The Sun is the main energy source for all surface geosystems, including climate, weather, MSL, winds, rainfalls etc. The essential energy transfer from the Sun to the Earth is the Total Solar Irradiance (TSI) whose variations during the solar activity cycles cause various changes on the Earth surface. The global energy balance (Fig. 1) consists of incoming and outgoing radiation [1]. The part of incoming solar radiation is reflected back and the rest is absorbed by surface and atmosphere.

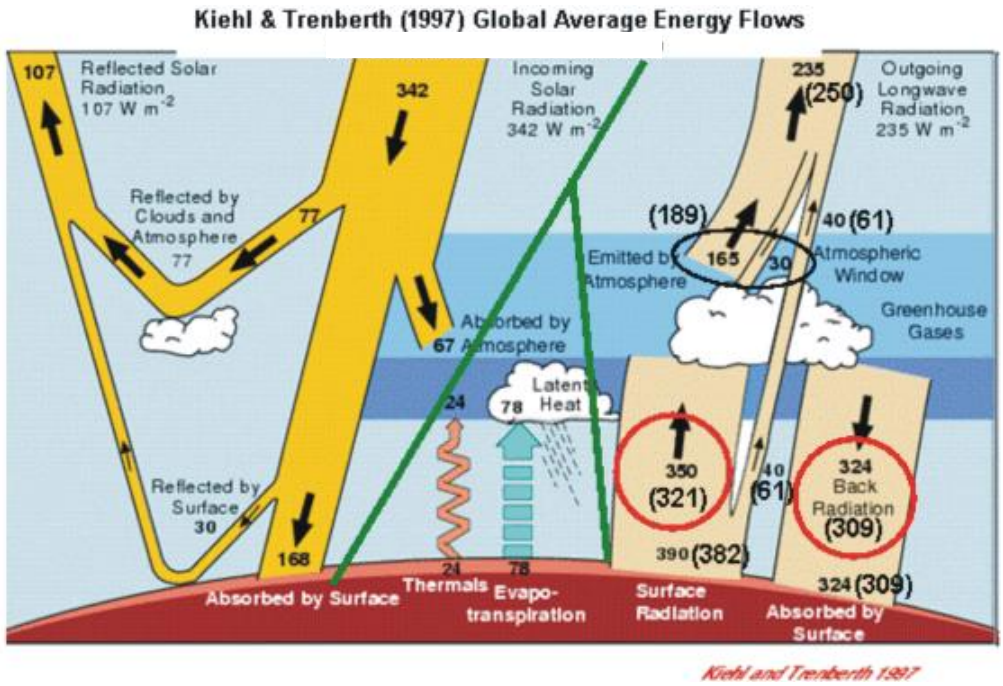


Fig. 1. The global energy balance according Kiehl and Trenberth (1997)

A part of absorbed by surface solar radiation produces evapotranspiration mainly from ocean. Another part of the absorbed solar radiation produces global atmosphere circulation. This circulation transport a part of evaporated ocean water from equatorial to polar regions by Hadley, Ferrel and polar cells (Fig. 2). Any change of the incoming solar radiation leads to variations of evaporated ocean water and water transport from equatorial regions to polar ice. So in case of common increase of polar ice thickness, the mean sea level decreases and vice versa.

The climate, MSL, and polar ice thickness response to the solar activity and thus consist of cycles whose periods are close to the well-known solar decadal, centennial and millennial periods and their higher harmonics. The TSI variations significantly affect water evaporation and global water cycles. The global water redistribution between the oceans and continental polar ice leads to periodical changes of the principal moment of inertia C, followed by the Earth rotation variations, according to the law of the angular momentum conservation. The strong local variations of precipitation due to solar cycles affect river streamflows and possible floods.

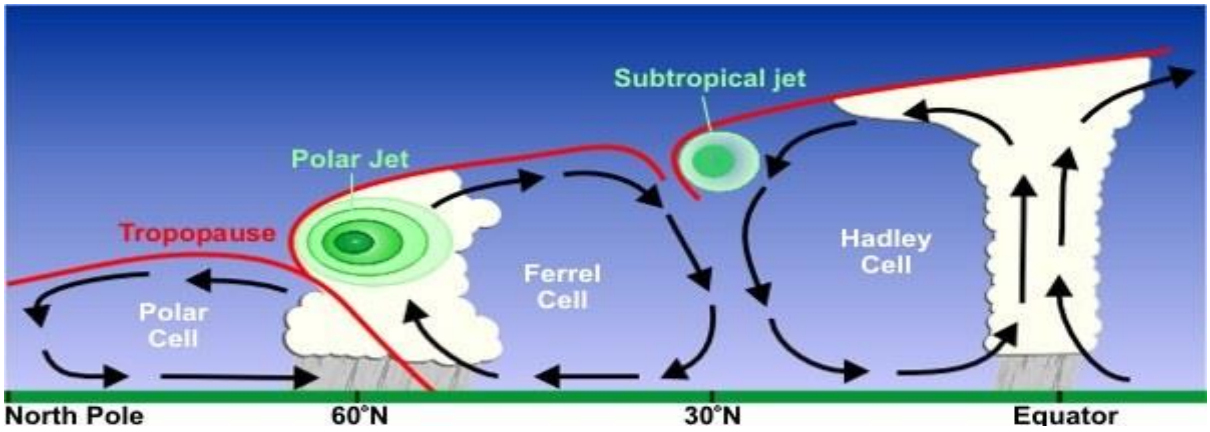


Fig. 2. Circulation patterns in Hadley, Ferrel, and polar cells, according NOAA

Data and Methods

The daily values of SSN for the period 1818.0-now are provided by the Royal Observatory of Belgium. The time series of the TSI for the period 1610.5-2000.5 are reconstructed in [2]. The Earth rotation data for the period 1623.5–2005.5 are available from the IERS EOP Data Center. The detrended values of the MSL at Stockholm are determined in [3]. The annual time series of LOD are combination between the solution of Stephenson and Morrison [4], based on lunar eclipses and star occultations before 1955 and modern determinations afterwards. Another denser time series is the solution C02 of IERS 1830-now.

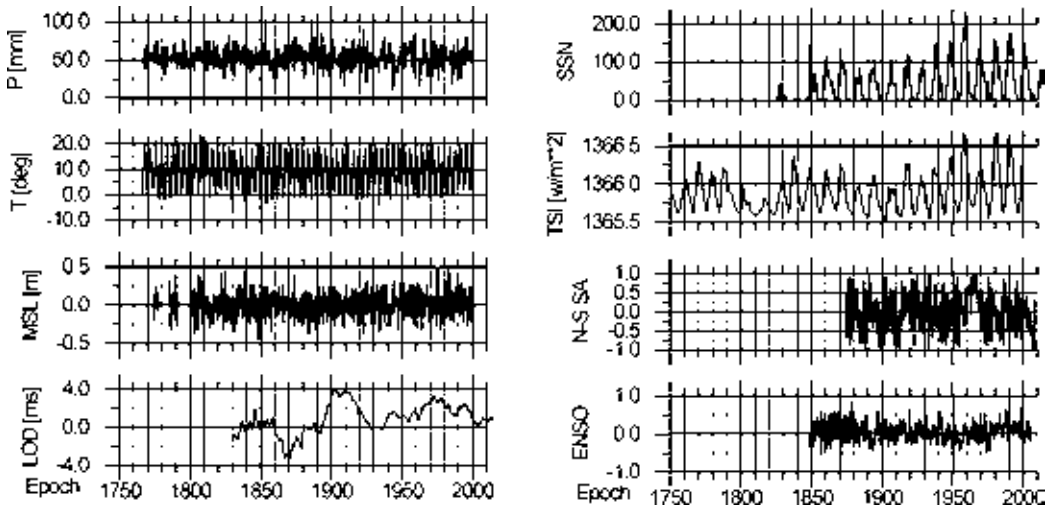


Fig. 3. Time series of precipitation P, temperature T over South-Eastern Europe, MSL, LOD, SSN, TSI, ENSO and N-S solar asymmetry

The ENSO monthly data since 1817 are available at the WEB page of the Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean http://research.jisao.washington.edu/data/globalsstenso/. The North-South solar asymmetry is determined from the relation $(S_n–S_s)/(S_n+S_s)$, where the S_n and S_s are monthly sunspot area on the Northern and Southern solar hemispheres, respectively (in units of millionths of a hemisphere). The data since 1874 are observed by the Royal Greenwich Observatory and merged after 1976 with the US Air Force (USAF) and the US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) data by D. Hathaway (https://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch.shtml).

The precipitation and temperature over part of Eastern Europe for the period 1767–2000 are determined from the gridded data [5, 6]. The climatic data of part of Eastern Europe between 11°– 30 °E and 41°– 51 °N are determined from 710 grids (0.5° x 0.5°) over the ground (Fig. 4). The monthly temperature and precipitation are averaged from their gridded values by the robust Danish Method. The Danish Method [7–9] provides robust estimation of mean values and eliminates all data outliers.

Fig. 4. Map of South-Eastern Europe

The periodical variations are derived from the data by means of Partial Fourier Approximation based on the Least-Squares (LS) estimation of Fourier coefficients. The Partial Fourier Approximation $F(t)$ of discrete data is given by

(1) $$F(t) = f_0 + f_1(t-t_0) + \sum_{k=1}^{n} a_k \sin k\frac{2\pi}{P_0}(t-t_0) + b_k \cos k\frac{2\pi}{P_0}(t-t_0),$$

where P_0 is the period of the first harmonic, t_0 - the mean epochs of observations, f_0, f_1, a_k and b_k are unknown coefficients and n is the number of harmonics of the partial sum, which covers all oscillations with periods between P_0/n and P_0. The application of the LS estimation of Fourier coefficients needs at least $2n + 2$ observations, so the number of harmonics n is chosen significantly smaller than the number N of sampled data f_i. It should be kept in mind that the small number of harmonics n yields to LS estimation of the coefficient errors, too. This estimation is the first essential difference with the classical Fourier approximation. The second essential difference with the classical case is the arbitrary choice of the period of first harmonic P_0, instead of the observational time span, so the estimated frequencies may cover the desired set of real oscillations. This method allows a flexible and easy separation of harmonic oscillations into different frequency bands by the formula:

(2) $$B(t) = \sum_{k=m_1}^{m_2} a_k \sin k\frac{2\pi}{P_0}(t-t_0) + b_k \cos k\frac{2\pi}{P_0}(t-t_0),$$

where the desired frequencies ω_k are limited by the bandwidth

(3) $$\frac{2\pi m_1}{P_0} \le \omega_k \le \frac{2\pi m_2}{P_0},$$

After estimating the Fourier coefficients, it is possible to identify a narrow frequency zone presenting significant amplitude, and defining a given cycle. Then this cycle can be reconstructed in time domain as the partial sum limited to the corresponding frequency bandwidth. Doing this for terrestrial and solar time series we shall identify their respective cycles, isolate and compare the common ones.

The common solar and terrestrial cycles are derived by a model of harmonic oscillations with three different group of oscillations. The main group of oscillations is born by the 22-year solar cycle and its 22 harmonics. They cover all periods from 1 to 22 years (Table1). The used solar and terrestrial time series have different long-periodical behavior and their long-term variations with decadal periods are eliminated by the first 10 harmonics of 125-year oscillation (Table 2). The 5-th, 6-th and 7-th harmonics of these long terms are excluded from the model, because the beat period between them, the lunar node and the 22-year solar cycle is greater than the 125-year observational span. The terrestrial data are affected by different long term tides, while the solar data are not, so it is necessary to eliminate any oscillations with the periods of long term tides between 1 and 18.6 years. To do this, the model of common interannual solar-terrestrial cycles includes additional 6 oscillations with tidal periods (Table 3). The model of common interannual solar-terrestrial cycles consists of the above groups of tidal oscillations, long period terms and solar harmonics. The harmonic coefficients of this model are estimated by means of the Method of Partial Fourier Approximation. The estimation accuracy is better than 30μs for LOD; 1 for SSN; 0.01W/m^2 for TSI; 7mm for MSL; 0.01 for ENSO; 0.02 for N-S solar asymmetry, 0.07° for temperature T; and 0.8mm for precipitation P.

Table 1. Harmonics of 22-year solar cycle

No	Period [yr]	No	Period [yr]
1	22.00	12	1.83
2	11.50	13	1.69
3	7.33	14	1.57
4	5.50	15	1.47
5	4.40	16	1.37
6	3.67	17	1.29
7	3.14	18	1.22
8	2.75	19	1.16
9	2.44	20	1.10
10	2.20	21	1.05
11	2.00	22	1.00

Table 2. Harmonics of 125-year period

No	Period [yr]
1	125.00
2	62.50
3	41.67
4	31.25
8	15.62
9	13.89
10	12.50

Table 3. Fundamental terms and periods of long term tides

l	l'	F	D	Ω	Period [days]
1	0	0	–1	0	411.78
2	0	–2	0	0	–1095.18
–2	0	2	0	1	1305.48
–1	1	0	1	0	3232.86
0	0	0	0	2	–3399.19
0	0	0	0	1	–6798.38

Results

The common cycles between solar and terrestrial indices are calculated by the Method of Partial Fourier Approximation and the Model of 22-year oscillations according Tables 1–3. These cycles are shown in Figs. 5–8. They cover several bands with periodicities between 1.04 and 7.3 yr. The MSL have good correlation with SSN variations (Fig. 5). The LOD is affected by SSN and TSI variations (Fig. 6). The ENSO correlate with the N-S solar asymmetry (Fig. 7). The temperature is affected by the TSI variations, while the precipitation – by SSN variations (Fig. 8). Some common cycles have phase reverse for short-time intervals.

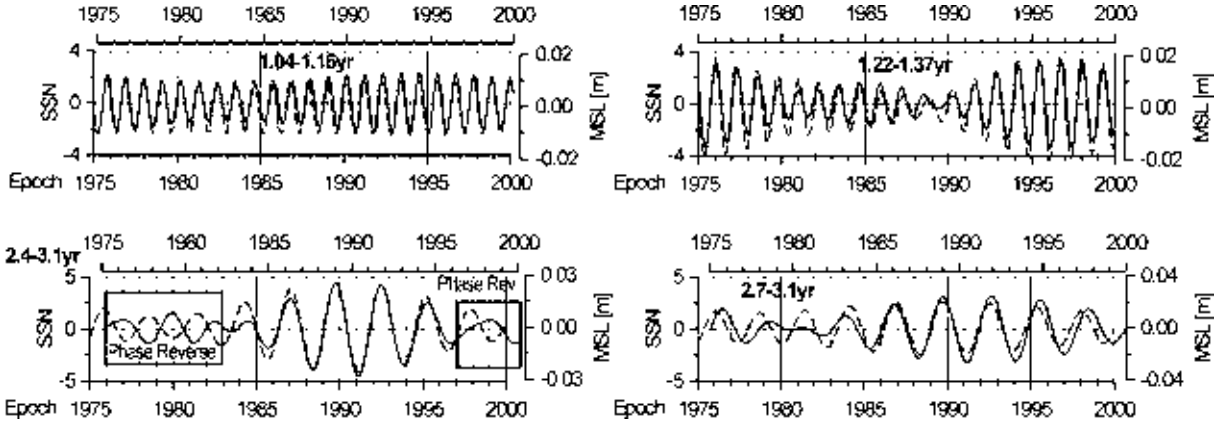


Fig. 5. Solar influence on MSL (dashed line) interannual variations

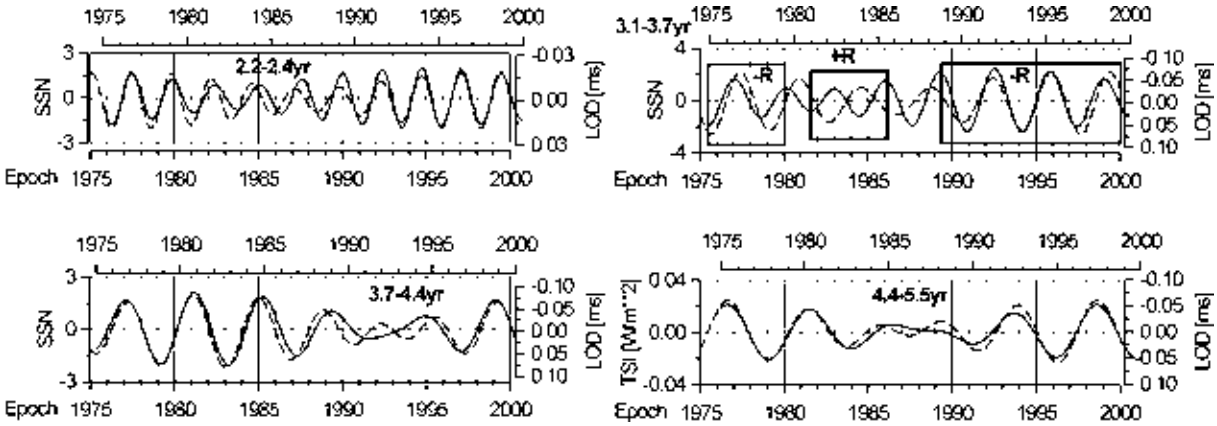


Fig. 6. Solar influence on LOD (dashed line) interannual variations

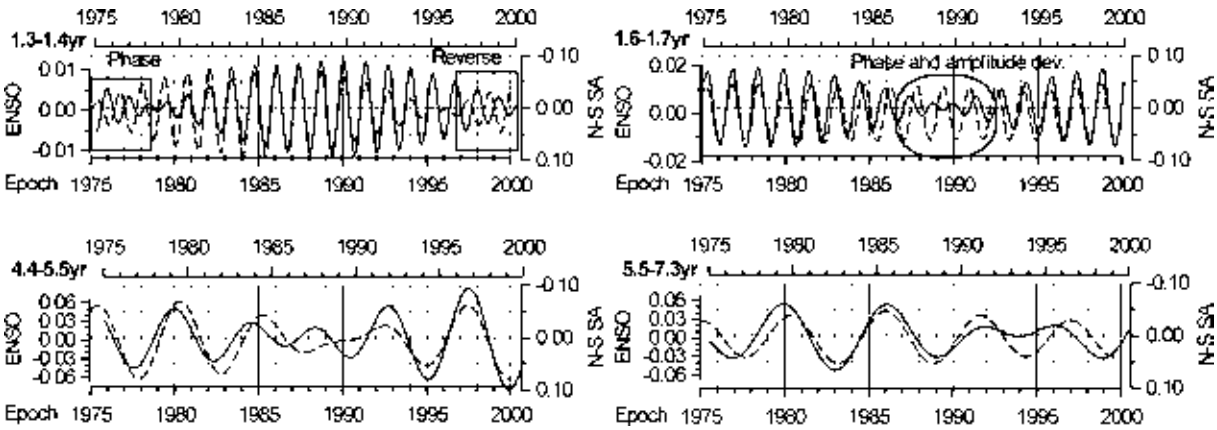


Fig. 7. Solar influence on ENSO (dashed line) interannual variations

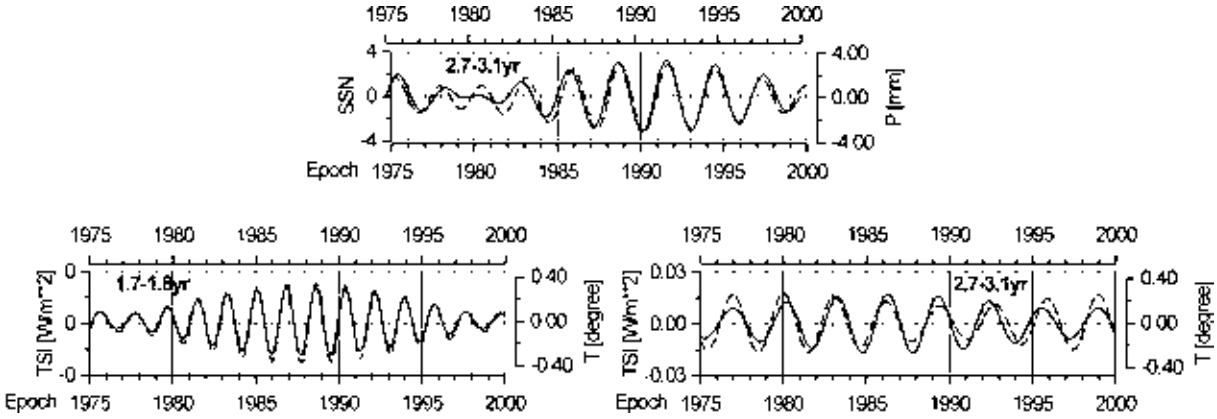


Fig. 8. Solar influence on T and P (dashed line) interannual variations

The common interannual solar-terrestrial cycles are determined by superposition of two oscillations with neighbor periods from Table 1 and their comparison. The variations of the Wolf's numbers represent mainly the intensity of the solar wind. The solar wind variations affect interplanetary and Earth magnetic fields, whose changes modulate the cosmic rays. The cosmic rays produce a ionization of the atmosphere, changes of atmosphere conductivity, lightning, and an increase of ozone concentration. The changes of atmospheric water vapor content and ozone plays significant role in climate variations. The SSN strongly affect earth rotation, mean sea level and precipitation over South-Eastern Europe (Figs. 5, 6, 8), whose variations are connected with climate changes. The total solar irradiance affects climate changes directly. The TSI variations have good agreement with LOD and temperature over Eastern Europe (Fig. 8). The N-S solar asymmetry is connected with solar magnetic field disturbances, followed by temporal variations of solar wind and corresponding changes of the heliosphere and these processes produce modulation of cosmic rays, so the solar cycles may drive Enso variations by modulation of cosmic rays over the Pacific Ocean. The chosen examples of common interannual solar-terrestrial cycles in Figs. 5–8 expose identical variations of amplitudes and phases.

Conclusions

The investigation of the variations of Earth parameters in time and their connection with solar activity is very important in studying the natural risks and the environmental changes. The new complex local and global models of solar-terrestrial interconnections may improve long term forecasts of danger climate events like severe dry or wet, floods, extremely high or low temperatures. The existing long climatic and astronomical time series with centennial time spans are useful to study common decadal and centennial cycles of the solar activity, climate, Earth rotation and other terrestrial phenomena. The solar activity affects all geosystems by its decadal, centennial and millennial cycles and especially by their harmonics, due to non-sinusoidal shapes of the known cycles. A good agreement exists between the interannual cycles of LOD, MSL, climate and solar indices whose periods are between 1 and 7.3 years. Chapanov et al. determine common decadal cycles of Earth rotation, mean sea level and climate, excited by solar activity harmonics [10]. New frequency bands of common interannual cycles in solar, climatic and geodetic data are determined by means of solar harmonics. The new linear models of common cycles with periods from several months to 50 years in solar, climatic and geodetic data may improve our knowledge of solar-terrestrial influences. It is possible to create long-term forecasts of climate change, mean sea level and Earth rotation variations with high resolution in time.

References:

1. Kiehl, J. T. and K. E. Trenberth, Earth's annual global mean energy budget, Bulletin of the American Meteorological Society, 78, 1997, 197–208. doi10.1175/1520-0477(1997)0782.0.CO;2.
2. Lean, J., Evolution of the Sun's spectral irradiance since the Maunder Minimum, Geophysical Research Letters, 27, 16, 2000, 2425–2428.
3. Ekman, M., The world's longest sea level series and a winter oscillation index for northern Europe 1774 - 2000, Small Publications in Historical Geophysics, 2003, 12, 31 p.
4. Stephenson, F. R. and L. V. Morrison, Long-term changes in the rotation of the Earth: 700 BC to AD 1980, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser. A, 4770, 1984.
5. Casty, C., D. Handorf, and M. Sempf, Combined climate winter regimes over the North Atlantic/European sector 1766–2000, Geophys. Res. Letters, 32, 13, 2005, DOI: 10.1029/2005GL022431 C.
6. Casty, C., C.C. Raible, T.F. Stocker, J. Luterbacher, and H. Wanner, A European pattern climatology 1766-2000, Climate Dynamics, 29, 7, 2007, 791-805. DOI: 10.1007/s00382-007-0257-6.
7. Juhl, J.: The Danish Method of weight reduction for gross error detection. XV ISP Congress Proc., Comm. III, Rio de Janeiro, 1984.
8. Kegel, J.: Zur Lokalizierung grober Datenfehler mit Hilfe robuster Ausgleichungsfervahren. Vermes-sungstechnik, 35, 10, Berlin, 1987.
9. Kubik, K.: An error theory for the Danish method. ISP Symposium, Comm. III, Helsinki, 1982.
10. Chapanov Y., C. Ron, J. Vondrk, Decadal cycles of Earth rotation, mean sea level and climate, excited by solar activity, Acta Geodyn.Geomater., 14, No. 2 (186), 2017, 241–250, DOI:10.13168/AGG.2017.0007

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

SOLAR INFLUENCE ON RIVER STREAMFLOW

Yavor Chapanov

Climate, Atmosphere and Water Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: yavor.chapanov@gmail.com;

Keywords: *solar activity, TSI, SSN, PDSI, river streamflow*

Abstract: *The solar activity cycles excite periodical and pseudo periodical variations of all Earth systems, including climate, water cycles, rainfalls, streamflow, groundwater etc. The water cycles have short term, seasonal, interannual and long term periodicities with different local revealing. The interannual and decadal water cycles are strongly driven by the solar activity due to periodical variations of the Total Solar Irradiance (TSI) and cosmic ray modulation by the solar wind, geomagnetic and the interplanetary magnetic field. The solar influence on river streamflow is investigated by means of time series of TSI, sunspot numbers (SSN), Cosmic Rays (CR), Palmer Drought Severity Index (PDSI) and reconstructed streamflow of Rio Grande (1508–2003) and Alamosa river in Colorado (1632–2002). The local variations of the PDSI are investigated close to the river basins. The correlation between solar and climatic indices and water data is analyzed.*

Introduction

The river streamflow analyses can be successfully used in water resource planning and management, depending on the needs of the wide range users. It is possible to use these applications in several general directions: as informal, qualitative guidance for water managers, stakeholders and decision makers and prediction about long-term drought variability; for quantitative assessments of long-term hydrologic variability and assessment the severity and duration of drought cycles; as direct inputs into hydrologic models of a water system, etc.

The irregular and long-term variations of the Earth physical systems are mainly caused by the influence of the Sun and solar activity cycles. The solar cycles can drive great number of geodynamical processes connected with the convections of the Earth fluids on the surface and inside the Earth. Many of climate and weather parameters are affected directly by the variations of the solar activity including water cycles, rainfalls, streamflows, groundwater etc. The interannual and decadal water cycles are strongly driven by the solar activity due to periodical variations of the total solar irradiance and energy transfer from the sun to the Earth by the solar wind and the interplanetary magnetic field. Recently a new mechanism of climate modulation, based on cosmic rays variations, has been proposed [1–4]. This mechanism is based on chain processes near tropopause by ozone production, temperature variations, followed by vertical winds and water content change. The last step of this chain affects surface temperature, because the atmospheric water is one of the most powerful greenhouse gas. This model provides an explanation for the cascade processes in which CR, whose total energy is relatively small, cause climatic effects with much more energy. The solar activity cycles modulate CR directly by the heliosphere and indirectly by the geomagnetic field changes. The solar influences on local variations of river streamflows are investigated by means of TSI, CR and PDSI time series and reconstructed streamflows of Rio Grande (1508–2003) and Alamosa river in Colorado (1632–2002).

Data and Methods

The observed river streamflow has relatively short history. Longer time series of observed data are available for some North American rivers – since 1890 (Rio Grande); 1935 (Alamosa), and etc. The determination of the solar influence on the hydrological cycles need longer water data series, available from the reconstructed streamflow. The reconstructed streamflow from tree-ring data is the best method of determination of past variations, proved by the relationship between tree-ring time series and observed streamflow over the modern period. The TreeFlow is a comprehensive web resource for tree-ring reconstructions of streamflow and climate, providing easy access to reconstruction data (http://treeflow.info). A forward stepwise regression procedure was used to

calibrate the observed flow record with a pool of potential predictors consisting of tree ring chronologies from Colorado and northern New Mexico. The reconstructed streamflow time series cover almost 4 centuries for Alamosa river and 5 centuries for Rio Grande. The long-term streamflow variations are determined by Fourier approximation with truncation of terms shorter than 9a for Rio Grande basin (Fig. 1).

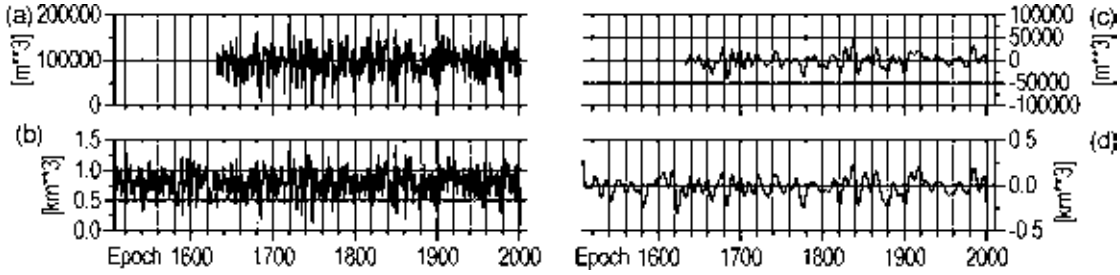


Fig. 1. Annual streamflows of rivers Alamosa in Colorado (a) and Rio Grande near Del Norte in New Mexico (b) and their long-term variations (c) and (d)

The Palmer Drought Severity Index (PDSI) is involved by Palmer [5] to represent the severity of dry and wet spells over the U.S. based on monthly temperature and precipitation data as well as the soil-water holding capacity at that location. The global PDSI data [6, 7] consist of the monthly surface air temperature [8] and precipitation [9, 10] over global land areas from 1870 to 2006. These data is represented as PDSI values in global grids 2°.5 × 2°.5. The PDSI variations are between –10 and +10, where the drought conditions are in terms of minus numbers and the wet conditions – in terms of positive numbers.

The time series of the PDSI variations are determined by the mean values from all grid data from the selected area. The mean values are computed by means of the robust Danish method (8, 9, 10). This method allows to detect and isolate outliers and to obtain accurate and reliable solution for the mean values. The PDSI values are calculated for the region of Rio Grande basin (Fig. 2). Their RMS errors are less than 0.1. The Rio Grande basin cover area between longitude 100°–112.5° W and latitude 30°–40° N with grid numbers up to 20. The long-term variations of PDSI time series are determined by Fourier approximation with truncation of terms shorter than 9a for Rio Grande basin (Fig. 3, b).

Fig. 2. Map of Rio Grande basin, area 100°–112.5° W and 30°–40° N

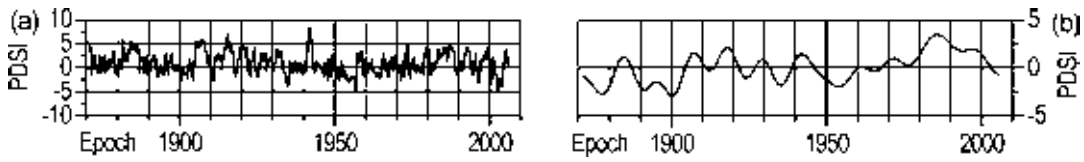


Fig. 3. Palmer Drought Severity Index (PDSI), calculated for Rio Grande and Alamos rivers basin (a), and their long-term variations (b)

The annual and daily values of SSN for the period 1700.0-now are provided by the Royal Observatory of Belgium. The 22-year solar magnetic cycles are represented by the extended 22-year SSN variations (SSN_22yr), determined by altering the even 11-year SSN cycles (Fig. 4). The time series of the TSI for the period 1610.5-2010.5 are reconstructed in [11]. The intensity of galactic CR at the Earth's orbit since 1610 has been calculated in [12–14] (Fig. 5)

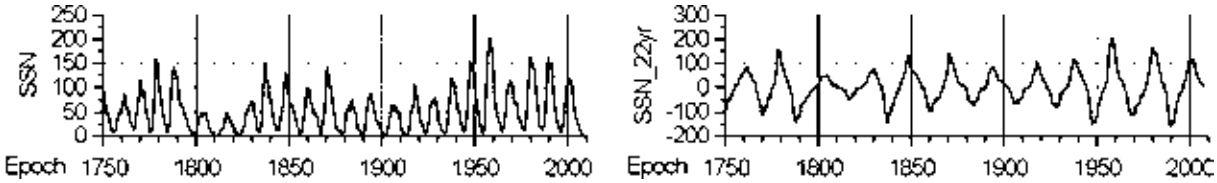


Fig. 4. Time series of SSN and extended 22-year SSN variations (SSN_22yr)

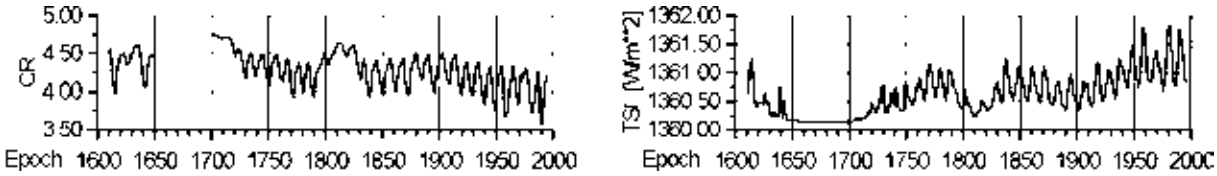


Fig. 5. Reconstructed time series of CR and TSI

The periodical variations are derived from the data by means of Partial Fourier Approximation based on the Least-Squares (LS) estimation of Fourier coefficients [15]. The Partial Fourier Approximation $F(t)$ of discrete data is given by

(1) $$F(t) = f_0 + f_1(t-t_0) + \sum_{k=1}^{n} a_k \sin k\frac{2\pi}{P_0}(t-t_0) + b_k \cos k\frac{2\pi}{P_0}(t-t_0),$$

where P_0 is the period of the first harmonic, t_0 - the mean epochs of observations, f_0, f_1, a_k and b_k are unknown coefficients and n is the number of harmonics of the partial sum, which covers all oscillations with periods between P_0/n and P_0. The application of the LS estimation of Fourier coefficients needs at least $2n + 2$ observations, so the number of harmonics n is chosen significantly smaller than the number N of sampled data f_i. It should be kept in mind that the small number of harmonics n yields to LS estimation of the coefficient errors, too. This estimation is the first essential difference with the classical Fourier approximation. The second essential difference with the classical case is the arbitrary choice of the period of first harmonic P_0, instead of the observational time span, so the estimated frequencies may cover the desired set of real oscillations. This method allows a flexible and easy separation of harmonic oscillations into different frequency bands by the formula:

(2) $$B(t) = \sum_{k=m_1}^{m_2} a_k \sin k\frac{2\pi}{P_0}(t-t_0) + b_k \cos k\frac{2\pi}{P_0}(t-t_0),$$

where the desired frequencies ω_k are limited by the bandwidth

(3) $$\frac{2\pi m_1}{P_0} \le \omega_k \le \frac{2\pi m_2}{P_0},$$

After estimating the Fourier coefficients, it is possible to identify a narrow frequency zone presenting significant amplitude, and defining a given cycle. Then this cycle can be reconstructed in time domain as the partial sum limited to the corresponding frequency bandwidth. Doing this for terrestrial and solar time series we shall identify their respective cycles, isolate and compare the common ones.

The estimation accuracy of amplitudes is better than 1 for SSN; 0.01W/m^2 for TSI; 0.02 km^3 for Rio Grande streamflow; and 2 x 10^3 m^3 for Alamosa streamflow.

Results

Rio Grande streamflow is compared with the 22-year solar magnetic cycles in Fig.6. The common cycles between CR, TSI and river streamflows are shown in Figs. 7 and 8 The PDSI and river streamflows variations are compared in Fig. 9.

Partial correlation between solar magnetic cycles and Rio Grande streamflow exists with positive correlation coefficient for time intervals 1750–1850 and 1920–2000 and negative coefficient – for time interval1850–1920 (Fig. 6).

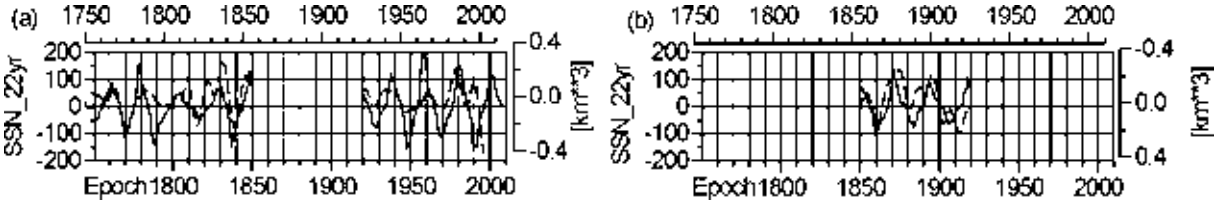


Fig. 6. Influence of solar magnetic cycles on Rio Grande streamflow, (a) – with positive correlation, (b) – with negative correlation coefficient

The TSI and CR have different long-term spectra, so they individually dominate in river streamflows variations in some frequency bands. The solar activity and modulated cosmic rays by solar wind and magnetic fields affect river streamflows in large number of decadal and centennial periodicities between 9 and 200 years. The variations of river streamflows have identically cycles with CR and TSI oscillations in most frequency bands in Figs. 7 and 8 with exception of 4 short-time phase reverses. The influence of CR and TSI on river streamflows variations is frequency dependent, so it is not possible to study their correlation by direct comparison of time series. The time lag is usually below 10yr with exception of centennial variations, where the time lag reaches 20–25 yr.

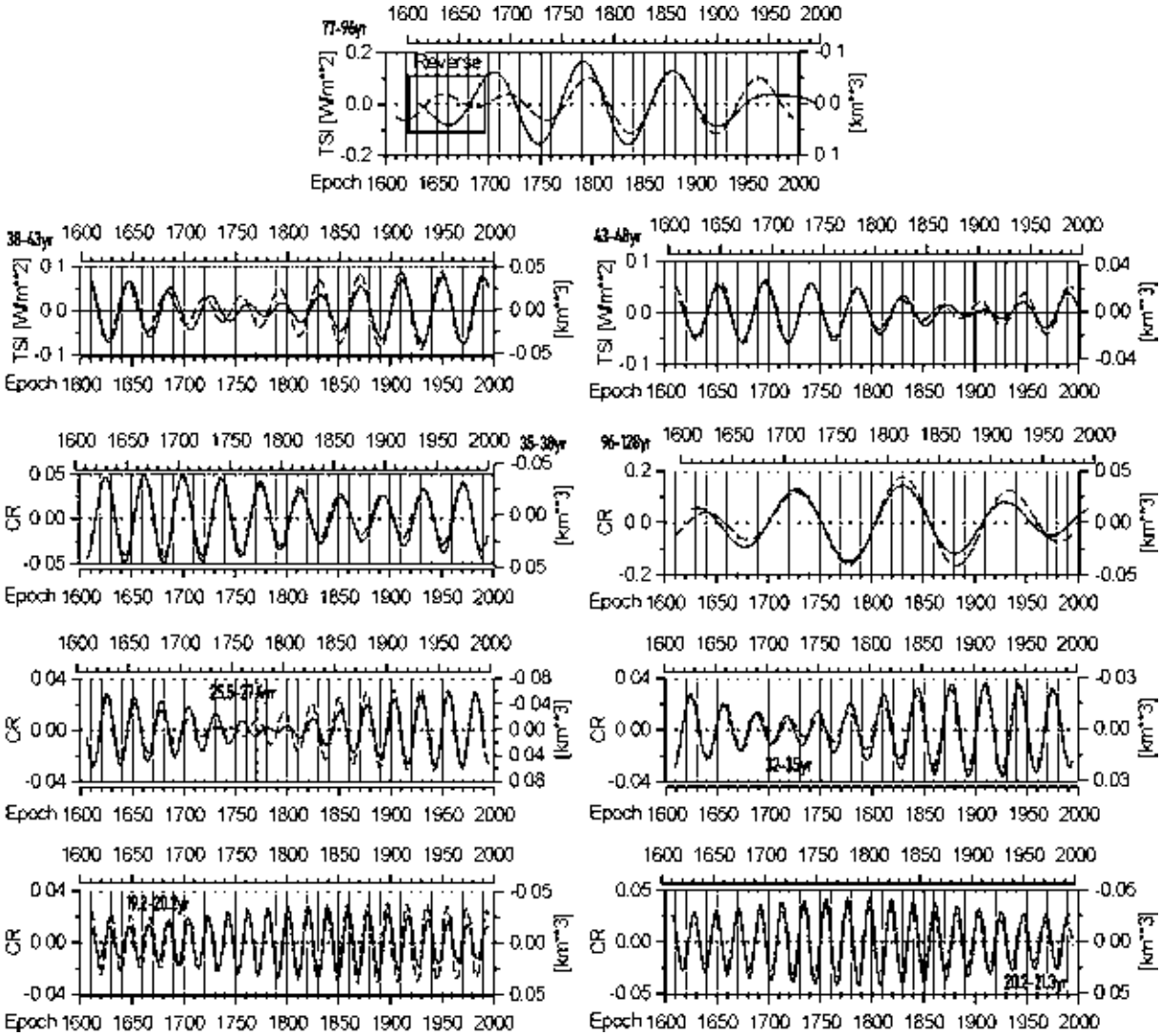


Fig. 7. CR and TSI (solid lines) influence on Rio Grande river streamflow variations (dashed line)

The solar activity affects terrestrial systems by means of direct radiation over Earth surface, solar wind, and the solar magnetic field. The solar wind directly affects Earth magnetic field, ionosphere and atmosphere. The variations of solar magnetic field modulate solar wind and cosmic rays in the frame of the heliosphere. The cosmic rays near Earth are modulated by Earth magnetic field variations, too. A significant part of cosmic rays consists of charged solar particles, whose interaction with the Earth atmosphere is preceded by focussing effect of geomagnetic field over polar regions, while the most energetic galactic cosmic rays affect all Earth regions. The cosmic ray intensity is controversial to the TSI variations. The TSI is strong during solar activity maximum, when the cosmic ray intensity has minimum and vice versa. So, during TSI maxima, the warming processes occur on Earth surface, and during TSI minima the thermal cycle amplitudes are amplified, due to cooling effects of cosmic rays.

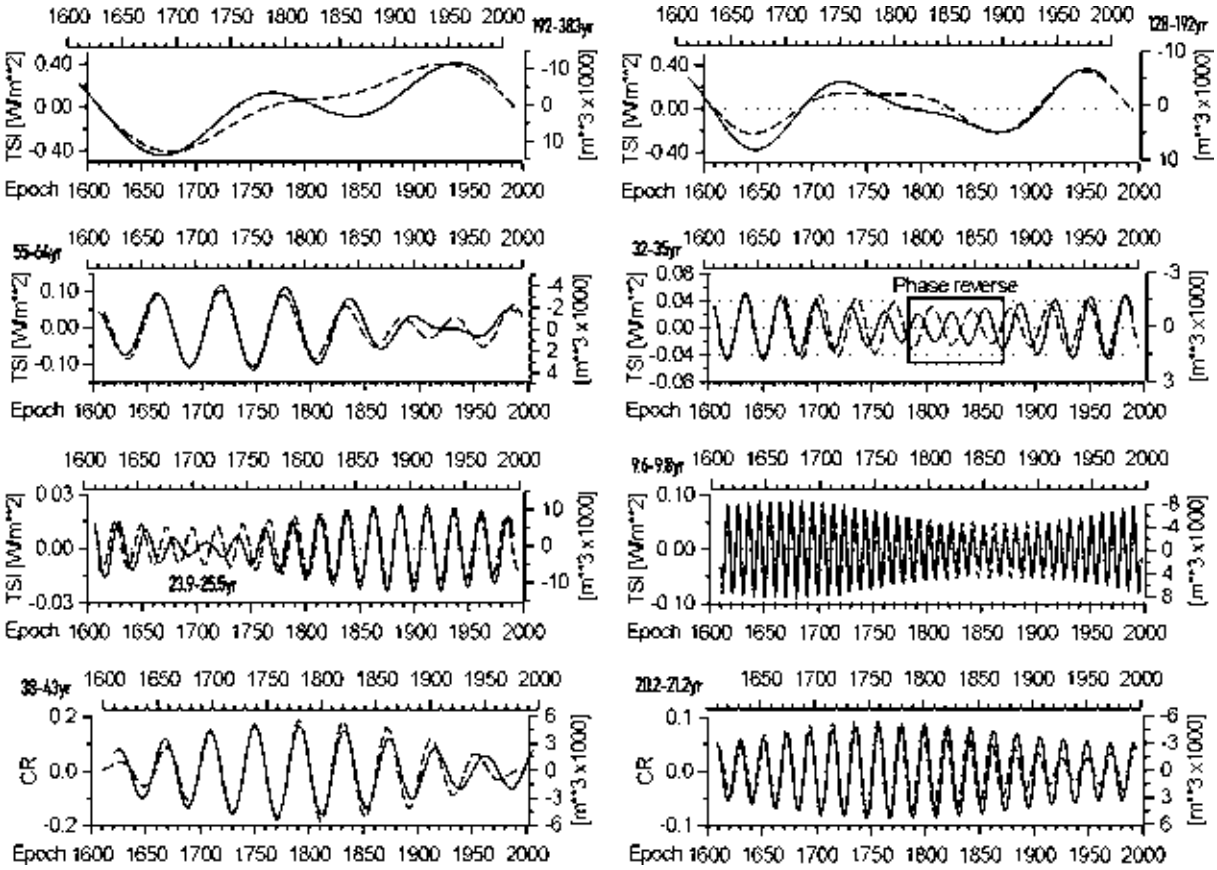


Fig. 8. TSI and CR (solid lines) influence on Alamosa river streamflow variations (dashed line)

The influence of solar activity on river streamflows is not direct. The TSI and CR variations affect initially various climatic parameters. The climatic changes over Rio Grande basin are presented by means of PDSI variations. The PDSI variations have good agreement with the Rio Grande and Alamosa river streamflows long-term oscillations (Fig. 9).

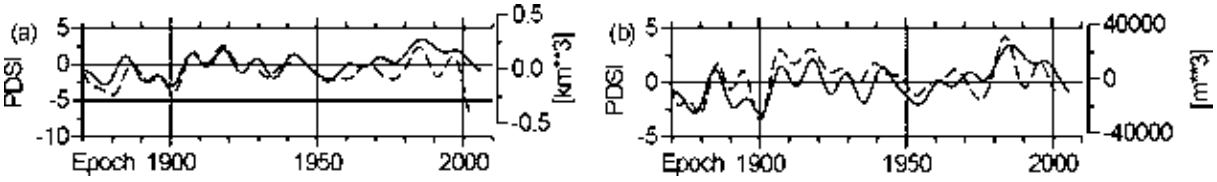


Fig. 9. PDSI (solid lines) influence on Rio Grande river (a)
and Alamosa river (b) streamflows (dashed lines) variations

Conclusions

The solar activity strongly affects the local variations of river streamflows especially of the rivers with large streamflows. The type of solar influences on river streamflows is direct by means of

total solar irradiance variations and non-direct by means of solar wind and interplanetary magnetic field variations, followed by geomagnetic disturbances, cosmic particles, local variations of temperature, humidity, rainfalls, climate and weather and etc. The solar wind variations affect interplanetary and Earth magnetic fields, whose changes modulate the cosmic rays. The cosmic rays produce a ionization of the atmosphere, changes of atmosphere conductivity, lightning, and an increase of ozone concentration. The changes of atmospheric water vapor content and ozone plays significant role in climate variations.

Strong correlation exists between the river streamflow variations and 22-year solar cycles. Unfortunately, these dependences are broken by sudden phase reverses, leading to switch between the positive and negative correlation. The phase reverses are big problem in streamflow models of interannual and long-term periodical variations and their prediction.

The dominant factors of the long term variations of river streamflows are the local and regional climatic influences represented by the local PDSI variations, calculated for the area over the river basins. Significant correlation between the PDSI variations and 11-, 22- and 45-year solar cycles was determined in [16]. The local PDSI variations have strong positive correlation with the long-term river streamflow variations with small deviation for some frequencies and time intervals. The local PDSI index itself is not enough to create reliable models of streamflow variations. It is necessary to involve all available solar and space indices.

The common decadal and centennial solar-terrestrial cycles are determined by superposition of two oscillations with neighbor periods and their comparison. The CR and TSI harmonics have identical cycles with river streamflows in several frequency bands with periods between 9 and 192 years. Some common cycles have phase reverse for short-time intervals. The Rio Grande streamflow has positive correlation coefficients with TSI oscillations and negative correlation coefficients with CR oscillations, while the Alamosa river streamflow is vice versa. So, the Rio Grande streamflow is affected by the water transport from the ocean, and it has significant increase during TSI maxima and CR minima. The Alamosa river streamflow depends on local climatic variations and expose significant decrease during TSI maxima.

References:

1. Kilifarska, N. A. and J. D. Haight, The impact of solar variability on the middle atmosphere in present day and pre-industrial atmospheres. J. Atmos. Solar Terr. Phys., 67, 3, 241–249, 2005, DOI: 10.1016/ j.jastp.2004.10.003
2. Kilifarska, N. A., Y. K. Tassev, and D. Y. Tomova, Cosmic ray showers and their relation to the stratospheric sudden warmings. Sun and Geosphere, 3, 1, 10–17, 2008
3. Kilifarska, N.A., Long-term variations in the stratospheric winter time ozone variability – 22 year cycle. Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences, 64, 6, 2011, 867–874.
4. Velinov, P. I. Y., L. Mateev and N. A. Kilifarska, 3-D model for cosmic ray planetary ionisation in the middle atmosphere. Ann. Geophys., 23, 9, 3043–3046, 2005, DOI: 10.5194/angeo-*23*-3043-2005
5. Palmer, W. C, Meteorological Drought. Res. Paper No.45, U.S. Weather Bureau, Washington, 58pp, 1965.
6. Dai, A., K. E. Trenberth, and T. Karl, Global variations in droughts and wet spells: 1900–1995. Geophys. Res. Lett., 25, 3367–3370, 1998.
7. Dai, A., K. E. Trenberth, and T. Qian, A global data set of Palmer Drought Severity Index for 1870-2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming. J. Hydrometeorology, 5, 1117–1130, 2004.
8. Jones, P. D., and A. Moberg, Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001. J. Climate, 16, 206–223, 2003.
9. Chen, M., P. Xie, J. E. Janowiak, and P. A. Arkin, Global land precipitation: a 50-yr monthly analysis based on gauge observations. J. Hydrometeorol., 3, 249–266, 2002.
10. Dai, A., I. Fung, and A. D. Del Genio, Surface observed global land precipitation variations during 1900-1988. J. Climate, 10, 2943–2962, 1997.
11. Kopp, G., Krivova, N., Lean, J., and Wu, C.J. The Impact of the Revised Sunspot Record on Solar Irradiance Reconstructions, Solar Physics, 2016. doi: 10.1007/s11207-016-0853-x.
12. Usoskin, I. G., K. Mursula, S. K. Solanki, M. Schuessler, and G. A. Kovaltsov, A physical reconstruction of cosmic ray intensity since 1610, J. Geophys. Res., 107(A11), 1374, 2002. doi:10.1029/2002JA009343.
13. Usoskin, I., K. Alanko-Huotari, G. Kovaltsov, K. Mursula, Heliospheric modulation of cosmic rays: Monthly reconstruction for 1951-2004. *J. Geophys. Res.*, 110, A12108, 2005. doi:10.1029/2005JA011250JGR.
14. Alanko-Huotari, K., I. G. Usoskin, K. Mursula, G. A. Kovaltsov, Global Heliospheric Parameters and Cosmic-Ray Modulation: An Empirical Relation for the Last Decades, *Solar Physics*, 238, 391–404, 2006. doi: 10.1007/s11207-006-0233-z.
15. Chapanov Y., C. Ron, J. Vondrk, Decadal cycles of Earth rotation, mean sea level and climate, excited by solar activity, Acta Geodyn.Geomater., 14, No. 2 (186), 241250, 2017. DOI:10.13168/AGG.2017.0007
16. Chapanov, Ya., D. Gambis, Drought cycles over South-East Europe for the period 1870–2005 and their connection with solar activity. Proc. BALWOIS, 2010, Ohrid, 2010.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

СТАТИСТИЧЕСКИ АНАЛИЗ НА ВРЪЗКАТА МЕЖДУ ТЕМПЕРАТУРАТА И СУМАРНАТА СЛЪНЧЕВА ЕНЕРГИЯ В БАЗОВА ОБСЕРВАТОРИЯ ПРИ ИКИТ, СТАРА ЗАГОРА

Димитър Вълев, Веселин Ташев, Ролф Вернер, Венета Гинева

Секция „Атмосферни оптични изследвания“ при ИКИТ – БАН, Стара Загора
e-mail: valev@gbg.bg

Ключови думи: *сумарна слънчева енергия, приземна температура на въздуха, корелация)*

Резюме: *Изследвани са редовете за температурата и сумарната слъчева енергия по данни от Метеорологичната станция Vantage Pro2 Plus инсталирана в района на Базова обсерватория при ИКИТ, Стара Загора. Данните обхващат периода от инсталирането на станцията през юни 2011г. до септември 2019 г. Посредством линеен регресионен анализ е установена висока корелация с r = 0.90 между месечните температури и сумарната месечна слънчева енергия. По такъв начин бе показано статистически, че решаващия фактор за формиране на месечната температура на приземния въздух се явява сумарната месечна слънчева енергия, а всички останали фактори имат второстепенно значение. На следващия етап посредством кроскорелационен анализ е показано, че средните месечни температури изостават с 1 месец след сумарната слънчева енергия. Най-вероятната причина за изоставането се явява топлинната инертност на подложната повърхност и ниската атмосфера. Това създава възможност за подобряване точността на прогнозата за средната месечна температура.*

STATISTICAL ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP OF TEMPERATURE AND TOTAL SOLAR ENERGY IN BRANCH OBSERVATORY OF SRTI IN STARA ZAGORA

Dimitar Valev, Veselin Tashev, Rolf Werner, Veneta Guineva

Section of Atmospheric Optical Investigations of SRTI-BAS in Stara Zagora
e-mail: valev@gbg.bg

Keywords: *total solar energy, surface air temperature, correlation*

Abstract: *The series of temperature and total solar energy in the Branch Observatory of SRTI in Stara Zagora has been studied by data of meteorological station Vantage Pro2 Plus. The data cover a period from installation of the station in June 2011 to September 2019. By linear regression it was found a close correlation (r = 0.90) of monthly temperature and total solar energy. Thus, it was shown statistically that the crucial parameter for monthly temperature of surface are is total solar energy and the rest parameters have secondary contribution. At the next stage of the studies it was shown by cross-correlation that the monthly temperature lags one month after total solar energy. The most probably reason of this lag is thermal inertia of the surface and low atmosphere. This creates a possibility for improvement of monthly temperature prognosis.*

Въведение

Известно е, че температурата на приземния слой и ниската атмосфера се формира под влияние на множество фактори – пряка и разсеяна слънчева радиация, облачност, адвекция на въздушни маси, вид и състояние на подложната повърхност, релеф и др. Слънчевата късовълнова радиация е основен климатообразуващ фактор и главен източник на топлинна енергия за почти всички природни процеси развиващи се върху земната повърхност, в атмосферата и хидросферата. Слънчевата радиация е плътността на енергийния поток излъчван от Слънцето на разстояние една астрономическа единца, т.е. на средното разстояние

Слънце - Земя. Тази енергия се нарича още слънчева константа и представлява средната радиация на горната граница на земната атмосфера. Слънчевата константа има средна стойност 1366 W/m^2 [1] като варира през слънчевия цикъл с ± 0.1 % [2]. Една част от попадащата слънчевата енергия върху земната атмосфера се отразява директно обратно в космоса, а друга част се абсорбира в атмосферата и подложната повърхност. Общо около 19% от слънчевата енергия не достига земната повърхност, а се поглъща и разсейва от газовете (CO_2, O_3, H_2O пара) и аерозолите в безоблачната атмосфера [3].

Пряката слънчева радиация се измерва върху повърхност, перпендикулярна на слънчевите лъчи. Тя зависи от зенитния ъгъл на Слънцето, географската ширина и сезона. Облачността многократно намалява количеството на пряката слънчева радиация достигаща до земната повърхност, а в същото време увеличава разсеяната слънчева радиация. Разсеяна слънчева радиация е тази част от слънчевата радиация, която достига до земната повърхност не пряко, а след разсейване в атмосферата от водните капки на облаците. При безоблачна атмосфера разсеяната слънчева радиация е близо 10 пъти по-слаба от пряката, но при значителна облачност и ниска височина на Слънцето тя става съизмерима с пряката слънчева радиация [4]. Сумата от пряката и разсеяната слънчева радиация дава сумарната слънчева радиация. Радиационният баланс на земната повърхност и приземния слой представлява разликата между погълнатата сумарна слънчева радиация и дълговълновото температурно излъчване на земната повърхност. Радиационният баланс е положителен през по-голямата част от деня и през лятото,а през нощта и през зимата е отрицателен, но годишната му стойност е близка до нула.

Известно е, че между сумарната слънчева радиация и температурата на приземния въздух съществува тясна корелация, която се използува за възстановяване на стойностите на сумарната слънчева радиация в станции без радиационни измервания на базата на данни за температурата [5–8]. Целта на настоящата работа е да изследваме доколко значимо е въздействието на сумарната слънчева енергия достигаща земната повърхност върху средната температура на приземния въздух в сравнение с останалите фактори влияещи върху температурата в района на Базова обсерватория при ИКИТ в Стара Загора.

Данни и методи за обработка на данните

От юни 2011 г. в секция Атмосфери оптични емисии при ИКИТ–БАН, Стара Загора работи в непрекъснат автоматичен режим метеорологичната станция (МС) Vantage Pro2 Plus. Тя е предназначена за наблюдение на метеорологичните параметри – температура, относителна влажност, атмосферно налягане, валежи, скорост и посока на вятъра. С допълнителни сензори се измерва сумарната (пряка + разсеяна) слънчева радиация и ултравиолетовия индекс (UV–индекс). По време на архивиращия интервал (15 минути) датчиците измерват многократно метеорологичните параметри и след усредняване на техните показания се архивира средната стойност на всеки параметър за този интервал. По такъв начин за 1 час имаме 4 стойности за всяка от измерваните метеорологични параметри и чрез усредняването им определяме средночасовата стойност на съответния метеорологичен параметър.

В работата са използувани данните за температурата на приземния въздух и сумарната слънчева енергия достигаща до земната повърхност, получени посредством МС Vantage Pro2 Plus през периода юни 2011 г. – септември 2019 г. Определени са средномесечните стойности на температурата и сумарната месечна слънчева енергия достигаща земната повърхност в района на МС в единици kWh/m^2. По такъв начин са формирани времевите редове на средната месечна температура и на сумарната месечна слънчева енергия за периода юни 2011 г. – септември 2019 г.

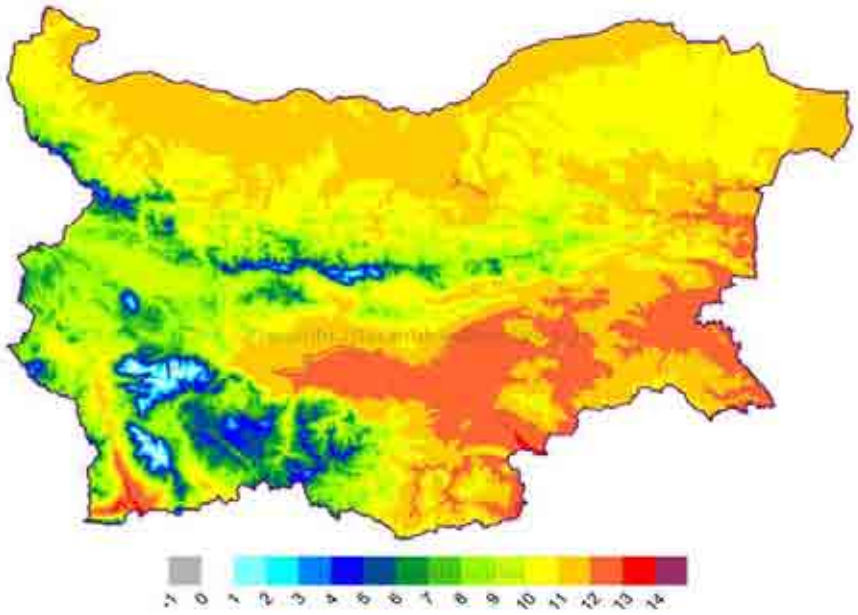
За статистически анализ на времевите редове са използувани линейна регресия и кроскорелационен анализ. Нивото на статистическа значимост е определено посредством стандартния t-критерий на Стюдънт.

Резултати

Фиг.1 представлява карта на разпределението на годишната сума на слънчевата енергия за територията на България [9]. Разликите в различните райони се обуславят преди всичко от количеството и дебелината на облачността и мъглата в тези региони. Получената от нас средна годишна сума на слънчевата енергия за Стара Загора от 1330 kWh/m^2 е близка до климатичната стойност. На Фиг. 2 е показана карта на разпределението на средната годишна температура на приземния въздух в България [10]. Подобието на двете карти показва, че до голяма степен разпределението на годишната сума на слънчевата енергия съответствува на

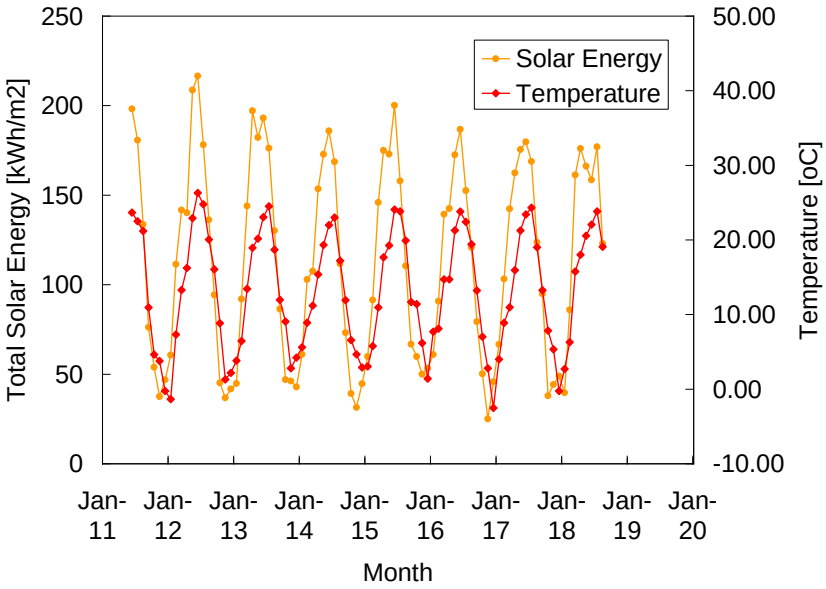
разпределението на годишните температури в България. Отклоненията са най-големи в планините, където средната годишна температура намалява пропорционално на надморската височина.

Фиг. 1. Разпределение на годишната сума на сумарната слънчева енергия за територията на България



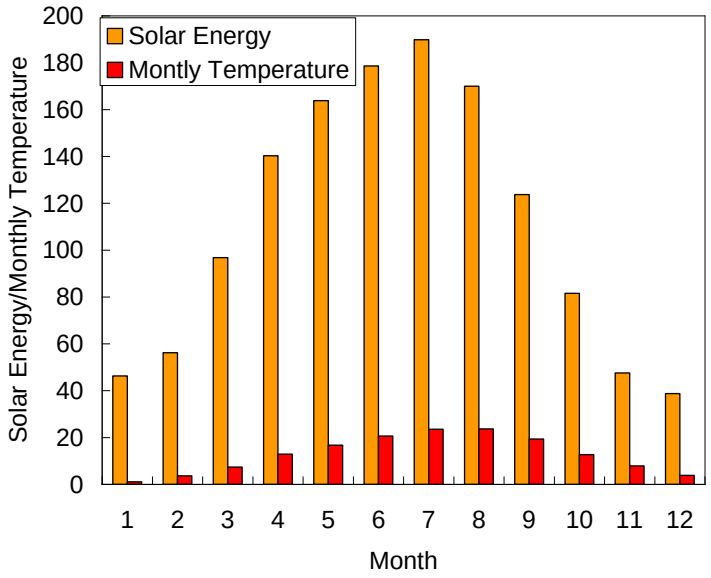
Фиг. 2. Разпределение на средната годишна температура на приземния въздух в България

На Фиг. 3 са показани времевите редове на средната месечна температура и на сумарната месечна слънчева енергия за периода юни 2011 г. – септември 2019 г. Вижда се отлично изразения сезонен ход на тези две величини.



Фиг. 3. Времеви ход на средната месечна температура и сумарната месечна слънчева енергия за периода юни 2011 г. – септември 2019 г.

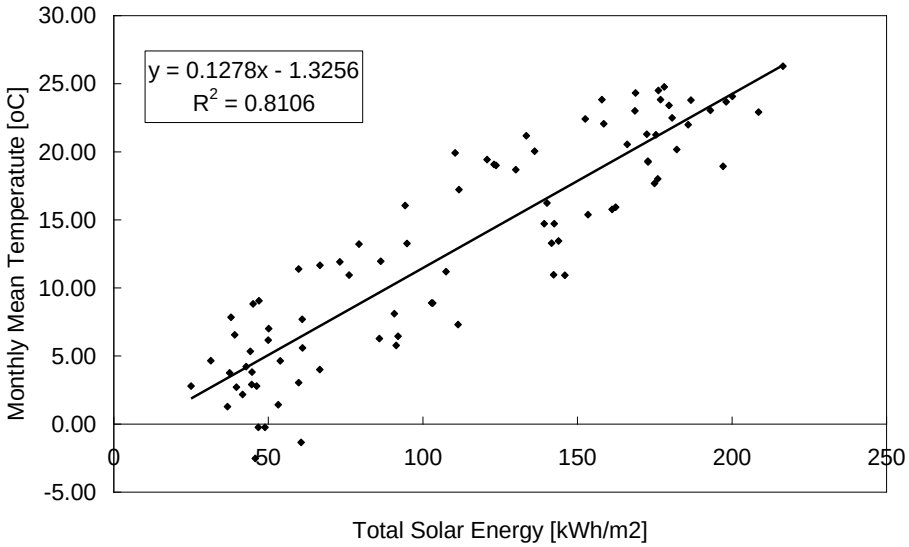
Сезонния ход на средната месечна температура и сумарната месечна слънчева енергия усреднени за целия период на наблюденията е показан на Фиг. 4. Вижда се, че температурата има минимум T_{min} = 1.18 ^{o}C през януари и максимум T_{max} = 23.64 ^{o}C през август, а сумарната месечна слънчева енергия има минимум E = 39.10 kWh/m^2 през декември и максимум E = 189.80 kWh/m^2 през юли.



Фиг. 4. Сезонен ход на средната месечна температура и сумарната месечна слънчева енергия за периода на наблюденията

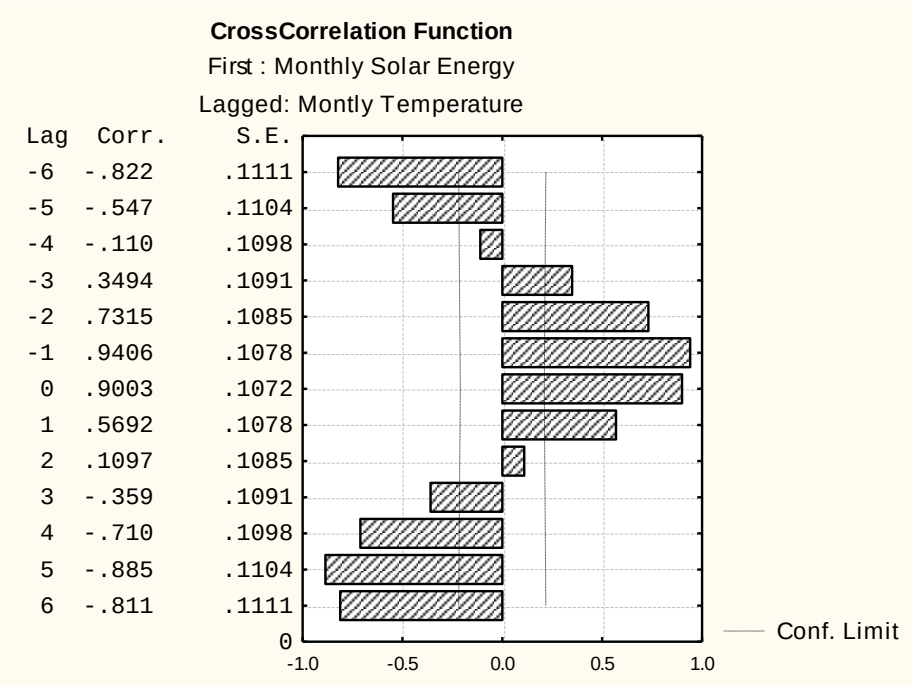
На следващия етап от работата бе проведен линеен регресионен анализ на средната месечна температура и сумарната месечна слънчева енергия. Резултатите от линейния регресионен анализ са показани на Фиг. 5. Оказа се, че зависимостта на средната месечна температура от сумарната месечна слънчева енергия е много тясна и корелационният коефициент достига r = 0.90. Нивото на статистическа значимост на корелацията P бе определено посредством t-критерия на Стюдънт и достига P < 0.000001. Известно е, че величината R^2 показва каква част от вариациите на предиктора (в случая месечната температура) се дължат на предиктанта (сумарната месечна слънчева енергия). Следователно 81% от вариациите на месечната температура се определят от влиянието на сумарната

месечна слънчева енергия и само 19 % от тези вариации са резултат от всички останали фактори, влияещи върху формирането на температурата на приземния въздух. По такъв начин бе установено статистически, че решаващия фактор за формиране на месечната температура на приземния въздух се явява сумарната месечна слънчева енергия, а всички останали фактори имат второстепенно значение.



Фиг. 5. Зависимост между средната месечна температура и сумарната месечна слънчева енергия

Резултатите от кроскорелационния анализ за средната месечна температура и сумарната месечна слънчева енергия са представени на Фиг. 6. Нивото на доверие (стандартна грешка σ_r = 0.11) е показано с пунктирана линия. Вижда се, че кроскорелационната функция има максимум при закъсняване на месечна температура спрямо сумарната месечна слънчева енергия с 1 месец. При това корелационният коефициент нараства още и достига стойност r = 0.94. Най-вероятната причина за изоставането на средната месечна температура спрямо сумарната месечна слънчева енергия се явява инертността на подложната повърхност и приземния слой. Това създава потенциална възможност за подобряване точността на прогнозата за средната месечна температура 1 месец предварително.



Фиг. 6. Кроскорелационна функция за средната месечна температура
и сумарната месечна слънчева енергия

Заключение

Изследвани са редовете за температурата и сумарната слънчева енергия по данни от MC Vantage Pro2 Plus инсталирана в района на Базова обсерватория при ИКИТ, Стара Загора. Данните обхващат периода от инсталирането на станцията през юни 2011 г. до септември 2019 г. Посредством линеен регресионен анализ е установена тясна корелация с r = 0.90 между месечните температури и сумарната месечна слънчева енергия. На следващия етап посредством кроскорелационен анализ е показано, че средните месечни температури изостават с 1 месец след сумарната слънчева енергия. Най-вероятната причина за изоставането се явява инертността на подложната повърхност и ниската атмосфера. Това създава потенциална възможност за подобряване точността на прогнозата за средната месечна температура 1 месец предварително.

Установено е, че 81 % от вариациите на месечната температура се определят от влиянието на сумарната месечна слънчева енергия и само 19% от вариациитне са резултат от всички останали фактори, влияещи върху формирането на температурата на приземния въздух. По такъв начин, бе показано статистически, че решаващия фактор за формиране на месечната температура на приземния въздух се явява сумарната месечна слънчева енергия, а всички останали фактори имат второстепенно значение и допълват основния фактор.

Литература:

1. Lean, J. L., Solar irradiance and climate forcing in the near future, Geophys. Res. Lett., Vol. 28, pp. 4119–4122, 2001.
2. Willson, R.C., H.S. Hudson,The Sun's luminosity over a complete solar cycle, Nature, Vol. 351, pp. 42–44, 1991.
3. Roedel, W., Physik unserer Umwelt, 2. Aufl., Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, S.48, 1994.
4. Кръстанов, Л., С. Панчев, В. Андреев, Обща метеорология, Наука и изкуство, София, 1978.
5. Prieto, J. I., J. C. Martınez-Garcıa, D. Garcıa, Correlation between global solar irradiation and air temperature in Asturias, Spain, Solar Energy, Vol. 83, pp. 1076–1085, 2009.
6. Chandel, S. S., R. K. Aggarwal, A. N. Pandey, New Correlation to Estimate Global Solar Radiation on Horizontal Surfaces Using Sunshine Hour and Temperature Data for Indian Sites, J. Sol. Energy Eng., Vol. 127, pp. 417–420, 2005.
7. Allen, R. G., Self-Calibrating Method for Estimating Solar Radiation from Air Temperature, Journal of Hydrologic Engineering, Vol. 2, Issue 2 (April 1997).
8. Wu, G., Y. Liu, T. Wang, Methods and strategy for modeling daily global solar radiation with measured meteorological data – A case study in Nanchang station, China, Energy Conversion and Management, Vol. 48, pp. 2447–2452, 2007.
9. https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/bulgaria
10. www.meteo.bg

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

ИЗСЛЕДВАНЕ НА БИОЕНЕРГИЙНИ ЗОНИ В РОДОПИТЕ ПО МЕТОДА БИОЕЛЕКТРОГРАФИЯ

Геннадий Маклаков[1], Момчил Караиванов[2]

[1]Институт за информатика и автоматика – Санкт-Петербург
[2]Областна администрация Смолян
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Ключови думи: *екология, рекреационни зони, рехабилитация, аерокомически отрасъл, газоразрядна визуализация.*

Резюме: *Представени са резултати от проучвания на екологията в Смолянски регион с цел използването им за рехабилитация и профилактика на психофизиологичното състояние на авиационен и космически персонал. Показана е възможността биоелектрографията да се приложи за изследване на екологичните ресурси и влиянието им върху жизнената дейност на хората. На основата на новосъздадени сензори са определени места с най-благоприятно влияние върху здравето на човека.*

RESEARCH OF BIOENERGY ZONES IN THE RHODOPES BY THE METHOD OF BIOELECTROGRAPHY

Gennadii Maklakov[1], Momchil Karaivanov[2]

[1]Petersburg Institute for Informatics and Automation – Russian Academy of Sciences
[2]Regional administration of Smolyan
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Keywords: *ecology, recreation areas, rehabilitation, aerospace, gas-discharge visualization.*

Abstract: *The results of ecological studies in the Smolyan region are presented in order to use them for the rehabilitation and prevention of the psychophysiological status of aviation and space personnel. The possibility of bioelectrography to be applied for the study of ecological resources and their influence on human life activity is shown. On the basis of newly created sensors, the most favorable places on human health have been identified.*

Въведение

Изследванията върху рекреационни зони в смолянския край, представени в тази статия, могат да се разглеждат като логично продължение на изследванията на околната среда и влиянието й върху човека, проведени от нас през 2016–2018 г. и публикувани в материалите на международната научна конференцията "Космос. Екология. Сигурност" през същите години [1–4].

Целта на проучванията: изследване на уникалните екологични ресурси на Родопите и влиянието на средата върху жизнената дейност на хората.

Проведохме измервания в следните места на Смолянска област: гр. Чепеларе (хотел „Шоки”, местността Сивковска река, местността Янчовица, параклиса „Св Мина”); с. Гела (разкопките на ранновизантийска базилика, Илинденските поляни, хотел „Гела”, местността Джигелска бърчина); гр. Девин (хотелски комплекс „Исмена”); параклис „Св. Спас” в м. Варадила край Смолян, параклис „Св. Спас” в м. Петровица, с. Фатово; м. Перелик; гр. Рудозем; с. Полковник Серафимово, Смолянски езера.

Изследвана беше водата в следните обекти: Чепеларе (хотел „Шоки”, местността Сивковска река, местността Янчовска река, чешмата при параклис „Св Мина”); с. Гела (вода от

чешмата в различни стаи в хотела, чешма в местността Илинденски поляни); Смолянски езера (Бистрото езеро, чешма в хотел „Oak Residence”); гр. Девин (хотелски комплекс „Исмена”, вода от извор Беденски бани); с. Полковник Серафимово (вила” Кати”).

За сравнение екологията на Смолянски регион с други места в България бяха проведени изследвания в София и Самоков. В София измерванията бяха направени в градинка в комплекс „П. Яворов” – мястото се намира на около 500 m от Борисовата градина и макар че недалече минава Цариградско шосе с голям автомобилен трафик, създаващ замърсяване на въздуха, това място се явява един от добрите райони на София по екологична чистота.

Бяха направени около 7000 измервания. Такова количество се наложи, тъй като зарегистрирахме много интересни и необичайни явления, което изискваше нееднократна проверка. В настоящата статия е показана незначителна част от събраните данни.

Методология на изследванията

Проучванията бяха извършени по метода газоразрядна визове в САЩ, Германия, Русия, Индия, Китай и др. ГРВ прибори за мониторинг на околната среда и за нейното въздействие върху човека успешно са апробирани още през 2001–2018 г. в Англия, Русия, България, Аржентина, Венецуела, Колумбия, Тибет и други страни.

Принципът на ГРВ биоелектрографията и особеностите в използването на ГРВ диагностиката бяха описани достатъчно подробно в наши публикации [1–4], обсъждани бяха 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 изображението 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 [1–4, 5]: 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}) – обощаващ 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 той (показателят) е по-висок, толкова по-благотворно е влиянието на околната среда върху човека.

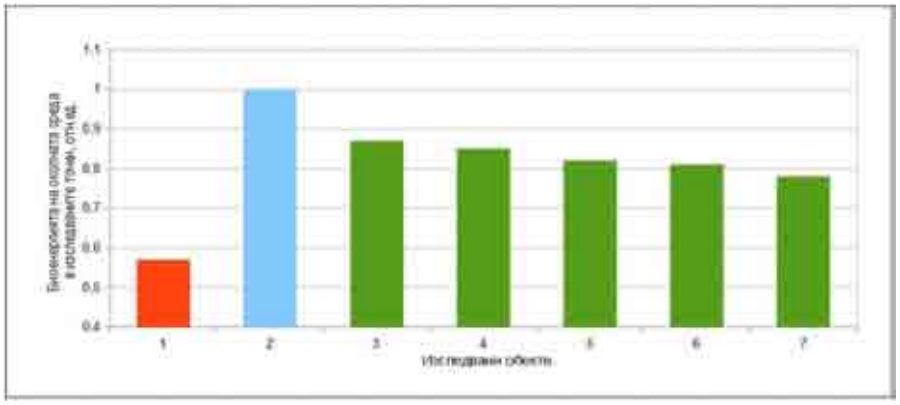
Сравнението на влиянието на екологията в различни места на Смолянски регион със София (ЖК „П. Яворов”) – еталонен (реперен) обект, се осъществяваше в петмерно пространство ($S, I_{av}, K_f, K_{fr}, K_{en}$) чрез оценяване отклонението на изследвания обект от реперния (по разстоянието между реперната и изследваната точка).

За осигурим достоверност на измерванията, използвахме статистически критерий на Стюдънт, критерий на Манн-Уитни, критерий на Валд-Волфовиц, критерий на Колмогоров-Смирнов и др.

Анализ на резултатите от изследванията

Както показаха изследванията, най-голяма стойност на биоенергията е открита в м. Перелик. За удобство на сравнението величината на биоенергията в това място е приета за единица (100%). Също за удобство на сравнението на всички диаграми, свързани с анализа на биоенергията на околната среда, са представени измервания в София (ЖК „П. Яворов”). На фиг. 1 са представени някои резултати от изследванията.

Както се вижда от диаграмата (фиг. 1), биоенергията на околната среда в другите изследвани точки е с 13–22 % по-малко отколкото в м. Перелик. За сравнение - в София показателят биоенергия на околната среда е 57 % от м. Перелик. Предизвиква удивление голямото значение на този показател в гр. Рудозем (86 % от м. Перелик). Възможно е това да е свързано с наличието на полезни изкопаеми, в частност радиоактивни елементи. При това в Рудозем е направена само една серия измервания, което е недостатъчно за окончателен извод. Целесъобразно е в бъдеще да се проведат по-мащабни проучвания в този град.



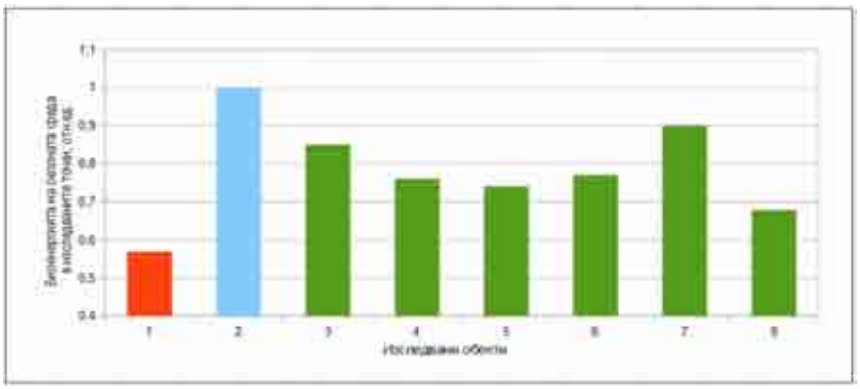
Фиг. 1. Биоенергия на околната среда в изследваните точки:1 - София, 2 - м. Перелик, 3 - с. Полковник Серафимово (вила „Кати"), 4 - с. Гела (хотел «Гела»), 5 - Чепеларе (Янчовска река), 6 - Рудозем, 7 - местност Смолянски езера (Бистрото езеро)

Значението на биоенергията на околната среда в хотел „Гела" е показано на графиката средно за хотела като цяло. Според измерванията в различни стаи, дори съседни, биоенергията се отличава с 5–7 % и съответно се проявява по различен начин влиянието й върху човека. Следва също да се отбележи, че в ресторанта е регистрирано аномално високо значение на биоенергията. Възможно е това да се обуславя от факта, че в непосредствена близост се намират силни енергийни центрове. Възможно е и друго обяснение. С помощта на т. нар. пасивни резонатори, както е известно, може значително да се усили въздействието на околната среда. А елементи от интериора в ресторанта силно приличат на такива устройства. Възможно е при строителството неосъзнато да са включени такива резонатори.

За съжаление обемът на статията не позволява да се спрем на всички изследвания в Смолянски регион. Ще се спрем само на най-уникалното от наша гледна точка място - с. Гела.

Както показаха изследванията, в с. Гела има много места със силна биоенергия. Бяха изследвани: разкопки на ранновизантийската базилика, местността Илинденски поляни, хотел „Гела", вила „Орлово гнездо". Особено внимание обърнахме на местността Джигелска бърчина, където според разказите на местни хора през 70-те години са открити скелети на хора с височина 2.80–3 m. Измервания направихме на мястото, където са намерени костите, (т. 1) и на стотина метра от там, край пътя (т. 2).

За удобство величината на биоенергията в с. Гела се сравнява с величината на биоенергията в м. Перелик, считана за 100 % и с регистрираните измервания в София (ЖК „П. Яворов"). Данните са представени на фиг. 2.



Фиг. 2. Биоенергия на околната среда в изследваните точки в с. Гела: 1 - София, 2 - м. Перелик, 3 - хотел «Гела», 4 - м. Илинденски поляни, 5 - разкопки на ранновизантийска базилика, 6 - м. Джигелска бърчина (т.1), 7 - м. Джигелска бърчина (т. 2), 8 - вила „Орлово гнездо".

Изследванията, проведени в с. Гела, показват, че биоенергията в различни места на селото се отличава със значителна неравномерност. Така например, в хотел „Гела" измерванията показаха, че в стаи на хотела, разположени съседно, биоенергията се различава примерно със 7 %, при което биоенергията на пространството по различен начин въздейства на хората, живеещи в тях и по различен начин се повишават адаптационните им възможности. В

някои случаи може да се наблюдава възбудено емоционално състояние, включително до безсъние, което съвпада с наблюденията на собственика на хотела.

Измерванията показаха, че биоенергията на околната среда в с. Гела изключително силно и блоготворно влияе на човека. Този факт се потвърждава от местните жители, които твърдят, че в селото има места, които за няколко минути отстраняват умората и нормализират психическото състояние. По-подробно влиянието на околната среда върху организма на човека е представено по-нататък.

Във връзка с ярко изразената нееднородност на проявяване на биоенергията на околното пространство е целесъобразно да се проведат по-детайлно проучвания в цялото село, което ще позволи оптимално да се използва съществуващият потенциал. Ще подчертаем още веднъж, че дори на близко разстояние е възможно проявяването на биоенергията в различни степени, а от тук е важно да се определят най-оптималните места за работа, отдих, хранене на намиращите се в съответните помещения хора.

Изследванията показаха, че в отделни помещения може значително да се усили благотворното влияние на биоенергията. Например в ресторанта на хотел „Гела" е формирано много силно благоприятно поле, величината на което е съизмерима с това на Джигелската бърчина в селото. Разликата е от порядъка на 3 %. Да се усили благотворното влияние на биоенергията на определено място може със специални концентратори (пасивни генератори). Предполагаме, че за нормализацията на енергията способстват старинните български предмети и икони. Във всеки случай такъв ефект наблюдавахме също във вила „Кати" в с. Полковник Серафимово. Този извод правим по предварителни изследвания и представляват голям научен интерес за проучване.

Уникалността на местата със специфична биоенергетика в с. Гела ни накара по-детайлно да изучим проявения феномен. С такава цел бе изследвано влиянието на енергийните зони върху психофизиологическите структури на човека. Изследванията си базирахме на известния факт, че всякакви външни въздействия върху човека водят до изменения в светенето, регистрирано в ГРВ-грамите на пръстите на ръцете. Промените в геометрията на светенето на ГРВ-грамите могат да се забележат дори на око и опитен психофизиолог може да диагностицира нарушенията в работата на органите или дори да разкрие начална проява на патология. За по-точна диагностика са разработени специални таблици за откриване на болестни състояния. Най-често срещаните диагностични таблици са създадени от проф. П. Мандел (Германия) и проф. К. Коротков (Русия). Обаче най-точна диагностика може да бъде получена чрез провеждане на математически анализ на ГРВ- грамите.

Отчитайки ограниченото време за провеждане на експедицията, оценявахме влиянието на бионергията на околната среда върху следните физиологични структури: работата на мозъчната кора, в частност работата на дясното полукълбо на мозъка, което както е известно, отговаря за интуитивното мислене, неговото развитие, способства приемането на нетрадиционни решения, засилва творческия потенциал. Освен това оценявахме ефектиността на сетивните органи (зрение, слух, обоняние) в условията на биоенергията на проучваните места. При това изследвахме също ефективността на работа на щитовидната жлеза, чиито хормони съществено влияят на всички системи и органи. За тази цел във всяка измервана точка фиксирахме измененията в структурата на ГРВ-грамите на палеца на лявата ръка.

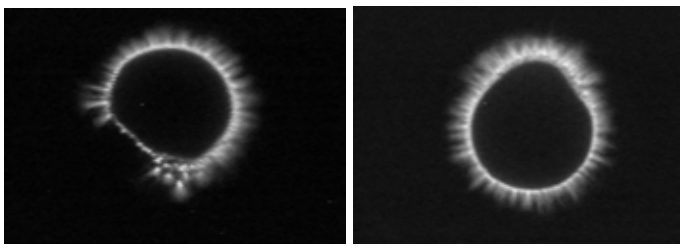
Както показаха нашите предишни изследвания [1–4], именно такъв подход дава възможност да се проведе диагностика на психофизиологичното състояние на човека. Получените ГРВ-грами бяха анализирани по методиката на проф. П. Мандел.

В най-интересните места със силна биоенергия (с. Гела) провеждахме пълен анализ на всички функционални системи на човека и основните органи.

Влиянието на факторите на околната среда върху психофизиологичните структури на човека провеждахме върху доброволци (мъже и жени на възраст 50–70 г.). Като пример на фиг. 3 е представено светенето на палеца на лява ръка във високочестотно електромагнитно поле (ГРВ-грама).

Положителното влияние на биоенергията на селото ясно се забелязва дори без математическа обработка. Например на фиг. 3 е представена ГРВ-грама на палеца на лява ръка на мъж, 70 г., в София (ЖК „П. Яворов") и в село Гела (м. Илинденски поляни).

Дори с просто око се вижда, че интензивността на светене се е увеличило в с. Гела, като светенето става и по-равномерно. Това говори за силно положително въздействие върху организма. В частност може да се отбележи значителното подобряване работата на сетивните органи (очи, уши, нос) и щитовидната жлеза.



а) б)

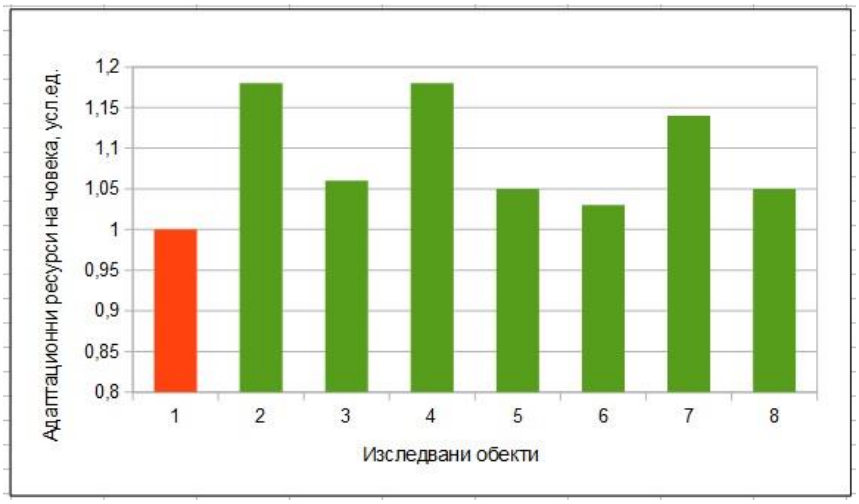
Фиг. 3. ГРВ грама на палеца на лява ръка: в София - (а) и в село Гела (м. Илинденски поляни, т.2) - (б)

Според класификацията на проф. Мандел долната лява част на ГРВ грамата показва нарушение в работата на сетивните органи и щитовидната жлеза (фиг. 3а). На същия сектор в с. Гела (фиг. 3б) се вижда, че работата на органите значително се е подобрила – светенето е равномерно и по-силно. Горната част на ГРВ-грамата характеризира работата на мозъчната кора. При сравнение на ГРВ-грамите на фиг. 3 се вижда, че светенето на ГРВ грамата в с. Гела става по-силно и равномерно, което говори, че мозъчните структури започват да работят в по-благоприятен режим. Математическата обработка свидетелства за значително подобрение в работата на основните функционални системи на човешкото тяло, например, мозъчните структури по-интензивно и качествено започват да обработват получаваната информация. Увеличението е 9.6 % .

А сега най-любопитното: тези изменения регистрирахме 2–3 мин. след идването в активна точка с високо излъчване на биоенергия (м. Илинденски поляни). С една дума това съвпада с изказването на жители на селото, че за минути на това място се премахва умората и се подобрява настроението.

В заключение няколко думи за влиянието на околната среда в Родопите върху адаптационните ресурси на човека.

Енергийните зони, които бяха изследвани, показват максимално положително влияние на околната среда, в частност се повишава нивото на адаптационните ресурси. Това беше регистрирано особено категорично в м. Перелик. На фиг. 4 са представени данни за повишаването на адаптационните ресурси на човека в изследваните точки. За удобство на сравнението повишаването на адаптационните ресурси на Перелик е прието за 100 %.



Фиг. 4. Адаптационните ресурси на човека в изследваните точки:1 - София, 2 - м. Перелик, 3 - гр. Рудозем, 4 - с. Гела (м. Джигелска бърчина, т.2) , 5 - с. Полковник Серафимово (вила „Кати”), 6 - Смолянски езера (Бистрото езеро). 7 - Чепеларе (м. Янчовска река)

Както се вижда на диаграмата (фиг. 4), биоенергията във всички изследвани места на пръв поглед благоприятно въздейства върху психофизиологичните параметри на човека. Причините за наличието на ясно изразена неравномерност на биоенергията в изследваните райони изисква допълнителни проучвания. По-детайлно проучване успяхме да направим в с. Гела, където имаше силна хетерогенност на биоенергията. Там бяха проведени измервания за ефекта от енергийните зони върху адаптивните човешки ресурси. Данните от изследванията са представени на фиг. 5.

Фиг. 5. Адаптационни ресурси на човека в изследваните точки в с. Гела:1 - София, 2- разкопки на ранновизантийска базилика, 3 - м. Джигелска бърчина (т.1), 4 - м. Джигелска бърчина (т. 2), 5 - м. Илинденски поляни, 6 - хотел «Гела» (ресторант), 7 - хотел "Гела" (стая. 9), 8 - хотел «Гела» (стая. 10), 9 - вила „Орлово гнездо"

Както можеше да се очаква, бяха открити зони, които увеличават човешките ресурси за адаптация. Това е местността Джигелска бърчина (т. 2) и хотел "Гела" (ресторант). Интересно е, че както показват изследванията ни, на някои места характерът на въздействието върху човека зависи от времето на престоя му на това място. Т.е. кратък престой действа положително на човека, увеличавайки неговия психофизиологичен потенциал, а дългият престой намалява психофиологичните му възможности, намалявайки неговия адаптивен потенциал.

Заключение

Проучванията върху екологията на рекреационни зони в Смолянския край показават, че мястото предлага уникални възможности за рехабилитация на психо-физическото състояние. Районът е изключително подходящ за възстановяване на психосоматичното 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 работоспособността и увеличаване творческия потенциал. Това също е особено интересно 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.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказваме дълбока благодарност на кмета гр. Чепеларе г-жа Славка Чакърова, кмета на гр. Девин г-н Красимир Даскалов, кмета на Широка Лъка г-н Васил Седянков, председателя на Фонда за развитие на Гела г-н Петьо Николов за съдействието при провеждането на научните изследвания. Особено искаме да отбележим г-жа Надежда Георгиева. Изказваме й искрената си благодарност за уникалната помощ при провеждането на изследвания.

Литература:

1. 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.
2. Маклаков, Г., Георгиева Н., Иванов И. Особености на екологията на Побитите Камъни (Варненски регион) и влиянието й върху човека.//Международна научна конференция Космос. Екология. Сигурност SES-2018". Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2018, с. 341–345.
3. 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.
4. 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.
5. Коротков, К. Основы ГРВ биоэлектрографии. СПб, Изд. СПбГИТМО, 2001.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

ЕКОЛОГИЧНИ ПРОБЛЕМИ В ГОРСКИЯ ФОНД НА СТРАНДЖА, ИЗРАЗЕНИ ЧРЕЗ АНАЛИЗ НА ДАННИ ОТ САТЕЛИТНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Георги Белев, Десислава Костова, Антоанета Францова

Институт за изследвания на климата, атмосферата и водите – Българска академия на науките
e-mail: zbelev@abv.bg, kostova_dessislava@yahoo.comp antoaneta-bas@mail.bg

Ключови думи: *климат, промени, обезлесяване*

Резюме: *Настоящият доклад представя изследване на базата на анализ на данни от сателитни изображения и дистанционно дешифриране, процеса на обезлесяване на Странджа. Използвани са данни от спътникова система "Sentinel"**,** която предоставя изображения с максимална разделителна способност за определен период от време. Изследването разглежда две причинно-следствени връзки: Природни - резултат от глобалните колебания на климата (увеличаване на средните температури и активизация на метеорологичните процеси - бури, наводнения, засушаване); Антропогенни - резултат от безконтролно, но законосъобразно изсичане на големи масиви от горски площи. В заключение са представени последствията от обезлесяването - загуба на горски площи, влошаване устойчивото развитие на биосистемите, ерозия, генериране на водни проблеми, нарушаване на техническата и социална инфраструктура.*

ECOLOGICAL PROBLEMS IN THE STRANDZHA FOREST FUND EXPRESSED THROUGH DATA ANALYSIS FROM SATELLITE IMAGES

Georgi Belev, Desislava Kostova, Antoaneta Frantzova

Climate, Atmosphere and Water Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: zbelev@abv.bg, kostova_dessislava@yahoo.com, antoaneta-bas@mail.bg

Keywords: *climate, changes, deforestation*

Abstract: *The current report presents a research of the base of data analysis from satellite images and remote decryption the process of Strandzha deforestation. Data has been used from satellite system "Sentinel", which provides images with maximal resolution for a few years period. The research sees over two casually investigative connections: Natural – a result from the global climate fluctuations (increase of average temperatures and meteorological activation – storms, floods and drought); Anthropogenesis – a result from uncontrolled, but lawful logging of large arrays of forest areas. In the conclusion the consequences of deforestation are presented – loss of forest areas, degradation of the sustainable development of the biosystems, erosion, generating of water problems and disruption of the technical and social infrastructure.*

Въведение

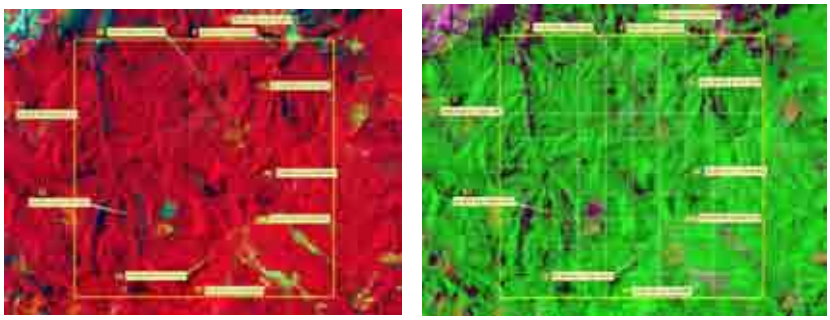
Проблемът за трайната загуба на гори в резултат на промяна в предназначението им засяга все по-голяма част от биосферата. Загубата на горска територия и цялостното влошаване на състоянието на горите в паралел със загубата на местообитаването на горските видове и последващото им изчезване от даден район в голяма степен предизвикват основателна тревога сред обществени, природозащитни и социални структури сред населението в света. Сред най-тревожните последствия от обезлесяването трябва да се добавят и увеличеният риск от ерозия, промените в количеството и качеството на водите и от тук може да се изведе заплахата от загуби в световната икономика.

Като главна причина за обезлесяването научният свят определи климатичните промени. Следва да се отбележи, че това определение е спорно с оглед на факта, че средата на

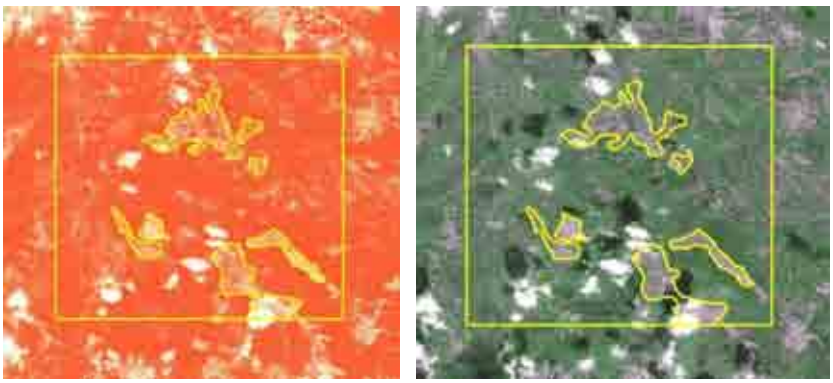
климатичните процеси - атмосферата и по-точно тропосферата е най-активната в природно отношение среда на планетата. На практика климатът е в състояние на перманентни промени - той никога не е бил постоянен в геоложката история на Земята. В тази връзка ние предлагаме замяна на понятието „климатични промени“ с „глобални колебания на климата“. Независимо от това, климатичните колебания от периода на климатичния оптимум от X–XIV в. насам, намират изява чрез увеличаване на средните годишни температури, топенето на големи ледени маси в приполярните области, увеличаване силата на стихийните процеси - урагани с унищожителна сила на вятъра, валежи с пороен характер и наводнения с катастрофални последици следва да се буди все по-голяма тревога особено сред правителствените кръгове от обществото.

Сред негативните процеси като наводнения, парникови газове, киселинни дъждове и други сред климатичните колебания безспорно е и обезлесяването - горите неслучайно са наречени белите дробове на планетата като основен източник на кислород в атмосферата наред с оксигенните процеси в океана. Обезлесяването - един трайно негативен процес и причините за него: природни или антропогенни е проблемът разглеждан в настоящия доклад. Обект и предмет на настоящото изследване е процесът на обезлесяване в горските територии на планина Странджа (Югоизточна България) (фиг. 1). Целта е на базата на използване дистанционни методи и анализ на данни от спътниковата система "*Sentinel*" да се изследва процеса на загуба на горски територии в един уникален в природно-географско и социално-икономическо отношение регион от България. Историческите бележки сочат експлоатацията на горите в първите векове на новото летоброене, свързано с металургична дейност, свидетелство за което са огромните металургични отпадъци в района на Резово и Малко Търново. След XVI в. железодобивът в Странджа е бил основният източник за този метал в Османската империя и свързан с огромен добив на дървени въглища от района Малко Търново, Сливарово, Резово, Малък Самоков (в днешна Турция). За постигане на поставената цел се изпълняват следните задачи: дешифриране на данните от “*Sentinel*”, картографиране на избрани обезлесени, както и подложени на риск от обезлесяване територии, анализ на картографски и климатични данни (фиг. 2 и 3).

Фиг. 1. Странджа



Фиг. 2 а, б: RGB изображение (DMC, 32 m. 2008 г.)



Фиг. 3 а (NDVI), б: RGB изображение (Sentinel 2 – 2019 г.)

Горите са застрашени от обезлесяване и деградация. Приблизително 20 % от емисиите на въглероден диоксид (CO_2) в световен мащаб могат да бъдат приписани на обезлесяването (IPCC, 2007) – повече от общото количество емисии (~5,8 Gt) на парникови газове на ЕС. Следователно ограничаването на емисиите вследствие на обезлесяване би било особено важно, за да бъдат постигнати нашите цели за ограничаване на глобалното затопляне до 2 °C по Целзий. То представлява също икономически целесъобразен начин за борба с колебанията на климата.

Обезлесяването е свързано с поредица от отрицателни екологични, икономически и социални въздействия, по-конкретно върху климата, биологичното разнообразие.

Сред други въздействия върху климата попадат промените в количеството енергия, която се отразява от земната повърхност, както и сложното взаимодействие на горите с химичния и хидроложкия състав на атмосферата. То премахва защитата, която предоставят естествените гори срещу бури, наводнения и екстремни колебания в местните метеорологични условия. Тъй като обезлесяването е глобален проблем, който изисква глобално решение, а целта е бъдат стабилизирани емисиите CO_2 до приемливи равнища и да бъде сложен край на загубата на биологичното разнообразие, международните преговори по въпросите на климата предоставят единствена по рода си възможност за справяне с обезлесяването.

Предлага се двустранен подход:

- Изграждане на нов финансов инструмент – Глобален механизъм относно въглерода в горите;
- Провеждане не на опит за включване на обезлесяването в търговията с емисии на въглероден диоксид.

Методика на изследването

Теоретичната основа на "емпирично базираните" индекси за състоянието на растителната покривка са изведени от изследванията на спектралното отражение на листната повърхност на растенията. Отразената радиация във видимия диапазон на електромагнитния спектър е много малка, вследствие на силното поглъщане на радиацията от пигментите свързани с процеса на фотосинтеза с максимална дължина на вълната в областта на синята (0,47 µm) и червената (0,67 µm) област на електромагнитния спектър. Почти цялата радиация от близката инфрачервена област на спектъра се отразява и разсейва, като поглъщането на радиацията в тази област е минимално и зависи от структурните свойства на растителността (морфология, LAI индекс и т. н.) (Таблица 1). В резултат на това разликата между радиацията в червената и инфрачервената област на електромагнитния спектър се използва за оценка състоянието на растителността като максимален контраст между червена и близка инфрачервена област на спектъра се получава при плътна растителна покривка като минимален контраст се наблюдава в области с много рядка растителност или в области без такава. Оптичните свойства на листата са идентични, независимо от вида на растителността. Зелените здрави листа имат типични спектрални характеристики, които се различават в зависимост от трите основни оптични спектрални области. Въпреки че растителността по принцип притежава високи нива на отражение в близкия инфрачервен диапазон те могат значително да се различават за отделните видове, като при едни и същи условия отражателната способност на растителността може да варира в зависимост от повърхността на листната маса, тяхното състояние и водното съдържание

Таблица 1

Спектрален диапазон	Дължина на вълната	Характеристика
Син	0,35–0,5μm	Силно поглъщане от пигментите хлорофил и каротин
Зелен	0,5–0,6 μm	Ниски нива на поглъщане на радиация
Червен	0,6–0,7 μm	Силно поглъщане от пигмента хлорофил
Червен	0,7–0,74 μm	Преход между силно поглъщане и силно отражение
Близка инфрачервена	0,7–1,3 μm	Високи нива на отражение
Средна инфрачервена	1,3–2,5 μm	Поглъщане на радиацията от вода, целулоза и лигнин

Отражението от растителната покривка може да бъде измерено в три основни области на ЕМ спектър :

1. Видима област (*400–700 nm*) – ниско отражение, високо поглъщане, и минимално пропускане.
2. NIR (*700–1350 nm*) **–** високо отражение и пропускане, много ниско поглъщане.
3. MIR (*1350–2500 nm*) **–** дължината на вълната, отражението и пропускането намаляват от средно към ниско, докато поглъщането се увеличава от ниско към високо.

Електромагнитната радиация, измервана от сензорите за дистанционни изследвания, е сума от слънчевата радиация, отразена и излъчена от земната повърхност и радиацията, разсеяна от атмосферата между обекта и сензора. Основните закони за излъчването, използвани в дистанционните изследвания на Земята от Космоса (Закон на Планк за излъчване на абсолютно черно тяло; Закон на Стефан-Болцман; Закон на Вин; Закон на Кирхоф) няма да бъдат разглеждани тук, тъй като за наблюдение на растителността със сателитни методи и средства се използва отразената, а не излъчената от земната повърхност радиация.

Електромагнитната радиация, измервана от сензорите за дистанционни изследвания, е сума от:

- Слънчевата радиация, отразена от земната повърхност или даден обект;
- Слънчевата радиация, отразена от земната повърхност или даден обект и след това разсеяна от атмосферата;
- Слънчевата радиация, разсеяна от атмосферата между обекта и сензора.

Резултати от анализа

Според НИМХ „През последните десетилетия средните годишни температури прогресивно се повишават. Те са най-високи през 1994 г. - с 1–2°C над нормите, като през 1999 и 2000 г. с по-високи с 0.5–1.5°C. Максималните температури през юли 2000 г. са рекордни – 40–45°C, с 2–4°C над климатичните норми. Минималните температури постоянно са наднормени, с превишения до 22°C. 2002 г. остава третата най-топла година през последните години, като най-топла е била 1994 г., следва 2000 г. 2004 г. е по-топла от 2003 г., но по-хладна в сравнение с първите две години (2001 и 2002 г.) на новото столетие. През 2000 г. валежите в повечето райони са между 250 и 400 mm, т.е. между 40 и 70 на сто от нормата и е най-сухата година за 20 век. Само в отделни планински райони на места в Североизточна България сушата не рекордна. По данни на НИМХ през юли 2010 г. количеството на валежите е с около 2–3 пъти над нормата, като данните сочат, че 2010 година е най-топлата от 130 години насам”. Според обработените данни, показани на горните фигури, минимални стойности на NDVI (вегетационен индекс) се наблюдават през 1994, 2000 и 2007 година за района на Странджа, от където следва че за този период на годината се наблюдават процеси на суша и силно засушаване. Максималните стойности на NDVI се наблюдават за разглежданата територия, което е логично, от гледна точка на това, че избрания район е в гориста местност. Както е видно, тези данни съвпадат напълно с данните на НИМХ за температурни аномалии и количество валежи

Имайки предвид получените резултати, както и данните от НИМХ, можем да направи извода, че данните от 1994, 2000 и 2007 могат да се използват като калибровъчни данни и долен праг при изследване на процесите на суша и засушаване. Необходимо е да обърнем внимание на стойностите за 2010 година, за които, по измерени данни, количеството на валежите е с около 2–3 пъти над нормата за месец юли (Таблица 2). Въпреки това данните сочат, че състоянието на растителността в разгледаните райони по-скоро клони към засушаване, което означава, че

превишените средностатистически норми за количество валежи се дължат предимно на локални дъждове, извън разглежданите райони, поройни, с висока интензивност, които в комбинация с много високите температури не се оказали голямо влияние върху растителността от разглежданата област. Тук е необходимо да обърнем внимание на допълнителните анализи, които могат да бъдат изведени чрез методите на визуалната интерпретация на сателитните изображения. Представени са изображения от сателитна система MODIS от 2008 година (фиг. 2 а, б) и Sentinel от 2019 (фиг. 3 а, б). На сателитните изображения областите със зелена растителност са в червен цвят, а областите без растителност са в лилав цвят на първото изображение (Фиг. 2) и в сиво-кафяв цвят на второто (Фиг. 3б). За по-изразително представяне районите подложени на обезлесяване са очертани с жълта маркировка. Имайки в предвид, че растителността в този район е предимно дървесна растителност, може да се предложи, че липсата на същата се дължи на легален (или нелегален дърводобив)

Таблица 2

	количество валежи	количество валежи	количество валежи	количество валежи	количество валежи	Количество валежи
Месец/ година	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
юни	56	219	15	154	**85**	**210**
юли	17	86	**2.8**	12.6	**55.0**	**117**
август	1	9	96.1	19.5	18.5	7
септември	39	57	125.3	29.4	119.6	54

Изводи и заключение

В настоящия доклад е разгледана методология за наблюдение и изследване процесите на суша и засушаване и състоянието на земната покривка за територията на страната чрез сателитни методи и средства, която използва индекси на вегетация на растителната покрива, получавани чрез съответните математически алгоритми като „продукти“ (или производни) от сателитните данни. За целта, като въведение в съответната проблематика са разгледани теоретичните и физически основи, свързани с определянето на вегетационните индекси, както и спектралните отражателни характеристики на растителността, както и взаимодействието на светлината (електромагнитната радиация) с материята, което взаимодействие се описва с функцията на двойно спектрално отражение (bidirectional reflectance distribution function - BRDF), която определя геометричното разпределение на радиацията, като описва спектралните и пространствени характеристики на дадена повърхност. За целите на изследването са представени резултатите от направени изчисления и сравнителни анализи за няколко различни случая, включващи различни индекси на вегетация показващи състояние на растителната покрива и имащи пряка връзка с нейното състояние и процесите на суша и обезлесяване.

Литература:

Goward, S. N., Markham, B., Dye, D. G., Dulaney, W., J. Yang (1991). Normalized difference vegetation index measurements from the Advanced Very High Resolution Radiometer, *Remote Sens. Environ.*, 35: 257–277.

Huete, A., C. Justice, W. Leeuwen (1999). MODIS vegetation index (MOD 13). Algorithm theoretical basis document (ATBD). Version 3. Nasa Modis Science Team. NASA.

Jonckheere,I., S. Fleck, K. Nackaerts, B. Muys, P. Coppin, M. Weiss, F. Baret (2004). Review of methods for in situ leaf area index determination Part I.

Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology,* 121: 19–35.

Li, X., A. Strahler, Geometrical-optical bidirectional reflectance modeling of the discrete crown vegetation canopy: Effect of crown shape and mutual shadowing, *IEEE Trans.Geosci. Remote Sens*., *30*, 276–292, 1992.

1.URL: http://www.greenbalkans.org›document-2075

2.URL: https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/BG/TXT/HTML/?uri=CELEX:52008DC0645&from=EN

3.URL: https://apps.sentinel-hub.com/sentinel playground/?source=L8&lat=42.046233275485214&lng=27.596969604492188&zoom=11&preset=4_NDVI&layers=B01,B02,B03&maxcc=38&gain=1.0&gamma=1.0&time=2019-04-01%7C2019-10-29&atmFilter=&showDates=false

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

ЕКОЛОГИЧНО ЧИСТИ ТРАНСПОРТНИ СРЕДСТВА В ИЗПЪЛНЕНИЕ НА СТРАТЕГИЯТА ЗА УСТОЙЧИВО РАЗВИТИЕ НА ТРАНСПОРТНАТА СИСТЕМА

Антоанета Кирова, Даниела Тодорова

Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
e-mail: akirova@vtu.bg, dtodorova@vtu.bg

Ключови думи: *соларна енергия, електротранспортни средства, съвместни политики за нови технологии в транспорта*

Резюме: *Понятието „слънчева енергия" еволюира и от една страна означава реално оборудване за привличане на слънчевите лъчи, а от друга съществува в счетоводните системи за отчитане на електропотреблението. Поради проблемите, породени от замърсяването на околната среда в големите градове, Стратегия Европа 2020 за интелигентен, приобщаващ и устойчив растеж подчертава значимостта на модернизираната и устойчива европейска транспортна система и необходимостта от справяне с предизвикателствата на градския транспорт, като придвижването със задвижвани с електроенергия транспортни средства е изключително актуален. От голямо значение е регионалната транспортна политика, която насърчава внедряването на алтернативни енергоспестяващи и щадящи обкръжаващата среда технологии, за които се осигуряват подходящи форми на финансиране.*

ECO-FRIENDLY VEHICLES AS PART OF THE SUSTAINABLE TRANSPORT STRATEGY ECO-FRIENDLY VEHICLES AS PART OF THE SUSTAINABLE TRANSPORT STRATEGY

Antoaneta Kirova, Daniela Todorova

Higher institute of transport “Todor Kableshkov”
e-mail: akirova@vtu.bg, dtodorova@vtu.bg

Key words: *solar energy, electric vehicles, joint policies for new technologies in transport*

Abstract: *The concept of "solar energy" has evolved, on one hand, express the meaning real equipment for attracting sunlight, and on the other, it exists in accounting systems for measuring electricity consumption. Due to the problems posed by environmental pollution in major cities, European Union Strategy 2020 for smart, inclusive and sustainable growth underlines the importance of intelligent, streamlined and sustainable European transport system as well as and the need to tackle the challenges of urban transport, such as electricity-driven transport is an urgent issue. The regional transport policy, promoting the introduction of alternative energy-saving and environmentally friendly technologies for which appropriate forms of funding are provided is of great importance. A brief overview is given of the possibilities of implementing vehicles that are entirely electricity-driven or use alternative energy sources, with an emphasis on common European transport policy measures in some of the most problematic areas of transport services.*

Увод

Бялата книга от 2011 г., озаглавена „Пътна карта за единно европейско транспортно пространство - към конкурентоспособна транспортна система с ефективно използване на ресурсите“ (COM (2011) 0144), препоръчва сериозно намаляване на емисиите от транспорта с 20 % за периода 2008–2030 г. и най-малко 60 % за периода 1990–2050 г.; предвижда се и 40 % намаление на емисиите от международния морски транспорт в периода 2005–2050 г.; устойчивите горива с ниски въглеродни емисии следва да представляват 40% от потреблението в авиацията до 2050 г.; до 2030 г. трябва да се извърши 50 % отклонение от конвенционално заредените автомобили в градския транспорт, с цел пълното им премахване до 2050 г.

Понятието „слънчева енергия" еволюира и от една страна означава реално оборудване за привличане на слънчевите лъчи, а от друга съществува в счетоводните системи за отчитане на електропотреблението. В нашия случай интерес представлява първото значение. Първите соларни „превозни средства" (триколки или четириколки[1]) са на база на велосипедната технология, а „соларомобили“ са демонстрирани на Рали за електрически задвижвани транспортни средства[2] в Швейцария през 1985 г.

1. Кратък обзор на соларните транспортни средства

1.1. Соларни автомобилни транспортни средства. Примери и добри практики

Европейските градове[3] със 70 % от населението генерират над 80 % от БВП на Общността, но градската мобилност изпитва хроничния натиск на задръстванията, годишните разходи от които са оценени на 80 млрд. Евро[4]. Засегнати са косвено и законодателството на ЕС относно качеството на въздуха[5]; 38 % от смъртните случаи на пътя са с пешеходци в градските зони на Европа. Проучване на Евробарометър показва, че задръстванията, разходите и отрицателните въздействия на транспорта върху околната среда и човешкото здраве са основни проблеми за респондентите в ЕС[6]. Стратегията Европа 2020 за интелигентен, приобщаващ и устойчив растеж[7] подчерта важността на модернизираната и устойчива европейска транспортна система и необходимостта от справяне с предизвикателствата на градския транспорт. Концепцията на Плана за устойчива градска мобилност[8] разглежда функционалната градска зона и предлага градската мобилност да бъде включена в по-широка градска и териториална стратегия, а Комисията и инициира независимо проучване[9] на изпълнението на Плана за действие и публично обсъждане[10] за определяне на възможностите за развитие.

Соларните автомобили[11] функционират на база на описаните фотоволтаични клетки, като се има предвид, че те привличат сравнително ограничено количество енергия. Налице са и ограничения в дизайна, заради необходимост от по-малко тегло, свързано с количеството енергия за задвижване. Соларните автомобили се конструират от олекотени материали за участия в състезания, но се използват за обществени нужди. В сравнение с нормалните автомобили, при тях нивата на безопасност и комфорт са занижени. При проектирането и конструирането на соларни автомобили се използва обикновен монолитен соларен модул, като се монтира допълнително и акумулатор. Като алтернатива, соларният автомобил може да използва основно акумулатора, а слънчевият панел да служи за презареждане. В градска среда, швейцарският проект „Solartaxi" за пръв път в глобален план показва електрически автомобил, който на околосветска обиколка изминава 50 хил. km, пресичайки 40 държави. Електрозадвижваното МПС разполага с ремарке, носещо соларните панели с площ 6 m². Използват се и акумулатори със солни електролити (Zebra batteries[12]), позволяващи пробег от 400 km без презареждане. Без ремарки автомобилът може да измине 200 km, с максимална скорост 90 km/h. Автомобилът е с маса 500 kg, а ремаркето – 200 kg. Стойността на подобен автомобил за масова употреба е около 16 хил. Евро, според оценката на инициатора Луи

---

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Quadracycle

[2] Tour de Sol, https://en.wikipedia.org/wiki/Tour_de_Sol

[3] Вж Доклад „Градовете на утрешния ден", Европейска комисия, 2011 г.

[4] Общи разходи в резултат на задръстванията; виж SEC(2011)358 final; Градските райони също заемат висок дял - около 23% от емисиите на CO_2 от транспорта. Градовете трябва да положат повече усилия, за преодоляване на миналите тенденции и да допринесат за постигането на намаление на емисиите на парникови газове с 60% ("Пътна карта за постигане на единно европейско транспортно пространство - към конкурентоспособна транспортна система с ефективно използване на ресурсите"). (COM (2011)144 final)

[5] Директива 2008/50/ЕС на ЕП и Съвета от 21.05.2008 г. относно качеството на атмосферния въздух и по-чист въздух за Европа, OJ L 152, 11/6/2008, p.1 Special Eurobarometer 406 (2013)

[6] КОМЮНИКЕ НА КОМИСИЯТА ДО ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ, СЪВЕТА, ЕВРОПЕЙСКИЯ ИКОНОМИЧЕСКИ И СОЦИАЛЕН КОМИТЕТ И КОМИТЕТА НА РЕГИОНИТЕ „Към европейско пространство на пътна безопасност: насоки на политиката относно пътната безопасност 2011-2020“

[7] COM(2010)2020 final

[8] Плановете за устойчива градска мобилност насърчават балансирано развитие и по-добра интеграция на различните видове градска мобилност, в помощ за по-ефективно използване на съществуващата транспортна инфраструктура и услуги и на мерките за градска мобилност

[9] Доклад за напредъка на плана за действие при градската мобилност, 2013, ec.europa.eu/transport/themes/urban/studies/urban_en.htm

[10] Резултати от публичното обсъждане „Урбанистични измерения на Европейската транспортна политика", 2013, www.ec.europa.eu/transport/themes/urban/studies/urban_en.htm

[11] https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_car

[12] https://en.wikipedia.org/wiki/Molten_salt_battery#Zebra_battery

Палме[13]. Интересен вариант на електромобили е тройният хибрид – PHEV[14], който разполага и със соларни панели. Електротаксита вече се движат в редица европейски столици (Амстердам, Лондон и други), а в гр. София също са проведени успешни тестове за тяхното движение[15]. КИА Моторс България е първата компания, която предлага на собственици на електрически превозни средства безплатно зареждане на електромобили.

Съвместна политика на Германия и Франция, стартирана през 2008 г. дава ход на план за кредитиране покупките на автомобили, оборудвани с технологии, намаляващи вредните емисии от въглероден двуокис до 6–8 g/km, а първият соларен семеен автомобил е създаден през 2013 г. от студенти в Холандия. Той може да измине пробег от около 850 km, с едно зареждане по време на деня, при активна консумация на слънчеви лъчи. Теглото му е 386 kg, със соларен панел с мощност 1.5 kW. Предназначен е за безпроблемни пътувания на разстояния до 200 kg.

Соларните автобуси[16] са задвижвани от енергия, генерирана изцяло или частично от стационарни инсталации от слънчеви панели. Подобни системи са широко разпространени и позволяват на автобусните компании да се съобразяват с регулаторните изисквания за използване на алтернативна енергия при празния пробег, например в САЩ, Великобритания и др. За целта се осъществява пренастройка на батериите, но без въздействие върху двигателя. Въвеждането на автобусна линия, обслужвана от соларни автобуси изисква инсталирането на стационарни соларни панели с фотоволтаични клетки или поставяне на фотоволтаичните клетки на борда на транспортното средство за преобразуване на слънчевата енергия в електричество, но „зелените“ превозни средства съответстват на целта общественият транспорт да е част от устойчиви транспортни системи. Линиите са с малка обща дължина, например за превоз на туристи, с ниска скорост, за обиколка на забележителности, свързващи превози между терминалите на летища и т.н. Автобусът „Тиндо“, създаден по инициатива на обществените власти в гр. Аделаида, използва 100 % слънчева енергия[17], а в Китай се използват електробуси частично задвижвани от соларни панели, инсталирани върху покрива на транспортното средство, което намалява потреблението на енергия и се увеличава жизнения цикъл на акумулаторните батерии[18]. По Програма на китайското правителство за чист транспортен сектор, първите соларни хибридни автобуси са пуснати в експлоатация през юли 2012 г. в град Чичихар, с литиево-йонни батерии и слънчеви панели, инсталирани на покрива на автобуса. Енергийният разход на автобус е от порядъка на 0,6–0,7 kWh/km, с капацитет за превоз до 100 души.

Използването на слънчеви панели удължава живота на акумулатора с 35 %[19]. В Европа, първият захранван със слънчева енергия автобус в Австрия е пуснат в експлоатация в Пертхолдсдорф. Задвижващата система, експлоатацията и спецификата на конструкцията са специално предназначени за планираните редовни линии. Пробната експлоатация започва през есента на 2011 г.[20] Тройно-хибридният автобус е разработен в Университета в Гленморан, Уелс, за превоз на студенти между различните части на кампуса. Задвижван е от хидравлично гориво или соларни клетки, батерии и ултракондензатори[21].

В Индия е стартиран мащабен проект за въвеждане на нови енергийно ефективни соларни автобуси в различни градове (Пуна, Момбай, Бангалор и др.) В Уганда също е въведен соларен автобус, с капацитет 35 места, с нулев % вредни емисии, обхват от 80 km, с разположени на покрива соларни панели. Концепцията е разработена от Kiira Motors Project, с оглед прогресивното развитие на местен капацитет за технологични иновации, като ключов компонент за институционализиране на устойчиво индустриално производство[22].

В САЩ, в Ню Мексико, от 2011 г. е в експлоатация е 14-местен електробус (Solar Buzz), предназначен за вътрешноградски превози, според прототип, създаден през 1994 г. Необходимата енергия за неговото движение е равностойна на разхода за електроенергия за кафемашина, т.е. около 700 W. Автобусът е получил разрешително за движение от Обществена

---

[13] https://en.wikipedia.org/wiki/Louis_Palmer
[14] Plug-in hybrid electric vehicle (Хибридно електрическо транспортно средство с устройство за зареждане)
[15] http://baeps.org/2015/08/12/
[16] https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_bus
[17] http://yoursay.adelaidecitycouncil.com/city-connector-bus
[18] http://naftcenews.wvu.edu/naftc_enews/2012/9/7/china-reveals-new-solar-buses
[19] http://naftcenews.wvu.edu/naftc_enews/2012/9/7/china-reveals-new-solar-buses
[20] https://www.wienenergie.at/eportal3/ep/channelView.do/pageTypeId/67860/channelId/-51749
[21] http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/wales/7436908.stm, http://news.glam.ac.uk/news/en/2008/may/30/launch-europes-first-tibrid-green-minibus/
[22] http://edition.cnn.com/2016/02/15/africa/africa-solar-bus-kiira-uganda/index.html?iid=ob_lockedrail_topeditorial&iref=obnetwork, http://kiiramotors.com/kayoola.pdf

комисия, регулираща пътния транспорт през 2015 г. Цената на частната превозна услуга, предоставяна пред деня е равностойна на 3 USD, предлагана в района на курортно селище с минерални извори в Ню Мексико[23], с население 6100 души.

В България, европейско финансиране е осигурено за закупуване на електрически автобуси в гр. Велико Търново и общината работи по проект за интегриран градски транспорт. Лошото състояние на амортизираната тролейбусна инфраструктура неефективно възстановяването й, поради което ориентацията е към автобуси с алтернативно гориво за обслужване в градски условия. В гр. София през последните години непрекъснато се обновява автопаркът, като в периода 2018–2019 г. постепенно се въвеждат електробуси (китайско производство)[24]. Други форми на „зелен“ автобусен транспорт са електронно задвижвани автобуси, като с помощта на соларни панели се осъществява климатизация. Подобни автобуси съответстват на практиките за икономичен празен пробег. Също така, съществуват автобуси, работещи на два режима, единият от които е използване на соларна енергия и т.н. От 2013 г. фирма „Шумен – Пътнически автотранспорт” ООД с партньор ВТУ”Т. Каблешков”, в рамките на проект, разработва алтернативен градски автобус чрез конверсиране от конвенционален дизелов в електрически”[25].

1.2. Използване на слънчевата енергия в другите видове транспорт

Железницата с ниското съпротивление при движение, което е от полза при планирани пътувания и разполагане на спирки също може да използва слънчева енергия. Фотоволтаични панели са изпробвани на подвижен състав в Италия, по Европейски проект (PVTRAIN[26]). Основният извод е, че фотоволтаични клетки са подходящи предимно за товарни вагони, като електричеството на борда ще доведе до нови функции, например: GPS или други средства за определяне на местоположението, с оглед повишаване на ефективността от управление на превозния парк; заключващи устройства на електрически принцип, видео монитор и система за дистанционно управление на вагони с плъзгащи врати, с оглед намаляване на рисковете от кражби на ценни стоки; система против блокиране[27], която ще доведе до постигане на скорост от 160 km/h, с което ще се постигне по-висока производителност.

По линията Kismaros – Királyrét[28], с междурелсие 760 mm, преминаваща през горски участък, недалеч от гр. Будапеща в Унгария, функционира соларно задвижвана мотриса[29], с максимална скорост 25 km/h, с два двигателя, всеки с мощност 7 kW, с рекуперативно спиране. Електричеството се складира в разположени на борда батерии[30]. Възможно е и разполагане на стационарни соларни панели извън вагона, генериращи електричество, което изцяло се използва за нуждите на транспортния процес[31]. Индийските железници обявяват своето намерение да прилагат фотоволтаични клетки за климатизацията на пътнически вагони[32]. Също така, Индийските железници извършиха пробен пробег през май 2016 г., с намерението са ежегодно спестяване на 90,8 л дизелово гориво на един влак ежегодно, което от своя страна води и до намаляване на вредните емисии от CO_2 с 239 т[33].

По проект „Heliotram" са създадени трамвайни депа в Хановер Лайнхаузен[34] и в Женева (Баше дьо Песи), като второто захранва с електричество транспортни средства за градския транспорт (тролейбуси) от 1999 г. Според направени проучвания, трамвайната мрежа в Мелбърн[35], Австралия може да се обслужва изцяло от соларна енергия, със соларни инсталации по проект на правителството на щата Виктория. Намаляването на парниковите газове, изхвърляни в атмосферата е повече от 80,000 т годишно до 2050 г. За трамвайния

---

[23] http://krqe.com/2016/01/28/new-mexico-woman-invents-states-first-solar-powered-bus/
[24] Източник: https://www.economic.bg/bg/news/10/elektrobusa-tragvat-po-linii-9-i-309-v-stolitsata-snimki.html
[25] По Национален иновационен фонд N 6ИФ-02-15/15.12.2012г., http://www.emic-bg.org/news/item/1072
[26] http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=2061
[27] https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-lock_braking_system
[28] https://www.albertbahn.hu/english/railway-photos/hungary/317-kiralyret-forest-railway
[29] Оборудвана с фотоволтаични панели, с площ 9.9 м²
[30] http://www.railjournal.com/index.php/rolling-stock/solar-powered-rail-vehicle-ready-for-service.html?channel=542
[31] http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114004778
[32] http://indiatoday.intoday.in/story/sun-to-power-ac-coaches-in-trains/1/298080
[33] http://indianexpress.com/article/india/india-news-india/railways-to-start-trial-runs-of-solar-train-in-sunny-jodhpur-2798717/
[34] http://www.windwatt.ch/the-projects/48-heliotram.html
[35] С дължина 250 км, трамвайната мрежа на Мелбърн е най-голяма в света, превозваща ежегодно до 204 млн. пътници, експлоатирана от частен консорциум (Yarra Trams), с лиценз от Службата за обществен транспорт, Виктория

транспорт, като разумна алтернатива за екологично придвижване в градска среда, променящи и културата на движение ще бъде отделено финансиране от около 70 млн. паунда.

Като дългосрочна стратегия за подкрепа на устойчивия ръст в морския транспорт „Синият растеж” и „синята” икономика постигат целите на стратегия „Европа 2020" в частта й интелигентен, устойчив и приобщаващ растеж; осигурени са около 5.4 милиона работни места, с генерирана брутна добавена стойност от близо 500 милиарда евро годишно[36]. Очакванията са до 2020 г. те да нараснат съответно на 7 млн. души и близо 600 млрд. евро. За инвестиционни инициативи за насърчаване на „синята” икономика в ЕС през 2017 г. са отделени 14.5 млн. евро, а 8 млн. евро ще бъдат предоставени като първоначални субсидии за проекти с висок потенциал в нововъзникващи „сини” сектори. Страните от Черноморския и Източносредиземноморския басейн вече работят съвместно за реализацията на редица европейски програми и проекти по стратегията за „синьо” развитие и интегрираната морска политика на ЕС, насочвайки се към разработването, трансфера и прилагането на съвременни технологии, бе отчетено на проведената в Кипър морска конференция. Островната държава е техен координатор като един от най-активните участници в развитието на европейската „синя” икономика. В рамките на програма „Хоризонт 2020” е учреден международен консорциум и официално и разработен проект MaRITeC-X, чиято цел е изграждането на европейски Център за върхови постижения в морските изследвания, иновации и технологии[37]. Бъдещият иновационен и технологичен център за върхови постижения ще стимулира партньорствата в Източното Средиземноморие в научните и бизнес изследвания в секторите на „синята” икономика като морския транспорт, крайбрежен и морски туризъм, развитието на аквакултури, в енергийния сектор, както и в сферата на образованието[38].

Соларно задвижвани кораби с използват предимно по реки и канали[39], но през 2007 г. е създаден експериментален 14-метров катамаран за плаване от Севиля (Испания) до Маями, а впоследствие и до Ню Йорк (САЩ), задвижван единствено от слънчева енергия. Най-голямата линейна корабоплавателна компания на Япония Nippon Yusen KK и Нефтопреработвателната корпорация Nippon също планират разполагане на соларни панели, произвеждащи 40 kW електричество върху кораб за превоз на автомобили, използван от Автомобилната корпорация „Тойота“(вж. б. по-горе). Правени са различни демонстрационни системи, но никой не се е възползвал от огромната енергия, която може да се получи в резултат на водното охлаждане.

Руски предприятия разработват корабни соларни системи в опит за преход към екологично чист транспорт, а от началото на 2020 г., Международната морска организация (ММО) въвежда забрана за използване на вредни горива и изискване за достигане на нивото на „нулев заряд“, на база на хибридни или с намален разход на гориво или алтернативни задвижващи системи на водород, слънце или вятър.

Соларното задвижване на летателни уреди, като дирижабли или хибридни дирижабли[40] също е факт. Във въздушния транспорт са налице големи инвестиции в *соларно задвижвани сателити*, както и на космически кораби, тъй като слънчевата енергия ще даде възможност те да останат във въздуха в продължение на месеци, за разлика от съвременните сателити[41]. Извършени са и експерименти в сферата на въздухоплаването, например Solar Challenger[42], изминал 262 км между Париж и Великобритания, с помощта на слънчева енергия; Solar Impulse[43], SolarStratos (швейцарски стратосферен соларен самолет). Други проекти са Sky Sailor (проектиран за проучвателен полет до планетата Марс), пътувал през 2008 г. 27 часа, както и различни соларно задвижвани самолети, като „Дирижабъл с голяма височина на полета“ на Локхийд-Мартин. Разработен от Aurora Flight Sciences е и автономният самолет „Одисей“, от категорията „псевдо-сателити на висока надморска височина“ (ПСНВ), захранват изцяло от слънчева енергия, с обхват на приложение дългосрочни наблюдения на климата, събиране на данни и подобряване на интернет връзките в зони по света извън обхвата на глобалната мрежа[44].

---

[36] https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/blue_growth_en

[37] Marine and Maritime Research, Innovation, Technology Centre of Excellence, **източник**: https://cordis.europa.eu/project/rcn/211242_en.html

[38] Първи за района на Черно море и Източното Средиземноморие европейски квалификационен център за „сини” професии ще бъде открит в Кипър, с представителство и в България

[39] http://www.enn.com/energy/article/38019

[40] https://www.solarship.com/

[41] http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/6916309.stm

[42] https://en.wikipedia.org/wiki/MacCready_Solar_Challenger

[43] https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_Impulse

[44] Източник: http://www.powersyst.bg/news/read/457

2. Изводи

Независимо от развитието и разпространението на соларната енергия в транспортната сфера, налице са и ограничения при използването на фотоволтаични клетки в МПС, а именно:

- *Ниско ниво на енергийна наситеност*: енергията от слънчевия панел е с ограничено количество, на първо място от размера на транспортното средство и на второ, от периода на слънчевото греене. Преодоляването на ограничението става с добавяне на ремарке за осигуряване на по-голяма площ за разполагане на панелите, но това добавя маса, а така и разход към транспортното средство. Ограничението по отношение на мощността може да се намали и чрез използване на конвенционални електромобили, снабдени със средства за соларна (или друг вид) енергия, с възможност за презареждане от мрежата за електроснабдяване;
- *Разходи*: слънчевата енергия е безплатна, но вграждането на фотоволтаични клетки за улавянето на слънчевите лъчи изисква висок разход. Разходите за соларни панели обаче намаляват (22 % намаляване на разходите при удвояване на производителния обем);
- *Конструктивни съображения*: слънчевата светлина няма жизнен цикъл, за разлика от фотоволтаичните клетки. Жизненият цикъл на соларен модул е от порядъка на почти 30 години[45]. Стандартните фотоволтаични клетки често са с гаранция за 90 % (от номиналната мощност) до 10 години и до 80 % след 25 години. Понастоящем, фотоволтаичните панели са проектирани като стационарни инсталации, с чувствителна маса. За да могат успешно да се прилагат в мобилен вариант, те трябва да са конструирани устойчиви на вибрации.

Сравнителната характеристика и проучванията на пазара са от съществено значение при оценката и избора на прототип, поради доста голямата първоначална инвестиция.

Литература:

1. Национален иновационен фонд N 6ИФ-02-15/15.12.2012г., http://www.emic-bg.org/news/item/1072
2. Списание „Енергия“, http://energia.elmedia.net/bg/2016-7/editorials/index.html
3. Енергийна стратегия на Р България до 2020 г., За надеждна, ефективна и по-чиста енергетика, http://www.mi.government.bg/files/useruploads/files/epsp/22_energy_strategy2020_.pdf
4. Захаринов, Б., Европейска и национална енергийна стратегия до 2020 г., НБУ и др.
5. Документи на Европейската комисия по транспорт, комюникета и др., цитирани в текста;
6. European Union, Transport, https://europa.eu/european-union/topics/transport_en
7. Common transport policy overview, Fact sheets, http://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/123/common-transport-policy-overview
8. European Commission, Maritime Affairs, Blue growth, https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/blue_growth_en
9. European Commission, Maritime Affairs, Blue growth, Sea Basin Strategy, https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/sea_basins/black_sea
10. Horizon 2020, Smart, Green and Integrated Transport, https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/smart-green-and-integrated-transport
11. Страница на ОЧИС, източник: https://bg.wikipedia.org/wiki/Организация_за_черноморско_икономическо_сътрудничество и др., цитирани по-горе

[45] http://www2.jpl.nasa.gov/adv_tech/photovol/ppr_81-85/Reliab%20Res%20toward%2030-yr%20PV%20Mod%20-%20Kobe84.pdf

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

СТРУКТУРНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА БЕТОННИ СМЕСИ С ЕСТЕСТВЕН И РЕЦИКЛИРАН ЕДЪР ДОБАВЪЧЕН МАТЕРИАЛ ПРИ ВИСОКИ ТЕМПЕРАТУРИ

Венцеслав Стоянов[1,2], Добромир Попов[2], Вилма Петкова[3,4], Екатерина Серафимова[5]

[1]Висше строително училище „Любен Каравелов“, Строителен факултет, София
[2]Академия на МВР, Факултет „ПБЗН“, София
[3]Нов Български университет – София
[4]Институт по минералогия и кристалография – Българска академия на науките
[5]Химикотехнологичен и металургичен университет – София
e-mails: vensy.stoyanov@vsu.bg; vensy.stoyanov@gmail.com

Ключови думи: *циментни бетони, високотемпературни изпитвания, рециклирани добавъчни материали, анализ на микроструктура*

Резюме: *Съставът и характеристиките на добавъчните материали (естествени и рециклирани - ЕДМ), използвани при производството на бетонните смеси, са анализирани чрез няколко физични и химични изпитвания. Бетонната смес и втвърдените бетони са изпитани чрез стандартни методи. Изготвените бетонни пробни тела са нагрети до 800°C и изпитани за определяне на тяхната якост на натиск. За да се оцени макроструктурата на бетона са проведени наблюдения, които са допълнени със снимков материал, получен от оптичен микроскоп.*

На основата на направените измервания и сравнителни анализи се установи, че якостта на натиск на бетона, изготвен само с естествени ЕДМ е по-голяма от тази на бетона, в който част от този компонент е заменен с рециклиран. Коефициентите на редукция на якостта на натиск на бетона с рециклиран ЕДМ са по-високи, което се обяснява с по-ниската якост на керамичните керемиди, която лимитира якостта на натиск на бетона, измерена при 20°C. При нагряване около 500°C започват да се образуват пукнатини в циментовия камък и в контактния слой между циментовия камък и естествените добавъчни материали. Адхезията между керемидите и циментовия камък е по-добра от тази между циментовия камък и варовиковия едър добавъчен материал.

След обобщаване на всички анализи се прави заключението, че използването на бетон с максимално допустимо заместване на естествен ЕДМ с рециклиран от керемиди няма да доведе до изменения в технологията на изготвяне на бетонните смеси и формираната структура на втвърдения бетон. Високият процент на заместване на естествен ЕДМ ще доведе до намаляване на класа по якост на натиск на бетон, но същевременно ще подобри неговата топлоустойчивост.

STUDY OF CHANGES IN CONCRETE MACROSTRUCTURE WITH RECYCLED COARSE AGGREGATES FROM CERAMIC ROOF TILES AT HIGH TEMPERATURES

Ventseslav Stoyanov[1,2], Dobromir Popov[2], Vilma Petkova[3,4], Ekaterina Serafimova[5]

[1]University of Structural Engineering and Architecture, VSU „L. Karavelov“,
Faculty of Construction, Sofia
[2]Academy of the Ministry of Interior, Department of Safety and Prevention – Sofia
[3]New Bulgarian University, Department of Natural Sciences – Sofia
[4]Institute of Mineralogy and Crystallography „Acad. Ivan Kostov“ – Bulgarian Academy of Sciences – Sofia
[5]University of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Engineering Ecology
e-mails: vensy.stoyanov@vsu.bg; vensy.stoyanov@gmail.com

Keywords: *cement concretes, high temperature tests, recycled aggregates, structural analysis*

Abstract: *The composition and characteristics of the aggregates (natural and recycled) used in the production of concrete mixtures were analysed by several physical and chemical tests. Both fresh and hardened concretes were tested by standard methods. The prepared concrete samples were heated to 800°C. At different*

temperatures they were tested to determine their compressive strength. The structure of concrete was evaluated by observations, which were supplemented with pictures obtained by an optical microscope.

On the basis of the measurements and comparative analysis it is found that the compressive strength of concrete prepared with natural coarse aggregates only is greater than concrete, in which a portion of this component is replaced by recycled one. The ratios of reduction of the compressive strength of concrete with recycled coarse aggregates are higher, which can be explained by the lower strength of the ceramic tiles, which limits the compressive strength of concrete, measured at 20 °C. When heated at 500 °C cracks in the hardened cement paste begin to form and the contact layer between the hardened cement paste and natural aggregates. The adhesion between the ceramic tiles and the hardened cement paste is better than that between hardened cement paste and limestone-based coarse aggregate.

After summarizing all analyses, one may conclude that the use of concrete with a maximum substitution of natural coarse aggregate by recycled one will not lead to changes in the technology of preparation of fresh concretes, as well as formed structure of hardened concrete. The high percentage of substitution of natural coarse aggregate will reduce the compressive strength class of the hardened concrete, but will also improve the resistance of concrete at high temperatures.

Въведение

Бетонът е един от основните строителни материали, намиращи широко приложение в съвременното строителство. Годишното потребление на бетон в света е над 10 пъти над това от стоманата. В строежите се използва два пъти повече бетон в сравнение с всички други строителни материали, взети заедно. Отнесено за всеки човек на земята потреблението на бетон е около три тона годишно, което го прави вторият след водата най-консумиран материал от хората [1]. Няма съмнение, че в близко бъдеще бетонът ще остане основния конструкционен строителен материал.

Един от основните недостатъци на бетона е голямото количество въглероден диоксид (CO2), отделен при всички етапи на производство и приложение. Той е отговорен за 4–8 % от световното производство на CO_2, като само въглищата, нефта и газта са по-големи източници на парникови газове. Преодоляването на това вредно въздействие на бетона на околната среда се търси в намаляване количеството или пълното заместване на портландциментовия клинкер, на който се дължи половината от емисиите на CO_2 на бетона.

Предимство на бетона е възможността в него да се влагат странични продукти и отпадъци от различни индустрии. Съгласно насоките за принципите и практиките за управление на кръговата икономика с най-голяма тежест се разглежда възможността за влагане в бетоните на строителни отпадъци (СО). Този вид отпадъци, които се получават при строително-монтажни работи и от премахване на строежи, се състоят от различни материали, повредени или неизползвани по различни причини по време на строителството, вкл. образувани при подготовката на строителната площадка.

Отпадъците от строителство и разрушаване, образувани в Европейския съюз (ЕС) през 2014 г. са 869 млн тона, което е 34,7 wt % от всички потоци отпадъци [2]. Най-голямо е количество отпадъци, образувани строителните материали на основа свързващи вещества (бетон, мазилка, цимент и др.) – 32 wt % и на тухли – 25 wt %, докато частта, образувана от покривна керамика е 4 wt % [3]. Подобни стойности се дават и в изследването за сравнение на количествата СО на два града, като стойностите за керемидените отпадъци са 3,7 wt % и 4,8 wt % [4]. На основата на тези данни може да се определи, че образуваните отпадъци от керамични продукти за покриви в ЕС са около 35 млн. тона годишно.

Влагане на керамичен рециклиран добавъчен материал в бетон

От 2012 г. у нас е обнародвана Наредба за управление на строителните отпадъци и за влагане на рециклирани строителни материали [5]. Една от целите на тази наредба е да се увеличи употребата на рециклирани строителни материали (РСМ) чрез изпълнение на количествени цели за тяхното влагане в проекти, финансирани с публични средства (Приложение № 8 на [5]). Изискванията са твърде ниски – например, за ново строителство на строежи, изпълнявани след 2020 г., количеството на РСМ трябва да е над 2 %wt %, но Наредбата постановява, че РСМ (строителните продукти), получени в резултат на оползотворяване на СО (категория 17 от Евр. списък на отпадъците), могат се влагат в строежите само, ако осигуряват изпълнението на основните изисквания към строежите и отговарят на техническите спецификации, определени със Закона за техническите изисквания към продуктите, т.е. отговарят на изискванията и допуските на хармонизираните стандарти, разработени за продуктите в съответствие с чл. 17 от Регламент (ЕС) 305/2011 г. [5].

Поради голямото годишно потребление на бетон, изискването за влагане на РСМ най-лесно може да се постигне чрез използване на рециклирани добавъчни материали (РДМ). Подходящите източници на РДМ от СО спадат към подгрупа с код 17 01 съгласно Наредба № 2 от 2014 г. за класификация на отпадъците [6]. От неопасните строителни отпадъци бетонът (17 01 01 код на СО) и тухлите (17 01 02 код на СО) притежават висока порьозност, което предопределя получаването на порьозни РДМ, използването на които крие на проблеми в технологичните процеси на производство на бетонна смес с тези РДМ. Поради тази причина най-перспективни за производство на РДМ за СО с код 17 01 03 в които попадат керемиди, плочки, фаянсови и керамични изделия [5, 6]. Количествената цел за материално оползотворяване на този вид СО за след 2020 г. и всяка следваща година е 70 wt %. Поради необходимостта от селективно отделяне, разделяне и съхраняване на СО към момента най-перспективно е използването на СО от керемиди за влагане в като добавъчен материал бетонни смеси.

Стандартът БДС EN 206:2013+A1:2016 позволява използването на РДМ (т. 5.2.3.4). В приложение Е, което е информационно, на този стандарт са описани препоръки само за използването на едър РДМ. Поставени за граници за заместване на естествени обикновени едри добавъчни материали (ЕДМ) с едри РДМ (РЕДМ), съответстващи на БДС EN 12620:2002+A1:2008, във връзка с класовете по въздействие на околната среда. В тези хармонизирани стандарти изискванията за влагане на тухли и керемиди са еднакви, въпреки различната им структура (порьозност), определяща различни свойства (водопопиваемост, водопропускливост, мразоустойчивост, механични характеристики) и приложение.

Основните изследвания в областта на влагане на РСМ в бетони са съсредоточени в използването на РЕДМ от бетони [7–9], като тяхното прилагане е довело до поставянето на ограничения в стандарти – БДС EN 206:2013+A1:2016 (бетони X0, XC1-4, XF1, XA1, XD1; максимално на заместване 30 wt % с РЕДМ тип А, максимален клас C30/37 C40/50 при използване на РДМ тип В), BS 8500-2:2006 (20 wt % максимално заместване на ЕДМ с РЕДМ; максимален клас C40/50 за X0, XC1-4, XF1, DC1 (устойчивост на химична агресия) и др. Влагането на РДМ от СО от тухли в бетони води до намаляване на всички механични характеристики при еквивалентни водоциментно отношение и количества на естествени ЕДМ [7]. Бетони с РЕДМ от тухли са с намален риск за притичане на алкало-силицева реакция и имат понижена карбонизация, което вероятно се дължи на повишеното количество цимент, необходимо за получаване на равноякостен бетон [7]. Съществено при това тълкуване е приемането, че в изследванията и стандартите се използва тегловно заместване, вместо заместване на ЕДМ по обем.

От своя страна керемидите имат по-плътна структура, съответно плътност и якости, от тази на тухлите и биха имали по-добър потенциал за замяна на ЕДМ в бетонните. Допълнително предимство е и тяхната голяма топлоустойчивост, дължаща се на процесите при тяхното получаване при висока температура. Те се отнасят към инертните отпадъци, за които не е необходимо провеждане на изпитване за да се докаже, че не съдържат опасни вещества. В литературата практически липсват данни за поведението на бетони с вложени РЕДМ от СО от покривна керамика. Също така са твърде малко изследванията поведението на бетони с рециклирани добавъчни материали при повишени температури. Основният проблем в изучаването и сравнителните анализи е голямото разнообразие от РЕДМ и наличието на много примеси в тях. Те трудно класифицират – в един клас РЕДМ от бетони едновременно попадат 100 wt % натрошени тухли и смес от 94 wt % натрошен бетон и 6 wt % натрошени тухли [7].

Материали, проби и методи за изпитване

Изследването на поведението при повишени температури на бетон с вложен РЕДМ от СО с керамичен произход се осъществи чрез приготвяне и сравнителни изпитвания на два вида бетонни смеси: обикновен бетон (БО) и бетон, в който ЕДМ е заменен с 20 wt % натрошени керемиди (БК). Този избор позволява да се направи сравнение на поведението на БК с това на БО, чието поведение при температури до 800 °C е интензивно изследвано и у нас [11, 12].

Пробите бяха изготвени със смесен портландцимент CEM II/B-LL/32,5 R, производство на Холсим АД, с. Бели извор България. Циментът съдържа смлян варовик (до 35 wt %), който не се разлага до 800 °C и пренебрежимо количество органичен въглерод (под 0,2 wt %). Плътностите на цимента бяха определени лабораторно: специфична плътност ρ = 3110 kg/m^3 и обемна плътност в свободно насипно състояние ρ_b = 1050 kg/m^3. Дребният добавъчен материал (ДДМ) представляваше речен, среднозърнест пясък със ρ = 2460 kg/m^3 и ρ_b = 1570 kg/m^3. Естественият ЕДМ бе трошен камък, получен от тъмно сив на цвят варовик, фракция 4/11 mm, с плътности ρ = 2640 kg/m^3 и ρ_b = 1520 kg/m^3. Едрият РДМ бе получен от керемиди тип „Марсилски“, от които първоначално беше отделена пръстта и други отпадъци, след което бяха

старателно измити и натрошени. Натрошеният материал бе фракциониран със сита 4 mm и 16 mm, след което най-големите зърна бяха отстранени. По този начин геометричните характеристики на РДМ бяха уеднаквени с тези на ЕДМ, а поради крехкото разрушение на керемидите формата на получените зърна РЕДМ бе също много близка до тази на използвания трошен камък. Полученият РЕДМ бе с плътности $\rho = 1630$ kg/m^3 и $\rho_b = 830$ kg/m^3, като бе определена и обемната плътност във водонапито състояние – 960 kg/m^3.

От тези компоненти бяха изготвени следните бетони (прибл. 1 m^3):

- обикновен бетон (БО): цимент – 400 kg; вода – 210 l; ДДМ (пясък) – 650 kg; ЕДМ (трошен камък) – 1040 kg;
- бетон с 20 wt % РДМ (БК): цимент – 400 kg; вода – 210 l; ДДМ (пясък) – 650 kg; ЕДМ (трошен камък) – 832 kg; РДМ (трошени керемиди) – 208 kg.

Бетонните смеси се приготвиха по стандартна процедура. Преди използването на РЕДМ той бе оставян да престои във вода за едно денонощие, с цел достигане на висока степен на водопоиване, която предотвратява абсорбирането на направна вода. Двете бетонни смеси имаха слягане 100 mm (клас S3), определено по БДС EN 12350-2:2009. Изготвянето на пробните тела с размери 100/100/100 mm, тяхното отлежаване и изпитване бе осъществено съгласно изискванията на групата стандарти БДС EN 12390 (части 1–4). За отлежаването на пробите бе избрано след декофрирането те да отлежават във вода с температура 20 ±2 °C непосредствено до началото на определяне на тяхната плътност и якост на натиск в стайно и нагрято състояние.

Всички пробни образци, освен тези които ще бъдат изпитани на стайна температура, се подреждат внимателно в Електрическа лабораторна камерна пещ с диапазон до 1000 ºC, производство на завод „Елпром Балчик“, тип ПЕК 45, която чрез помощта електронен терморегулатор се нагрява бавно със скорост около 2 °C/min . Температурата на пробите се следи с термодвойки, вбетонирани в центъра (на 5 cm дълбочина) на пробни тела от БО и БК. При започване на нагряването беше наблюдавано, че пробите с РЕДМ (БК) се нагряват с 30–60°C по-бавно от БО и тази разлика се запази почти до края на изпитването. Когато пещта достигне до необходимата температура, пробните тела чрез издърпване с метална кука внимателно се поставят върху метален поднос и веднага се изпитват за определяне на тяхната якост на натиск чрез машина за изпитване на натиск с хидравлично действие, Клас 3, Тип WK-2. Изпитването продължава до достигане на 800 °C. Разрушените от изпитването на натиск бетонни пробни тела се използват за наблюдение на формираната макроструктура, вкл. характера на нейното разрушаване, а на отделени парчета от пробите микроструктурата се изучаваше чрез дигитален микроскоп BRESSER JUNIOR DM400 при увеличения 20×, 80× и 350×.

Резултати и анализ

Резултати за плътността и якостта на натиск

Плътността на бетонните, определена като усреднена от три проби, при стайна температура в естествено сухо състояние са 2230 kg/m^3 (за БО) и 2120 kg/m^3 (за БК). Теоретичната специфична плътност се изчисли по формулата за смесите, в която участват масата и специфична плътност на всеки компонент, като тази плътност за БО е 2307 kg/m^3, а за БК – 2200 kg/m^3. Това означава, че порьозностите на двата вида бетона са практически еднакви – 3,3 % и 3,6 %.

Тъй като размерът на кубчетата не е с размери 150/150/150 mm и взимайки под внимание и начина на съхраняване на пробните тела, якостта на натиск се изчисли съгласно БДС EN 206:2013+A1:2016/NA:2017 по формулата:

(1) $$f_c = K_f . K_s \frac{F}{A_c},$$

където: F е максималния товар при разрушаването;

A_c е площта на напречното сечение на пробното тяло, върху която действа силата на натиск, изчислена по избраните размери на пробното тяло;

K_f е корекционен коефициент за влиянието на формата и размера на пробното тяло;

K_s е коефициент, който отчита условията за съхранение на пробните тела.

Корекционният коефициент за използваните кубични пробни тела е K_f = 0,95, а K_s = 1, тъй като съхранението на телата бе по БДС EN 12390-2:2009, като K_s = 1 за изпитване след нагряване. Данните за изчислената якост на натиск f_c при различни температури е показана в

табл. 1. В тази таблица е определен и коефициентът на редукция на якостта на натиск γ_T при определена температура по формулата:

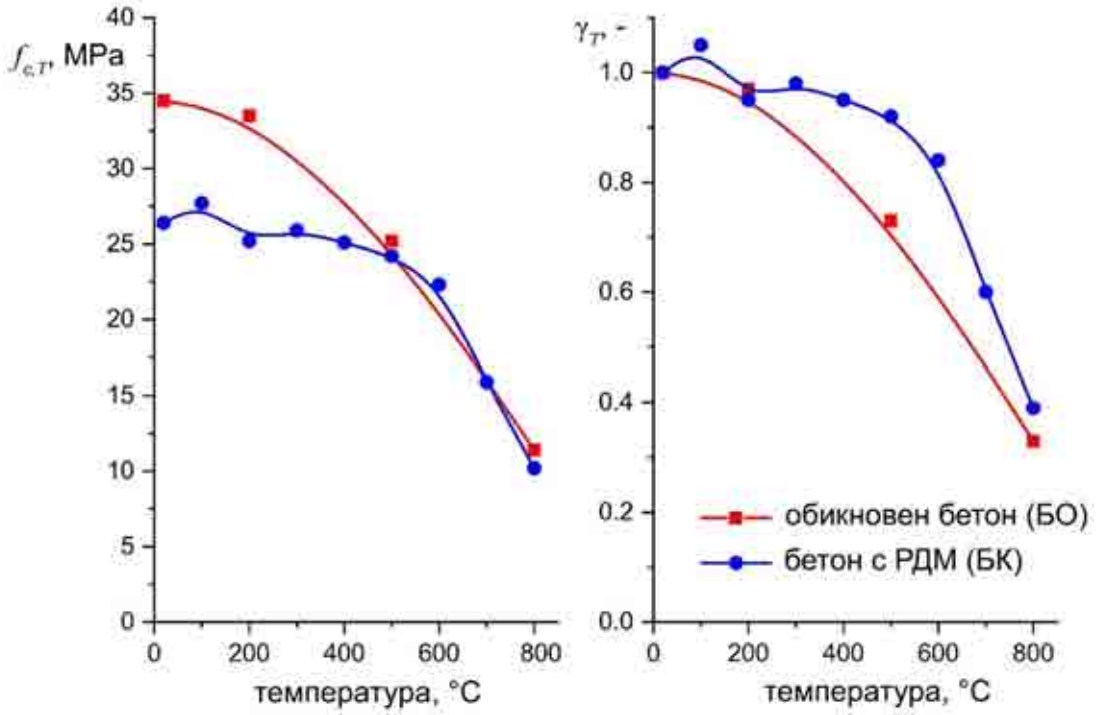
(2) $$\gamma_T = \frac{f_{c,T}}{f_{c,20}}$$

където: $f_{c,20}$ е якостта на натиск на бетона при стайна температура (20 °C);

$f_{c,T}$ е якостта на натиск на бетона при температура T.

Изменението на якостите на натиск $f_{c,T}$ и коефициентите на редукция на якостта на натиск γ_T, определени при различна температури, на представени на Фиг. 1.

При 20 °C якостта на натиск на обикновения бетон е 34,5 MPa, а якостта на натиск на бетона с керамичен РЕДМ е 26,4 MPa. Това означава, че използвания обикновен бетон е вероятно клас по якост на натиск C 25/30, а заместването на 20 wt % естествен ЕДМ с керамичен РЕДМ намалява неговия клас до C 20/25 или C 16/20. Този извод се припокрива с подточка NA.E.3.1 (1) на БДС EN 206:2013+A1:2016/NA:2017, която постановява, че ЕДМ могат да се използват за производство на бетон с клас по якост на натиск до C16/20.



Фиг. 1. Изменение на якостта на натиск , $f_{c,T}$, и коефициента на редукция на якостта на натиск, γ_T, на бетон с естествен ЕДМ (БО) и бетон с РЕДМ (БК) при повишаване на температури

С увеличаване на температурата якостта на бетоните намаляват като стойностите за обикновения бетон се припокриват с табличните данни за бетон с варовикови добавъчни материали, дадени в БДС EN 1992-1-2:2005 Еврокод 2: Проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции. Част 1–2: Общи правила. Проектиране на конструкции срещу въздействие от пожар. Табличните стойности за γ_T в хармонизирания стандарт за проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции са 0,74 (при 500 °C) и 0,27 (при 800 °C), докато получените стойности за бетона с естествен ЕДМ са: 0,73 (при 500°C) и 0,33 (при 800 °C). Съответните стойности на γ_T за бетона с керамичен РЕДМ са: 0,92 (при 500°C) и 0,39 (при 800 °C). Тези по-високи стойности могат да се обяснят с по-ниската якост на керамичните керемиди, която вероятно лимитира якостта на натиск на бетона.

Проби, нагрети и разрушени при 200 °C

а)

б)

Проби, нагрети и разрушени при 500°C

в)

г)

Проби, нагрети и разрушени при 800°C

д)

е)

Фиг. 2. Макроструктура на бетонни проби, разрушени при различна температура: а), в) и д) бетон без рециклирани доб. материали; б), г) и е) бетон с рециклирани добавъчни материали

При 500 °C якостните на двата бетона се изравняват, което означава, че якостта на натиск циментовия камък и се е намалила под якостта на натиск керамиката (керемиден отпадък). По същия начин вероятно относително голямото напълване с РДМ (20 wt%) не позволява да се прояви ефекта на леко повишаване на якостта на натиск в интервала 100–200°C, който се дължи в резултат на намаляване на обема на порите от зърна и частици с увеличен обем (БО не е изпитван в този температурен интервал).

Наблюдения на структурата на изследваните бетони

Структурата на изследваните бетони е представена чрез снимков материал на макроструктурата (фиг. 2) и микроструктурата (фиг. 3) на бетонни проби, които са нагрявани и разрушавани при различна температура. Ясно може да се оцени, че с нарастване на температурата бетонът променя своя цвят, което се дължи на глинестите частици, които са внесени в него чрез пясъка.

Проби, нагрети и разрушени при 200°C

а)

б)

в)

г)

Проби, нагрети и разрушени при 500°C

д)

е)

ж)

з)

Проби, нагрети и разрушени при 800°C

и)

й)

к)

л)

Фиг. 3. Микроструктура на бетонни проби с керамични рециклирани добавъчни материали, разрушени при различна температура:
а), б), д), е), и) и й) – увеличение 20×; в), г), ж), з), к) и л) – увеличение 80×

Разрушенията в пробните тела, изпитани при 200°C са предимно в краищата и ръбовете на куба, през керемидения РЕДМ и отчасти през естествения ЕДМ (фиг. 2а и 2б). Относително ниските температури на нагряване (до 200 °C) не водят до образуване на пукнатини в циментовия камък (ЦК) (фиг. 2а, 3а и 3б). Не се наблюдават пукнатини между ЦК и добавъчните материали, което определя, че до тази температура адхезията между ЦК и ЕДМ и РЕДМ не се нарушава. Разрушението на БК от натоварване на натиск е през РЕДМ, което потвърждава заключението в т. 4.1, че керамичният РЕДМ е определящо за ниската якост на натиск на този бетон, в сравнение с БО, в който няма РЕДМ.

Обработката на снимковия материал на проби нагрети и разрушени при 500 °C показва, че съществува добра адхезия между циментовия камък и добавъчните материали. Отчасти са започнали да се формират пукнатини, но те са в своя начален стадий на развитие. Не всички разрушения са през естествения ЕДМ. От разрушените при изпитването на натиск пробни тела свободно изпадат зърната, което показва че към тази температура ЦК се е обезводнил и започнал да се свива. От друга страна зърната на ЕДМ и части на ЦК увеличават своя обем, като тези процеси водят до загуба на адхезия между ЦК и ЕДМ. Този тип разрушения не са толкова ясно изразени в бетона с РЕДМ (фиг. 3 д-ж). Вероятно при 500 °C коефициентите на линейните термични разширения на ЦК и керамичния РЕДМ са приблизително еднакви (фиг. 3е и 3з).

При 800 °C освен че циментовия камък е силно потъмнял, повърхността на частиците на естествения ЕДМ е бяла. Това е признак за протекла реакция на декарбонизация на варовиковия ЕДМ. Частиците на ЕДМ свободно изпадат от разрушения бетон (фиг. 2д и 2е), докато тези на РЕДМ са все още свързани с циментовия камък. Наблюденията на микроструктурата показват, че при тази висока температура в материала вече са се формирали пукнатини, дължащи се на реакции на разлагане в ЦК и разлики в коефициентите на линейните термични разширения на компонентите при високите температури.

Изводи

Проведеното изследване на бетон с максимално допустимо заместване на естествен ЕДМ с рециклиран ЕДМ от керемиди показа, че това няма да доведе до изменения на технологията на изготвяне на бетонните смеси и формираната структура на втвърдения бетон. Високият процент на заместване на естествен ЕДМ ще доведе до намаляване на класа по якост на натиск на бетон, но същевременно ще подобри неговата топлоустойчивост.

Благодарности

Авторите изказват своята благодарност за финансовата подкрепа на Департамента по природни науки, Лаборатория по химия (МФ) в НБУ и на Катедра „Управление на безопасността и превенция“, Лаборатория „Механични изпитвания на строителни материали“ в Академия на МВР.

Литература:

1. Gagg, C. R., Cement and concrete as an engineering material: An historic appraisal and case study analysis. Engineering Failure Analysis, 40, 2014, 114–140.
2. Statistics Explained, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/c/c7/Waste_ generation _by_economic_activities_and_households%2C_EU-28%2C_2014_%28%25%29_YB17.png
3. Eales, A., M. Clifford, Sustainability and Engineering, University of Nottingham, 2013, (e-book)
4. Asgari, A., T. Ghorbanian, N. Yousefi, D. Dadashzadeh, F. Khalili, A. Bagheri, M. Raei, and A. Hossein, Quality and Quantity of Construction and Demolition Waste in Tehran, J Environ Health Sci Eng. 2017 Jun; 15: 14.
5. Наредба за управление на строителните отпадъци и за влагане на рециклирани строителни материали, приети с ПМС № 277 от 5.11.2012 г. (отм.), приета ПМС № 267 от 05.12.2017 г.
6. Наредба № 2 от 23 юли 2014 г. за класификация на отпадъците (обн. ДВ. бр.66 от 8.08.2014 г., посл. изм. ДВ. бр.46 от 1.06.2018 г.)
7. Paine, K. A, R. Dhir, Recycled Aggregates in Concrete: A Performance-related Approach, Magazine of Concrete Research 62(7), 2010, 519–530.
8. Pepe, M., A Conceptual Model for Designing Recycled Aggregate Concrete for Structural Applications, Springer Theses, 2015, 167 p.
9. Topçu, İ. B., S. Şengel, Properties of concretes produced with waste concrete aggregate. Cement and Concrete Research 34 (8), 2004, 1307–1312.
10. Pacheco, J., J. de Brito, C. Chastre, L. Evangelista, Experimental Investigation on the Variability of the Main Mechanical Properties of Concrete Produced with Coarse Recycled Concrete Aggregates, Construction and Building Materials, 201, 2019, 110–120.
11. Попов, Д. Д., Изследване якостта на натиск на бетон с портландцимент и огнеупорни, дипл. работа, „Пожарна безопасност и защита на населението“ на Академия на МВР 2018, 76 с.
12. Ценов, Ц. К., Строителни материали. Състояние при пожар, 3-то доп. и прераб. изд., Fplus Ltd., 2015, 242 с.

РЕЦИКЛИРАНЕ НА ОТПАДЪЧНА БИОМАСА И ВАРОВИКОВ ШЛАМ

Венцеслав Стоянов[1,2], Вилма Петкова[3,4], Екатерина Серафимова[5]

[1]Висше строително училище „Любен Каравелов“, Строителен факултет, София
[2]Академия на МВР, Факултет „ПБЗН“, София
[3]Нов Български университет – София
[4]Институт по минералогия и кристалография – Българска академия на науките
[5]Химикотехнологичен и металургичен университет – София
e-mails: vensy.stoyanov@vsu.bg; vensy.stoyanov@gmail.com

Ключови думи: *варовиков отпадък, оползотворяване, почвен подобрител*

Резюме: *Държавната политика по управлението на отпадъците представлява съвременна концепция за ресурсна ефективност, насочена към предотвратяване на образуването на отпадъци, насърчаване на повторната употреба и оползотворяването чрез рециклиране, регенериране или друг процес на извличане на вторични суровини, обезвреждане и безопасно съхраняване на отпадъците, увеличаване на отговорността на производителите, стимулиране на инвестиции в сектора, в рамките на наличните финансови инструменти.*

Варовикът е една от най-широко използваните в строителството скали. Освен в естествен вид, варовикът се използва за индустриално производство на негасена и гасена вар, въглероден диоксид и калцинирана сода, както и се добавя при производството на чугун от кисели руди. Всичко това води до висок добив и последваща преработка, което е свързано с образуване на големи количества отпадъци на основата на варовик.

В разработката се разглежда възможност за устойчиво оползотворяване на варовиков шлам и биомаса от птицеферми като източник на хранителни елементи и структуроподобряващ агент. Изготвени са смеси, които могат да се използват за обогатяване на почвения слой с необходимите хранителни елементи за по-добро развитие на растенията.

От проведените изследвания се установи, че достатъчна якост на натиск на таблетите може да се постигне в широк диапазон на изменение на началната влага, което допуска широко вариране на съотношение между използваните компоненти – варовиков отпадък и отпадъчна биомаса. Смесите притежават качества на подобрители и това е добра предпоставка за тяхното потенциално използване.

CARBONATE WASTE IMPOSITION TO MANURE FROM POULTRY FARMS TO OBTAIN SOIL IMPROVERS

Ventseslav Stoyanov[1,2], Vilma Petkova[3,4], Ekaterina Serafimova[5]

[1]University of Structural Engineering and Architecture, VSU „L. Karavelov”, Faculty of Construction, Sofia
[2]Academy of the Ministry of Interior, Department of Safety and Prevention – Sofia
[3]New Bulgarian University, Department of Natural Sciences – Sofia
[4]Institute of Mineralogy and Crystallography „Acad. Ivan Kostov“ – Bulgarian Academy of Sciences – Sofia
[5]University of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Engineering Ecology
e-mails: vensy.stoyanov@vsu.bg; vensy.stoyanov@gmail.com

Keywords: *limestone-based waste, utilization, soil improver*

Abstract: *State policy on waste management is a modern concept of resource efficiency aimed at preventing waste, promoting reuse and recovery through recycling, reclamation or other extraction process scrap, disposal and safe storage of waste, increase responsibility of manufacturers, stimulate investments in the sector, within financial instruments available.*

Limestone is one of the most widely used rocks in construction. Besides naturally, limestone is used for the industrial production of quicklime and slaked lime, carbon dioxide and soda ash as well as it is added to the

production of cast iron from acid ores. All this leads to high yields and subsequent processing, which is associated with the formation of large amounts of limestone-based waste.

This study examines the possibility of sustainable utilization of limestone slurry and manure from poultry as a source of nutrients and and structure-enhancing agent. Mixtures have been prepared that can be used to improve the soil layer with the necessary nutrients for better plant development.

From tests carried out it is found that the sufficient compression strength of the tablet can be achieved over a wide range of variation of the initial moisture, which allows a wide variation of the ratio between the components used – limestone-based waste and manure from poultry. The mixtures with limestone-based waste and manure from poultry farms have the qualities of improvers and this is a good qualification for their use.

Въведение

Оползотворяване на каменен (варовиков) шлам

При добива на скален материал в кариерите и неговото рязане се образува относително голямо количество отпадъци от каменна суспензия (шлам, каша) [1]. Този тип отпадък обикновено се съхранява безразборно на открити пространства и в канализационната мрежа, причинявайки здравословни и екологични проблеми. Например, варовиковият шлам (отпадъчната варовикова суспензия), който се получава при обработката на варовици и мрамори, освен че има неблагоприятно въздействие върху ландшафта на района, в който се съхранява, може да причини следните екологични щети:

- При депониране и съхранение на този отпадък се намалява пропускливостта на горния слой почва, което в последствие затруднява пропускането на вода от повърхността към долните слоеве на почва.
- С времето варовиковият шлам се изсушава, като от образувания фин прах възниква опасност от замърсяване на въздуха с фини прахови частици, което може да доведе до здравен риск на населението и респираторни заболявания в близки населени места.
- При валежи, съхраняваният на открито варовиков шлам/прах причинява дренажни проблеми, а част от съдържащия се в него калциев карбонат ($CaCO_3$) се разтваря, което може да доведе до замърсяване на водосборен басейн, води на надземните резервоари и подземни водни ресурси.

Резултатите от проучванията показват, че прахообразният отпадък, образуван при рязане на скален материал, може да се използва за производство на изкуствен камък с подходящи якост на натиск и абсорбция на вода. Оценено е, че оползотворяването на шлама в производството на изкуствен камък едновременно ще спомогне за опазването на околната среда (чрез намаляване на добива на скален материал) и ще създаде нови работни места. В табл. 1 [2] са показани основни резултати от проучвания за потенциалната употреба на каменен шлам за строителни цели.

Възможности за съвместно оползотворяване на карбонатни отпадъци и отпадъчна биомаса от птицеферми

Отпадъчна биомаса от птицеферми

Отпадъчна биомаса от птицеферми (ОБ) е отпадъчен продукт, който принадлежи към контаминаторите от II група, тъй като е носител на енергия и на оптимално за автотрофните организми съдържание и съотношение на биогенни химични елементи [12]. Органичните вещества в състава на ОБ са част от биогеохимичните елементи, участващи в циклите на кръговрата на веществата. Техният състав не е постоянен и зависи от много фактори – вида, възрастта и здравословното състояние на животните, качеството на фуража и състава на дажбата, обмяната на веществата, сезона и др.

Ежедневните биоотпадъци при кокошките-носачки са около 10 % от масата на птиците, като годишното количеството на получавания ОБ, без постеля, от 1000 кокошки-носачки е 10091 kg сухо вещество (СВ) [12, 13]. От 1 kg консумиран фураж се получава приблизително 1,15 kg свежа биомаса [14]. Тя съдържа най-важните хранителни елементи за растенията (N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu, Zn, Cl, B, Fe, Mo), което я прави ценно средство за приложение като торов компонент. Количествата общ азот и фосфор в ОБ и постелята са по-големи, в сравнение с тора от другите видове селскостопански животни. Свежата ОБ от кокошки-носачки съдържа 1,0–1,8 % азот, 0,8–1,2 % фосфор, 0,5–0,7 % калий. Съставът на ОБ може да варира значително между отделните партиди отглеждани птици.

Съдържанието на азот и фосфор обикновено е по-ниско в постелята в сравнение със свежата ОБ, като загубите настъпват след екскреция на тора и смесването му с постелъчните

материали. Торовата постеля от кокошки-носачки при отстраняването ѝ от производствените помещения съдържа: общ азот 15,42 g/kg (1,54 %), фосфор 23,13 g/kg (2,31 %), калий 11,79 g/kg (1,18 %). Запазването на хранителните вещества в тора зависи до голяма степен от начина, условията и срока на неговото съхранение.

Таблица 1. Основни резултати от оползотворяването на каменен (варовиков) шлам [2]

Употреба на каменен (варовиков) шлам	Основни резултати	Проуч-ване
Производство на бетон	Използването на кам. шламове като източник на вода в производството на бетон има незначителен ефект върху якостта на натиск и голям ефект върху слягането.	[3]
Производство на бетон	Якостта на натиск и сулфатната устойчивост на бетона се увеличават с нарастване количеството на замяната на мраморни прахове с фини пясъчни агрегати.	[4]
Производство на високо-технологичен бетон	Характеристиките на втвърдения бетон се подобряват с 16%; поведението на бет. смес също се подобрява.	[5]
Производство на материали с ниска якост	В материалите могат да се вложат значителни количества каменен прах (25-50%), някои са с циментиращи или пуцоланови свойства (лет. пепел, прах от цим. пещ).	[6]
Производство на строителни материали	Каменният шлам успешно се използва при производството на PVC тръби, плочки, блокове, керамика и др.	[2, 7]
Кам. шлам се използва за повишаване вискозитета на самоуплътн. се бетон	Варовиковият прах може да се използва за производство на обикновени и самоуплътняващи се бетони	[8]
Включване на мраморен и гранитен шлам в керамични материали	Мраморният и гранитният шлам може да се добавят към глина за производство на керамични материали, тъй като те нямат неблагоприятно въздействие на свойствата на синтерованите продукти.	[9]
Приложение в пътното стр-во и за производство на бетон, асфалтобетон, цим. и полим. композити	Описание на използването на варовиковия шлам като суровина, свързващо вещество, пълнител и добавъчни материали при разработването на алтернативни строителни материали.	[10]
Повторно използване на отпадъка в различни промишлени дейности	Успешно включване на варовиковия шлам в произ-водството на цимент, керемиди, строителни разтвори, конвенционални и самоуплътняващи се бетони.	[11]

Влагане на добавки към ОБ от птицеферми

ОБ от птицеферми съдържа повишени количества органични азот и бактерии, разграждащи урея, които способстват за изпаряването/отделяне на големи количества амоняк (NH_3), което има отрицателен ефект върху околната среда и е свързано с намаляването на здравето на птиците [1]. За намаляване летливостта на NH_3 в халетата за отглеждане на бройлери и кокошки-носачки ОБ се смества с добавки, които действат като окислители, химически абсорбенти и химични/ биологични инхибитори. Окисляващите вещества са най-често използваните добавки към на ОБ, но контролирането на водородния показател (pH) е трудно и често се изисква повторно прилагане, за да се поддържат адекватни атмосферни концентрации на NH_3.

През 2003 г. е направено проучване, в което е разгледан ефектът от прилагането на гипс върху емисиите на амоняк от ОБ. Анализирани са: сухото вещество, pH и степента на изпарение на NH3 от ОБ, обработена с различни добавки. Тези добавки включват алуминиев сулфат ($Al_2(SO_4)_3$), гасена вар (калциев хидроксид) ($Ca(OH)_2$) и гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$).

Резултатите показват, че след 42 дни сместа на ОБ и гипс има най-ниска степен на изпарение на амоняк, като същевременно тя съдържа същото или по-голямо количество вода в сравнение с останалите смеси. Това се дължи на голямата хигроскопичност на гипса, който намалява активността на микроорганизмите в уреята, които улесняват емитирането на амоняк. По-ниското pH на ОБ, смесена с гипс, се дължи на гипса, който намалява активната реакция на ОБ от 8,04 до 6,97, докато при алуминиевата добавка pH е 7,07. Най-добър ефект върху намаляването на загубите на амоняк има $Al_2(SO_4)_3$, като стойностите на активната реакция са по-ниски и са отговорни за намаленото емитиране на NH_3. Съвместното използване на алуминиев сулфат и гипс няма съществен ефект върху изпарението на амоняка, което вероятно се дължи на по-дълготрайния ефект на гипса.

За да се редуцира водоразтворимият фосфор в ОБ от бройлери се използват добавки като диалуминиев триоксид (Al_2O_3), железни сулфати и железни хлориди. Тези добавки намаляват pH на ОБ, като по този начин благоприятстват за по-високи концентрации на

водоразтворим фосфор в тора. Освен това Al- и Fe-добавки могат да изместят равновесието на разтворим фосфор чрез отстраняване на водоразтворимия фосфор от разтвора. Те са по-ефективни от гипса при редуциране на молибдат-реактивен фосфор и разтворен нереактивен фосфор.

В друг експеримент ОБ е смесена с гипсов шлам в количества 10–40 wt% гипс. Шламът е бил добавен преди птиците да бъдат настанени в халетата и след това е бил добавен още веднъж на 25-тия ден. Резултатите показват, че тази добавка в ОБ може да намали популацията на бактерии и степента на изпарение на амоняка. Това се обяснява със способността на гипса да намалява летливостта на NH_3, но въпреки многото проучвания механизмът, отговорен за намаляването на загубите на NH_3, се смята, че не уточнен. Установено е, че добавянето на гипс към ОБ от бройлери намалява общите концентрации на бактерии, но ефектът му върху бактериите, които разграждат уреята, не е изследвана. Освен това е добре известно, че микробните видове могат да утаяват минерални карбонати чрез хидролиза на урея, но тази реакция не е проучена за ОБ.

Съвместно използване на варовиков шлам и ОБ от птицеферми

За нормализиране на pH на почвения разтвор на подкислени почви е необходимо периодично извършване на така нареченото „варуване”, което се осъществява чрез внасянето на неутрализиращи продукти (подобрители). За да може да се използва конвенционалната техника в селското стопанство се налага предварително гранулиране на подобрители. По този начин се избягва запрашаването на околната среда и се осигурява използването на традиционната техника за тороразпръскване.

Съвместното използване на ОБ и добавки показва насоките за предлагане и изследване на нови добавки. Една от възможностите е използването на варовиков шлам като добавка към ОБ от птицеферми. Използването на варовиков шлам би унищожил биоактивните компоненти на ОБ, с което отделянето на миришещи газове ще бъде прекратено. Той би стабилизирал и обеззаразил отпадъка, с което ще се подобрят неговите състав и свойства.

По този начин предложението за съвместно използване на варовиков шлам и ОБ от птицеферми цели интегрирано оползотворяване на няколко вида отпадък. След подсушаване на отпадъка до желаната влажност, без да е необходимо прилагането на специални мерки, той може да бъде използван като подобрител на почви. Полученият продукт ще е с алкална реакция (pH), позволяващо да се използва за третиране на кисели почви.

Получаване и изпитване на гранулати на подобрители за почви на основата на варовиков отпадък и отпадъчна биомаса от птицеферми

Изследването бе проведено с използване на отпадъчен варовиков шлам, получен от производството на фирма „ПМГ Стоун“ ЕООД, която работи с врачански варовици и органогенен варовик „Мушелкалк“, добит от кариерите за открит добив на „Монолит“ АД, гр. Монтана. Самата фирма „Монолит“ АД притежава голямо шламохранилище, което е разположено на работна площадка в цех „Пъстрина“ за рязане и обработка на скални блокове (мрамор и варовик) при производство и изготвяне на скално-облицовъчни плочи. Основните физикомеханични характеристики на използвания варовик са представени в табл. 2. Другият компонент на подобрителя за почви представлява оборски тор от птицеферми, предоставен от ЕТ „Валентин Геогриев - Валдис”, гр. Кюстендил, площадка с. Шишковци. Разглежданите отпадъци от имат неутрален характер и са подходящи за подобрители на почви.

Таблица 2. Физикомеханични характеристики на врачански варовик, използван в производството на фирма „ПМГ – Стоун“ ЕООД [1]

Характеристика	Стойност
Обемна плътност	2,16–2,25 g/cm^3
Специфична плътност	2,68–2,72 g/cm^3
Обем на порите	16,36–9,40 %
Коефициент на порите	0,196–0,242 %
Водопопиваемост	3,9–4,8 %
Якост на натиск в сухо състояние	65,11–86,62 MPa
Якост на натиск във водонапито състояние	45,43–67,74 MPa
Относителна якост на натиск в замразено състояние	35,68–56,56 MPa

От суровини бяха направени пет смеси с различни масови съотношения между двата компонента (табл. 3). Тъй като по-високата влажност на материала е предпоставка за

получаване на по-едри гранули, високата влажност на варовиковия шлам създава условия за добро агломериране на частиците. Омокрянето се извърши в самия гранулатор-барабан – шнек, въртящ се наклонен диск с периферен борд. При избора на метод и техника на гранулиране се цели постигане на високи статична и динамична якост и ниска изтриваемост, необходими за оптимално манипулиране и транспортиране на получените гранули. Те са със цилиндрична геометрична форма и имат формата на таблетки. За всяка смес са изготвени по три гранули с диаметър на таблетките в границите на 10 mm.

Таблица 3. Изготвени смеси и съотношения между компонентите в тях

Изготвени смеси	оборски тор от птицеферми	варовиков отпадък
	wt %	wt %
П1	20	80
П2	40	60
П3	50	50
П4	60	40
П5	70	30

С цел определяне на влагата в приготвените таблети всяка една таблетка е измерена след гранулирането, подложена е на сушене една седмица на стайна температура, до достигане на постоянно тегло, след което отново е измерено теглото на гранулите. Традиционно относителната загуба на влага при сушенето се изчислява по формулата:

(1) $$w = \frac{m_w - m_{dry}}{m_w}.100, \quad \%,$$

където: m_w – масата на влажната гранула, g; m_{dry} – масата на гранулата след нейното изсушаване, g.

С цел сравнение на влажността на гранулите, относителната загуба на влага се определи и спрямо нейната маса в сухо състояние чрез формулата:

(2) $$w' = \frac{m_w - m_{dry}}{m_{dry}}.100, \quad \%.$$

В табл. 4 са представени средните стойности от получените опитни данни от гранулирането и сушенето на пробите. Сравнението на загубата на влага, изчислена чрез формули (1) и (2) е нанесено в табл. 5.

Таблица 4. Изчисляване загубата на влага при сушене на гранулите (таблетките)

Смес	m_w, g			m_{dry}, g			w, %			w', %		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
П1	2,56	2,61	2,62	1,97	1,98	1,98	23,0	24,1	24,4	29,9	31,8	32,3
П2	2,77	2,60	2,76	1,88	1,91	1,95	32,1	26,5	29,3	47,3	36,1	41,5
П3	2,26	2,37	3,00	1,49	1,57	2,09	34,1	33,8	30,3	51,7	51,0	43,5
П4	2,63	2,80	2,73	1,70	1,79	1,73	35,4	36,1	36,7	54,7	56,4	57,8
П5	2,73	2,74	2,70	1,62	1,60	1,62	40,7	41,6	40,0	68,5	71,3	66,7

Таблица 5. Усреднени стойности на загубата на влага (изчислена като отнесена към влажностното и сухото състояние) и на статичната якост на гранулите (таблетките)

Смес	Загуба на влага, изчислена като отнесена към влажностното състояние	Загуба на влага, изчислена като отнесена към сухото състояние	Статична якост на гранулите	Широчина на изменение на стойностите на статичната якост
	wt %	wt %	kgf	kgf
П1	23,9	31,4	5,8	1,7
П2	29,3	41,7	4,7	1,4
П3	32,7	48,7	4,1	1,4
П4	36,0	56,3	3,7	1,4
П5	40,8	68,8	3,3	0,8

Гранулите (таблетките) са изпитвани на статична якост на натиск, съгласно БДС 16017:1984 [16]. За целта те се поставят върху носещата част на буталото, след което се прибавят тежести до разрушаване на гранулата. Гранулите са с добра адхезия. Получените резултати са представени в табл. 5. При различните смеси усреднената статична якост на гранулите се изменя от 3,3 до 5,8 kgf за пробите (гранулите). Статичната якост на гранулите от смесите са в долната граница на изискванията на БДС 16017:1984. Най-ниска средна статична якост имат гранулите от сместа със 70 wt % ОБ от птицеферми, а най-висока статична якост имат гранулите от П5, изготвени с високо съдържание на варовиков отпадък (80 wt %). Увеличаването на статична якост на гранулите при високо съдържание на варовиков отпадък води и до увеличаване на широчина на изменение на стойностите, т. е. при използваната технология не се получават хомогенни продукти с предвидими характеристики.

Данните показват, че статичната якост на гранулите зависи от тяхната влажност, като сравнението на двата начина на определяне на загубата на влага показва, че това не оказва съществено влияние за тълкуване на механичните показатели на изготвените гранули.

Изводи

От проведените изследвания се установи, че достатъчна якост на натиск на таблетите може да се постигне в широк диапазон на изменение на началната влага, което допуска широко вариране на съотношение между използваните компоненти – варовиков отпадък и отпадъчна биомаса от птицеферми. Смесите с варовиков отпадък и отпадъчна биомаса от птицеферми притежават качества на подобрители и това е добра предпоставка за тяхното използване.

Благодарности

Авторите изказват своята благодарност за финансовата подкрепа на Департамента по природни науки, Лаборатория по химия (МФ), НБУ.

Литература:

1. Кабакова, В., „Алтернатива за оползотворяване на отпадък от преработката на врачански варовик“ – дипломна работа, 2017.
2. Al-Joulani, N., Utilization of Stone Slurry Powder in Production of Artificial Stones, Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 3(4), 2014, 245–249.
3. Alzboon, K. K., K. N. Mahasneh, Effect of Using Stone Cutting Waste on the Compression Strength and Slump Characteristics of Concrete, International Journal of Environmental Science and Engineering 1(4), 2009, 167–172.
4. Binici, H., H. Kaplan, S. Yilmaz, Influence of Marble and Limestone Dusts as Additives on Some Mechanical Properties of Concrete, Scientific Research and Essay, 2 (9), 2007, 372–379.
5. Almeida, N., F. Branco, J.R. Santos, Recycling of Stone Slurry in Industrial Activities: Application to Concrete Mixtures, Building and Environment, 42, 2007, 810–819.
6. Katz, A., K. Kovler, Utilization of Industrial By-products for the Production of Controlled Low Strength Materials, Waste Management No. 24, 2004, 501–512.
7. Al-Joulani N., Engineering Properties, Industrial and Structural Applications of Stone Slurry Waste, Jordan Journal of Applied Science 9 (1), 2007, 13–23.
8. Felekoglu, B., Utilization of High Volumes of Limestone Quarry Wastes in Concrete Industry – Self Compacting Concrete Case, Resources Conservation and Recycling, 2007, 770–791.
9. Silva J. B., D. Hotza, A.M. Segadaes, W. Acchar , Incorporation of Marble and Granite Sludge in Clay Materials, Ceramica, 51 (320), 2005, 325–330.
10. Pappu, A., M. Saxena, S.R. Asolekar, Solid Wastes Generation in India and their Recycling Potential in Building Materials, Building and Environment, 42, 2007, 2311–2320.
11. Shirazi, E.K., Reusing of Stone Waste in Various Industrial Activities. 2nd Int. Conf. on Environmental Science and Development I PCBEE, 4, 2011, 217–219.
12. Костадинова, Г., Д. Дерменджиева, Р. Стефанова, Агроекологична оценка на тор и постеля от кокошки-носачки по съдържание на биогенни елементи и микроорганизми, Животновъдни науки, 52 (3), 2015, 42–53.
13. Ensminger, M.E, Poultry Science, Interstate Publishers, INC., Danville, Illinois, 1992, 222–226.
14. Кайтазов, Г., Проблемът с птичия тор и могат ли да се извлекат ползи от решаването му, Птицевъдство, №4, 2006, 10–14.
15. Стоянов, В., В. Петкова, Е. Серафимова, Т. Калювее, Екологични и икономически възможности за оползотворяване на карбонатни отпадъци, В: Сб. докл. XVIII Юбилейна межд. научна конференция ВСУ’2018, 18-20 октомври 2018, София, Висше стр. училище, София, Том 1, 2013, 283–291.
16. БДС 16017: 1984 „Торове минерални. Метод за определяне на статичната якост на гранулите“, 1984, 4 с.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

ВИРТУАЛНА ТОПОЛОГИЯ ЗА ВНЕДРЯВАНЕ НА IoT В SMART GRID

Мила Илиева-Обретенова

Минно-геоложки университет „Свети Иван Рилски“ – София
e-mail: mila.ilieva@mgu.bg

Ключови думи: *Smart Grid, двупосочна комуникация, интелигентно измерване, IoT-сензор, разпределение на енергия*

Резюме: *Нуждата от зелена, достъпна и лесно управляема енергия непрекъснато се увеличава от началото на 21 век. Традиционните мрежи са неспособни да отговорят на тези нужди. Това доведе до търсенето и разработването на по-нови решения, като например Smart Grid, които са проектирани да задоволят нарастващото търсене на електроенергия чрез увеличаване на ефективността на генериране, предаване и разпределение. За разлика от традиционните централизирани мрежи аспектът на двупосочната комуникация е голяма промяна в децентрализираните Smart Grid. Използването на интелигентно измерване на обекта на енергийните потребители и свързаните с тях системи за съхранение на данни води до значително увеличаване на обема на събраните данни. Инфраструктурата на традиционната мрежа не е проектирана да транспортира толкова голямо количество данни по двупосочен начин. Този проблем се решава чрез усъвършенствана инфраструктура за измерване, реализирана с технология IoT (Интернет на нещата). Статията предлага виртуална топология на участниците в Smart Grid, разширена чрез IoT-сензори за ниво Разпределение на енергия. Според архитектурните съображения за работа в мрежа с интелигентни обекти понастоящем се разглеждат четири модела на комуникация в IoT: Сензор за IoT с друг такъв, IoT-сензор с доставчик на енергийни услуги, IoT-сензор с точката за достъп и Доставчик на енергийни услуги с друг такъв. Разгледаните реализации на модели имат следните съществени предимства: Осигуряване на непрекъснато измерване на двупосочната комуникация между Доставчик и Потребител(Доставчик); Не смущават участниците по време на комуникацията; Лесно могат да се интегрират с други приложения, което позволява едновременно наблюдение на потребление, таксуване, доставяне, повреди и оторизиране. Изключително полезни в случаите за дълговременно наблюдение на нови участници. Приложими в екстремни условия, като суша, наводнения и хакерски атаки.*

VIRTUAL TOPOLOGY FOR DEPLOYMENT OF IoT IN SMART GRID

Mila Ilieva-Obretenova

Mining and Geology University “St. Ivan Rilski” – Sofia
e-mail: mila.ilieva@mgu.bg

Keywords: *Smart Grid, two-way communication, smart-metering, IoT-sensor, energy distribution*

Abstract:*The need of green, accessible and manageable energy continuously increase from the beginning of the 21st century. The traditional networks are unable to response to these needs. This led to research and development of new decisions, i.e. Smart Grid, which are designed to satisfy the increasing demand of electrical energy by increasing the efficiency of generation, transmission and distribution. Unlike the traditional centralized networks, the two-way communication aspect is a big change in decentralized Smart Grid. The usage of smart metering of energy users object and connected with them data storage systems leads to significant increasing in gathered data volume. Infrastructure of traditional network isn`t designed to transport so big amount of data in both directions. This problem is solved by improved infrastructure for measurement, realized with IoT technology. The paper offers a virtual topology of actors in Smart Grid, extended by IoT sensors on energy distribution level. According to architectural considerations for work in network with intelligent objects recently are discussed four communication models: IoT-sensor with another IoT-sensor, IoT-sensor with energy service provider, IoT-sensor with access point and energy service provider with another energy service provider. The represented models' realizations have the following fundamental advantages: ensure continuous measurement of two-way communication between Provider and User (Provider); don`t disturb actors in time of communication;*

easy integration with other applications, which allows simultaneously monitoring of usage, accounting, provision, failures and authorization. Exclusively useful in cases of longterm monitoring of new actors. Applicable in extreme conditions like drought, flood and hack attacks.

Въведение

Нуждата от зелена, достъпна и лесно управляема енергия непрекъснато се увеличава от началото на 21 век. Традиционните мрежи са неспособни да отговорят на тези нужди. Това доведе до търсенето и разработването на по-нови решения, като например Smart Grid, които са проектирани да задоволят нарастващото търсене на електроенергия чрез увеличаване на ефективността на генериране, предаване и разпределение. Съгласно Дял XIII от Закона за енергийна независимост и сигурност (EISA) от 2007г. Smart Grid е дефинирана да включва различни оперативни и енергийни мерки, съдържащи интелигентни измервателни уреди, интелигентни уреди, възобновяеми енергийни източници и ресурси за енергийна ефективност.

За разлика от традиционните централизирани мрежи аспектът на двупосочната комуникация е голяма промяна в децентрализираните Smart Grid. Използването на интелигентно измерване на обекта на енергийните потребители и свързаните с тях системи за съхранение на данни води до значително увеличаване на обема на събраните данни[1, 2, 3] Инфраструктурата на традиционната мрежа не е проектирана да транспортира толкова голямо количество данни по двупосочен начин.

Този проблем се решава чрез усъвършенствана инфраструктура за измерване, реализирана с технология IoT (Интернет на нещата). Дефиницията за IoT все още се развива, но на нея е отредена основна роля за осигуряване на пълен достъп до услуги и данни, предоставени от голям брой различни устройства по оперативно съвместим начин. Според Европейския научноизследователски клъстер (IERC) IoT е „динамична глобална мрежова инфраструктура със самоконфигуриращи се възможности, базирани на стандартни и оперативно съвместими комуникационни протоколи, където физическите и виртуалните „неща“ имат идентичности, физически атрибути и виртуални личности и използват интелигентни интерфейси и са безпроблемно интегрирани в информационната мрежа“.

Статията предлага виртуална топология на участниците в Smart Grid, разширена чрез IoT-сензори за ниво Разпределение на енергия.

Методология

Според архитектурните съображения за работа в мрежа с интелигентни обекти понастоящем се разглеждат четири модела на комуникация в IoT [4]:

Таблица 1. IoT-модели в Smart Grid

Модел	Пример за изпълнение
Устройство към устройство	Сензор за IoT с друг такъв
Устройство към облак	IoT-сензор с доставчик на енергийни услуги
Устройство към шлюз	IoT-сензор с точката за достъп
Обратен модел за споделяне на данни	Доставчик на енергийни услуги с друг такъв

Резултати

Резултатите от проучването представляват детайлизирани модели на участниците в комуникациите. Участниците в различните видове комуникации са представени чрез класове управлявани обекти.

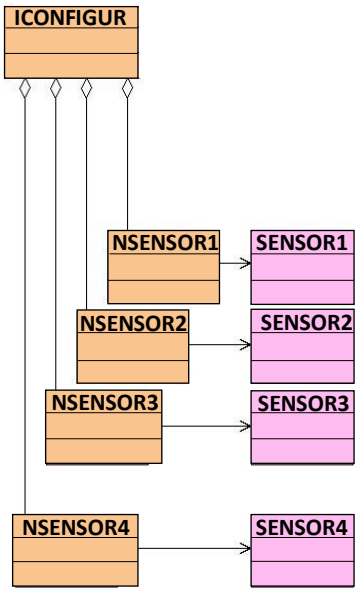
1. Класове управлявани обекти за комуникацията Сензор за IoT с друг такъв

УО **SENSOR1,** УО **SENSOR2,** УО **SENSOR3 и** УО **SENSOR4** представят информацията за един вид сензор.

УО **NSENSOR1, УО NSENSOR2, УО NSENSOR3 и УО NSENSOR4** представят всички сензори от даден вид, налични в мрежата.

УО **ICONFIGUR** представя общата конфигурация на Интернет за Smart Grid. Тя съдържа всички налични сензори на Интернет.

На фиг. 1 е показана UML диаграма на класове управлявани обекти за комуникацията Сензор за IoT с друг такъв.



Фиг. 1. UML диаграма на класове управлявани обекти за комуникацията Сензор за IoT с друг такъв

2. Класове управлявани обекти за комуникацията IoT-сензор с доставчик на енергийни услуги

УО **SENSOR1,** УО **SENSOR2,** УО **SENSOR3 и** УО **SENSOR4** бяха представени в точка 1. Класове управлявани обекти за комуникацията Сензор за IoT с друг такъв.

УО **FUNC1, FUNC2, FUNC3, FUNC4** представя информация за управление на един сензор.

УО **SFUNC1,** УО **SFUNC2,** УО **SFUNC3,** УО **SFUNC4** съдържа информацията кои елементи от даден вид са включени в предоставянето на една Услуга.

SNetCONFIGUR съдържа информация за всички функции, които са включени в предоставянето на специфична услуга.

УО **ProvidCONFIGUR** представя изискванията на доставчика за конфигурация на услугата върху мрежата. Изискванията включват разпределяне на компонентите на услугата и тяхното групиране върху функционалните елементи за определена услуга.

На фиг. 2 е показана UML диаграма на класове управлявани обекти за комуникацията IoT-сензор с доставчик на енергийни услуги .

3. Класове управлявани обекти за комуникацията IoT-сензор с точката за достъп

УО **SENSOR1,** УО **SENSOR2,** УО **SENSOR3** и УО **SENSOR4** бяха представени в точка 1. Класове управлявани обекти за комуникацията Сензор за IoT с друг такъв.

УО **FUNC1, FUNC2, FUNC3, FUNC4,** УО **SFUNC1, SFUNC2, SFUNC3, SFUNC4, SNetCONFIGUR** и УО **ProvidCONFIGUR** бяха представени в точка 2. Класове управлявани обекти за комуникацията IoT-сензор с доставчик на енергийни услуги

УО **SCONFIGUR** представя конфигурацията на услуга, необходима на доставчика или направена по специална поръчка на абоната.

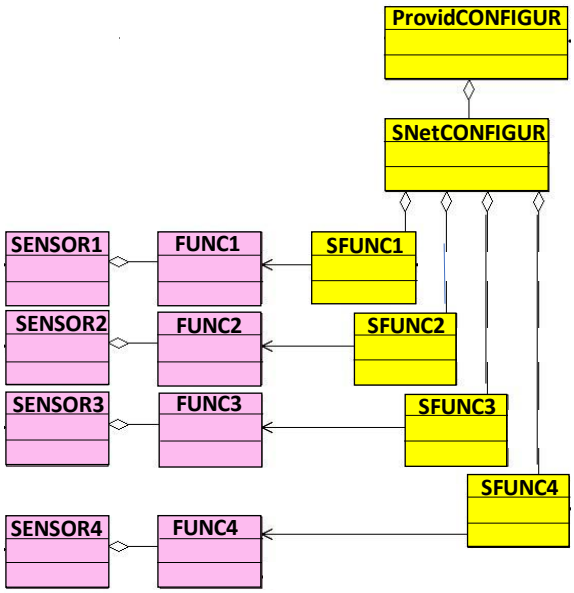
УО **SCOMPON** съдържа всички части на една услуга, които трябва да се разпределят върху структурата на IoT.

УО **COMPON1**, УО **COMPON2**, УО **COMPON3** и УО **COMPON4** съдържат комбинацията от компоненти за всеки сензор.

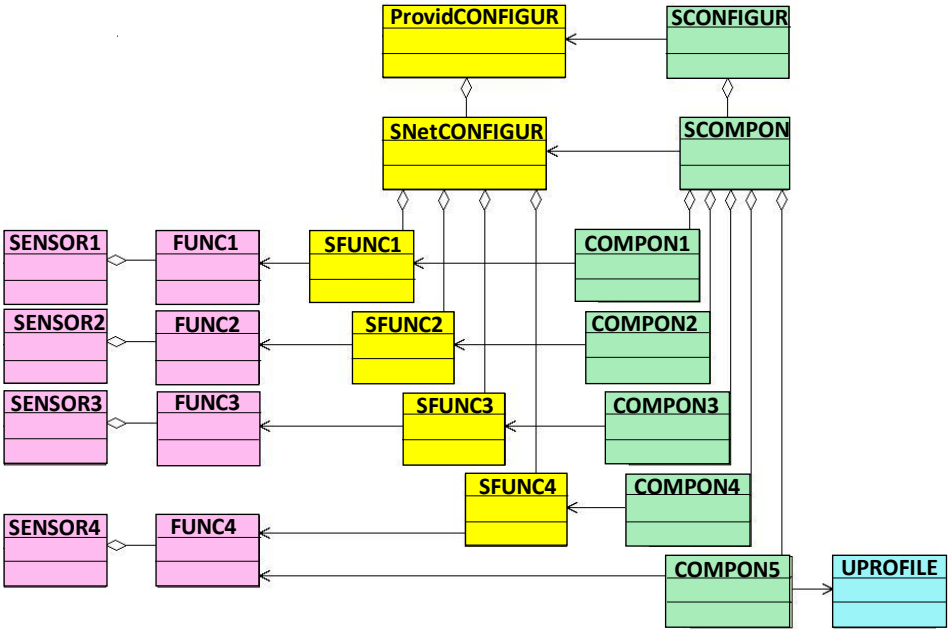
УО **COMPON5** представя запис във функция FUNC4 за специфичен абонат на услуги.

УО **UPROFILE** съдържа информация, представяща гледната точка на потребителя на мрежата и дава възможност за клиентски контрол.

На фиг. 3 е показана UML диаграма на класове управлявани обекти за комуникацията IoT-сензор с точката за достъп



Фиг. 2. UML диаграма на класове управлявани обекти за комуникацията IoT-сензор с доставчик на енергийни услуги

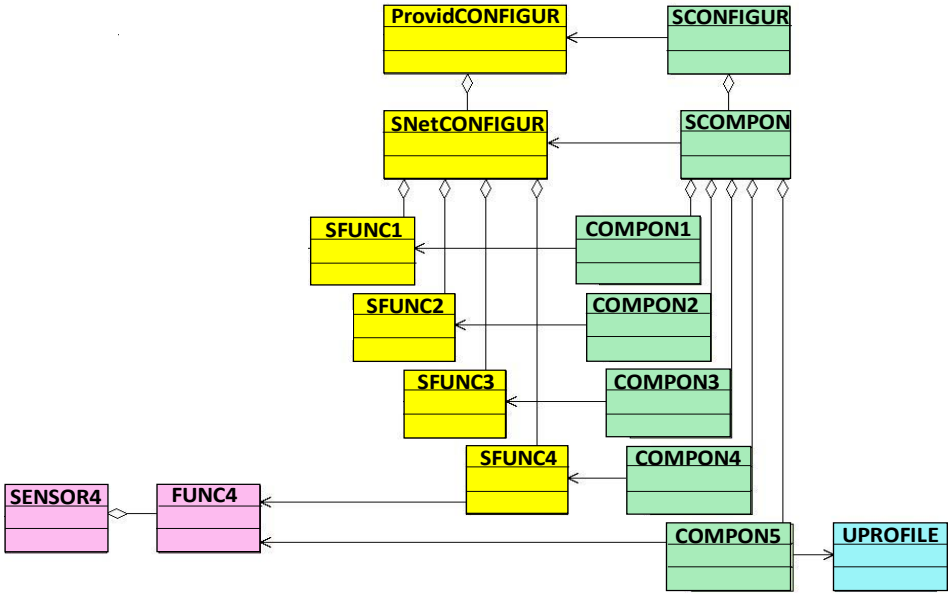


Фиг. 3. UML диаграма на класове управлявани обекти за комуникацията IoT-сензор с точката за достъп

4. Класове управлявани обекти за комуникацията Доставчик на енергийни услуги с друг такъв(Потребител)

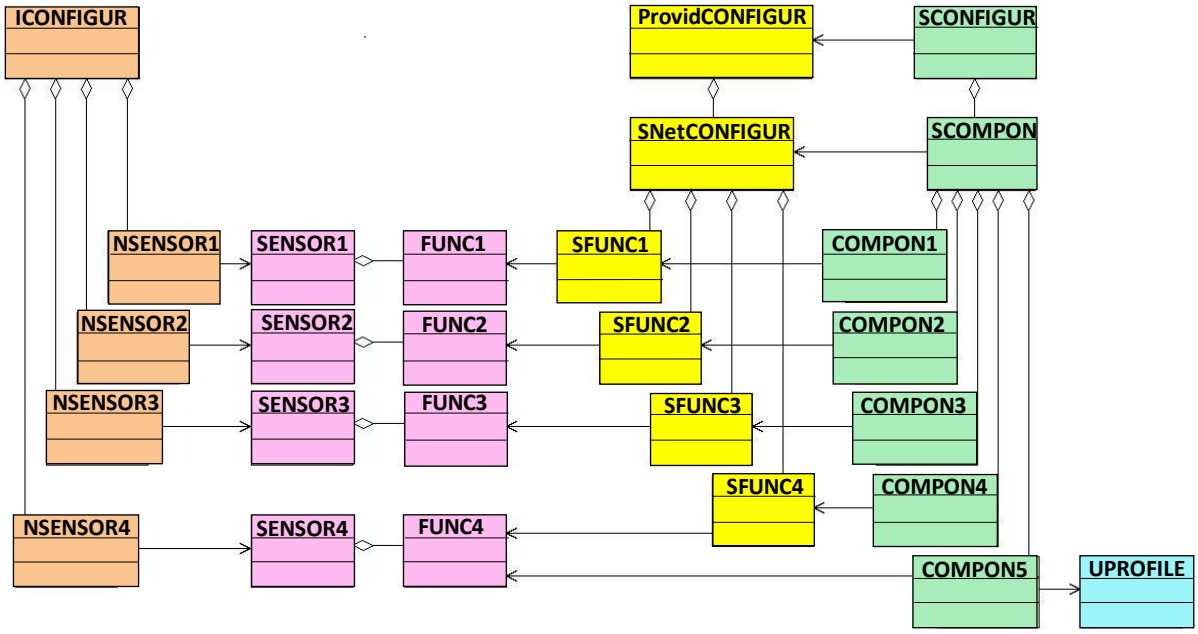
УО **SENSOR4** беше представен в точка 1. Класове управлявани обекти за комуникацията Сензор за IoT с друг такъв. УО **FUNC4,** УО **SFUNC1, SFUNC2, SFUNC3, SFUNC4, SNetCONFIGUR** и УО **ProvidCONFIGUR** бяха представени в точка 2. Класове управлявани обекти за комуникацията IoT-сензор с доставчик на енергийни услуги. УО **SCONFIGUR**, УО **SCOMPON,** УО **COMPON1**, УО **COMPON2**, УО **COMPON3** и УО **COMPON4,** УО **COMPON5** и УО **UPROFILE** бяха представени в точка 3. Класове управлявани обекти за комуникацията IoT-сензор с точката за достъп.

На фиг. 4 е показана UML диаграма на класове управлявани обекти за комуникацията Доставчик на енергийни услуги с друг такъв.



Фиг. 4. UML диаграма на класове управлявани обекти за комуникацията Доставчик на енергийни услуги с друг такъв

Разгледаните виртуални топологии могат да се обединят в един общ модел Конфигурация на Smart Grid с вградени IoT-сензори. На фиг. 5 е показана UML диаграма на класове управлявани обекти за Конфигурация на Smart Grid с вградени IoT-сензори.



Фиг. 5. Конфигурация на Smart Grid с вградени IoT-сензори

Заключение

В заключение може да се отбележи, че разгледаните виртуални топологии могат да се обединят в един общ модел Конфигурация на Smart Grid и имат следните съществени предимства:

- Осигуряване на непрекъснато измерване на двупосочната комуникация между Доставчик и Потребител;
- Не смущават участниците по време на комуникацията;

- Лесно могат да се интегрират с други приложения, което позволява едновременно наблюдение на потребление, таксуване, доставяне, повреди и оторизиране.
- Изключително полезни в случаите за дълговременно наблюдение на нови участници.
- Приложими в екстремни условия, като суша, наводнения и хакерски атаки.

Литература:

1. Haytham, M. A. Ahmed et al, A reliability-based stochastic planning framework for AC-DC hybrid smart distribution system, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems (*2018*).* DOI: 10.1016/i.ijepes.2018.11.003.
2. Wazeer, A., Akhand Pratap Singh. SMART GRID. September 2018. Conference: ICT Globalization and Automation. At: IIMT College of Engineering, Greater Noida, Uttar Pradesh, India.
3. Leal-Arcas, R. Chapter: Smart Grids and Empowering the Citizen. August 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-23933-6_7. In book: Solutions for Sustainability.
4. Bikmetov, R., M. Yasin Akhtar Raja, Tanmay Sane. Infrastructure and applications of Internet of Things in smart grids: A survey. September 2017. DOI: 10.1109/NAPS.2017.8107283. Conference: 2017 North American Power Symposium (NAPS).

Статията е част от проект МЕМФ №160-11.03/2019 „Проектиране и обслужване на система за наблюдение чрез сензори за интернет (IoT)“ от Научноизследователската дейност на Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“ - София.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

GEOMAGNETIC ACTIVITY VARIATIONS OF SOLAR ORIGIN AND DYNAMICS OF SUDDEN CARDIAC DEATHS

Svetla Dimitrova[1], Famil Mustafa[2], Elchin Babayev[2,3]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi – Azerbaijan National Academy of Sciences
[2,3]Baku State University, Baku, Azerbaijan
e-mail: svetla_stil@abv.bg

Ключови думи: *Space weather, cardio-vascular system*

Резюме: *Preliminary results of collaborative studies on revealing possible effects of geo-effective solar events, estimated by geomagnetic activity (GMA) variations, on the dynamics of sudden cardiac deaths at middle latitudes are described. Medical data were taken from all of Emergency and First Medical Aid Stations of grand Baku area with millions of inhabitants for a period of 4670 days from 16 November 2002 to 31 December 2018. In total 5490 SCD cases were analyzed. Results revealed that the number of this type fatal cardiac incidences prevailed on the days of very low GMA and quiet GMA.*

ВАРИАЦИИ НА ГЕОМАГНИТНАТА АКТИВНОСТ ОТ СЛЪНЧЕВ ПРОИЗХОД И ДИНАМИКА НА СЛУЧАИТЕ НА ВНЕЗАПНА СЪРДЕЧНА СМЪРТ

Светла Димитрова[1], Фамил Мустафа[2], Елчин Бабаев[2,3]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Шамахи Астрофизична обсерватория – Азербайджанска академия на науките
[2,3]Държавен Университет – Баку
e-mail: svetla_stil@abv.bg

Keywords: *Космическо време, сърдечно-съдова система*

Abstract: *Представени са предварителни резултати от продължаващите съвместни изследвания на гео-ефективните слънчеви събития, оценявани чрез вариациите на геомагнитната активност (ГМА), върху динамиката на броя случаи на внезапна сърдечна смърт. Медицинските данни са от всички Центрове за Спешна и Първа Медицинска Помощ от областта на гр. Баку за период обхващащ 4670 дни от 16.11.2002 г. до 31.12.2018 г. Анализирани са общо 5490 случая. Резултатите показаха, че този тип фатални сърдечно-съдови инциденти преобладават в дните на много ниска ГМА и спокойна ГМА.*

Introduction

The number of studies establishing effects of geomagnetic activity (GMA) on different functional systems and in particular cardiovascular and nervous system has been steadily increasing in the last decades [1–3]. Studies revealed that GMA could affect blood pressure, worsen the baro-reflective sensitivity and microcirculation, may alter the capillary blood flow and heart rate variability. The enumerated established effects on the circulation and cardiovascular parameters indicate that GMA variations may be related to the dynamics of cardiac arrhythmias, cases of myocardial infarction, sudden cardiac deaths and other cardiovascular diseases. This hypothesis has been supported by different studies [4–13].

Myocardial infarctions, more commonly known as heart attacks, occur when there is a blockage in one or more of the coronary arteries, preventing the heart from receiving enough oxygen-rich blood. If the oxygen in the blood cannot reach the heart muscle, the heart becomes damaged.

In contrast, sudden cardiac death (SCD) 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. SCD is described as death of cardiac origin occurring in *one hour* time limit, without preliminary symptoms [14, 15].

In this study we investigated the potential effects of GMA variations of solar origin, estimated by geomagnetic indices, on SCD mortality analyzing a period of 4670 days regarding medical data taken from middle-latitude geographical location.

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°23' N, 49°51' E), including Baku capital city of Azerbaijan with more than 3 million of inhabitants) as well as in the Central Emergency and First Medical Aid Station in Baku.

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 analyzed. 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 gaps for the following periods: 24.12.2008-01.01.2009; 01.01.2010-01.12.2012 and 01.11.2017-25.03.2018. This period corresponds to the period of socio-economic stability and development in Azerbaijan.

Planetary *Ap*-index and daily disturbance storm time *Dst*-index were used to evaluate different effects of GMA. Data were 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 geomagnetic indices into six intervals to represent the level of GMA (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

"Cleaned" from social and other factors data were subjected to medical and mathematical/statistical analysis.

Analysis of variance (ANOVA) was applied to check the significance of GMA variations effect on SCD mortality.

The effect of geomagnetic storms before and after their development on SCD dynamics was investigated by ANOVA and superposed epoch method. GMA impact up to 3 days before and 3 days after sharp changes of geomagnetic conditions was studied.

The chosen level for statistical significance was $p \leq 0.05$.

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.

Table 3 shows significance levels (*p*-values) obtained by ANOVAs applied to study GMA effect, estimated by geomagnetic indices under consideration (Ap and Dst) on SCD number for the days before ("–"), during ("0") and after ("+") geomagnetic storms. It reveals statistically significant effect ($p < 0.05$) of GMA variations according to 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 regarding Dst-index on –3rd, –2nd, +2nd and +3rd 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 (Fig. 1) and Dst-index-values (Fig. 2) and lowest on the days of highest GMA (severe storms). Vertical bars in the figure denote 0.95 confidence intervals (CI).

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 the days 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 level. It can be seen on the Fig. 3 that despite the increase of fatal incidences on the days of major and severe 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), which might be due to small number of data as referred to Table 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

Table 3. Significance levels (p-values) of the effect for GMA (Ap and Dst-indices) on SCD number in Baku for the days before, during and after geomagnetic storms

Day	*p*-values	
	Ap	Dst
–3	0.02*	0.00*
–2	0.00*	0.03*
–1	0.01*	0.16
0	0.78	0.26
+1	0.004*	0.13
+2	0.01*	0.00*
+3	0.001*	0.00*

** - statistically significant result*

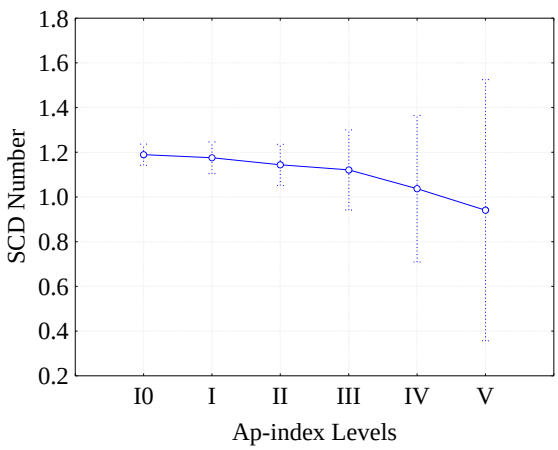


Fig. 1. GMA effect, estimated by Ap-index, on SCD number (±95 % CI)

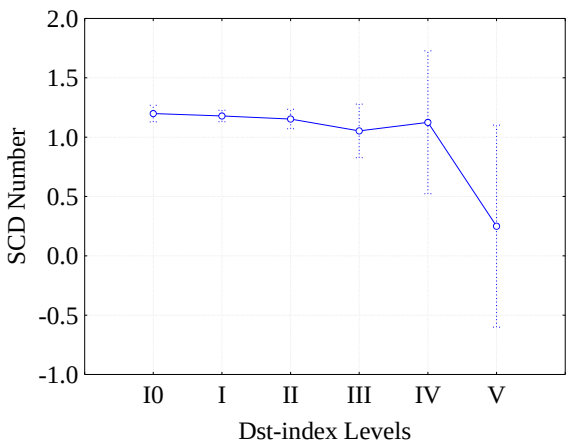


Fig. 2. GMA effect, estimated by Dst-index, on SCD number (±95 % CI)

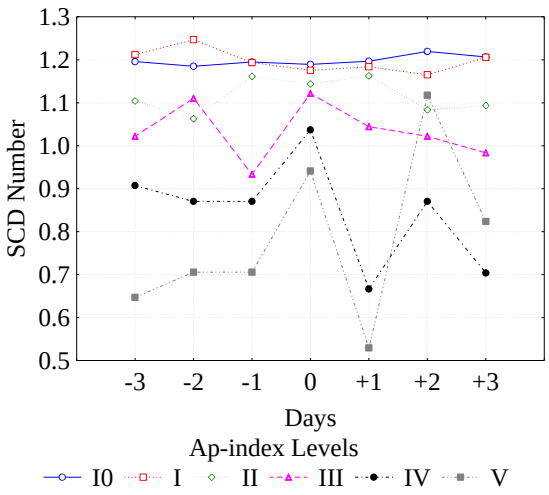


Fig. 3. GMA effect, estimated by Ap-index, on SCD number before, during and after geomagnetic storms

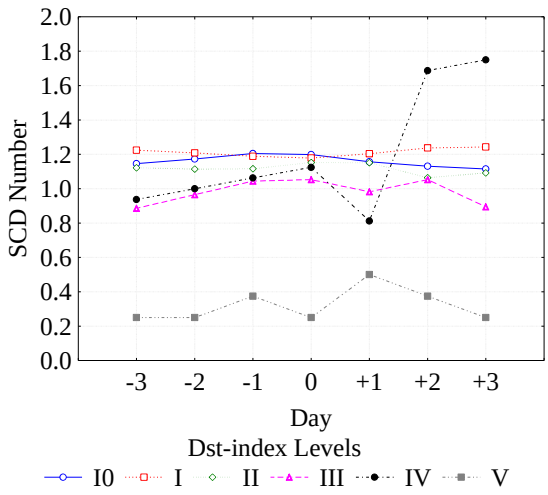


Fig. 4. GMA effect, estimated by Dst-index, on SCD number before, during and after geomagnetic storms

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. It was obtained that the most threatening conditions for that kind fatal cardiac incidences were the periods of very low GMA and quiet GMA. Similar results were obtained by other studies as well [16, 17, 18].

Most sudden cardiac deaths are caused by abnormal heart rhythms called arrhythmias. The most common life-threatening arrhythmia is ventricular fibrillation (VF), which is an erratic, disorganized firing of impulses from the ventricles (the heart's lower chambers). When this occurs, the heart is unable to pump blood and death will occur within minutes, if left untreated. Different studies performed by Stoupel's team have also shown an inverse relationship between SCD and cardiac rhythm disturbances and GMA levels. The development of the implantable cardioverter defibrillator (ICD) introduced a new approach to the management and prevention of sudden death. Stoupel et al. [19] used the data provided by automatic ICD discharges regarding the onset of VF and ventricular tachycardia (VT) 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.

This study was continued [20, 21] and the authors established that neutron activity was significantly higher on the days of ICD discharges in patients with damaged heart muscle and heart failure. Whether this relation is a direct consequence of low GMA or is mediated by as yet unknown factors induced by low GMA, or whether neutrons play an independent role in the pathogenesis and timing of cardiac arrhythmias, remains to be determined.

Later, it was established in a large scale cohort analysis performed by Ebrille et al. [22], that ICD therapies were delivered less frequently on days of higher GMA, confirming the previous pilot data and suggesting that higher GMA 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 function 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. The role of the possible adverse effect of environmental physical factors, becoming more active at low GMA, like cosmic ray activity should be taken into consideration as well. Long-period and detailed studies must be carried out for confirmation and clarifying the results obtained.

References:

1. Persinger M. A. 1987. Geopsychology and geopsychopathology: mental processes and disorders associated with geochemical and geophysical factors. Experientia Vol. 43(1), pp. 92–104.
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.
3. Palmer, S. J., Rycroft, M.J., et al.: 2006, Surv. Geophys., 27, 557.
4. Ghione, S., L. Mazzasalma, C. Del Seppia, and F. Papi. Do geomagnetic disturbances of solar origin affect arterial blood pressure? J. Human Hypert. Vol. 12, 1998. pp. 749–754.
5. Halberg, F., G. Cornelissen, R, McCraty, and A. Abdulgader. Time Structures (Chronomes) of the Blood Circulation, Populations' Health, Human Affairs and Space Weather. World Heart Journal 3(1), pp. 73–114, 2011.
6. Cornelissen, G., F. Halberg, T. Breus, et al. Non-photic solar associations of heart rate variability and myocardial infarction. J. of atmospheric and solar-terrestrial physics Vol. 64, pp. 707–720, 2002.
7. Villoresi, G., N. Ptitsyna, M. Tiasto, and N. Iucci. Myocardial infarct and geomagnetic disturbances: analysis of data on morbidity and mortality. Biofizika Vol. 43(4), pp. 623–632, 1998.
8. Dimitrova, S., I. Stoilova, and I. Cholakov. Influence of local geomagnetic storms on arterial blood pressure. Bioelectromagnetics Vol. 25(6), pp. 408–414, 2004.
9. Stoupel, E. Sudden Cardiac Death and Ventricular Extrasystoles on Days with Four Levels of Geomagnetic Activity. J. Basic Physiol.Pharmacol. 4, pp. 357–366, 1993.
10. Doronin, V. N. et al. Influence of geomagnetic field variations and solar activity on the human physiological parameters. Biofizika 43, pp. 647–653, 1998.
11. Giannaropoulou, E., M. Papailiou, H. Mavromichalaki, et al. A study on the various types of arrhythmias in relation to the polarity reversal of the solar magnetic field. Natural hazards 70, 1575–1587, 2014.
12. Stoupel, E., C. Wittenberg, J. Zabludowski, and G. Boner. Ambulatory blood pressure monitoring in patients with hypertension on days of high and low geomagnetic activity. J Hum Hypert. Vol. 9, pp. 293–294, 1995.
13. Caswell, J. M., T. N. Carniello, and N. J. Murugan. Annual incidence of mortality related to hypertensive disease in Canada and associations with heliophysical parameters. Int. J. biometeorology 60, pp. 9–20, 2016.
14. Myerburg R. J., A. Castellanos. Cardiac arrest and sudden cardiac death. E. Braunwald (ed.). Heart Disease, 5th Edition, Philadelphia, W.B. Saunders Company, pp. 742-779, 1997.
15. Priori S., D. P. Zipes. Sudden cardiac death: a handbook for clinical practice. Blackwell Publishing 2005.
16. Stoupel E. Cardiac arrhythmia and geomagnetic activity // Indian Pacing and Electrophysiology Journal 2006. V. 6, pp. 49–53.
17. Stoupel E. et al. Neutrons and Sudden Cardiac Death (SCD) codes 121-125 ICD 10 // J. Basic Clin. Physiol. Pharmacology 2006. V. 17, pp. 45–54.
18. 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.
19. Stoupel, E., et al., Temporal relationship of implantable cardioverter defibrillator discharges and environmental physical activity. Pacing and Clinical Electrophysiology. 28(8), pp. 777–781, 2005.
20. Stoupel, E., et al., Are neutrons involved in the pathogenesis of life-threatening cardiac arrhythmias? J. Basic Clin. Physiol. Pharmacology, 17(1), pp. 55–62, 2006.
21. Stoupel, E., J. Kusniec, A. Mazur, E. Abramson, P. Israelevich, B. Strasberg. Timing of life-threatening arrhythmias detected by implantable cardioverter-defibrillators in relation to changes in cosmophysical factors. Cardiol. J. 2008;15(5):437-40.
22. 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.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

МИЛИТАРИЗАЦИЯТА НА КОСМОСА КАТО ПРОБЛЕМ НА СИГУРНОСТТА

Ерол Буюклиев

Анализатор на свободна практика
Доктор по "Военнополитически проблеми на сигурността", Член на Съюза на учените в България
e-mail: erol.buyukliev@gmail.com

Ключови думи: *Космос, милитаризация, Глобализация, Сигурност, Четвърта Световна война*

Резюме: *В доклада се анализира тенденцията на милитаризация на космоса и влиянието на този процес върху глобалната сигурност. Анализът е насочен към изясняване на съвременните проблеми на сигурността в космическото пространство, като поле на съперничество на Земята. Изследват се основни конфликтни взаимоотношения между страните, които имат амбиции и способности за превъзходство в Космоса. Водещ мотив за изследване на милитаризацията на космическото пространство е интензивното развитие на нови оръжия и рискът за Глобалната Сигурност от тяхното използване.*

THE MILITARIZATION OF SPACE AS A SECURITY PROBLEM

Erol Buyukliev

Freelance Analyst
PhD - Military and Political problems of Security, Member of the Union of Scientist in Bulgaria
e-mail: erol.buyukliev@gmail.com

Keywords: *Space, Militarization, Globalization, Security, Forth World War*

Abstract: *The report analyzes the ongoing trend of militarization of Space and its impact on Global Security. One of the task is to clarifies contemporary security problems in Outer Space, as a field of rivalry on Earth. The study outlines the major conflicting relationships between countries that have ambitions and capabilities for superiority in Space. The leading motive for exploring the militarization of Outer Space is the intense development of new weapons and the risk for Global Security from their use.*

Въведение

Милитаризацията на Космоса е проблем на международната общност и глобалната сигурност от средата на XX век. С развитието на изкуствения интелект и надпреварата във всички области на човешката дейност проблемът за милитаризацията добива нови измерения. Създават се нови видове оръжия, недържавни актори заявяват своите амбиции за покоряване на космическото пространство. През 1957 г. СССР изстрелва първия сателит, „Спутник 1", което води до създаване на Комисия на ООН за мирно използване на космическото пространство. (UN Committee for the Peaceful Uses of Outer Space - UNCOPUOS). Необходими са 10 години за създаването и подписването през 1967 г. на "Договора за принципите на дейността на държавите по изследването и използването на космическото пространство, включително Луната и другите небесни тела"(Договор за космоса). Този договор очертава общия интерес на цялото човечество за мирното изучаване и използване на космическото пространство. От друга страна, както отбелязва Ирмгард Марбое (Irmgard Marboe), космическото пространство винаги е използвано за военни цели [1]. Секюритизацията, извеждането на отношенията в космическото пространство като проблем на Сигурността, се основава на екзистенциалното значение за Човечеството от надпреварата за покоряването на четвъртото измерение на глобално съперничество. Вследствие на глобализацията, нарастващата взаимосвързаност и навлизането в 4-та индустриална революция към първите три зони на съперничество, сушата, водата и въздуха, се добавя и космическото пространство. С огромния си потенциал за

постигане на стратегическо предимство, космосът е арена на съперничество между държавни и недържавни актори. Освен необятността и труднодостъпността на космическото пространство, това е обща "територия", която няма точно определени граници. Формирането на идеята за обща сигурност на космоса е регламентирано в международното законодателство. Споменатият вече Договор за космоса и Резолюция на Генералната Асамблея на ООН за превенция на въоръжената надпревара в космическото пространство(PAROS) се основават на принципи, които могат да послужат за основа на общата сигурност на космическото пространство. Космическото пространство е обща територия отвъд националната юрисдикция и сигурността не може да бъде постигната на основата на интересите на една или група държави, а на основата на общата, кооперативната, сигурност [2, с. 58]. През 2017 г. Генералната Асамблея на ООН се ангажира с проблема за мира и сигурността в космическото пространство. С Резолюция A/RES/72/250 е решено създаването на Група на правителствени експерти, които са ангажирани с превенцията на въоръжената надпревара в космоса, включително предотвратяване на базирането на оръжия в космическото пространство.[3]

Актуалността на темата е определена от интензивното развитие на технологиите и повишаващите се възможности на Човечеството за преодоляване на своята гравитационна прикованост към Земята. Вследствие на тези процеси, изобретяването на нови оръжия и тяхното използване в космическото пространство и посредством базираните в космоса летателни апарати извеждат милитаризацията до нови равнища на съперничество между акторите. Изследването е насочва вниманието към новите форми на войната. Целта на анализа е установяване последиците от милитаризирането на космическото пространство за глобалната сигурност. Обект на изследване е процесът на милитаризация на космическото пространство. Изследователската хипотеза определя милитаризацията на космоса за една от тенденциите на съвременното съперничество на държавни и недържавни актори за надмощие и стратегическо предимство в глобализирания свят. Задачите на изследването са: Да се анализират някои нови проявления на милитаризацията на космоса; Да се очертаят последиците от милитаризацията на космоса за глобалната сигурност.

Методологията на изследването е на основата на мултидисциплинарния подход на изследване, което включва системен подход, преход от абстрактност към конкретика и примери на проявлението на процеса на милитаризация на космоса. Анализът се базира на исторически материал и на съвременни изследвания в областта на сигурността и космическата надпревара. На фокус е поставен проблемът за мира и войната, в контекста на милитаризацията на космическото пространство. Основа на изследването е нагласата, че съвременните рискове на сигурността, включително тези в космоса, не могат да се решават самостоятелно а посредством общи действия и разбиране за общата глобална сигурност. В изследването са включени съвременни анализи от „мозъчни резервоари" think-thank, официални документи, книги по въпросите на сигурността. Използвани са доклади от научни форуми и нормативни документи. Използваната литература е описана в края на доклада.

Ограниченията на анализа са в уточняване на някои нови проявления на космическата милитаризация и няма претенция за изчерпателност.

Докладът е насочен към широк кръг от читатели, но може да послужи като материал и поле на анализ на специалисти по проблемите на сигурността в космическото пространство. Потенциални реципиенти могат да бъдат студенти в областта на международното право, сигурността, международните отношения.

1. Милитаризацията на космическото пространство

Тенденцията на засилваща се милитаризация на космоса ще своето негативно влияние върху глобалната сигурност. Този процес се развива в контекста на една от водещите глобални тенденции на промяна на характера на конфликтите. В доклад на Националния съвет по разузнаване на САЩ от 2017 г. се посочва, че протича тенденция на промяна на характера и същността на конфликтите. Все повече актори ще участват в конфликтите, като същевременно с това установените норми на поведение ще бъдат пренебрегвани. Бъдещите конфликти ще водят до разрушаване на критичната инфраструктура, социалната кохезия, ще минимизират възможността на правителствата да осигуряват базовото психологическо и геополитическо предимство, с което традиционната победа на бойното поле с военна сила остава на заден план. Едно от полетата на съперничество е космическото пространство, което става все по-достъпно. Наред с целта за космически туризъм и живот в космоса, неговата достъпност, контрол и използване от страните ще им осигури стратегическо предимство. Възможността за изстрелване на антисателитни технологии, които целят увреждане и/или разрушаване на сателити ще засили сблъсъците на глобалната арена. Основен въпрос е дали САЩ, Русия и Китай, а тук може да се добави и Индия ще изработят "кодекс" на поведение в космическото

пространство. С развитието на технологиите и достъпа на космическото пространство от все повече актори ще застраши хегемонията на традиционните участници в космическата надпревара. Това ще доведе до нови конфликти и проблеми, с пряко влияние върху глобалната сигурност.[4, с. 20-21, 210] На 27 март 2019 г. Индия свали свой сателит в ниската орбита с антисателитна ракета, в рамките на 3 минути. Това означава, че Индия се включва в "космическата супер лигата" наред с САЩ, Русия и Китай [5] Това породи напрежение в останалите страни и повдигна отново въпроса за летящите обекти в космическото пространство, които заплашват останалите сателити и Международната космическа станция. В книгата си "Системни цикли и бъдещето на историята: накъде върви Светът?", Васил Проданов поставя космическата надпревара в контекста на протичащата Четвъртата световна война.[6, с. 317-374] Периодът на Студената война, когато започва космическата надпревара между двете супер-сили, САЩ и СССР, между 1945 и 1989 г. е обозначен като Трета световна война. Днес сме свидетели на нов тип война, най-важната характеристика на която е заличаването на границите между мира и войната. Протичат противоположни процеси на глобализация-интеграция и де-глобализация-дезинтеграция. Едно от подзаглавията на научния труд на Васил Проданов е "Космически армии, космически оръжия и космически войни", където се посочва, че през месец юли 2016 г. камарата на представителите в Конгреса на САЩ одобрява създаването на нови вид войски, наречени Космически корпус, готвени за операции в извънземното пространство. Към сухопътните, военноморските, военновъздушните сили и експедиционния корпус от морски пехотинци са добавени космически сили, използващите спътниците, действащи от космическото пространство, контролиращи и защитаващи това пространство. В допълнение, продължава развитието по отношение на системата DSP (Defence Support Program), свързана със спътници в геостационарни орбити, фиксиращи изстрелването на ракети и тяхната траектория. Активно се развива и системата SBIRS (Space-Based Infrared System), която осъществява мониторинг над територията на Русия и останалите зони на интерес в света. Русия изгражда Единна космическа система "Тундра" за разкриване и унищожение на ракети, поради което създава и изстрелва спътници със способност да установяват опити за атака с междуконтинентални стратегически ракети. Формира се ешелон на Система за предупреждение на ракетно нападение. Според Васил Проданов, руската "Тундра" трябва да бъде завършена 2022 г. и да се базира на 10 спътника. Освен информация за ракетно нападение, системата ще предава команди за нанасяне на ответен удар по противника.

Страхът от нападение е един от водещите мотиви за милитаризацията на космоса, която протича съвместно с умножаване на рисковете на сигурността. Формира се нов вид общество, рисковото, което според Улрих Бек е новата нормалност. Вследствие на глобализацията глобалното пространство се превръща във взаимообвързана мрежа от отношения и глобализация на рисковете, в която основна движеща сила е именно *страхът* [7, с. 56–76]. Според Ахмад Кан (Ahmad Khan), след изстрелването на „Спутник 1" страхът от изненадващ ядрен удар от СССР провокира САЩ и администрацията на Айзенхауер да изведат използването на космоса за военни цели. Това води до превръщане на Космоса в нова арена на конфликт между двата глобални полюса.[8, с. 39-40] И докато глобалната не/сигурност по време на студената война да се определяше от отношенията на двете велики сили, от симетричността на отговорите на предизвикателствата, рисковете, опасностите и заплахите за сигурността, днешният XXI в. се характеризира с асиметричност, нелинейност, неяснота, нееднородност и перманентна несигурност. От своя страна демократизацията на достъпа до космоса провокира анархизация на космическата милитаризация, като риск за глобалната сигурност.

2. Несигурността на космоса и последиците за глобалната сигурност

Надпреварата за преимущество в космоса е значим фактор и има глобални последици, които оказват влияние върху живота и отношенията във всяка човешка дейност и на всички хора на Земята. Значимостта на космическата сигурност е обективирана в ежегодни доклади, Индекс на космическата сигурност (Space Security Index), издавани в Канада. Докладът за 2018 г, петнадесети поред, отразява периода януари-декември 2017 г. Дефиницията за космическа сигурност е отражение от Договора за космоса от 1967 г., където се посочва, че космическото пространство е отворено за всички и за неговото използване за мирни цели, сега и в бъдеще. Основата на това е сигурен и устойчив достъп до, и използване, на космоса и свобода от заплахи в космическото пространство. Ключовото съображение в Индекса за сигурността на космоса не са интересите на отделна страна или икономически актор, а сигурността и устойчивостта на космическото пространство, като територия използвана безопасно и отговорно от всички. Тази формулировка е основата на взаимовръзката на сигурността на космоса с глобалната сигурност, които зависят от интегритета на изградените

системи в космоса и на земята. Тяхното опазване от опасности възникващи в космоса е от екзистенциален характер. Космическото пространство е играе ключово значение за глобалните комуникации на всички държави, включително финансовите комуникации, метеорологията, фермерството, навигационните системи и мониторинга на средата. В този контекст, въпросите отнасящи се до заплахи, които възникват в космоса, милитаризацията, използването на космоса за индустриални цели, въоръжаването на космоса оказват пряко влияние върху космическата сигурност. Изследването на космическата сигурност е разделена на четири базови теми: състояние и познание на космическата среда, достъп и използване на космоса от различни актори, сигурност на космическите системи, управление на космическото пространство. Оказва се, че най-критичното предизвикателство за космическата сигурност са космическите отломки. Департаментът по отбрана на САЩ проследява повече от 23 000 отломки, с диаметър около и над 10 cm. Счита се, че има над 500 000 обекта с диаметър над 1 cm. и няколко милиона с диаметри под 1 cm. Увеличаването на космическите отломки засилва опасенията за разрушаване или увреждане на космическите кораби и станции на страните. От друга страна, възможностите за все повече актори, включително части инициативи, да извеждат сателити в космоса увеличава риска от безразборното им разпространение, а с това и опасността от загуба на контрола върху тяхната траектория. По отношение на милитаризацията на космоса, в миналото добре известните навигационни системи са били използвани единствено за военни цели: получаване на актуална информация за бойното поле, таргетиране на противника и различни обекти за постигане на победа в конфликтите, осигуряване на ранно предупреждение за ракетно нападение, както и комуникация в реално време. Освен това космическите технологии позволяват за ограничаването на разпространение на оръжията, чрез постоянен мониторинг и контрол на въоръжаването, и следене за спазване на режима по разоръжаване. Разработването на нови системи за базиране в космоса може да се прибавят към критичната инфраструктура, която се използва за военни цели. Негативният ефект от това е необходимостта на всяка страна да разработи система за неутрализиране на своите противници, в случаи на субективно възприемане, че е застрашена. Важно е да се отбележи, че милитаризирането на космоса е свързано с изграждане на отбранителни и нападателни способности не са базирани единствено в космоса, те са част от обща система, в която влизат сателитите в орбита, наземни станции, както информационни и комуникационни връзки. Друг основен проблем е невъзможността, поне досега, на страните да достигнат консенсус по режима на сигурността в космоса. По отношение на базираните в космоса военни системи, САЩ доминира в космическата военна арена още от времето на студената война и продължава да приоритизира военните и разузнавателните си системи. Русия има голям арсенал от военни сателити, но много от тях са изградени по време двуполюсната надпревара. Китай и Индия са другите страни, които развиват интензивно военните си космически способности. Общото между тях е липсата на разграничение между системи за граждански и военни цели. Очертава се глобалната тенденция към увеличаване на акторите, които имат амбиции и способности за извеждане на системи с двойна употреба, за граждански и военни цели.[9, с. 4-15]

За по-доброто разбиране на процесите в космоса може да използваме обяснителната парадигма на случващото се в нашата епоха на професор Николай Слатински, че съвременното общество е: глобализирано, постмодерно, рисково, мрежовизирано. Четвъртата революция вече е в ход, новите технологии, глобализацията промениха естеството на рисковете на Сигурността. Несигурността е новата нормалност, а мрежовизацията на космическото пространство изведе Човека от приковаността му към земната повърхност. Промени се характера на всяко равнище и във всяка сфера от човешкия живот.[10, с. 43-131] Измеренията на войната в контекста на мрежовизацията са изведени в Монографията на С. И. Макаренко и М.С. Иванов “Сетецентрическая война - принципы, технологии, примеры и перспективы” 2018, които определят информационно-технологичната революция като водещ процес за постигане на синергетичен ефект на бойната ефективност на въоръжението. Този процес е изведен в края на XX век в концепцията на САЩ относно мрежовоцентричната война. Във връзка с милитаризацията на космоса, като засилваща се и необратима, според мен, тенденция са изведени примерите на войните в Югославия, Афганистан и Ирак. В тях нагледно се демонстрира асиметричното преимущество, предоставено от космическите средства за на бойното поле. Без значение къде се водят бойните действия, в пустинята, горите и/или в градски райони космическите средства предоставят на въоръжените сили да нанасят високоточни удари по противника, при минимални съпътстващи разрушения, което от своя страна намалява до минимум необходимостта от използване на ядрено оръжие. Поради това страните възприемат космическите системи и средства за най-важният елемент за обезпечаването на бойните действия и развитието на въоръженията. Активното използване на

космическото пространство за военни цели обезпечава: контрол върху използването на космоса, сушата, водата и въздуха от останалите държави; получаване на пълна о подробна актуална информация за управлението и елементите на войските; използване на високоточни оръжия на достигане на максимума от поставената военна цел и минимизиране на вредата за гражданското население; защита на националната територия от оръжия за масово унищожение - ОМУ и от "въздушно-космическо" нападение, включително от балистични и крилати ракети [11, с. 418-468].

Наред с ползите от използването на космическите технологии, и на милитаризацията за намаляване на броя на цивилните жертви в бойните действия, възниква въпросът необходимо ли е създаването на космическа армия? Сериозно съмнения поражда и анархизирането на употребата на високи технологии в космоса, което води до недотам изследвани рискове за сигурността на Земята. Според Майкъл О'Ханлон (Michael O"Hanlon), цитиран от Брукингс (Brookings), значението на космоса нараства, има много работа за вършене, за което са необходими повече военни усилия. Но, създаването на космически сили не е най-доброто решение на проблема. Въз основа на опасението за въоръжаване на космоса, той предлага повече участие на цивилния елемент в космическото пространство и разпределение на отговорностите между вече съществуващите военни структури [12].

Изводи

1. Глобалната тенденция на милитаризация на космоса се засилва. Навлизането в четвъртата индустриална революция и развитието на технологиите направи възможно достигането на космическото пространство от все повече актори;

2. Милитаризацията на космоса води до съперничество и надпревара в развитието на оръжията и военните способности за постигане на стратегическо преимущество, а това оказва негативно влияние върху глобалната сигурност;

3. Несигурността на космоса изправя Човечеството пред неизследвани рискове за Сигурността, пример за това е евентуален срив на навигационни и комуникационни космически системи, вследствие на все по-достъпни военни способности и военна атака.

В заключение, милитаризацията на космическото пространство е необратим процес, който има възможност да бъде управляван, насочван, ограничаван, проучван, анализиран и контролиран. В основата на тези подходи могат да бъдат секюритизиращите мениджъри, които с политическа власт и чрез предоставените им икономически ресурси да провокират създаване на нормативна уредба на ниво държави, коалиции, наддържавни обединения. Това е постижима цел при условие, че на преден план се постави хуманността и достиженията на Човешката цивилизация, в нейната животоутвърждаваща перспектива.

Литература:

1. Marboe, I. Militarization of Outer Space: present and future challenges from the international legal perspective. http//fliphtml5.com/xmnc/uwmfc, достъпно към 02.11.2019.
2. UNIDIR. United Nations Institute for Disarmament Research, Geneva, Switzerland. Safeguarding Space Security: Prevention of an Arms Race in Outer Space - Conference Report, 21–22 March 2005. United Nations, 2006, www.unidir.org, pp. 58.
3. UNODA - United Nations Office for Disarmament Affairs. Outer Space. http//www.un.org/disarmament/ topics/outerspace/, достъпно към 02.11.2019.
4. Global Trends – Paradox of Progress, A publication of the National Intelligence Council, January 2017, NIC 2017-001, www.dni.gov/nic/globaltrends, p. 21, 210.
5. India Shot Down Low-Orbit Satellite, A Space Power Now: PM Modi, http://youtu.be/MxdcFH4uc0w, достъпно към 02.11.2019 г.
6. Проданов, В. Системни цикли и бъдещето на историята: накъде върви Светът?. Издателство "Захарий Стоянов". София, 2017, с. 317–374.
7. Бек, У. Рисковото общество - по пътя към една друга модерност. Издателска къща "Критика и хуманизъм", 2013, с. 56–76.
8. Khan, A., Global Trends in Space Militarization: Its Implications on South Asia. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013, pp. 39–40.
9. Space Security Index - 2018, www.spacesecurityindex.org, достъпно към 02.11.2019, с. 4–15.
10. Слатински, Н. Рискът: новото име на Сигурността. Издателство "Изток-Запад", 2019, с. 43–131.
11. Макаренко, С. И., Иванов, М. С. Сетецентрическая война - принципы, технологии, примеры и перспективы. Монография. СПб.: Наукоемкие технологии, 2018. с. 418–468
12. Michael, E. O"Hanlon. The Space Force is a misguided idea. Congress should turn it down. Brookings, April 20, 2019, The Washington Post. https//www.brookings.edu/blog/order-from-chaos/2019/04/20/the-space-force-is-a-misguided-idea-congress-should-turn-it-down/

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

PROTECTION AGAINST ELECTROMAGNETIC RADIATION BY TRANSFORMATION OF THE RADIATION ITSELF

Stojan Velkoski[1], Vasil Sterjovski[2], Mihail Velkoski[1], Jane Velkoski[1]

[1]GAPE Institute, Skopje, contact@igape.edu.mk,
[2]Parliament of the Republic of Albania, vasil.sterjovski@parlament.al

Keywords: *Radiation, Electromagnetic radiation, Protection from radiation, BIO-SPH*

Abstract: *The entire life on Earth functions or is under the influence of electromagnetic field / radiation. Human beings, as all the other living organisms, depend on that electromagnetic field created by the magma within the Earth and the Sun. On the other hand, each destructive electromagnetic field can be a serious threat to the health and life of the living organisms on Earth.*

As a perfect organism, Man is an energy and physical entity, sensitive to many factors happening in the environment, on planet Earth and the universe. From that point of view, the cellular function of the human organism is over-sensitive to numerous endogenous and exogenous factors among which are electromagnetic fields. The process of research of the danger brought by those electromagnetic fields over the entire living world started a fairly long time ago; however, serious and important results regarding the unfavorable effects of electromagnetic radiations and tghe protection against them started in 1989 and are still in process. They commenced at the Sunray Research Center in Skopje. The statistical elaboration covers over 20,000 persons and 8,000 cows, oxen and calves. The analyses led to the conclusion that the bedrooms or working premises of 95 % of the persons suffering from malignant diseases were exposed to geo-pathogenic or cosmic radiation sources. The new technical solution named Neutralizer-Transformer of BIO-SPH was constructed in view of the protection against such sources of radiation. Through wave interference, this device is capable to transform the electric component from the lower frequencies of the electromagnetic field from electric into magnetic and thus enable for normal cell function. The microscopic cell analysis and the results of the measurement of the tension of the electric component in кΩ confirmed the influence of the electromagnetic field on the cell function. The said BIO-SPH Neutralizer-Transformer, designed and manufactured by the Skopje Sunray Research Center proved to provide serious practical protection against electromagnetic radiations.

ЗАЩИТА ОТ ЕЛЕКТРОМАГНИТНА РАДИАЦИЯ

Стоян Велкоски[1], Васил Стерйовски[2], Михаил Велкоски[1], Яне Велкоски[1]

[1]ГАПЕ Институт, Скопие, contact@igape.edu.mk
[2]Парламент на Република Албания, vasil.sterjovski@parlament.al

Ключови думи: *Радиация, Електромагнитна радиация, Защита от радиация, Bio-SPH*

Introduction

It is known that electromagnetic radiation is a two-component source of threat to the environment consisting of an electric and a magnetic component. At the same time, there is the geomagnetic field on which the entire living world in encoded and which is one of the conditions for proper development of the living beings on Earth. Starting from this fact, each living being functions through cellular exchange of elements and the transformation of electric component into a chemical one.

Thanks to the geomagnetic field, Earth is surrounded by ionosphere – a layer of diluted ionized gases with a high concentration of ions and free electrons, located at the height of 50–70 km to 400–450 km from the planet surface. Earth's atmosphere and ionosphere absorb UV and X rays from the Sun and other cosmic radiation sources. Without ionosphere and the ozone layer, the dangerous (cosmic) radiations are able to destroy all the living beings on Earth. Earth's electromagnetic field, known as geo-electromagnetic field is very weak, but has a key role to all living organisms. Geomagnetic field stretches over approximately ten thousand kilometers all around planet Earth. In case of decrease in the electromagnetic field, the effect of the cosmic sources of radiation would be lethal.

Natural sources of radiation were known to the antique civilizations as well. The condition of people's electromagnetic field, which has both electric and magnetic components and is known as aura is a very important element for a normal life on both physical and mental plan.

The process of cellular interaction is carried out through electromagnetic exchanges. Human beings are very sensitive to light, sound, radiation, temperature differences and other external and internal factors. Special attention should be paid to the electromagnetic field in all its types and influences on the living beings.

Another source of radiation appeared in the beginning of the 20th century: those were the technological (artificial) sources of radiation, which have been and more usurping our environment. Artificial radiation sources include all electricity transferring and usable devices such as: mobile and relay telephony emitters, radar systems, long-distance power transmission lines, transformers and other appliances ald tools used in outr everyday lives.

The danger of exposure to radiation has existed since the beginning of life on Earth, and includes people in many cases, since they were unable to predict the ever threatening dangers, such as earthquakes, magnetic inversions, solar storms and other global environmental catastrophes. However, in other instances, knowing and detecting the dangers on time were skills of special importance for human existence. If people detected them, they would be able to protect thesmelves against their influence. One of the serious dangers threatening mankind are the natural sources of electromagnetic radiations of which the existence and unfavorable influence were known to mankind since long time ago.

The human beings learned about life from their own experience and the tragedies they lived through. Thus, humanity became aware of the presence of the invisible but serious killer – radiations and peope started to select healthy locations on which to build their houses. In the far past, people relied on their instinct and the sensibility of anuimals. Ancient peoples realized that there were some locations on which people contract diseases more easily or die early, and locations enabling them to live in good health and for many years. Hense, they believed that each location has its spirit (spiritus loci). They believed that the health and life of the inhabitants of the selected location will depend on its spirit.

All this proves that the radiations were known to the people in antiquity and they successfully dealt with it by the most secure method – choice of healthy living locations.

Material and Methods

Emigrating to the cities from the villages people nowadays are completely unaware about the location of their future homes. They have been built regardless of whether they shall be located on a geopathology or comspoathology area; besides, the technical radiation sources are becoming ever more frequent, dalaging our health and lives.

What is an Electromagnetic Wave?

Different electromagnetic radiaitons are determined as per their frequencies, Fig. 1 and Fig. 2.

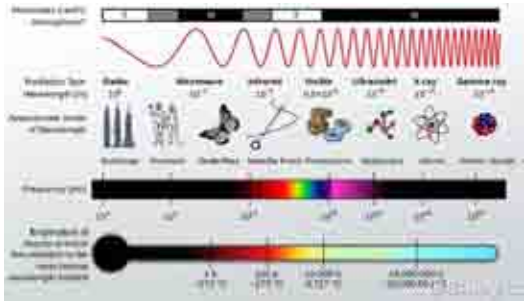


Fig. 1. Division of the electromagnetic field

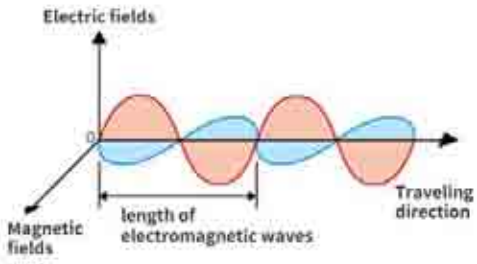


Fig. 2. An electromagnetic wave

There are other waves besides the electromagnetic ones: the mechanical and light, Fig. 3 which are not subject of this paper.

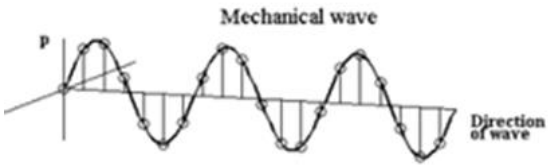


Fig. 3. A mechanical and a light wave

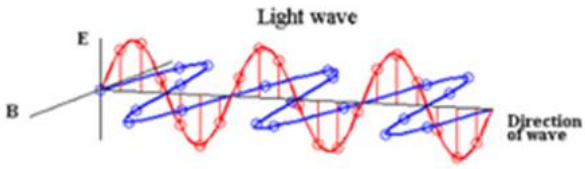


Fig. 4. A light wave

An electromagnetic wave consists of two components: an electric field and a magnetic field. Generally, a wave refers to a phenomenon where vibrations are transmitted. In the case of an electromagnetic wave, an electric field and a magnetic field are transmitted through the space while vibrating alternately. At a point that is well away from the radiation source, the electric field and the magnetic field vibrate on a surface that is vertical to the traveling direction, and the directions of the vibrations of the electric field and the magnetic field are vertical to each other. Generally, the intensity of the electromagnetic wave per unit area is indicated with V/m and mG, which apply to the intensity of the electric field and that of the magnetic field, respectively.

Protection with electromagnetic shield

An electromagnetic wave shield reduces the energy of electromagnetic waves by means of the reflection, absorption, and multiple reflection of the waves. By attenuating the electromagnetic waves, the shield avoids disruptions to precision equipment.

In addition, electromagnetic waves not only go straight but may also be diffracted just as light is, depending on the frequency. Accordingly, when using a shielding material, it should be kept in mind that the electromagnetic wave may be diffracted around the shield and reach the part to be shielded.

Reflection Loss

This loss occurs at the boundary between the shielding material surface and the air. The level of the loss is determined by the conductivity of the shielding material, irrespective of the thickness of the shield Fig 5.

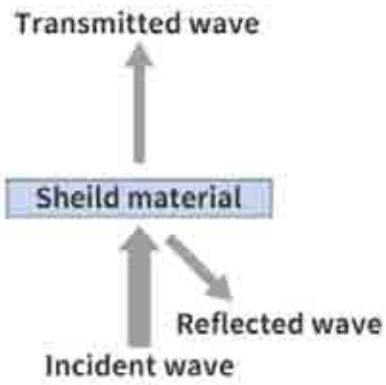


Fig. 5. Reflection

Absorption Loss

This loss occurs due to the excess current that is generated when the electromagnetic wave passes through the shielding material. The level of the loss is determined by the thickness, magnetic permeability, and conductivity of the shielding material Fig. 6–7.

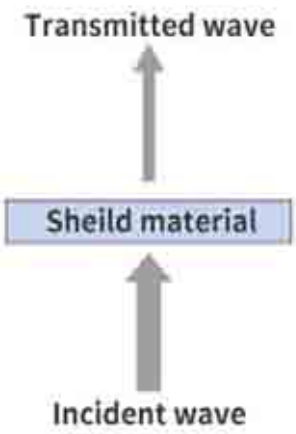


Fig. 6

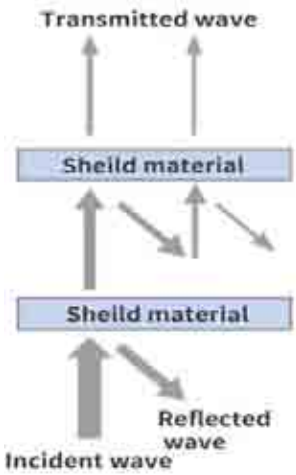


Fig. 7

Multiple Reflection Loss

This loss occurs where the electromagnetic wave is reflected repeatedly in the shielding material (Fig. 6 and Fig. 7).

Measuring Method of Electromagnetic Wave Shielding Performance

Advanced Method

This is a standard measurement method for assessing the properties of an electromagnetic wave shield.

The measurement is made by transmitting an electromagnetic wave of a specific frequency inside the shield box, receiving the electric field and magnetic field that pass through the sample, and measuring the level of attenuation caused by passing through the sample. The measurement can be made within the range of 10 to 10,000 MHz, and the shielding ratios of the electric field and magnetic field corresponding to the frequency are to be clearly stated.

Bekiscan method

This method is to irradiate 10 GHz fixed electromagnetic waves over the surface of the sample plate by using Bekiscan, the BEKAERT simple measurement device for electromagnetic wave reflectivity, and measure the reflecting field intensity. The result is expressed as relative strength to the reflective strength of a stainless-steel plate, which is a standard sample.

Resistivity

With this method, resistivity is used as an alternative to the electromagnetic shield property. In other words, the lower the resistivity, the higher the electromagnetic shield property. There are three standards: insulation resistance, volume resistance, and surface resistance.

Shielding Performance Index

Shielding performance is expressed in decibels (dB). The value expresses the degree to which the electromagnetic wave was attenuated. The ratio between the intensity of the electric field before shielding and that after shielding (attenuation) is expressed in log.

Shielding performance (dB) = 20 x log (intensity of electric field after shielding / intensity of electric field before shielding)

For example, if shielding has reduced the intensity of the electromagnetic wave to;

- 1/10, the value is –20dB (shielding ratio: 90 %)
- 1/100, the value is –40dB (shielding ratio: 99 %)
- 1/1000, the value is –60dB (shielding ratio: 99.9 %)
- 1/10000, the value is –80dB (shielding ratio: 99.99 %)

It is said that shielding performance of 30 dB or above is generally desirable to prevent the malfunction of electronic equipment such as computers.

Each presence in the cell of the living organisms can impede its function (Fig. 8 and Fig. 9).

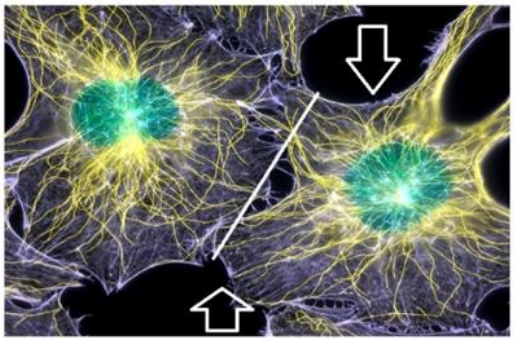


Fig. 8. Impeding intercellular communication by electromagnetic radiations

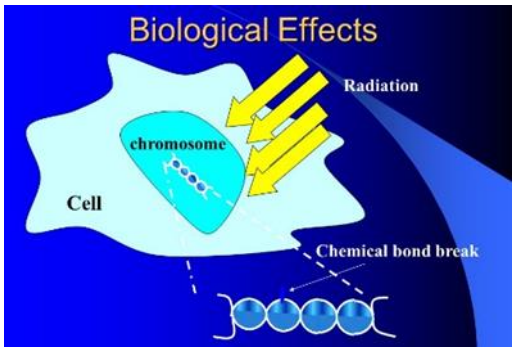


Fig. 9. Biological effect of electromagnetic radiations on chromosomes

Protection against the Dangerous Influence of Electromagnetic Radiations by Transformation of the Electrical Component of the Electromagnetic Field

This type of protection was unknown to science until recently, but the construction of the patent in 1922 it has been giving phenomenal results and has become a known method. A similar, but no the same is the method of destroying the waves by another wave source (Fig. 10), where as in A) there is one wave source, while, as in B) there is another appropriate source, point 5, whose waves

buffer the waves of point 2. This type of protection is not efficient as the point 5 waves can be destructive on the cellular level of the biological effect. These methods are most frequently applied for security and military purposes in blocking radio frequencies etc.

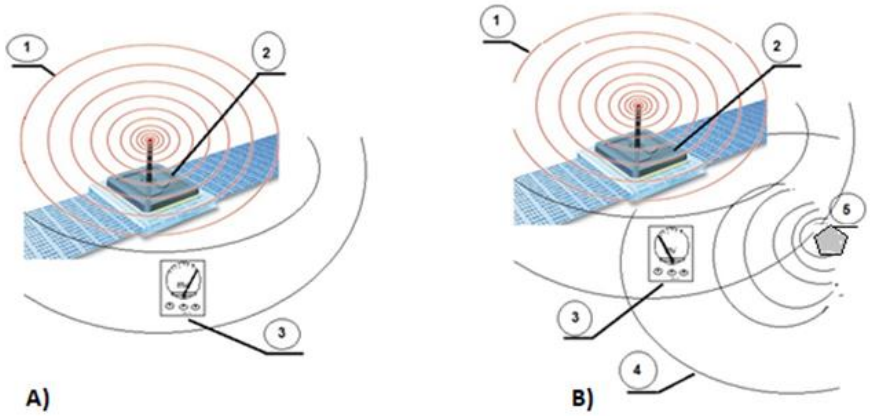


Fig. 10. A) and B) Principle of influence of opposed waves
Legend: A) 1. waves, 2. wave source, 3. wave meter.
B) 1. waves, 2. wave source, 3. wave meter, 4. Opposed waves from another source, Point 5.

In electromagnetic waves there are oscillations of the electric and the magnet component (Fig. 11).

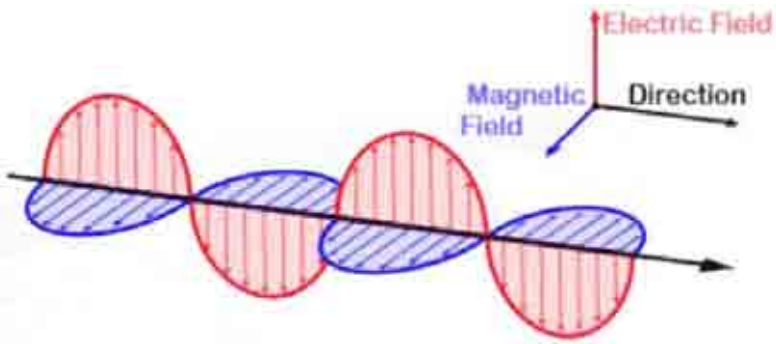


Fig. 11. Harmonized movement of the electromagnetic wave with its both components

The transformation of the electric component into a magnetic one results in the reductio of the intensity of the electrical component amplitude in favor of the magnetic one (Fig. 12) which provides for a safe and radiation-free living environment.

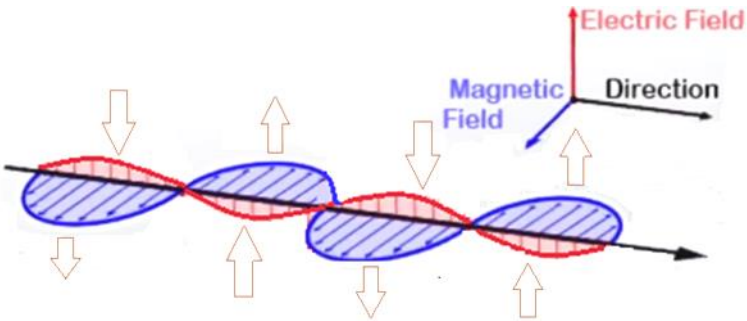
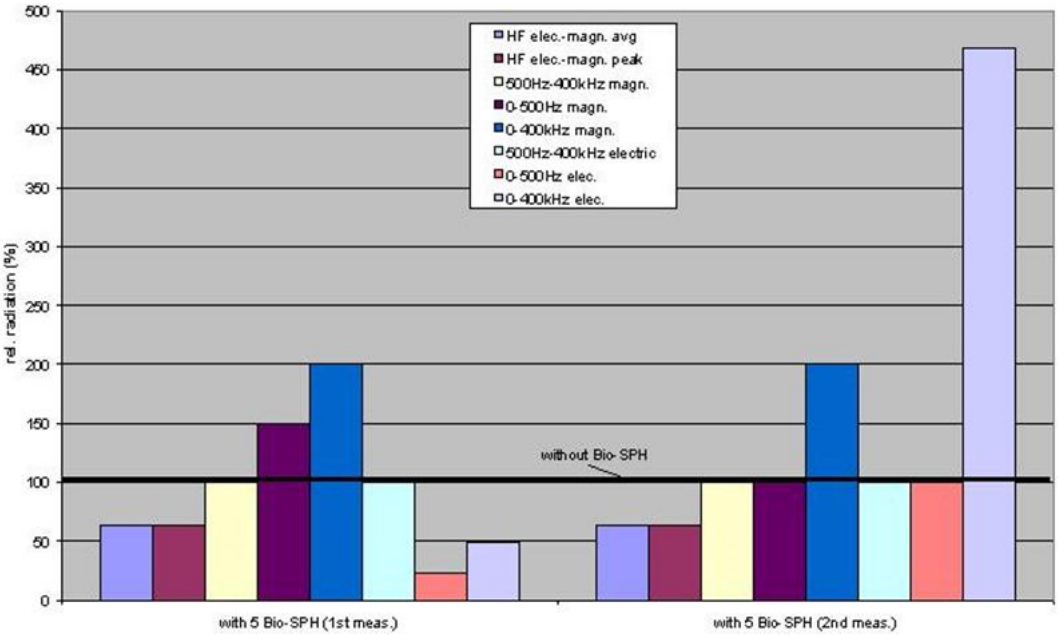


Fig. 12. Movement of an electromagnetic wave with a visibly reduced intensity
of the electric omponent, after the application of the BIO-SPH protective transformer

The result of the reduction of the electric component on account of the magnetic one is shown on the graph 1 below. It shows that the application of the new BIO-SPH technical solution the electric component of up to 400 kHz has been visibly reduced, while the magnetic component of 0 to 500 Hz is increased to a certain level. It can be concluded that this method of protection against electromagnetic radiations is easily applicable and efficient in practice. The increased magnetic component of 0 to 500 Hz leaves positive effects on the cellular level of the living beings.



Graph 1. Frequency spectre with and without the BIO-SPH protection

The construction of the technical solution for protection against electromagnetic radiation is a scientific and technical solution consisting of primarily passive electric material elements shown on Fig. 13 and 14.

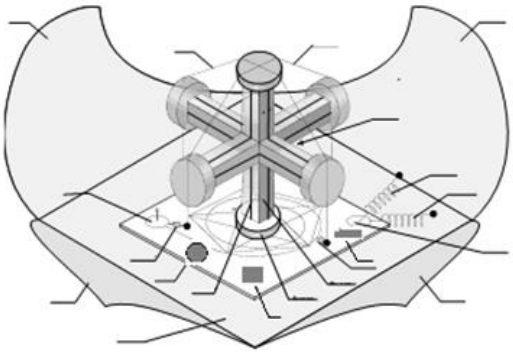


Fig. 13. Drawing of the technical solution of the transformation of the electric into a magnetic component

Fig. 14. One of the designs of the technical solution for protection against electromagnetic radiation

The passive electromagnetic elements are specially constructed using a constant geomagnetic field and free space arount it, its entirety being capable to activate and transform the electroc component into a magnetic one.

Purpose

The purpose of this paper is to prove the success of the wider application of the protection against electromagnetic radiations through transformation of the eelctric component into a magnetic one.

Conclusion

It can be concluded from the above that the protective feature of the BIO-SPHagainst electromagnetic radiation is reflected in the transformation of the electricity component into a magnetic one, thus protecting also the biological process on a cellular level, providing successful and humane overall protection against electromagnetic radiations.

References:

1. Gayton, A.: Медицинска Физиологија, Бакар-Бор, Београд, 1988.
2. Stefanov, B. Radiovolni i magnetni poleta. Medicina i fiskultura, Sofia, 1990.
3. Muller, C. F. Elektrosmog: Gesundheitsrisiken, Grenzwerte, Verbraucherschutz Katalyse, Heidelberg, Hamburg, 1997.
4. Wolfgang Maes u.a: Elektrosmog-Wohngifte-Pilze (Baubiologie-praktsche Hilfe für jedermann), Heidelberg: haung, 1999.
5. Stoyan Velkoski. DISCOVERING AND WORKING ON THE HARMFULNESS COSMIC KNOTS OF THE NEW DISCOVERED S2-NET, Conference “SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY”, 14–6 June 2006, Varna, Bulgaria.
6. Stojan Velkoski, Garo Mardirossian, Frank Otten, Gordana Zlateva-Velkoska, Jadranka Denkova, ANALYSIS OF TECHNICAL DEVICES FOR PROTECTION AGAINST ELECTROMAGNETIC RADIATION, Conference “SENS”, 27–29 June 2007, Varna, Bulgaria.
7. Getsov, P., D. Teodosiev, E. Roumenina, G. Mardirossian, G. Sotirov, B. Srebrov, M. Israel, S. Velkoski, P. Gajesek, D. Simunic, Methods for Monitoring of Electromagnetic Pollution in the Western Balkan Environment. Second International Scientific Conference ANOMALOUS NATURAL AND ANTHROPOGENIC INFLUENCES AND PHENOMENA IN THE ENVIRONMENTAL MEDIUM ANDTHE COMMON INHERITANCE, 13–15 December 2007, Skopie, Macedonia.
8. Stojan Velkoski. COSMIC STOJAN-NET AND ITS UTILIZATION. United Nations/Russian Federation Academy of Sciences /European Space Agency/ Workshop on the Use of Micro-Satellite Technologies for Environmental Monitoring and Impact to Human Health, 3–7 September 2007, Tarusa, Russia.
9. Stojan Velkoski. STOJAN’S COSMIC SWARM (SC-SWARM), SENS 2009, Fifth Scientific Conference with International Participation “SPACE, ECOLOGY, NANOTE CHNOLOGY, SAFETY”, 2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria.
10. Velkoski, S. INFLUENCE OF ELECTRO-MAGNETIC RADIATIONS ON HUMAN BLOOD AND PROTECTION BY BIO-SPH TRANSFORMER, Medical data, march 2011, http://www.md- medicaldata.com.
11. Stojan Velkoski. Der Einfluss von geopathogenen Störzonen auf, Mensch und Tier – kosmischer Stojanscher-Ring und Stojanscher-Schwarm, Sanum Post, Jahrgang, 2013, No 102, pp. 21–26 De.
12. Stojan Velkoski, Jane Velkoski, Mihail Velkoski.INFLUENCE OF THE STOJAN’S COSMIC SWARM ON THE BEE COLONIES AS A REASON FOR INCURRENCE OF COLONY COLLAPSE DISORDER, AND POSSIBLE PROTECTION AGAINST IT, Eleventh Scientific Conference with International Participation “SPACE, ECOLOGY, SAFETY – SES 2015”, 4–6 November 2015, Sofia, Bulgaria, (www.space.bas.bg/SES 2015/E-8.pdf).

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

SOUND PROTECTION BY A DIRECTED ELECTROMAGNETIC CURTAIN

Stojan Velkoski, Mihail Velkoski, Jane Velkoski

GAPE Institute, Skopje
e-mail: contact@igape.edu.mk

Keywords: *Sound, Radiation, Electromagnetic radiation, Protection from radiation, Bio-SPH*

Abstract: *It is known that each noise louder than the one created by leaves in the trees can be detrimental to people's health. Nowadays, when people live mostly in urban areas, we are permanently exposed to different kinds of sound frequencies. They attack both the hearing organ, but also the nervous system which is related to the human cardiovascular system. Analyses demonstrate that the percentage of these diseases has significantly increased in the urban as compared to the peripheral areas. The available protection against sound aggression are of material nature. The most recent research conducted at the GAPE Institute in Skopje, Macedonia, indicate the existence of a new approach to protection against acoustic aggression, which is the protection by a directed electromagnetic curtain.*

ЗАЩИТА ОТ ЗВУК ЧРЕЗ ЕЛЕКТРОМАГНИТНА ЗАВЕСА

Стоян Велкоски, Михаил ВЕлкоски, Яне Велкоски

ГАПЕ Институт, Скопие
e-mail: contact@igape.edu.mk

Ключови думи: *Звук, Радиация, Електромагнитна радиация, Защита от радиация, Bio-SPH*

Introduction

It is known that sound is a mechanic wave with frequencies of 16 Hz to 20 kHz, that is, within the scope perceptible by the human ear. The sound with a frequency lower than 16 Hz is called infrasound, whereas sound with the frequency of over 20 kHz is termed as ultrasound, and hypersonic are the sounds of which the frequency is beyond 1 GHz. Sound is produced more or less by periodic oscillation od a sound which, in immediate vicinity, changes the pressure in the medium (average), the pressure disturbance than being further transmitted to the neighboring medium particles, thereby appearing in the form of mainly longitudinal waves I gaseous liquids, and in the form of longitudinal and transversal waves in solids. The sound velocity mainly depends on the density and on the elastic forces in solids and liquids, and in gases on their density, temperature and pressure. Besides the usual velocity units (m/s, km/h), sound is also measured by the non-standard unit of Mach (Mach number). When an airplane reaches the sound velocity of approximately 343 m/s, the pressure in front of it is immediately disturbed, the resistance is considerably increased and shock waves are created perceived as a gunshot sound (the so-called air blast).

Sound is propagated without any mass transfer, but sound itself transfers a strong impulse and energy. In this sense, the sound intensity, the level of sound intensity (acoustics) are defined, as well as in other types of waves. But the sound propagation reveals the phenomena proper to every wave movement, as are the absorption Doppler effect, wave interference, refractions, reflection, deflection and difraction.

In music, sound is different from the tone in a narrow sense of the word and from noise regarding partial tones and partials. The tone partials are maximally harmonic, while the partial sound portions are only partially harmonic (there are more disharmonic upper partial tones than with sound), while the partial coefficients are entirely disharmonic in the case of noise. The basic features of sound

(the terrain, the sound intensity, its duration and color) are the same as the basic features of the tone, but are more difficult to determine. The term “sound” is used in music, especially in its everyday experience, as well as a synonym of individual and group features of the sound (its color, for example) or of the sensed sound of some instruments or music groups (organic sound, choir sound).

Sound is propagated as a result of the elastic bond among the molecules. Sound waves in gases and liquids are exclusively longitudinal (that is, they propagate in the same direction as the oscillator particles), while they can be transversal in solids which means that the oscillator particles can also be perpendicular to the direction of sound propagation. Sound cannot be propagated in vacuum. The sound source is always some mechanical vibration of a body. For example, when hitting an object, oscillate a tensed string, we hear sound, which stops immediately after the body stops shaking. Acoustic energy is propagated in a medium in the form of a mechanical wave. This medium is usually air, but can also be a liquid or an elastic solid body. We cannot hear sound without the environment in which they would propagate (Fig. 3). According to the regularity of vibrations, we differentiate among a tone, and different levels of noise. A tone is a sound consisting of harmonious vibrations, while the different noise levels are mixtures of vibrations with different frequencies and amplitudes (Fig. 4).

Features

The sound wave moves with different speeds through different media. Its speed of movement through air is of 343 m/s, through water it is approximately 1500 m/s, and in an iron wire approximately 5000 m/s. The thicker the material, the faster sound can be transferred through it. As all other waves, sound is determined by two physical quantities: frequency and sound wave. The number of vibrations of the respective material in a second is called frequency, marked by f, and the measuring unit is one Hertz (Hz). A normal human ear is capable of perceiving sounds within the frequency range of 16 Hz to 20 000 Hz. All frequencies below 16 Hz are marked as infrastructures or sub-sounds and those over 20,000 Hz are termed ultrasounds or supersonic; they are used in engineering and in medicine. On the other hand, a wavelength is the distance between two neighboring highest densities, as well as between two neighboring dilutions of the medium through which the wave propagates. Basically, two groups of sounds can be differentiated: noises and tones. Noise is the sound created by irregular oscillation of a sound source, whereby frequency constantly changes, while a tone is produced by appropriate vibration of the sound source and its frequency is constant.

Sound sources

Sound sources are physical bodies trembling with a frequency of 16 to 20 000 Hz is an elastic medium, as is a stretched string or a tuning fork in the air. The simplest form of vibrations of a sound source is the harmonic vibration. Harmonic vibrations created harmonic waves. A clear tone is created if the trembling frequency remains unchanged. Complex tones are characterized by more frequencies. According to the Fourier’s theorem, a complex tone can be presented as a sum of sinus vibrations with a fundamental frequency of v0 and a higher harmonics of frequency $n \cdot v0$, ($n = 1, 2, 3, ...$). Noise is the result of entirely irregular vibrations. Waves generated by oscillation of a source with a frequency higher than 20 kHz are described as ultrasound (can be heard by some animals, as dogs and bats), and frequencies lower than 16 Hz as infrastructure (can be perceived by ducks and elephants, for example).

Sound speed

Sound speed is the speed with which a sound wave propagates in a medium. In solid mediums it depends on the elasticity, whereas in gases it depends on the isentropic (adiabatic) coefficient of the gas and its temperature and of its temperature, but does not depend on the gas density and pressure. The speed of the waves depends on the medium through which the waves propagate.

The sound speed through the air and at the temperature of 20 °C is 343 m/s (1235 km/h at 0 meters of altitude). As far as gas is concerned, the sound speed depends exclusively on the gas temperature; for example during the flight of an airplane, the higher altitude brings about a decrease of the sound speed resulting from the decrease of the air temperature at the said higher altitude.

Table 1.

Medium	Sound speed at 20 °C and at atmospheric pressure of 105 Pa
poly (vinyl chloride), flexible	80
Rubber	150
Carbon dioxide	266 m/s (на 20°C)
Oxygen	317 m/s (на 20°C)
Air	319 m/s (на –20°C)
Air	343 m/s (на 20°C)
Cork	500 m/s
Ethanol	1 170 m/s
Lead	1 250 m/s
Hydrogen	1 280 m/s
Benzene	1 320 m/s
Water	1 485 m/s
Blood	1 570 m/s
Mineral oil (SAE 20/30)	1 740 m/s
Wood, noise	3 300 m/s
Concrete	3 750 m/s
Copper	4 700 m/s
Iron	5 170 m/s
Glass	5 500 m/s
Marble	6 150 m/s
Aluminum	6 300 m/s

Sound intensity

Sound intensity (designation I) is a physical measuring describing the energy of a sound wave during a period (an interval) over a surface perpendicular to the direction of the wave propagation. The measuring unit is Watt on square meter (W/m²).

The audible threshold is the lowest sound intensity perceptible by human ear:

The sound intensity level (marked as L) is a measuring scale adapted to the sensitivity of the human ear, a tenfold logarithm of the ratio between the sound volume and sound threshold.

Decibels

A decibel (dB) is a decimal point is of the measuring unit of bell, permitted exclusively out of the SI system (International system of measuring units). A decibel is a unit at the level of a physical quantity (level of power, voltage, electricity, volume or other).

Bell

Bell (after A. G. Bell; marked as B) is a measuring unit at the level of a given physical quantity according to a selected comparative value, when that level is determined by the decadal logarithm of the ration of the values of these two quantities. A Bell is an exclusively permitted unit outside SI (International system of measuring units) related to a unit in a still unknown equation:

The unit which is mostly used is the decibel (dB = 0.1 B).

Neper

Neper (after J. Neper; Np) is a numerical unit of a certain physical quantity as per a chosen comparative value, when this level is determined by the natural logarithm of the relation among the values of these quantities; therefore its special name is number one (Np = 1). As a unit the Neper is

allowed outside the SI. It is mainly used in electricity-referred communication to refer to signal suppression.

Materials and methods

Sound reflection

Sound is reflected when it encounters some obstacle. Thereby the action angle is equal to the reflection angle. In forests and in mountains, sound reflection is even more intense. The reflected sound comes back to us and we perceive it as a returning sound. This returning sound, caused by the reflection of sound waves is called echo. However, the echo can be very unpleasant indoors. In order to hear the echo separately from the original sound, we must be 17 meters or more apart from the barrier against which the sound is reflected, because otherwise the original sound and its echo merge into one single sound (Fig. 1).

Interruption and refraction of sound

The existence of dispersive sound waves is reflected by the phenomenon occurring upon explosions. Thereby, the sound waves reach the heights of the atmospheric layers at a lower temperature at which sound propagates at a lower speed. This is the reason why the sound waves refract perpendicularly to that layer. However, at the height of 40 to 60 km, the air temperature rises again, causing the increase of the sound speed, and the refraction of the waves against that vertical at a particular air layer. The range of 70 to 180 km where the sound cannot be heard is called a silence belt. The sound is again audible at the distance of 180 to 250 km.

Sound thrust is the phenomenon of sound propagation behind the obstacle as well, which is interpreted by Huygens principle. This phenomenon of sound thrust is much larger in sound than in water waves.

Sound barrier

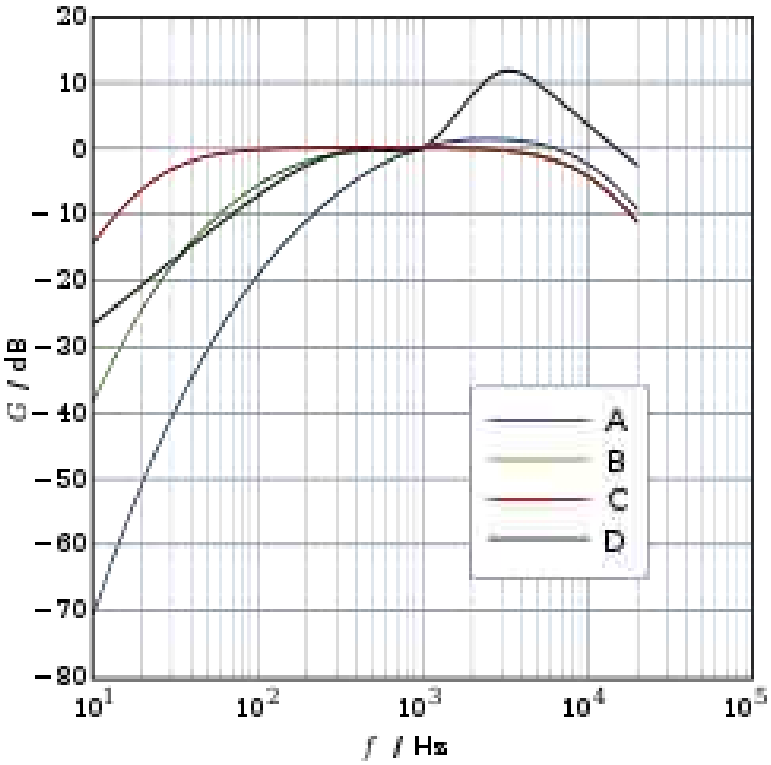
Sound barrier is an aerodynamic phenomenon incurring when the speed of sound is reached by an aircraft or by another object. Although air is considered as non-compressible liquid as low flaw speeds, it becomes compressible upon higher speed. Thus airplanes in flight disturb the pressure of the environmental air which, upon lower flow speeds is located insignificantly in front of the airplane. When the airplanes reach sound speed (depending on temperature, from 1152 to 1224 kmh), the pressure immediately in front of the aircraft is disturbed, resistance increases and shock waves are created perceived by human ear as a sonic boom. (the so-called breaking the sound wall, Fig. 2). The development of airplanes brought about speeds approximating the speeds of sound and the destructive impact of shock waves became obvious, as some airplanes were damaged when flying in that speed range. Therefore, it was believed for a long time that airplanes cannot exceed the speed of sound. But, after the Second World War, American engineers, using the results of German researchers, constructed the X-1 rocket-engine–powered aircraft, on which the pilot Chuck Yeager was the first to break the sound wall in 1947. The sound-wall was later broken by some passenger planes as for example, the French Concorde and the Russian Tupolev Tu-14y-144, which flew faster than the sound as well. For this reason, the speed of modern airplanes is expressed in a Mach number. The Mach number is the relation between the speed of the airplane and the sound speed. For example, an airplane features a Mach no. 1 if it can reach sound speed and Mach 2 if it is capable to reach a speed twice higher than the sound

Fig. 1.The echo is the return of the emitted waves reflected from a surface. The reflected wave reaches the observer with a delay in relation to the original wave.

Fig. 2. Northrop F / A-18 breaking the sound wall

Units

Table 2.



The curves A, B, C and D of the pondering factors in order
to establish the sound intensity as related to frequency
(as pursuant to EN 61672-1 / -2).

The frequency (pitch) of the sound is measured in Hertz (Hz).

The sound volume is often expressed in decibels, but can also be expressed by the power carried by sound (W, W/m², W/srad), or as an effective or maximal quantity of pressure change in relation to the pressure of the continuous medium in which sound propagates (Pa).

The decibel is a non-dimensional, logarithmic measure for the relation of two quantities and it is necessary to determine the quantity of the level of reference. As a standard, the level of sound in decibels is presented in relation to the reference of 20 μPa, which, in general, complies with sound threshold, usually marked by adding the SPL (Sound pressure level). For example, a whisper has 30 dB (A) SPL, speech has 60 dB (A) SPL, noise 90 dB (A) SPL, and the sound with the intensity of 120 dBSPL has been termed as pain limit. When expressing it, the fact that the human ear is not equally sensitive to all frequencies is taken into consideration. Therefore, pondering factors have been defined in order to determine the meaning in which a certain frequency is taken into consideration upon the measurement of sound intensity. For the human ear, these pondering factors are given as a curve A (according to EN 61672-1 / -2), and the measurements based on these pondering factors are called dB (A), sometimes known as dBA or dBA.

A decibel is a measure derived from the unit of Bell (B) named in honor of A.G. Bell, inventor of the telephone. But, for practical reasons, it uses a ten times higher logarithmic unit of decibel (dB).
The auditory sense of volume is based on a physiological effect, that is, on the stimulation of the auditory nerves. Therefore, it is necessary to conclude that this auditory sensation depends on the sound intensity, that is on the sound pressure. Testing revealed that each clear tone demanded a minimal acoustic pressure to be heard by human ear. That minimal pressure under which a tone is audible is the threshold or sound limit. However, sound pressure can again be so high to cause ear pain, for which it is termed as pain limit. The sense and limits of pain depend on frequency, meaning that they differ in different frequencies. The sensitivity of our ears is the highest for frequencies of approximately 2700 Hz. The human ear experiences sound as a caused change in the air pressure (acoustic pressure). For a sound wave with the frequency of 1 kHz and intensity corresponding to the sound threshold (I0 = 10–12 W/m²), the particle movement amplitude is approximately 10–11 m, while

the amplitude of the acoustic pressure is approximately 2 · 10–5 Pa. In the pain threshold sound, the particle movement is of 10–5 m, and the acoustic pressure amounts 30 Pa (Table 3).

Table 3

Sound type	Sound intensity (fon)	
Sensation threshold	0	
whisper	20	
Quiet music	40	
Loud speech	60	
A busy street	80	
An express train passing	100	
Airplane engine	120	
Pain threshold	130	

Fig. 3. Propagation of sound waves

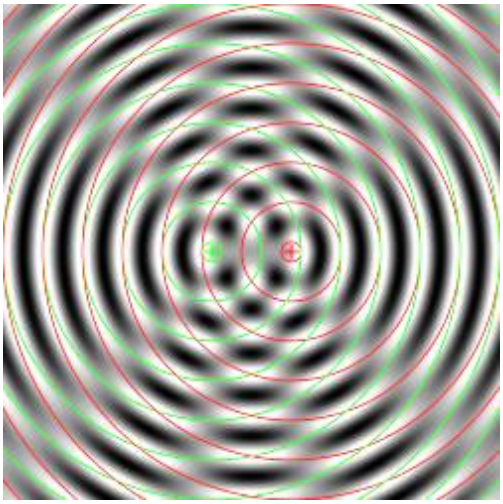


Fig. 4. Noise from two sources of acoustic waves

Results

New and innovative technologies are necessary for the protection of the environment against excessive sound (noise). One of them is this technology, created by Stojan Velkoski, Ph D from Skopje, Macedonia. This innovative technical invention is in the course of testing and manufacturing at the IGAPE Institute in Skopje. This patent shall be capable to isolate sound so that strong sound influences exist in one half of a room, whereas the sound is not enhanced in the other half of the same room thanks to sound curtain created by the two elements. The sound curtain consists of two directional waves that intersect to constitute the 50–100 cm wide sound curtain The invention consists of the following elements:

- frequency emitter;
- frequency router;

Description of the attached figures

Fig. 5, represents a frequency emitter, A potentiometers, Б display;
Fig. 6, represents: A, router and B, router base;
Fig. 7, this picture present the connection and the setup of the elements of the Waveguard sound protection.

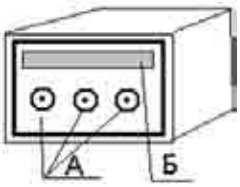


Fig. 5. Frequency emitter

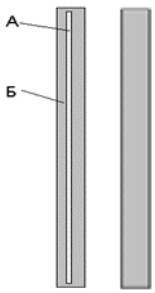


Fig. 6. Router and buffer of frequencies

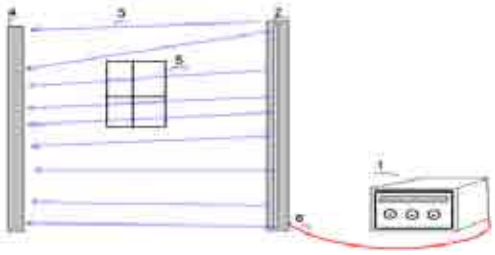


Fig. 7. Setup and creation of electromagnetic directional curtain

Summary

All the above leads to the following conclusions: that the matter is an obstacle to matter, while in case of electromagnetic radiations matter is not always an obstacle and vice versa, matter does not do not represent any obstacle to electromagnetic waves. Hence the new thesis, that the electromagnetic waves can be impeded by another type of electromagnetic directed waves including sound waves.

References:

1. Hrvatska enciklopedija", Leksikografski zavod Miroslav Krleža, www.enciklopedija.hr, 2016.
2. Velimir Kruz: "Tehnička fizika za tehničke škole", "Školska knjiga", Zagreb, 1969.
3. Author’s own research.

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

КОНЦЕПЦИИ И СИСТЕМИ ЗА МОНИТОРИНГ НА ОПАСНИ ПРИРОДНИ ЯВЛЕНИЯ

Надя Маринова

Нов български университет – София
e-mail: nmarinova@nbu.bg

Ключови думи: *опасни природни явления, мониторинг, ранно предупреждение, цунами*

Резюме: *Съвременното развитие на високите технологии дава възможност да се съкрати в значителна степен времето за пренасяне на информацията, както и по-масовото и по-ефективно уведомяване на населението в условия на риск от природни бедствия. По-високото ниво на познания, което имат хората, благодарение на съвременните средства за комуникация и достъп до информация от всякакъв характер, спомага (особено в технологично по-развитите страни) да се използват нови системи за ранно предупреждение. Основните насоки в тези усъвършенствани системи включват използването на "умни датчици", способни "сами" да решават кога дадено бедствено явление е опасно (ако например то е достатъчно силно, заплашва повече хора или опасни обекти и т.н.). По този начин се прескачат няколко от етапите характерни за старите системи за ранно предупреждение (определяне на параметрите на явлението, оценка, вземане на решение за излъчване на предупреждението). Прескачането на тези етапи, използването на съвременни високоскоростни средства за предаване на информацията и излъчване на съобщенията намаляват времето и ускоряват значително ефективността на системите. Традиционните системи за сигнализация също имат своите предимства. Комбинирането на конвенционални и иновативни системи за прогнозиране на риска, може да доведе до по-добри резултати.*

CONCEPTS AND SYSTEMS FOR MONITORING DANGEROUS NATURAL PHENOMENA

Nadya Marinova

New Bulgarian University – Sofia
e-mail: nmarinova@nbu.bg

Keywords: *Arterial blood pressure, pulse wave, electrocardiogram (ECG)*

Abstract: *The modern development of high technologies makes it possible to significantly shorten the time for information transfer, as well as the mass and more efficient notification of the population at risk of natural disasters. The higher level of knowledge that people have, thanks to modern means of communication and access to information of all kinds, helps (especially in the more technologically advanced countries) to use new early warning systems. The basic guidelines in these advanced systems include the use of "smart sensors" capable of "solving" themselves when a disaster is dangerous (for example, if it is strong enough, threatens more people or dangerous objects, etc.) skip several of the steps typical of the old early warning systems (defining the parameters of the phenomenon, evaluating, deciding to broadcast the alert). Bypassing these stages, using modern high-speed means of transmitting information and broadcasting messages reduce time and significantly speed up system performance. Traditional signaling systems also have their advantages. Combining conventional and innovative risk forecasting systems can produce better results.*

Съвременното бурно развитие на множество високоефективни технологии и масовото им навлизане в ежедневието предполага възможността за наличието на катастрофални последици и различни аварии след всяко по-сериозно природно бедствие – земетресение, ураган, наводнение. От друга страна, тези високи технологии са основна предпоставка за по-ефективна борба и управление на процесите в условията на кризисни ситуации.

Установява се зависимост (силно нелинейна), че колкото е по-мощно бедствието, толкова и последиците са по-значими и разнообразни. Това налага разработване на въпросите свързани с разрушителния потенциал на природните бедствия, техните обобщени въздействия и различни по вид класификации. Станалите напоследък световни катаклизми са истинско предизвикателство към съвременната наука и технологии. От друга страна, негативните въздействия на природните бедствия могат да се простират на различни по размер площи, които зависят не само от силата на явлението, но и от неговия вид и физични характеристики. Много мощни процеси (например, торнадо) не могат да обхващат големи площи, докато по-безопасни явления (мраз например) могат да разпростират влиянието си на огромни разстояния и площи. Това налага разграничаването им по място на проявление и физични особености. Особено ефективен инструмент за мониторинг на подобни бедствени явления са дистанционните методи и средства, включващи както аеронаблюденията, така и по-високотехнологичните космически системи.

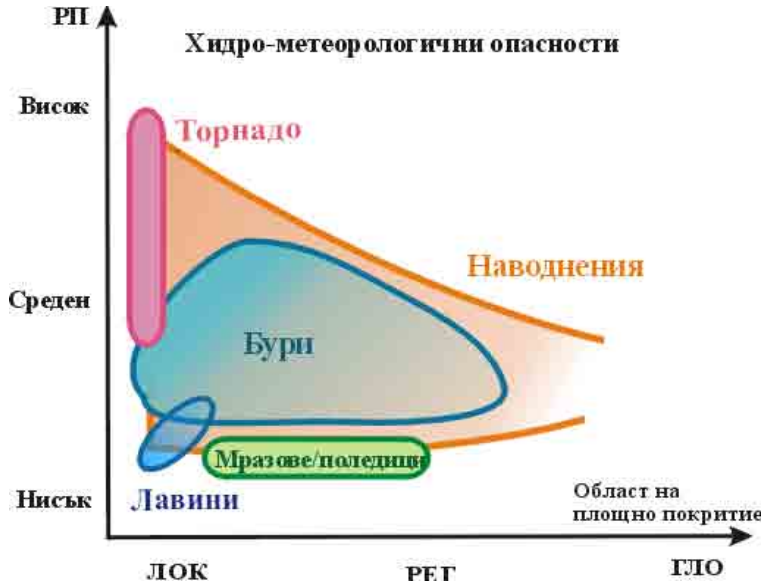
Под разрушителен потенциал е прието да се разбира силата (потенциалната мощ) на дадено природно явление. Обикновено този потенциал се свързва с масите, въвлечени в природното явление и скоростта на процеса, с която той протича. Почти всички природни бедствия имат атрибутирани скали, с които се измерва тяхната сила (мощ) на въздействие. Тези скали най-често са наричани магнитуди (т.е. показват енергията, която дадено явление притежава) или интензивности (показват ефектите от въздействието). Почти във всички случаи диапазоните на изменение на силата на дадено природно явление е много голям, поради което те често се класифицират описателно на незначителни, средни по сила, значими, големи, грандиозни, катастрофални, унищожителни и т.н. Съществува разнообразие от такива класификации, повечето от които са условни.

Разнообразието на всички природни явления, които могат да се определят като стихийни е голямо, но техният брой не превишава няколко десетки. В нашия анализ, основният им брой е ограничен до някои от най-типичните бедствени процеси, проявяващи се в различните обвивки на земята – твърда земна кора, водна и въздушна обвивка. Разделението е на природни бедствия в “твърдата“ земя (земетресения, вулкани, свлачища, пропадания и други подобни – тук са причислени и вълните цунами поради техния генезис) и бедствия, свързани с хидрометеорологични фактори (бури, урагани, наводнения и др.). Горските и полски пожари са отделени в отделна група, поради естеството на техния характер.

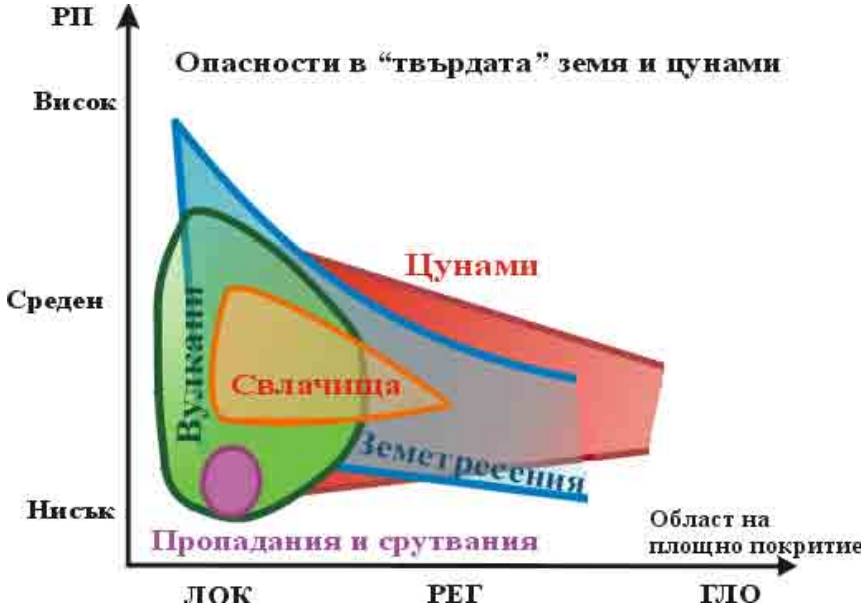
Тази класификация се основава според мястото, където се развива процесът и ефектите, които предизвиква и е направена преди всичко за улеснение на потребителите. Така се достига до класификацията им като метеорологични опасности – наводнения, бури, силни ветрове, лавини, екстремни студове и опасни явления в твърдата земя – земетресения, свлачища, пропадания, горски (полски) пожари и цунами. Планира се включването и на по-глобални процеси – епидемии, озонова дупка, Ел Ниньо, космически катастрофи и др.

Очевидно е, че в зависимост от тяхната сила, тези бедствени явления могат да обхващат различни площи, като някои от тях имат широко покритие (земетресения, цунами, мраз), други са само регионални (урагани, наводнения, пожари), а трети – могат да се развиват само на локални площи (лавини, торнадо). Понякога явления със значителен разрушителен потенциал имат локални негативни прояви (торнадо), а други – покриват значителни площи, но не са толкова разрушителни (мраз, обледеняване). Тези класификации са извършени въз основа на различни параметри: разрушителен потенциал, диапазон на изменението му, както и площите (локални, регионални, глобални), които могат да бъдат под въздействието от така класифицираните природни бедствия – фиг. 1 и фиг. 2.

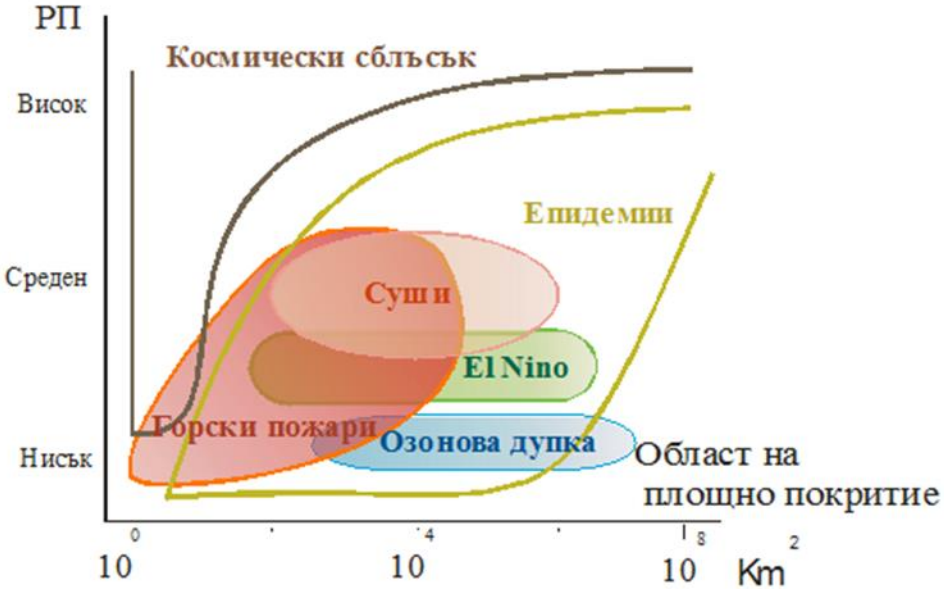
Известно е, че възможностите за ранно предупреждение на населението са в пряка зависимост от основни физични параметри на бедствените явления. Обикновено природните бедствия, свързани с въздушната обвивка на земята (най-често метеорологични явления), могат да бъдат прогнозирани най-добре поради използването на сателитна информация за движение на въздушните маси и основните техни параметри, наблюдавани от Космоса. По-трудни за прогнозиране и даване на ранни предупреждения са явленията във водната обвивка (цунами, приливни бури и др.). Най-трудни за прогнозиране (някои дори невъзможни) са явленията в твърдата Земя (земетресения, вулканични изригвания, свлачища).



Фиг. 1. Схема на разрушителния потенциал и областта на площно покритие от различните по сила хидрометеорологични бедствени явления

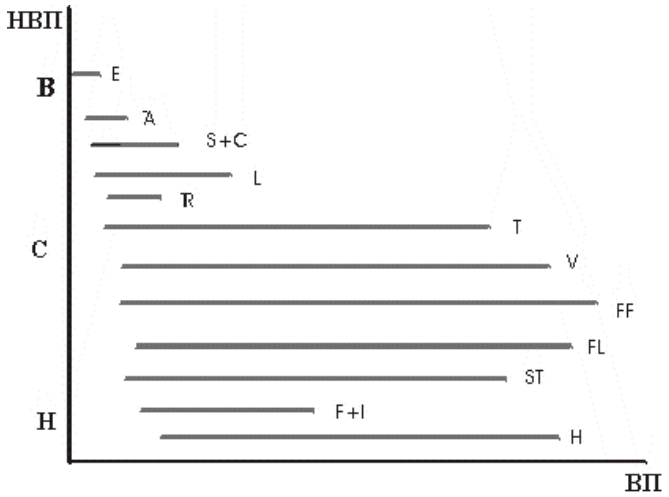


Фиг. 2. Схема на разрушителния потенциал и областта на покритие от различните по сила бедствени явления в твърдата земя и цунами

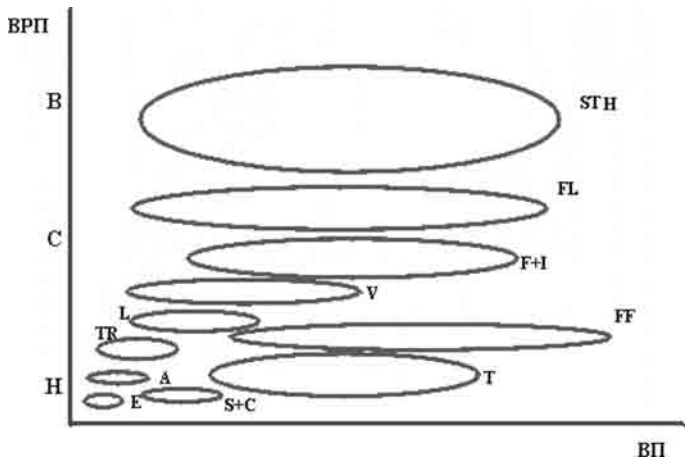


Фиг. 3. Схема за площно покритие и разрушителния потенциал
на някои световни бедствия

Използвани са понятията “ниво на внезапна поява на бедствието” (НВП) и “време на продължителност на бедственото явление” (ВП) – фиг 4. Както и “възможност за ранно предупреждение” (ВРП), като е потърсена зависимост от продължителността на бедствието – фиг. 5.



Фиг. 4. Зависимост между Ниво на внезапна поява (НВП) и продължителност на бедственото явление (ВП). Съкращенията означават: E - земетресения; A - Лавини; T - Цунами; S+C - Пропадания и срутвания; TR - Торнадо; FF - Горски (полски) пожари; L - Свлачища; V - Вулканични изригвания; F+I - Мразове и обледеняване; FL - Наводнения; ST,H - Бури, урагани, тайфуни.



Фиг. 5. Зависимост между възможностите за ранно предупреждение (ВРП) и продължителността на бедственото явление (ВП). Съкращенията означават: E - земетресения; A - Лавини; T- Цунами; S+C - Пропадания и срутвания; TR - Торнадо; FF - Горски (полски) пожари; L - Свлачища; V - Вулканични изригвания; F+I - Мразове и обединявания; FL - Наводнения; ST, H - Бури, урагани, тайфуни

Особено внимание следва да се обръща на надеждността на прогнозираното бедствие и възможностите за използването й в системите за ранно предупреждение. Обикновено хидрометеорологичните прогнози (краткосрочни) са значително по-надеждни отколкото прогнозите за бедствия в твърдата Земя. Възможни са няколко нива за оценка на надеждността: ниска (Н): до 10–15 %; ниска-средна (Н-С): 10–15 % до 40 %, средна (С): 40–60 %; средна-висока (С-В): 60–90 % и висока (В): над 90 %. За земетресенията, например, практически е невъзможно да бъде прогнозирано времето на силно земетресение, но често съществува вероятност за прогнозиране на силните афтершокове. Те обикновено придружават силните земетресения, и могат да бъдат прогнозирани както по място, така и по очаквано време на случване, или магнитуд на най-силния афтершок.

Надеждността на системите за ранно предупреждение може да се оценява в три нива: Н – ниска; С – средна и В – висока. Ефективността на дистанционните методи също може да се оценява в три нива. Основен критерий е разделителната способност, която е в пряка връзка с видимата площ на въздействие.

Провежданите изследвания на различни авторитетни международни организации като ООН, ЕС, АСЕАН и други политически и неправителствени институции показват, че интересът към тези проблеми не е само в ежедневието на медиите и обществото. Едно изследване на последиците от случването на т.нар. комплексни опасности, рискове и катастрофални явления, показва че въпреки тежките последици, които съвременното човечество преживява, нещата с природните, а също така и с антропогенните бедствия и катастрофи не могат да достигат апокалиптичните размери за които често се пише.

Наложително е да се търси отговор на въпроса защо са толкова опасни съвременните природни бедствия?

На първо място това е все по нарастващата урбанизация на планетата. Селища, които до преди 100-на години са били с по няколко стотин хиляди жители, сега са нараснали десетки и стотици пъти (като Мексико сити, Кайро и Атина например). Земетресения, случили се преди стотина години, са предизвиквали несравнимо по-малко жертви и разрушения, отколкото ако се случат сега на същото място и със същата сила. Например в България земетресението през 1913 година в Горна Оряховица е било с магнитуд 7.0 по Рихтер (въпреки, че тогава тази скала още не е съществувала, но по косвени данни учените са в състояние да възстановят този магнитуд). Това земетресение е предизвикало приблизително същите загуби, както земетресението през 1986 г. в Стражица, което е било с магнитуд 5.7 (стотици пъти по слабо, поради логаритмичния характер на магнитудната скала). От друга страна по-високата концентрация на човешки потенциал, "концентрира автоматично" по-скъп и качествен живот. Под това понятие се разбира увеличаването на всички съвременни елементи на човешкото битие – високи технологии, по-скъпа и ефективна икономическа инфраструктура, по-високо качество на живот като цяло (по-скъпи сгради и съоръжения, компютри, електронна и друга скъпа техника, автомобили, мебели и т.н.)

Сега в света ежегодно загиват или са "лошо" засегнати от бедствени явления средно над 100 хиляди души. По един или друг начин негативно засегнати са милиони хора от

различните катаклизми – земетресения, наводнени, бури и урагани, цунами и вулкани, свлачища и лавини, мълнии и измръзвания. Икономическите щети са доста по-тежки и се изчисляват на милиарди долари.

Една от възможностите, на които човечеството най-много разчита за борба с природните стихии, са така наречените системи за ранно предупреждение. Това са системи, които следят в реално (или почти реално) време измененията в обстановката, прогнозират и моделират развитието на процеса и издават съобщения към населението за бързи и незабавни действия – евакуация, мерки за защита и т.н. Основен проблем в дейността на тези системи е надпреварата с времето. Колкото по-бързо се събере информацията и се оценят възможните последици, колкото по-бързо се подаде съобщение до населението, толкова за по-ефективна се смята съответната система.

Понастоящем подобни системи съществуват основно в регионален и/или локален план. Най-често дават своите предупреждения за приближаващи бедствени явления от метеорологичен характер. Всъщност това е една от глобализиращите се области за превенция и защита на населението. Геостационарните спътници на висока орбита следят непрекъснато за променящата се метеорологичната обстановка и изпращат веднага, почти в реално време информацията за времето. На следващото ниво са националните и регионални системи – например в САЩ (NOAA), Япония (ЯМА), Далечния изток и др. Тези системи имат за цел следенето на възникването и придвижването на ураганите, като същевременно моделират и възможната им траектория. В сезона на ураганите, тези системи излъчват непрекъснато съобщения към потенциално опасните райони, силата, възможния път (т.е. максимално застрашените области), скоростта на придвижване, както и инструкции за поведение на населението, възможните евакуационни пътища, мерките по защита на домовете, инфраструктурата и опасните обекти. Подобни системи функционират в Япония, Тайван, Филипините и Руския Далечен Изток. Най-масовизирана е системата на САЩ, разположена на източното крайбрежие. Тя покрива и някои от централните щати, където следи и за торнадо.

На второ място по масовост и ефективност са локалните системи, свързани с вулканични изригвания. Почти всички действащи вулкани на Земята, разположени на сушата, имат подобни системи. Като следят изменението в параметрите на вулканичната активност (емисии на подземни газове и други флуиди, местната сеизмичност, както и деформациите и температурата на земната повърхност) тези системи с голяма достоверност могат да предвидят наближаващо изригване. Отново следват съобщения до населението, евакуации и други защитни мерки. Подобни системи има край Етна, Везувий, на Хавайските и Азорските острови, на островите в Индийския и Тихия океан. Тези системи често са подпомагани и от сателитни изображения, “долавящи” и движението на магмата в земните недра.

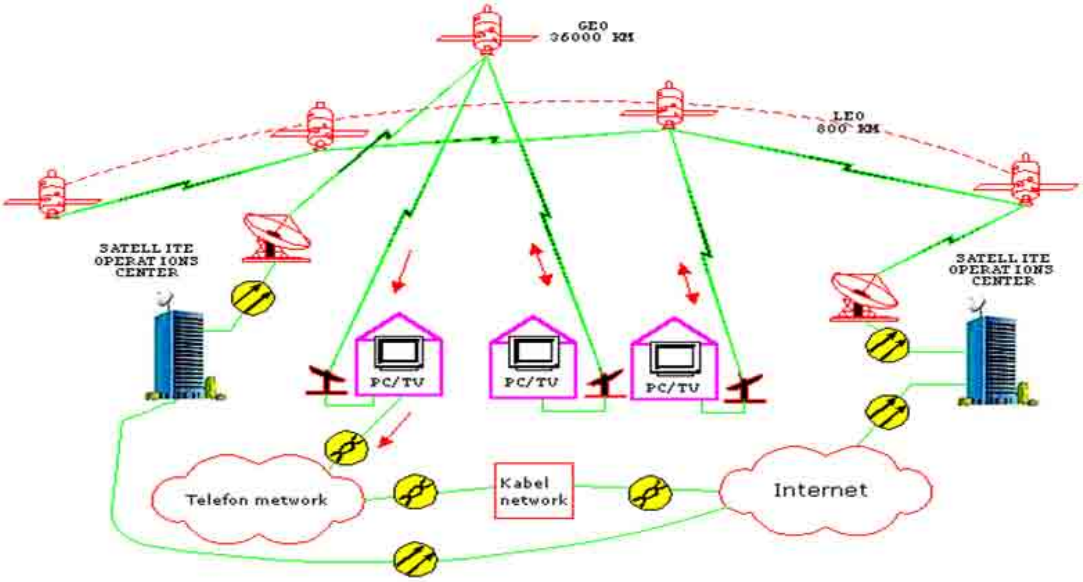
Една от най-известните регионални системи за ранно предупреждение от цунами е разположена в Тихи океан – с главна квартира в Хонолулу – Хавай. Това е една от първите системи в света, започнала да функционира след катастрофалните цунами през 1949, 1952 и 1960 година. Системата работи на базата на разликите в скоростта на сеизмичните вълни (средна скорост между 6 и 8 km/s) и вълните цунами (средна скорост 700–900 km/h). Системата има няколко успешни предупреждения, но е ефективна предимно за трансокеанските вълни, когато има достатъчно време да се даде предупреждение и да са предприемат ефективни мерки по евакуация. През 1992 г. при близко разположено огнище на цунами на крайбрежието на Папуа-Нова Гвинея, системата не успя да подаде сигнал и 4 хиляди души загинаха, защото времето за което вълните достигнаха брега беше едва 20-ина минути.

Съвременното развитие на високите технологии дава възможност да се съкрати в значителна степен и времето за пренасяне на информацията, както и по-масовото и по-ефективно уведомяване на населението. По-високото ниво на познания, което имат хората, благодарение на съвременните средства за комуникация и достъп до информация от всякакъв характер, спомага (особено в технологично по-развитите страни) да се използват нови системи за ранно предупреждение. Основните насоки в тези усъвършенствани системи включват използването на “умни датчици”, способни “сами” да решават кога дадено бедствено явление е опасно (ако например то е достатъчно силно, заплашва повече хора или опасни обекти и т.н.) По този начин се прескачат няколко от етапите, характерни за старите системи за ранно предупреждение (определяне на параметрите на явлението, оценка, вземане на решение за излъчване на предупреждението). Прескачането на тези етапи, използването на съвременни високоскоростни средства за предаване на информацията и излъчване на съобщенията намаляват времето и ускоряват значително ефективността на системите.

Базирани на тази идеология са новите системи за оповестяване от цунами в Индийския океан. В Япония съществува система за ранно предупреждение от земетресения – която има време за сработване от няколко секунди до минути. Подобна високоефективна система

позволява спирането на свръхскоростните влакове, изключването на АЕЦ и други опасни производства и в крайна сметка спасяването на много човешки животи.

В Европа също се разработват такива модерни системи. Освен за метеорологични опасности (бури, суши, наводнения и др.), сега се разработват проекти, които са насочени и към по-трудно прогнозируемите и моделируеми опасни явления и процеси. Проектите ТРАНСФЕР и СХЕМА (за цунами), САФЕР (за земетресения) и др. са част от финансираните вече проекти на Европейския съюз за внедряване в практиката на подобни системи.



Фиг. 6. Схема на съвременна комуникационна система за предупреждение – включва 6 ГЕО (геостационарни сателити), ЛЕО (ниско летящи сателити) и сателитни комуникации и наземни средства за бърз пренос на информация – телефонни, телевизионни и радиомрежи, както и ИНТЕРНЕТ

Един от най-важните въпроси е този за бързия трансфер на данни и информация. Оказва се, че при високотехнологичните нации не е трудно съобщенията за приближаващите стихии да стигат до широк кръг от потребители – чрез SMS, сателитни TV и радио канали, компютърни мрежи. Всичко това е масово достъпно в Япония, САЩ, Австралия. В страните от третия сват обаче, достигането на предупрежденията до населението се оказва изключително сложна задача – сирени, високоговорители, радиоточки и други примитивни средства се използват за уведомяване на населението. Това снижава изключително много ефективността на системите за ранно предупреждение. Затова страни като Индонезия, Малайзия, Индия и Цейлон, започват да обръщат все по-голямо внимание на системите за оповестяване – неотменима част от всяка система за бързо предупреждение.

На съвременния етап са разработени няколко системи за бърза оценка на последиците от природни бедствия, използващи дистанционни технологии. Такива са – *глобалните системи за бърза оценка и системите за сценарий на последствията от природни бедствия*.

Глобалните системи за бърза оценка (близка до реално време - 1–2 часа) се базират на използването на предварително създадени бази от данни и програмни продукти за бързо (експресно) оценяване на последиците от бедствията след тяхното реализиране – главно съсредоточени върху разрушенията и човешките жертви. Ефективността и точността им са по-значими за силните, разрушителни земетресения. По-известни такива системи са: ЕКСТРЕМУМ"(Русия), WAPMERR (Швейцария), PAGER (САЩ), GDAS (JRC-EC), Япония, Китай.

Системите за сценарии на последиците от природни бедствия разиграват различни сценарии при различни начални условия. Целта им е да предоставят предварителни оценки за възможните жертви и разрушения на отговорните органи за превантивна и защитна дейност преди ставането на съответното бедствие. Съществуващи или в процес на изграждане са системите за земетръсни сценарии – HAZUS (САЩ), Risk-EU (ЕС), Трус (България). Системи за оценка на последиците и от други природни бедствия – само "ЕКСТРЕМУМ" (Русия) предлага такива възможности.

Таблица 1. Основни системи за оценка на последиците от природни бедствия

Име на системата	Използва АКП	Използва АКП за:	Време за реакция	Разпространение на данните
ЕКСТРЕМУМ"(Русия)	да	Оценка на щетите	2 часа	ограничено
WAPMERR (Швейцария)	да	Оценка на щетите	1 час	масово
PAGER (САЩ)	да	Оценка на щетите и комуникация	1 час	ограничено
GDAS (JRC-EC)	да	Оценка на щетите	2 часа	масово
С-ма на Япония	да	Оценка на щетите и комуникация	1 час	ограничено
С-ма на Китай	да	Оценка на щетите	2 часа	ограничено

По наше мнение, концептуалните насоки за развитие на тези системи се очаква да се движат в посока на:

А) В близка перспектива:

• Усъвършенстване на съществуващите системи – обогатяване на базите от данни;

• Въвеждане на системи за ранно предупреждение (цунами, земетресения, урагани, наводнения), което се превърна в особено модерно направление след цунамито в Индийския океан през 2004 г. Понастоящем единствената действаща система за ранно предупреждение от цунами се намира в Тихия океан – на о-в Хавай и се нарича PTEWS. В Европа стартират проекти за изграждането на някои нови системи за ранно предупреждение за земетресения (EU-THREL) и за цунами TRANSFER;

• Използване на дистанционни методи (главно космически базирани съоръжения) за управление на критичните ситуации.

Б) В по-далечен план:

• Картиране на риска – уязвимост и мултирисков анализ;

• Технологични бедствия, предизвикани от природните;

• Управление на кризите чрез използване на съвременни технологии за оценка на информацията и сателитни комуникации;

• Въвеждане на поведенческите реакции на засегнатото население в системите за оценка на последиците;

• Оценяване на възстановимите и невъзстановими загуби.

В заключение може да се каже, че непрекъснато се повишава световната активност и интересът по отношение на природните бедствия и техните последици върху обществото и неговия икономически потенциал, както и по отношение на използването на автоматизирани системи за целите на защитата и превенцията на населението.

Литература:

1. Алексиева, С. Кризисни комуникации – В: Сб. Туризмът – предизвикателства в условията на икономическа криза, НБУ, София, 2011.
2. Мардиросян, Г. Природни бедствия и екологични катастрофи – изучаване, превенция, защита. Акад. издат. „Марин Дринов", София, 2009, 382 с. ISBN 978-954-322-349-7
3. Мардиросян, Г., Б. Рангелов, Ат. Близнаков. Природни бедствия. Възникване, последици, защита. АВИТ Консулт, София, 2011, 170 с. ISBN 978-954-92214-2-8
4. Маринова, Н. Маркетингови механизми за опазване на околната среда и екологичен риск. Ninth Scientific Conference with International participation – SES 2013, Sofia, 2014, pp. 412–415. ISSN 1313-3888.
5. Рангелов Б. Разгневената земя – природните бедствия. Акад. издат. „Марин Дринов", София, 2012, 294 с. ISBN 978-954-322-475-3

S E S 2 0 1 9
Fifteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
6 – 8 November 2019, Sofia, Bulgaria

ЕКОЛОГИЧНИЯТ РИСК И ЕКСПЕРТНАТА ДЕЙНОСТ

Надя Маринова

Нов български университет
e-mail: nmarinova@nbu.bg

Ключови думи: *околна среда; човечество; екологичен мениджмънт;*

Резюме: *За сравняването на риска и изгодите много експерти предлагат да се въведе икономически еквивалент на човешкия живот. Макар човешкият живот да е безценен, съществуват напълно определими понятия и възприятия за стойността му, определяни от разходите. Екологичните поражения значително нарушават състоянието на природната среда, което води до деградация на екологичните системи, на стопанската инфраструктура, сериозно застрашават здравето и живота на човека и нанасят съществена икономическа вреда. В зависимост от мащабите на разпространението и тежестта на последствията се разграничават следните извънредни ситуации: локални, местни, териториални, регионални, национални и транснационални.*

ENVIRONMENTAL RISK AND EXPERTISE

Nadia Marinova

New Bulgarian University
e-mail: nmarinova@nbu.bg

Keywords: *Environment; humanity; environmental management;*

Abstract: *For comparing the risks and benefits many experts propose to introduce economic equivalent of a human life. Although human life is priceless, there are completely definable concepts and perceptions of its value determined by the cost. Environmental damages significantly deplete the state of the environment, leading to degradation of the ecological systems of economic infrastructure, seriously endanger the health and lives of people and causing significant economic harm. Depending on the extent of the spread and severity of the consequences distinguish the following emergencies: local, territorial, regional, national and transnational.*

Извънредните ситуации, от гледна точка на техния произход, се подразделят на:

- *природни* – опасни природни явления и стихийни бедствия (земетресения, изригвания на вулкани, наводнения, природни пожари, урагани, силни снеговалежи, лавини и т.н.);
- *техногенни* – промишлени, транспортни и комуникационни аварии, срутване на здания и съоръжения, взривове, пожари и т.н.;
- *биолого-социални* – инфекциозни заболявания на хората, масово заболяване и гибел на животни, поражения от болести и вредители на селскостопанските култури, рязка промяна в състоянието на животинския и растителния свят и т.н.

В зависимост от мащабите на разпространението и тежестта на последствията се разграничават следните извънредни ситуации: *локални, местни, териториални, регионални, национални и транснационални*.

Крупните извънредни ситуации, свързани с човешки жертви и значителни материални загуби, се определят като *катастрофи*. Стихийните бедствия, техногенните аварии и катастрофи, предизвикани от негативни изменения в състоянието на природната среда и биосферата, се отнасят към извънредните ситуации от екологичен характер.

Разтегнатите във времето екологични поражения обикновено се проявяват като последствия от природни или техногенни катастрофи, имат затихващ характер и се съпровождат от промени в условията на съществуване на екосистемата (сукцесии). Но има и такива, които

постепенно се развиват в резултат на хронични техногенни замърсявания или екологични грешки и пропуски в изграждането на нови стопански обекти и промени в териториалната структура. Между редица природни и техногенни екологични поражения няма ясни граници. Ето защо, много често е невъзможно да се установи истинската причина за горските пожари, за свлачищата и наводненията, които могат да бъдат и вследствие на технически аварии, а разрушаването на здания – в резултат на тектонични раздвижвания. Всички регионални и локални екологични поражения имат съществен принос в глобалното нарушаване на биосферата, в деградацията на природната среда на планетата.

Застрашените в екологично отношение територии се определят като *зони с извънредна екологична ситуация* или *зони на екологично бедствие*. Статусът на дадена зона води след себе си потребността от мерки за социално-икономическо възстановяване, което е свързано с големи финансови разходи. Това изисква разработването на система от показатели и количествени критерии за обективно определяне границите на зоните с извънредна ситуация и екологично бедствие, а също така и нормите за екологична безопасност. Системата от критерии за оценките на екологичните неблагополучия може да бъде разделена на четири основни групи, свързани със следните характеристики:

- *антропогенно натоварване (въздействие);*
- *негативни изменения в околната природна среда;*
- *реакция на здравето на населението след промени в средата;*
- *влошаване условията за стопанска или друга дейност на човека.*

Най-голяма екологична опасност представляват техногенните катастрофи, съпроводени с емисии на вредни химически и радиоактивни материали в околната среда. В приложението са дадени примери за някои крупномащабни техногенни катастрофи през 20 в. Най-голямата радиационна катастрофа в Чернобил още дълго ще напомня на света за ядрената заплаха, принуждавайки хората да търсят алтернативи за енергийната осигуреност на човешкия прогрес.

Най-голямата химическа авария, става в индийския град Бхопал през 1984 г., в резултат на взрив на предприятие на американската компания „Юнион карбайд". В атмосферата са изхвърлени няколко десетки тона силно отровно вещество с многостранни поражения. Много от поразените загиват в първите часове след взрива, а хиляди хора ослепяват. В резултат на тази катастрофа в Бхопал загиват над 2 хиляди човека, а поражения получават не по-малко от 25% от 750-хилядния град.

Независимо от различията, при всяка катастрофа съществува *общ признак* – това са неконтролируеми събития, станали причина за смъртта и травмите на голямо количество хора, довели до съществени икономически загуби и замърсяване на околната среда. При оценка на мащабите на техногенните аварии и катастрофите, като правило, могат да се използват различни показатели – брой на загиналите, общо число на пострадалите, характер на пораженията върху околната среда, финансови загуби и т.н. Ако, например, за доминиращ критерий се приеме броят на загиналите и травмираните, то по тежестта на последствията на челно място ще се окаже катастрофата в Бхопал. Ако за главен критерий се приемат комплексните поражения на хора, околна среда, икономика, социални и морални поражения, то списъкът от най-тежките катастрофи ще се оглави от аварията в Чернобилската АЕЦ.

Осезаема вреда върху природната среда могат да нанасят също така и ситуации от политически и социален характер – въоръжени конфликти с използване на средства за масово поразяване, екстремистка политическа борба, тероризъм и др. Пример за това е замърсяването на водите в Персийския залив, предизвикано от изтичане на нефт от сондите, повредени в хода на ирано-иракския конфликт, в Мексиканския залив от нефтен разлив и др. Големи екологични вреди нанесоха масираните въздушни бомбардировки от НАТО на територията на бивша Югославия. Аналогичен е случаят с многочислените разрушения от въоръжения конфликт в Сирия.

Екологичните поражения, предизвиквани от стопанската дейност, съвсем не е задължително да бъдат свързвани с аварии и катастрофи. Те могат да бъдат и резултат от непълно или погрешно пресметнати екологични последствия при всяка стопанска дейност. Такива пропуски се срещат често. Например:

- *значително надвишаване пределно допустимото техногенното натоварване на територията;*
- *неправилно разполагане на стопанските обекти, при което екологичната ефективност се оценява, без да се отчитат екологичните параметри на територията;*
- *погрешна оценка за екологичните последствия от антропогенните преобразувания на природния ландшафт.*

Тези обстоятелства са тясно взаимно свързани. Те стават източник за възникване на кризисни зони, в които протича хронично нарушаване на качествата на околната среда и нараства вероятността от екологични поражения. Такива зони могат да обхващат големи територии от порядъка на десетки хиляди квадратни километри или да се изразяват чрез дефекти във функционалното планиране и отрасловата структура на даден промишлен център.

Антропогенното въздействие и екологичните поражения свидетелстват за това, че съвременното състояние на екосферата представлява значителна опасност за човечеството и биосферата на Земята. За кратък исторически срок стопанската дейност на човека дестабилизира цялата природна система, предизвиквайки глобална екологична криза. По силата на съществуващите в системата вътрешни връзки тази дестабилизация нанася удари и по самия човек – „ефектът на бумеранга". Достига се до момента, когато върху човека започва да въздейства изменената от него природа. И тази опасност става толкова по-реална, колкото по-голяма е числеността на населението и технико-икономическият потенциал на човечеството. Тези показатели стават определящи за екологичната опасност.

Човечеството, за да противостои на екологичната опасност, е необходимо да развива нови форми на взаимодействие с природата. Проблемът за осигуряване на екологичната безопасност става комплексен – еколого-икономически, научно-технически и правен.

Екологичната безопасност, по своята същност, е състояние на защитеност на природната среда и на жизнено важните интереси на човека от възможно негативно въздействие на стопанската и друга дейност, от извънредни ситуации от природен и техногенен характер и техните последствия. Това определение може да се сведе до кратката формулировка – състояние на защитеност от опасности. Но така, както защитата не се изчерпва със защитеността, така и състоянието на защитеност не се изчерпва с безопасност.

При определянето на безопасността се въвежда и понятието „*риск*", т.е. безопасността се разглежда като състояние, при което отсъства *недопустим риск*, свързан с причиняването на вреда за живота и здравето на хората, имуществото, околната среда. По аналогичен начин екологичната безопасност може да се съпостави с нивото на *приемлив екологичен риск*. Затова екологичният риск се свързва с вероятността от събития, имащи неблагоприятни последствия върху природната среда и предизвикано негативно въздействие на стопанската и друга дейност, извънредни събития от природен и техногенен характер.

Безопасността като сложна система се определя не толкова от субектите по защитата или факторите за външната защита, колкото от вътрешните свойства – *устойчивостта, надеждността, способността и авторегулацията*. В най-голяма степен това се отнася, именно, за екологичната безопасност.

Научната литература и различните препоръчителни и нормативни документи съдържат множество от частни критерии за безопасност, в това число и екологична безопасност. При това често е невъзможно да се съди по някой от тези критерии за безопасността на един или друг обект. Затова възниква необходимост от разработването и използването на неголям брой основни или интегрирани критерии за безопасност и получаване, на тази основа, на обобщена оценка за състоянието на обекта. Диапазонът и йерархията на обектите на екологична безопасност съответстват на основните нива на биологична организация и се простират от биосферата, като цяло, до индивида, отделния човек или отделния рядък звяр.

За екосферата и нейните части, т.е. повече или по-малко крупни териториални природни комплекси, включително и административни образувания, за основни критерии за екологична безопасност могат да служат нивата на биосферно-техносферен, еколого-икономически или природно-производствен паритет, т.е. степента на съответствие на общото антропогенно натоварване на екологичната техноемкост на територията – *пределната поносимост по отношение на увреждане от техногенни въздействия*. Оценката за безопасността и екологичния баланс на териториалния природно-социален комплекс се основава на съизмеримостта на природните и производствените потенциали на териториите. Основният критерий за безопасност е свързан:

- от *една страна*, с природоемкостта на техносферата (производството) на територията, т.е. на съвкупността от обемите на стопанската експлоатация и поражения на местните възобновими ресурси, включително и замърсяването на средата и другите форми на техногенния натиск върху реципиентите, в това число и влошаването на здравето на човека;
- от *друга страна*, с екологичната техноемкост на територията, отразяваща самовъзстановителния потенциал на природната система и количеството на максималното техногенно натоварване, което може да издържи и да понесе в течение на продължителен период от време съвкупността от всички реципиенти и екологични системи без нарушаване на техните структурни и функционални свойства.

Двете величини (природоемкостта и техноемкостта) могат да бъдат изразени чрез масата вещество, стандартизирано по опасностите (токсичността), а също така да има енергийно или парично изражение.

При общите модели на оценки за предпочитане е енергийният подход. Този критерий означава, че съвкупността от техногенното натоварване не трябва да превишава самовъзстановителния потенциал на природните системи на територията. Той лежи в основата на екологичните препоръки.

За определена територия нейната екологична техноемкост обективно се равнява на *пределно допустимото техногенно натоварване*. Ако то се установява като някакъв норматив е възможно да се различава от екологичната техноемкост на територията, тъй като отчита допълнително и социалната ценност на обектите, подложени на натоварване. Затова при определянето на пределно допустимото техногенно натоварване е възможен и субективен подход, зависещ от представите на експертите или органите за нормативните изисквания към екологичната обстановка. Диапазонът на тези представи може да бъде много широк, ако се сравнят, например, позициите на активистите на „Грийнпийс" и на технократите от военно-промишления комплекс.

Оценката на екологичния риск представлява научно изследване, при което фактите и научната прогноза се използват за оценяване потенциално вредното въздействие върху околната среда на различните замърсяващи вещества и други агенти. Екологичният риск не е единственият и в редица случаи не е главният риск за живота, здравето и благосъстоянието на хората, поради което се налага той да бъде съизмерван с другите видове риск – индивидуален, технически, социален, икономически.

Статистическата информация за нивата на риска, обусловени от хроничното замърсяване на околната среда, е извънредно разнородна и противоречива. В екологията и екопатологията се използват така наричаните *стрес-индекси* за различни неблагоприятни въздействия на факторите в околната среда, които по своя функционален смисъл са пропорционални на значенията на екологичния риск.

Стрес-индекси за различните групи замърсители

Наименование на замърсителите	Стрес-индекси
Пестициди	140
Тежки метали	135
Транспортируеми отпадъци от АЕЦ	120
Твърди токсични отпадъци от промишлеността	120
Отпадъци от металургията	90
Непречистени смесени отпадъчни води	85
Диоксиди на сярата във въздуха	72
Замърсяване на почвата с нефт	72
Химически торове	63
Органични битови отпадъци	48
Оксиди на азота във въздуха	42
Смесен градски боклук	40
Фотохимични оксиданти	18
Летливи въглеводороди във въздуха	18
Градски шум	15
Оксиди на въглеводорода във въздуха	12

Обикновено, рискът /R/ при оценката се характеризира с две величини – с вероятност от нежелано събитие /P/ и с последствия, вреди /Y/ от дадено събитие, които в математическо изражение се проявяват като съмножители.

(1) $R = P.Y$.

По отношение на източниците оценката на риска предвижда разграничаване на нормален режим на работа "н" и аварийни ситуации "ав".

(2) $R = R_н + R_{ав} = P_н.Y_н + P_{ав}.Y_{ав}$

Обективните и субективните оценки на риска по отношение на много неблагоприятни взаимодействия забележимо се разминават. Така, ако при класирането по обективни причини за смъртността в САЩ първо място са заемали тютюнопушенето и алкохола, то в субективните оценки на представители на различни кръгове общественото мнение им отрежда от 3-то до

7-мо място. Затова атомната енергия, намирайки се сред обективните причини за смъртността едва на 20-то място, в представите на преобладаващата част от хората заема първо място.

Подобни разсъждения не следва да се обясняват само с невежеството на хората. На специалистите се налага често да се сблъскват с вкоренените обществени предубеждения, които са способни да оказват сериозно влияние на икономическата политика и системата за приемане на решения. Това явление включва и феномена *екофобия*, т.е. натрапчив страх от поражения предизвикани от опасни фактори в околната среда. След Хирошима и Чернобил в съзнанието на много хора вероятността от заболяване и смърт от радиация започва да „тежи" несравнимо повече, отколкото смърт от промишлени и транспортни аварии, от пиянство, от удар от електрически ток, от домашни пожари, макар всяка от тези причини да убива стотици и хиляди пъти повече хора, отколкото радиацията. Хората неволно преувеличават факторите, които не се поддават на индивидуален психологичен контрол.

Приоритетите за безопасността на хората съществено влияят върху приоритетите на държавната еколого-икономическа политика, особено в областта на енергетиката. Според експертни оценки се очаква за периода 2000–2060 г. приносът на „екологично чистите" отрасли на енергетиката (хидроенергията и възобновяемите източници на енергия), при абсолютно общо увеличение от 4 пъти, следва да се увеличат от 18 до 36 % за цялата енергетика. В по-малка степен се очаква ръстът на ядрената енергетика – от 9 до 14 %. По други прогнози той е повече, а може да бъде и още повече при определени условия. Главното от тях е да се преодолее предубеждението за екологичната опасност от експлоатацията и демонтажа на АЕЦ, регенерацията, утилизацията и погребването на отпадъците от ядреното гориво.

Преди да се случат някои крупни ядрени аварии, станали в САЩ (1979 г.), СССР (1986 г.) и японската АЕЦ „Фукушима-1" (2011 г.) безопасността и перспективността на АЕЦ са се смятали за безспорни. Авариите, особено в Чернобил, променят всичко. Ядрената енергетика минава в позицията да се защитава. Най-силен аргумент за нея става количествената съпоставка на екологичните заплахи от страна на атомните и въглищните електроцентрали.

Число на преждевременна смъртност, свързана с една година работа на блок с мощност 1 GW при въглищен и атомен горивен цикъл

Въздействия и ефекти	въглищен	атомен
Нещастни случаи	5,60	0,25
Нерадиационни заболявания:		
• обслужващ персонал	6,90	0,15
• население от околността	360,0	0
Облъчване на обслужващия персонал	0,11	0,30
Облъчване на населението от околността	0,06	0,07
Общо	373	0,8

Общият резултат от сравнението впечатлява. Но действителният ефект от чернобилската авария още дълго ще действа, дори подобна катастрофа никога да не се повтори.

Приемането на решения, процедури и практически мерки за предотвратяване или намаляване на екологичните опасности налагат *екологичният риск да се управлява*. Основа за това служи *анализът на риска*. Той от своя страна включва процеса на идентификация на опасностите и оценка на риска за отделните лица, групи от населението, обектите на околната природна среда.

Съществуват четири основни подхода при оценка на риска:

- *инженерен – основава се на статистиката на авариите и вероятностния анализ за безопасността;*
- *моделен – построяване на модели за въздействие на опасните фактори за човека и околната среда;*
- *експертен – анкетиране на опитни специалисти;*
- *социологически – изследване на отношението на населението*

За анализа на риска и установяването на неговите допустими предели, във връзка с безопасността и приемането на управленчески решения, са необходими:

- *наличие на информационна система, позволяваща оперативно да контролира съществуващите източници на опасност и състоянието на обектите от възможно поражение;*
- *сведения за предполагаеми насоки на стопанската дейност, проекти и технически решения, които могат да влияят върху нивото на екологичната безопасност, а също така програми за вероятностна оценка на свързания с тях риск;*

- *експертиза за безопасност и съпоставяне на алтернативни проекти и технологии, явяващи се източници на риск;*
- *разработване на технико-икономическа стратегия за увеличаване на безопасността и определяне оптималната структура на разходите за управление размера на риска и неговото намаляване до приемливо ниво от социална, икономическа и екологична гледна точка;*
- *съставяне на прогнози за риска и аналитично определяне нивото на риска, при което се прекратява ръста на броя на екологичните поражения;*
- *формиране на организационни структури, експертни системи и нормативни документи, предназначени за изпълнение на посочените функции и процедури за приемане на решения;*
- *въздействие върху общественото мнение и пропагандиране на научните данни за нивата на екологичния риск с цел ориентиране към обективни, а не емоционални или популистки оценки на риска.*

В съответствие с принципа на намаляващите рискове важно средство за управление се явява процедурата по заместването на рисковете. Съгласно нея рискът, внасян с нова техника, е социално приемлив, ако нейното използване дава по-малък принос в сумарния риск, на който се подлагат хората, в сравнение с използваната друга, алтернативна техника, решаваща същата стопанска задача. Тази концепция е тясно свързана с проблема за екологичната адекватност на качеството на производството.

Традиционният подход за осигуряване безопасността при експлоатацията на техническите системи и технологии се базира на концепцията за *„абсолютната безопасност”* или *„нулевия риск”.* Както показва практиката, такава концепция не е адекватна за законите на техносферата и да се осигури нулев риск в действащите системи е невъзможно. Поради тази причина съвременният свят се ориентира към концепцията за *„приемливия” (допустимия) риск*. Степента на реализация на тази концепция в различните страни е различна.

В заключение следва да се подчертае, че има основания да се смята, че от всички възможни подходи за обективно определяне на приемливия риск от техногенното въздействие върху човешката общност, като цяло, или върху населението на определен регион, следва да се избира този подход, който дава най-малки значения на вероятността за поражения. Няма съмнение, че това е именно екологичният подход, който в качеството на обект на опасност разглежда не само човека, а целия комплекс от обкръжаващата го среда, отчитайки в исторически план всички нейни отклонения от естественото състояние. Останалите подходи, особено социалният, икономическият, техническият са до известна степен произволни, което е свързано с не екологични потребности и интереси на обществото. Те в една или друга степен са компромисни.

Литература:

1. Алексиева, С. Кризисни комуникации – В: Сб. Туризмът – предизвикателства в условията на икономическа криза, НБУ, София, 2011.
2. Хаджиева, В. Контролинг концепцията в системата на управленския цикъл, XV Международна научна конференция „Мениджмънт и инжинеринг, 17“, 25–28 юни 2017 г., Созопол, том 1, с. 53–62, ISCME 2017, ISSN 1314-6327.
3. Хаджиева, В. Учебник „Контролинг концепция“, НБУ, София, 2016 г. ISBN 978-954-535-933-0, 170 с.
4. Маринова, Н. Управление на проекти за постигане на устойчиво развитие, НБУ, 2014, 212 с.
5. Маринова, Н. Икономика и природа. PROCEEDINGS SES 2018, София, 2018, с. 429–444, p- ISSN 2603-3313, e- ISSN 2603-3321.
6. Павлова, А. Имидж, репутация, бранд, Научно електронно списание Проблеми на постмодерността, т. 5, бр. 1, ЮЗУ “Неофит Рилски”, 2015, ISSN:1314-3700
7. Avramov, V. Creating Incentives for Technological Change: Innovation Management and the EU Regulation of Energy Efficiency, Machines. Technologies. Materials., Scientific technical union of mechanical engineering “Industry 4.0”, Sofia, Vol. 8, 2014, Issue 1, pp. 28–30.
8. 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.
9. Davidson, J. 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, 2003, pp. 73–80.
10. Mühlbacher, H., H. Leihs, L. Dahringer. International marketing. A global perspective, London, 2006, pp. 144–150.
11. Schmitz, H. Project controlling, 3. Auflage, Dusseldorf, 2006, pp. 64–72.