The cosmos is all that is, or ever was, or ever will be. - Carl Sagan (1934-1996)

Космосът е всичко това, което е, или е било, или някога ще бъде.
Карл Сейгън (1934-1996)

Bulgarian pilot-cosmonaut
Aleksandar Aleksandrov

© Space Research and Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences
p-ISSN 2603 – 3313 e-ISSN 2603 – 3321
2018

SES 2018

SES 2018

Fourteenth International Scientific Conference

SPACE, ECOLOGY, SAFETY

7 - 9 November 2018, 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

FOURTEENTH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

DEDICATED TO

THE 30-TH ANNIVERSARY OF THE SHIPKA SCIENTIFIC PROGRAMME AND THE MISSION OF THE BULGARIAN ASTRONAUT ALEXANDER ALEXANDROV

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

S E S 2018

PROCEEDINGS

The Conference is supported by Bulgarian National Science Fund
Contract № ДПМНФ 01/20 – 23.08.2018

2018

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 – 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 Fourteenth International Scientific Conference „Space, Ecology, Safety - SES 2018", which was held on 7– 9 November 2018 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

Aleksandar Aleksandrov

Associate Professor, Doctor of Science

First class military pilot, honored pilot, major-general

Hero of Bulgaria and Soviet Union

Space mission on MIR space station

from 7 to 17 June 1988

CONTENTS

Session 1

Space Physics

Николай Ерохин, Румен Шкевов, Владимир Лозников, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская
Переменность потока электронов и позитронов в космических лучах (Invited paper). 13

Румен Шкевов, Николай Ерохин, Владимир Лозников, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская
Анализ на динамиката на сърфатронно ускорение на слаборелативистки електрони от вълнови пакет в космическа плазма. 23

Tsvetan Dachev, Kalin Lilovski, Nikolay Bankov, Borislav Tomov, Yurii Matviichuk, Plamen Dimitrov, Jordanka Semkova, Rositza Koleva, Vyacheslav Shurshakov, Victor Benghin, Donat-Peter Häder, Gerda Horneck, Günter Reitz
Description of the Database with Liulin Type Instruments' Cosmic Radiation Data. 30

Tsvetan Dachev, Nikolay Bankov, Borislav Tomov, Yurii Matviichuk, Plamen Dimitrov
High Energy Depositing Events Observed Inside and Outside of the Earths Magnetosphere. 37

Lev Dorman, Peter Velinov, Dimitrinka Tomova, Alexander Mishev, Lachezar Mateev
Anomalous Enhancement of Cosmic Rays during G3 Geomagnetic Storm on 26.08.2018 in Special Position of Sun-Earth-Moon System. 43

Огнян Огнянов, Явор Шопов, Петър Гецов, Пенка Мъглова, Алексей Стоев
Създаване на мрежа за космическите наблюдения и проследяване (SST) в България – първи резултати. 49

Boian Kirov
Solar Activity, Earth Rotation and Atmospheric Circulation. 61

Simeon Asenovski
Variation of the Solar Wind Speed in Solar Cycle 24. 66

Simeon Asenovski
High Speed Solar Wind Contribution to the Solar-Terrestrial System. 70

Алексей Стоев, Пенка Стоева, Сергей Кузин
Спектралните наблюдения на Слънцето като тема за лабораторна работа в школите по космическа физика и астрономия. 74

Мина Спасова, Алексей Стоев, Пенка Стоева
Интердисциплинарен подход при съставяне на система от упражнения в университетски курс по археоастрономия. 80

Красимира Янкова
Фундаментална адвекция. 85

Красимира Янкова
Влияние на границата в системата Disk-Corona върху развитието на короната. 90

Natalya Kilifarska, Rumiana Bojilova, Tsvetelina Velichkova
Spatial Heterogenity of Cosmic Radiation Measured at Earth's Surface. 95

Rolf Werner, Dimitar Valev, Veneta Guineva, Andey Kirillov, Boyan Petkov
Determination of the UV-Index Using Measurements Performed by the GUV 2511 Instrument at Stara Zagora. 101

Rositsa Miteva, Susan Samwel
Catalogs of Solar Energetic Electrons and their Radio Emissions in Solar Cycles 23 and 24. 106

Daniela Boneva
Signatures of Small-Scale Brightness Variability of the Binary Star System NQ Gem. 111

Peter Tonev
Possible Explanation of Reversal of Ionosphere-Earth Electric Current Observed
in High-Latitude Stratosphere during Solar Proton Event on 20.01.2005. 117

Костадин Шейретски, Пламен Румен Шкевов, Николай Ерохин
Върху един метод за изследване на параметричен резонанс. 121

Ангел Манев, Таньо Танев, Динко Господинов, Веселин Ташев
Космически репери в хронографията на Теофан Изповедник. 125

Владимир Гарбацевич, Игорь Шибаев
Проявление характеристик Луны при регистрации модуля магнитного поля Земли. 130

Session 2
Aerospace Technologies and Biotechnologies

Petar Getsov, Dimitar Jordanov, Wang Bo, Stefan Getsov
Modeling a Pilot Error from Uncoordinated Commands while Performing a Turn. 137

Petar Getsov, Ruslan Yanev, Wang Bo, Georgi Sotirov, Pavlin Gramatikov
Hybrid Motogenerator System for Electrical Propulsion of Unmanned Aerial Vehicles. 143

Dimo Zafirov
Vertical Take-Off and Landing Unmanned Airplane. 150

Dimo Zafirov
Vertical Take-Off and Landing Propulsions. 154

Георги Сотиров, Светлозар Асенов, Николай Загорски
Анализ на теория на полета на делтапланер за определяне на изисквания и методи
за оценка на летателната годност. 158

Георги Сотиров, Светлозар Асенов, Ангелина Чожгова, Михаил Владов
Системи за мониторинг на техническото състояние на вертолетите. 167

Malina Jordanova, Frank Lievens, Anton Vladzymyrskyy
Creating Digital Ehealth Repository (The New Digital Library). 171

Rositsa Miteva, Mariana Zaharinova, Tatiana Belichenova, Garo Mardirossian
Web-Site of the Bulgarian Space Instrumentation Initiative. 176

Милен Замфиров
Повишаване ефективността на силициеви фотоелементи чрез облъчване
с лазерно лъчение като възможност за енергийно възстановяване на изкуствени
спътници на Земята. 181

Пламен Трендафилов
Устойчивост на радиовзривателите срещу смущения. 186

Пламен Трендафилов
Относно работата на честотно модулираните транзисторни автодини. 192

Konstantin Metodiev
Driving a CAD Model by Hardware in the Loop. 196

Зоя Хубенова
Ситуационен анализ на ергатични системи за управление на мобилни обекти. 202

Христофор Скандалиев, Калин Крумов, Нели Сивева, Олег Панайотов, Силвия Венкова
Изследване на композитни състави за соплови блок на екологично чисти ракетни двигатели. 208

Павлин Граматиков
Вторична електрозахранваща система за безпилотен летателен апарат. 212

Павлин Граматиков
Вторична електрозахранваща система за многоканална спектрометрична система „Спектър-256“. 217

Елисавета Александрова
Манипулации за сметка на технологичния прогрес: примери в областта на спътниковите комуникации. 221

Session 3
Remote Sensing and Geoinformation Systems

Радик Мартиросян, Альберт Гулян, Гамлет Пирумян, Маргар Адибекян
Исследование характеристик радиотелескопа РТ-13 ИПА РАН. 229

Георги Желев
Видове дронове. 236

Мария Димитрова, Деян Гочев, Пламен Тренчев
Избор на спътникови данни за регистриране и изследване на пясъчни бури от Африка, насочени към Балканския полуостров. 253

Деян Гочев, Мария Димитрова, Пламен Тренчев
Сравняване на модели за връзките между AAI(AOD) и $PM_{2.5}$, PM_{10}. 258

Веселин Ташев, Ролф Вернер, Ангел Манев, Димитър Вълев, Мариана Горанова, Ана Шишкова
Развитие и установяване на тенденции в температурните промени на атмосферата в района на град Стара Загора. 262

Веселин Ташев, Ролф Вернер, Ангел Манев, Димитър Вълев, Мариана Горанова
Графично изображение на количеството слънчева енергия падаща на Земята за различни времеви периоди. 269

Valentina Hristova, Denitsa Borisova
Experimental Study on Merging Methods in Road Recognition. 277

Valentin Atanassov, Denitsa Borisova, Ventzeslav Dimitrov, Doyno Petkov, Hristo Nikolov, Georgi Georgiev, Hristina Vasileva
Multisensor Earth Observation System. 282

Деница Борисова, Маргарита Горанова
Тематични спектрални данни от системи за дистанционни изследвания. 289

Ангел Манев
Обзор на температурните аномалии на повърхността на Черно море в периода 1988–1999 години. 293

Dessislava Ganeva
Semiautomatic Retrieval of Biomass Based on Vegetation Index Optimization and Machine Learning Methods for Winter Rapeseed Crops. 299

Temenuzhka Spasova, Iva Ivanova, Deyan Gotchev, Nataliya Stankova
Monitoring of Short-Lived Snow Coverage Based on Aerospace Data on Svalbard in Norway. 306

Session 4
Ecology and Risk Management

Boyko Ranguelov, Fathimath Shadiya
The C A B A R E T ERASMUS+ Project WP7 - Progress and Achivements. 319

Orlin Dimitrov, Boyko Ranguelov
Natural Hazards and Natural Resources of the Bulgarian Black Sea Coastal Area. 323

Маргар Адибекян
Анализ наблюдений ионосферных временных рядов для обнаружения предвестников землетрясений. 328

Маргар Адибекян, Эрмине Багдасарян
Анализ наблюдений ионосферных, геомагнитных и электромагнитных временных рядов для обнаружения предвестников землетрясений. 331

Геннадий Маклаков, Надежда Георгиева, Евгени Малев
Изследване на перспективни рекреационни зони в България за рехабилитация и профилактика чрез хронофизиотерапия на работещи в аерокосмическия отрасъл. 335

Геннадий Маклаков, Надежда Георгиева, Иван Иванов
Особености на екологията на Побитите камъни (Варненски регион) и влиянието й върху човека. 341

Venelin Jivkov, Simeon Panev, Venkatanathan Natarajan, Philip Philipoff, Petar Mandiev, Blagovest Simeonov, Silvia Mitkova, Yordan Tankovsky
Modern Ecology Friendly Pneumatic Structures. 346

Venelin Jivkov, Simeon Panev, Venkatanathan Natarajan, Philip Philipoff, Petar Mandiev, Blagovest Simeonov, Silvia Mitkova, Yordan Tankovsky
Three Modern Strategies for Protection of Building Structures against Earthquakes. 352

Вилма Петкова, Иванка Паскалева, Венцеслав Стоянов, Владислав Костов, Биляна Костова, Ралица Берберова, Теодосис Папалиангас
Вероятностен анализ на сеизмичния риск (PSHA-анализ) по линията Благоевград – Банско – Гоце Делчев. 358

Екатерина Серафимова, Вилма Петкова
Ефективно управление и методи за обезвреждане и оползотворяване на утайки от ГПСОВ. 364

Екатерина Серафимова, Вилма Петкова
Възможности за оползотворяване на шредиран чипс от автомобилни гуми. 369

Ралица Берберова
Обзор на възникнали кризисни събития от природни бедствия в България за периода 2004–2016 г. 375

Марко Узунов, Евгения Савова-Виденова
Прогнозиране концентрацията на въглеродния оксид по прогнозни данни на метеорологичните показатели. 379

Marko Uzunov
Multiple Linear Regression Models Based on Meteorological Parameters for Forecasting of Nitrogen Oxides Concentrations Levels. 385

Мила Илиева-Обретенова
Виртуален експеримент с почвата като фрактален обект. 391

Светла Димитрова
Влияние на промените в слънчевата и геомагнитната активност върху биосферата. 397

Gennady Belyaev, Boris Hotinov, Vladimir Kostin, Olga Ovcharenko, Elena Trushkina
On the Possibility of Powerful Underground Explosions Impact to Release of the Earth's Crust Stresses and on the Development of Hurricanes. 403

Петър Бодуров, Васил Генчев
Нови високотехнологични решения на екологични проблеми в строителството. 410

Ива Николова, Панчо Николов
Екологосъобразното строителство като маркетингов инструмент на съвременната строителна компания. 415

Иван Вълчинов, Диана Вълчинова, Гаро Мардиросян, Светослав Забунов
Безпилотна авиационна система за радиационно разузнаване, аерогама сканиране и картиране. 420

Stojan Velkoski, Jane Velkoski, Mihail Velkoski
The Meaning of the Ancient Messages through the Stone Art in Macedonia. 423

Надя Маринова
Икономика и природа. 429

Kh. Davarashvili, T. Zhvitiashvili, A. Aleksandrov, T. Adeishvili
Evolution of Biosphere and its Physical and Ecological Model. 435

T. Adeishvili, A. Aleksandrov, Kh. Davarashvili, T. Zhvitiashvili
On the Model of Physical Evolution of Biosystem. 440

Session 5
Space Material Science and Nanotechnology

Boris Barbov, Anna Petrova
Oxidation of Aluminum Alloys in the Processing Condition. 447

Boris Barbov, Anna Petrova
Microstructure and Mechanical Properties of Nano-Microcrystalline Aluminum Alloys. 451

Session 1

Space Physics

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

Invited paper

ПЕРЕМЕННОСТЬ ПОТОКА ЭЛЕКТРОНОВ И ПОЗИТРОНОВ В КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧАХ

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

[1]Институт космических исследований, Российская академия наук, Москва, Россия
[2]Институт за космически изследвания и технологии, Българска академия на науките, София, България
e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru, shkevov@space.bas.

Ключевые слова: *Серфотронный механизм ускорения, плазменные волны, космические лучи, гелиосфера, локальная межзвездная среда.*

Аннотация: *На основе численных расчетов и анализа данных спутниковых экспериментов Fermi-LAT, AMS-02, DAMPE исследована переменность суммарного потока электронов и позитронов ($e^+ + e^-$) в космических лучах (КЛ) с учетом моделей серфотронного ускорения заряженных частиц электромагнитными волнами в космической плазме. Показано, что переменность спектра КЛ для ($e^+ + e^-$) в энергетическом диапазоне ГэВ-ТэВ достоверна. Наблюдается корреляция между достоверностью переменности для спектров ($e^+ + e^-$) и величиной разности, усредненных за интервал наблюдения, среднемесячных чисел солнечной активности. При повышении солнечной активности низкоэнергетическая часть спектра КЛ возрастает существенно. Таким образом модель серфотронного ускорения космических лучей в ближайшей окрестности солнечной системы (на периферии гелиосферы и в ближайших межзвездных облаках) вполне может объяснить существование наблюдаемой переменной компоненты потока ($e^+ + e^-$) в КЛ на временной шкале от ~ 1 месяца до ~ 1 года.*

ELECTRON AND POSITRON FLUX VARIABILITY IN COSMIC RAYS

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

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

Key words: *Surfatron acceleration mechanism, electrons and positrons, plasma waves, cosmic rays, heliosphere, local interstellar medium, flux variability of electrons and positrons.*

Abstract: *Based on numerical calculations and data analysis of satellite experiments Fermi-LAT, AMS-02, DAMPE, the total flux variability of electrons and positrons ($e^+ + e^-$) in cosmic rays (CR) was studied taking into account the models of surfatron acceleration of charged particles by electromagnetic waves in space plasma. It was shown that variability of the CR spectrum for ($e^+ + e^-$) in the energy range GeV-TeV is veracious. A correlation is observed between the veracity of the variability, for a pair of spectra ($e^+ + e^-$) and the magnitude of the difference, averaged over the observation interval of the average monthly numbers of solar activity. With the increase of the solar activity, the low-energy part of the CR spectrum grows significantly. The model of cosmic ray surfatron acceleration, within the immediate vicinity of the solar system (on the periphery of the heliosphere and in the nearest interstellar clouds), can give plausible explanation for the existence of the observed variable flux component ($e^+ + e^-$) in CR on the time scale from ~ 1 month to ~ 1 year.*

Введение

Последнее поколение детекторов космических лучей (детекторы, запускаемые на аэростатах, спутниках, и большие наземные установки) значительно улучшило чувствитель-

ность и энергетическое разрешение измерений, что позволило зарегистрировать переменные особенности в спектрах КЛ. Первое открытие широкого квази-пика в спектре ($e^+ + e^-$) КЛ в окрестности энергий ~ 700 ГэВ было сделано в баллонном эксперименте ATIC [1] и подтверждено в баллонном эксперименте PPB-BETS [2]. Затем, в спутниковых экспериментах PAMELA [3, 4, 5], Fermi-LAT [6, **7**], AMS-02 [8, 9] были зарегистрированы значительные изменения в спектрах КЛ для электронов e^- и позитронов e^+. В последние годы появились новые статьи с данными экспериментов Fermi-LAT [10], DAMPE [11], CALET [12] в диапазоне энергий до нескольких ТэВ. Полученные спектры потока ($e^+ + e^-$) подтверждают наличие широкого квази-пика в окрестности энергий ~ 1 ТэВ. Для больших энергий наблюдается резкое уменьшение потока, однако видна тенденция к продолжению спектра далее 10 ТэВ.

Обычно предполагается, что источники потока ($e^+ + e^-$) в КЛ (с энергией > 10 ГэВ) ассоциированы с остатками сверхновых и пульсарами. Экзотические модели на основе темной материи в данной работе не обсуждаются. Самый близкий пульсар Geminga находится на расстоянии ~250 пк (парсек). Отметим однако, что если источник ($e^+ + e^-$) для КЛ находится на расстоянии >1000 пк, то e^+ и e^- при распространении к Земле теряют энергию в процессах синхротронного излучения в межзвездном магнитном поле и комптоновского рассеяния на микроволновом фоне.

К настоящему времени спектры потока ($e^+ + e^-$) в КЛ измерены до максимальной энергии порядка нескольких ТэВ. Для энергии электронов с энергией ~1 ТэВ циклотронный радиус ~100 а.е. (или ~10^{-3} пк). Даже для энергии частиц порядка энергии “колена” (~10^6 ГэВ) циклотронный радиус всего лишь ~1 пк. Следовательно, независимо от модели генерации потока ($e^+ + e^-$) КЛ в источниках на расстоянии >100 пк, все особенности спектра должны сглаживаться при диффузионном распространении ($e^+ + e^-$) от источника до Земли и поэтому переменность спектра не должна наблюдаться для энергий e^+, e^- более 20 ГэВ, поскольку влиянием солнечного ветра на распространение КЛ можно пренебречь.

В статье [13] дан анализ наблюдений наземной обсерваторией HAWC углового профиля γ-излучения в диапазоне (1–50) ТэВ от ближайших пульсаров Geminga и Monogem. В предположении, что это излучение является результатом обратного комптоновского рассеяния частиц e^+, e^- на микроволновом фоне частиц определены диффузионные коэффициенты для распространения e^+, e^- от пульсаров к солнечной системе. Полученные величины этих коэффициентов оказались на порядок меньше, обычно предполагаемых величин, которые находятся из наблюдений адронных КЛ. Показано, что для однородной и изотропной диффузии ближайшие пульсары Geminga, Monogem не могут обеспечить наблюдаемый на Земле поток ($e^+ + e^-$). Варианты иного объяснения результата [13] будут в разделе “Обсуждение”.

Ранее в теоретических работах по изучению резонансного ускорения заряженных частиц электромагнитными волнами в космической плазме [14, 15] била выдвинута гипотеза о том что серфотронное ускорение является одним из возможных механизмов генерации релятивистских и сверхрелятивистских частиц в естественных условиях космического пространства. Позже на основе численных расчетов, доказана высокая эффективность серфотронного ускорения электронов [16, 17] (прирост энергии частицы более чем на 4 порядка) пакетом электромагнитных волн.

В работах [18–22] появление переменных особенностей в энергетических спектрах (ЭС) электронов, позитронов и ядер КЛ обосновывается наличием серфотронного механизма ускорения в ближайшей окрестности солнечной системы (≤ 1 пк).

В настоящей работе рассмотрены ЭС потоков суммы электронов и позитронов КЛ по данным спутниковых экспериментов PAMELA [3–5], Fermi-LAT [7], AMS-02 [9], Fermi-LAT [10], DAMPE [11], CALET [12]. К сожалению, табличные данные PAMELA [4, 5] опубликованы отдельно для спектров e^- [4] и e^+ [5] с различными энергетическими каналами и на разных временных интервалах, но нет данных для потока ($e^+ + e^-$). Поэтому данные PAMELA [4, 5] не использовались для численных оценок переменности. Спектр ($e^+ + e^-$) для эксперимента CALET [12] опубликован только в виде графика (без табличных данных) и здесь он не использован для численных оценок переменности. Поэтому, численные оценки переменности были сделаны только для попарного сравнения спектров Fermi-LAT [7], AMS-02 [9], Fermi-LAT [10], DAMPE [11], измеренных в разное время.

Анализ экспериментальных данных

Поскольку в нашей модели серфотронное ускорение потока ($e^+ + e^-$) в КЛ до энергий ~1 ТэВ происходит на периферии гелиосферы в области однородного магнитного поля, а квазипродольные плазменные волны генерируются солнечными вспышками, то уместно привести график солнечной активности (Рис. 1, верхняя панель) [23] для времени проведения

анализируемых экспериментов. На нижней панели Рис.1 горизонтальными отрезками показаны временные интервалы исследованных экспериментальных данных с названиями экспериментов; числа над горизонтальными отрезками соответствуют усредненным за интервал времени наблюдения среднемесячным числам солнечных пятен (AMSN).

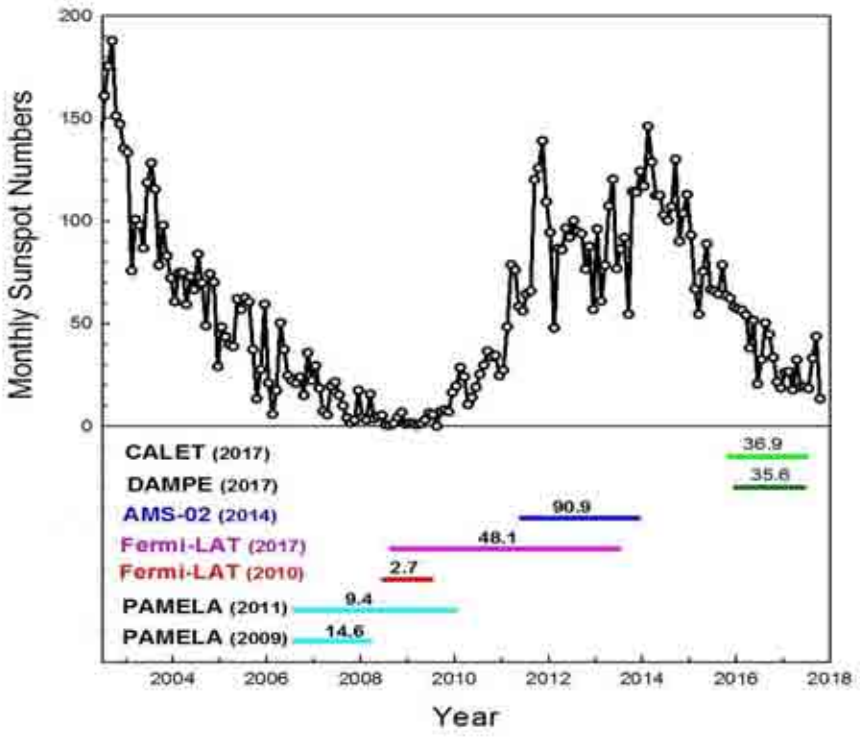


Рис.1. На верхней панели показана зависимость Солнечной активности от времени (среднемесячные данные) [19]. На нижней панели приведены названия инструментов (в скобках год публикации статьи); горизонтальными отрезками показаны временные интервалы экспериментальных данных, использованных для построения спектров; числа над горизонтальными отрезками соответствуют усредненным за интервал времени наблюдения среднемесячным числам солнечных пятен.

В 2010 г. опубликована статья, где представлен спектр потока ($e^+ + e^-$) в КЛ для диапазона 7 ГэВ – 1 ТэВ, полученный на космической обсерватории Fermi-LAT [7] за 12 месяцев начиная с июня 2008 г. В 2014 г. опубликованы статьи с результатами измерений спектров (e^+ и e^-) в КЛ (в диапазоне 0.5 ГэВ – 1 ТэВ), полученных на “Альфа Магнитном Спектрометре” (AMS-02) [9] за 30 месяцев с мая 2011 г. В 2017 г. появилась статья с новыми данными Fermi-LAT [10] по измерению спектров (e^+ и e^-) КЛ в диапазоне (7 ГэВ – 2 ТэВ) за период времени (август 2008 г. – июнь 2013 г.), который включает данные за 10 месяцев из 12 месяцев, представленных в [7]. В 2017 г. появилась статья с данными DAMPE [11] по измерению спектров e^+ , e^- в КЛ для энергий (24 ГэВ – 4.6 ТэВ) за период времени (27 декабря 2015 г. – 8 июня 2017 г.). Как видно на Рис. 2, спектры суммарного потока ($e^+ + e^-$) в КЛ в этих экспериментах значительно отличаются друг от друга. Однако, в [7–11] не упоминается о переменности потока ($e^+ + e^-$) в КЛ. Это можно объяснить тем, что, в рамках традиционного механизма генерации КЛ, нельзя объяснить особенности в спектрах КЛ и их наблюдаемую переменность.

Все аппроксимации спектров (на Рис. 2 сплошные линии) проводились на основе двухкомпонентной модели спектра $F = F_B + F_S$, где $F_B = B \cdot E^{-\beta}$ – поток “фона” с индексом β, $F_S = S \cdot E^{-\alpha} \exp(- E / E_{Cut})$ – поток “источника” с индексом $\alpha < \beta$ и обрезанием на высокой энергии E_{Cut}. Как видим, в течение времени повышенной солнечной активности (Рис.1), в интервалах времен наблюдений AMS-02 [9] и в правой части интервала Fermi-LAT (2017) [10], низкочастотная часть спектра значительно поднялась (Рис. 2) относительно спектра Fermi-LAT (2010) [7] измеренного для минимальной солнечной активности (Рис. 2). К сожалению, интервал времени для анализа данных в работе Fermi-LAT (2017) [10] почти полностью включает интервал времени для анализа данных в работе Fermi-LAT (2010) [7] поскольку более корректно сравнивать спектры, полученные в последовательные интервалы времени. Чтобы избавиться от субъективной, качественной оценки различия спектров, сделаем количественную оценку

переменности. Для численной оценки переменности спектров ($e^+ + e^-$) в КЛ используем только спектры, для которых имеются табличные данные, т.е. спектры Fermi-LAT [7], AMS-02 [9], Fermi-LAT [10] и DAMPE [11]. Чтобы корректно сравнивать спектры, необходимо иметь данные о потоках и полных стандартных отклонениях в одинаковых энергетических каналах. Поскольку энергетические каналы во всех экспериментах разные, то для каждой пары экспериментов “A” и “B” будем использовать свою комбинированную энергетическую шкалу. При выборе комбинированной энергетической шкалы будем использовать график зависимости ширины канала от энергии (Рис. 3).

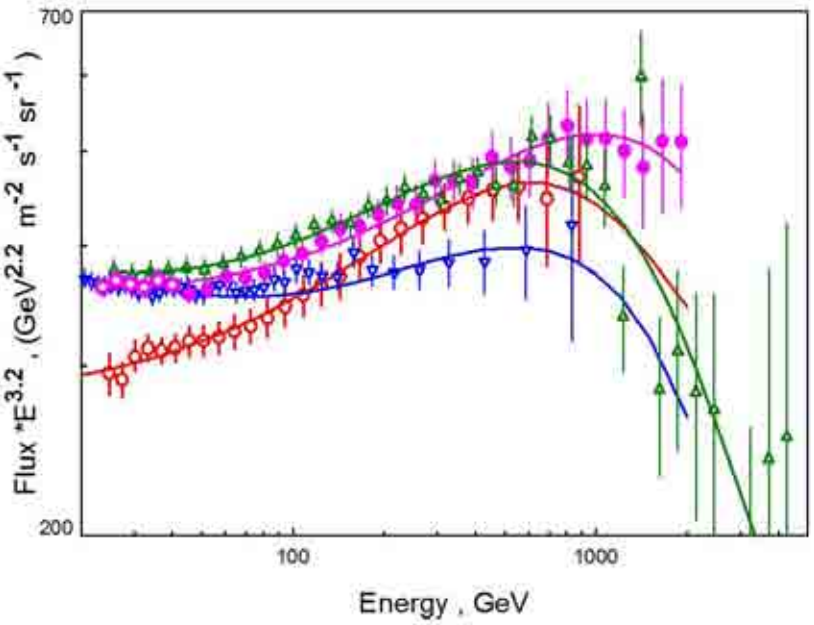


Рис. 2. Энергетические спектры (Flux × $E^{3.2}$) потоков суммы электронов и позитронов Flux ($e^+ + e^-$) для экспериментов: Fermi-LAT (2010) [7] (пустые красные кружки), Fermi-LAT (2017) [10] (заполненные и пустые фиолетовые кружки), AMS-02 [9] (синие треугольники с вершиной вверх), DAMPE [11] (зелёные треугольники с вершиной вниз). Для всех экспериментов показаны полные стандартные отклонения, включающие статистические и систематические погрешности. Сплошные кривые – наши аппроксимации.

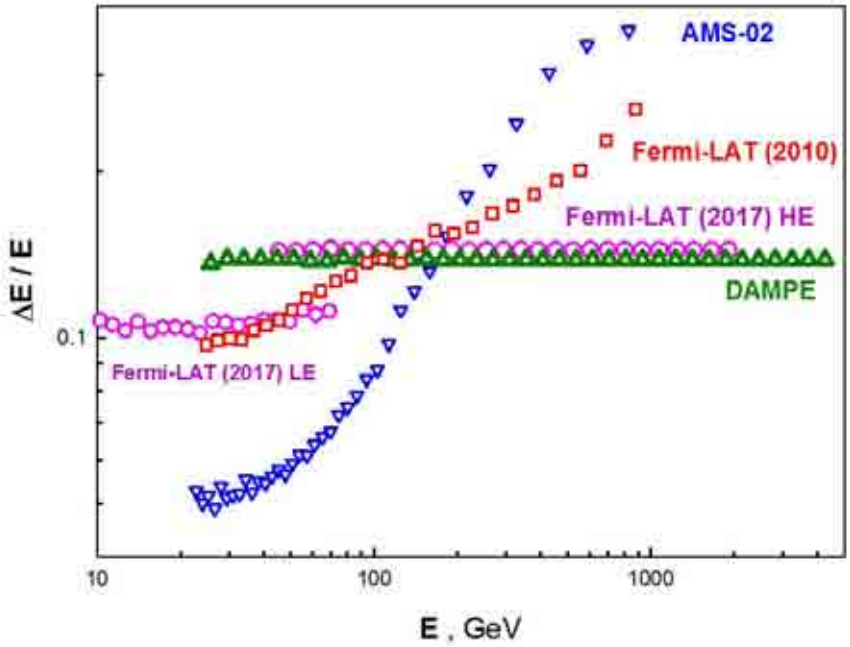


Рис. 3. Зависимость отношения ширины энергетического канала к энергии (ΔE/E) от энергии E: квадратики – Fermi-LAT (2010) [7]; кружочки – Fermi-LAT (HE & LE) (2017) [10]; треугольники с вершиной вниз – AMS-02 [9]; треугольники с вершиной вверх – DAMPE [11].

В качестве оценки различия пары спектров “**A**” и “**B**” будем использовать статистику $(\chi^2)_{Test} = \sum_{i=1,N} ((J_i)_A - (J_i)_B)^2 / ((D_i)_A + (D_i)_B)$, где $(J_i)_A = (E_i)^3 \times (F_i)_A$ – поток в i-ом канале комбинированной энергетической шкалы эксперимента “**A**” умноженный на $(E_i)^3$; $(J_i)_B = (E_i)^3 \times (F_i)_B$ – умноженный на $(E_i)^3$ поток в i-ом канале комбинированной энергетической шкалы эксперимента “**B**”; $(D_i)_A = ((E_i)^3 \times (\sigma_i)_A)^2$ – дисперсия в i-ом канале комбинированной энергетической шкалы эксперимента “**A**” умноженная на $(E_i)^6$; $(D_i)_B = ((E_i)^3 \times (\sigma_i)_B)^2$ – дисперсия в i-ом канале комбинированной энергетической шкалы эксперимента “**B**” умноженная на $(E_i)^6$; (E_i) – средняя энергия i-го канала. Полная дисперсия в i-ом канале $(D_i)_{A,B}$ вычисляется как сумма статистической и систематической дисперсий $(D_i)_{Tot} = (D_i)_{Stat} + (D_i)_{Syst}$.

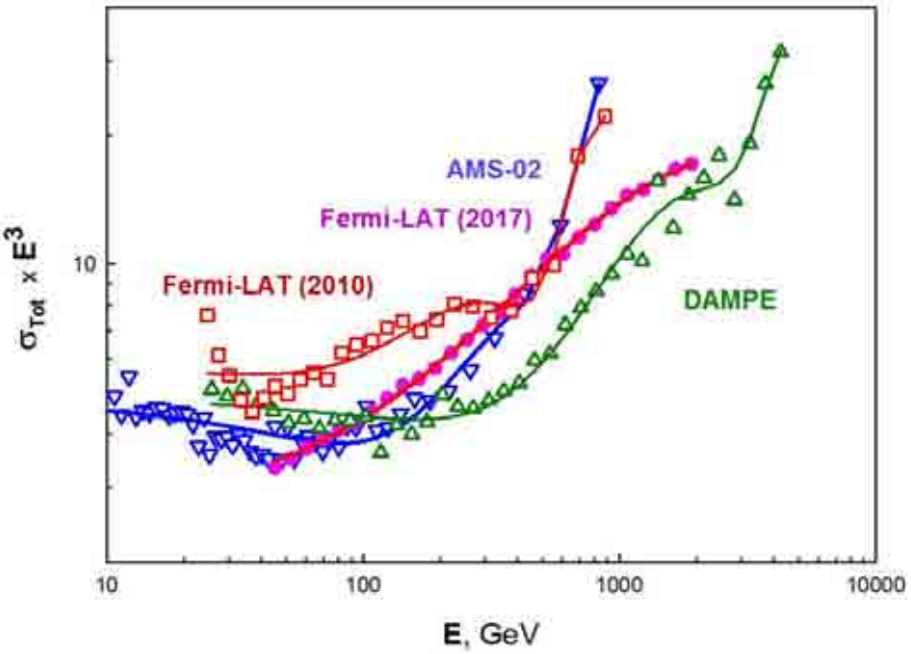


Рис. 4. Зависимость ($\sigma_{Tot} \times E^3$) от энергии, где σ_{Tot} полное стандартное отклонение, E энергия. Квадратики – Fermi-LAT (2010) [7]; кружочки – Fermi-LAT (HE & LE) (2017) [10]; треугольники с вершиной вниз – AMS-02 [9]; треугольники с вершиной вверх – DAMPE [11]. Сплошные линии – аппроксимации полиномами 6-ой степени.

Комбинированная энергетическая шкала строится следующим образом. Если для энергии (E_i) ширина канала $(\Delta E_i)_A$ эксперимента “**A**” больше ширины канала $(\Delta E_i)_B$ эксперимента “**B**”, то этот канал эксперимента “**A**” присваивается новой комбинированной шкале и используются табличные величины потоков и стандартных отклонений эксперимента “**A**”. В этом случае для эксперимента “**B**” величины потоков и полных стандартных отклонений берутся из наших аппроксимаций (Рис. 2 и Рис. 4). Корректно учесть изменение (уменьшение) величины стандартного отклонения при увеличении ширины каналов могут только сами экспериментаторы. Поэтому, использование нами аппроксимации полных стандартных отклонений (т.е. заведомо больших величин) только уменьшает статистику $(\chi^2)_{Test}$ и, соответственно, уменьшает достоверность различия двух спектров. Следовательно, наша численная оценка переменности меньше истинной оценки.

Распишем подробно технику численной оценки на примере пары спектров экспериментов “**A**” ≡ “Fermi-LAT (2010)” [7] и “**B**” ≡ “AMS-02” [9] (Рис. 5(a)) в диапазоне энергий (24 – 1000) ГэВ, а также и в диапазоне энергий (33–1000) ГэВ.

Используя Рис. 3, построим новую композитную энергетическую шкалу из N = 24 энергетических каналов: 18 низкоэнергетических каналов $(\Delta E_i)_A$ эксперимента “A” [7] в диапазоне средних энергий (24–194 ГэВ), (для которых каналы $(\Delta E_i)_A > (\Delta E_i)_B$), и 6 высокоэнергетических каналов $(\Delta E_i)_B$ эксперимента “B” [9] в диапазоне (216 – 832) ГэВ, для которых каналы $(\Delta E_i)_B > (\Delta E_i)_A$. Используя аппроксимации потоков (Рис. 2) и аппроксимации стандартных отклонений (Рис. 4) вычисляем новые величины потоков $(J_i)_B$ и дисперсий $(D_i)_B$ в 18 композитных низкоэнер-гетических каналах $(\Delta E_i)_A$ эксперимента “B” для средних энергий $(E_i)_A$. Аналогично, используя аппроксимации (Рис. 2 и Рис. 3), вычисляем новые величины потоков $(J_i)_A$ и дисперсий $(D_i)_A$ в 6 композитных высокоэнергетических каналах $(\Delta E_i)_B$ эксперимента “A”

для средних энергий $(E_i)_B$. Теперь можно для N_{dof} = (N - 2) степеней свободы вычислить оценку статистики $(\chi^2)_{Test}$.

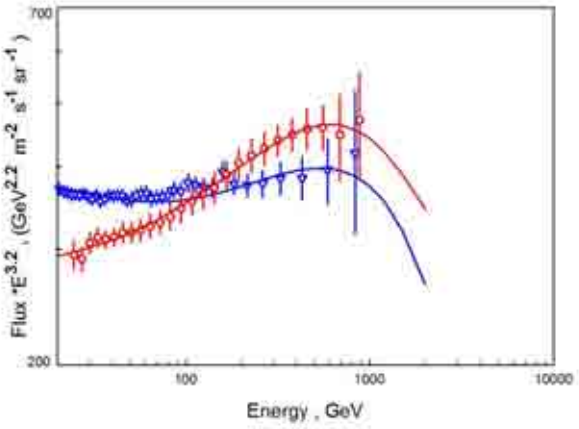


Рис. 5(a). Fermi-LAT (2010) [7] & AMS-02 [9].

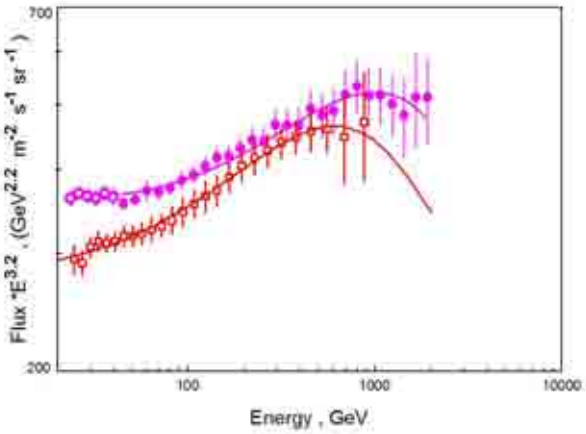


Рис. 5(b). Fermi-LAT (2010) [7] & Fermi-LAT (2017) [10].

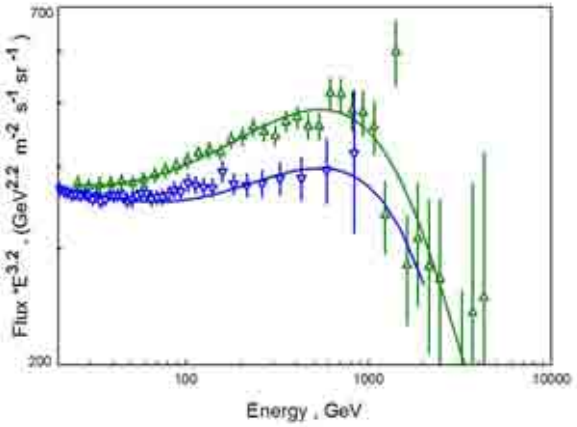


Рис. 5(c) AMS-02 [9] & DAMPE [11]

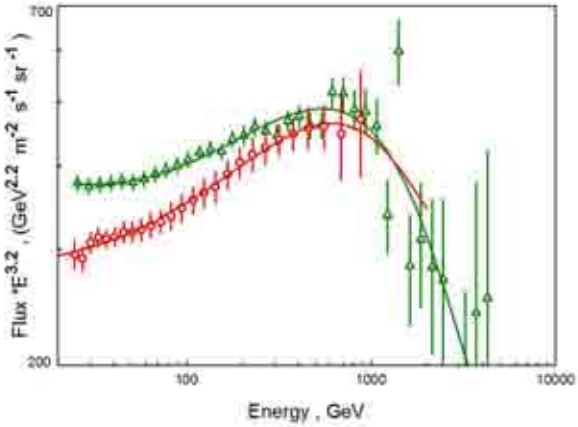


Рис. 5(d) Fermi-LAT (2010) [7] & DAMPE [11]

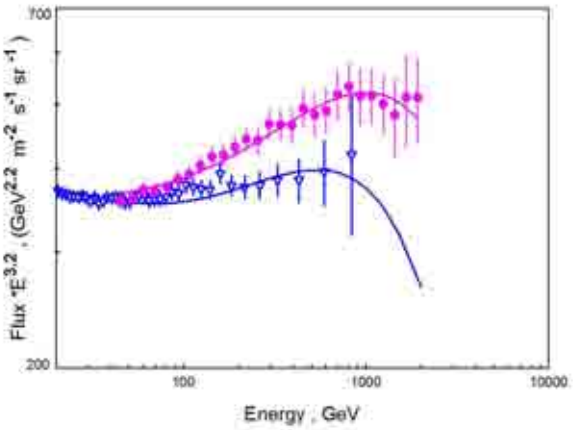


Рис.5(e). Fermi-LAT (2017) [10] &AMS-02 [9]

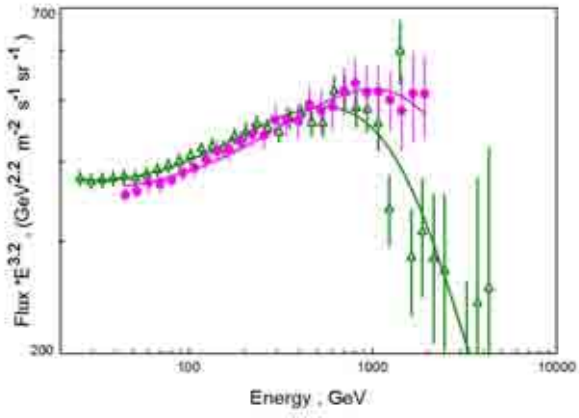


Рис.5(f) Fermi-LAT (2017) [10]&DAMPE [11].

Рис. 5. Те же самые энергетические спектры потоков ($e^+ + e^-$), что и на Рис. 2**.**

В результате вычислений получаем, что при количестве композитных каналов N = 24 для данных Fermi-LAT (2010) и AMS-02 в энергетическом диапазоне (> 24 ГэВ), будет оценка статистики $(\chi^2)_{Test}$ / N_{dof} = 145.5/ (N-2) = 6.3.

Чтобы оценить достоверность различия двух спектров нужно вычислить величину функции распределения (кумулятивное распределение) случайной величины $(\chi^2)_{Test}$,

т.е. $CDF(a, y_{max}) = \int_0^{y_max} \chi^2\{y, a\}\cdot dy = \gamma(a/2, y_{max}/2) / \Gamma(a/2)$, где $\gamma(a, y)$ – неполная гамма-функция, $\Gamma(a/2)$ – гамма-функция. Для данных AMS-2 и Fermi-LAT (2010) получаем $CDF(a, y_{max}) = \int_0^{145.5} \chi^2\{y, k=22\}\cdot dy = \gamma(k/2, y/2)/\Gamma(k/2)|_{y=145.5} = \gamma(11, y) / \Gamma(11)|_{y=72.7} > 1–10^{-16}$. Следовательно, вероятность случайного совпадения данных AMS-02 [9] и Fermi-LAT (2010) [7] (в диапазоне энергий 24–1000 ГэВ) оказывается равной (1-CDF) < 10^{-16} т.е. достоверность отличия двух спектров > 8σ.

В энергетическом диапазоне (E > 33 ГэВ), т.е. при количестве композитных каналов N = 21 для данных Fermi-LAT (2010) и AMS-02 будет оценка статистики $(\chi^2)_{Test} / N_{dof}$ = 81.7/ (N-2) = 4.3. Чтобы оценить достоверность согласия двух спектров нужно вычислить величину функции распределения (кумулятивное распределение) случайной величины $(\chi^2)_{Test}$, т.е. $CDF(a, y_{max}) = \int_0^{81.7} \chi^2\{y, k=19\}\cdot dy = \gamma(k/2, y/2)/\Gamma(k/2)|_{y=81.7} = \gamma(9.5, y) / \Gamma(9.5)|_{y=40.8} > 1–10^{-9}$. Следовательно, вероятность случайного совпадения данных AMS-02 [9] и Fermi-LAT (2010) [7] равна (1-CDF) < 10^{-9}. Иначе говоря, достоверность отличия двух спектров (или значимость) > 6σ. Аналогично оцениваем достоверность различия двух спектров и для остальных пар экспериментов (Рис. 5. b–f). Результаты вычислений даны в Табл. 1. Подводя итог результатов численной оценки переменности, представленный в Табл. 1, приходим к заключению, что для всех рассмотренных пар экспериментов, кроме пары Fermi-LAT(2017) и DAMPE, переменность достоверна и превышает 5σ. Как видно из Рис. 1 и Табл. 1, разница $\mathbf{\Delta}_{AMSN}$ между усредненными за интервалы времени наблюдения среднемесячными числами солнечных пятен для экспериментов Fermi-LAT(2017) [10] и DAMPE [11] наименьшая и составляет 12.5. Соответственно, и достоверность переменности наименьшая. Большим величинам $\mathbf{\Delta}_{AMSN}$ в Табл. 1 соответствуют и большие значимости > 5σ.

Таблица 1

Параметры / Данные	$E_{min} – E_{max}$ (GeV)	N	χ^2	χ^2 / (N-2)	1 - CDF	Validity	$\mathbf{\Delta}_{AMSN}$
AMS Fermi-LAT(2010)	~24–1000	24	145.5	6.3	$<10^{-16}$	> 8σ	88.2
	~33–1000	21	81.77	4.3	$<10^{-9}$	> 6σ	
Fermi-LAT(2017) Fermi-LAT(2010)	~42–1000	19	50.1	2.95	$<4\cdot10^{-5}$	≈ 4σ	45.4
	~32–1000	22	97.1	4.8	$4\cdot10^{-11}$	> 6σ	
AMS DAMPE	~34–1000	22	177.4	9.8	$<10^{-16}$	> 8σ	55.3
	~42–1000	20	174.4	10.9	$<10^{-16}$	> 8σ	
Fermi-LAT(2017) DAMPE	~42–1800	27	25.5	1.0	<0.43	≈ 1σ	12.5
Fermi-LAT(2010) DAMPE	~32–1000	22	160.1	8.0	$<10^{-16}$	> 8σ	32.9
	~42–1000	20	119.3	6.6	$<10^{-16}$	> 8σ	
AMS Fermi-LAT(2017)	~42–1000	17	66.1	4.4	$<10^{-7}$	> 5σ	42.8

Таблица 1. В первом столбце даны названия пар экспериментов; во втором столбце – энергетические диапазоны комбинированной энергетической шкалы; в третьем столбце – количество каналов комбинированной энергетической шкалы; в четвёртом и пятом столбцах приведены вычисленные значения χ^2 и квадрат на степень свободы χ^2 / (N-2), соответственно; в шестом столбце приведена вероятность случайного совпадения спектров (1 – CDF); в седьмом столбце – достоверность (или значимость) в сигмах; в последнем столбце для каждой пары экспериментов дана величина разности ($\mathbf{\Delta}_{AMSN}$) среднемесячных чисел солнечных пятен (AMSN).

Обсуждение результатов

Сделана численная оценка переменности потока суммы электронов и позитронов ($e^+ + e^-$) космических лучей по данным спутниковых экспериментов Fermi-LAT [7, 10], AMS-02 [9], DAMPE [11]. Показано, что переменность спектра КЛ в компоненте ($e^+ + e^-$) для энергетического диапазона > 30 ГэВ достоверна для всех пар экспериментов (кроме пары Fermi-LAT (2017) [10] и DAMPE [11]) и превышает 5σ. Наблюдается корреляция между достоверностью переменности для пары спектров и величиной разности, усредненных за интервал наблюдения

среднемесячных чисел солнечной активности. Действительно, недостоверной переменности для пары (Fermi-LAT(2017) [10] и DAMPE [11]) соответствует наименьшая разница $\mathbf{\Delta}_{AMSN}$=12.5 между усредненными за интервалы времени наблюдения среднемесячными числами солнечных пятен. Для всех остальных пар экспериментов $\mathbf{\Delta}_{AMSN}$>32. Построить точную зависимость между значимостью переменности и величиной $\mathbf{\Delta}_{AMSN}$ пока невозможно из-за имеющейся неоднородности экспериментальных данных.

Независимо от модели генерации потока ($e^+ + e^-$) в КЛ источниками на расстоянии > 100 пк, все особенности спектра должны сглаживаться при диффузионном распространении потока ($e^+ + e^-$) от источника до Земли, а переменность спектра не должна наблюдаться (для энергий > 20 ГэВ), поскольку влиянием солнечного ветра на распространение КЛ можно пренебречь.

Модель серфотронного ускорения космических лучей (КЛ) в ближайшей окрестности солнечной системы [14–22] (на периферии гелиосферы и в ближайших межзвездных облаках) может объяснить существование наблюдаемой переменной компоненты потока ($e^+ + e^-$) в КЛ на временной шкале от ~1 месяца до ~1 года.

На периферии Солнечной системы, за ударной волной Солнечного ветра (TS), существует область с однородным магнитным полем, в которой согласно расчетам возможно серфотронное ускорение КЛ до энергии ~1 ТэВ. Генератором квази-продольных плазменных волн для этой области являются Солнечные вспышки. Размеры области ускорения (~100 а.е.) и, соответственно, положение “квази-пика” в спектре, определяются “космической погодой”.
Некоторые авторы отмечают наличие “пика” в одном канале с энергией ~1.4 ГэВ эксперимента DAMPE [11], в связи с чем появилось несколько работ, “объясняющих” его появление эффектами темной материи. Однако этот “пик” – может быть чисто статистическим. Действительно, положительное отклонение в канале E = 1411.4 ГэВ от нашей аппроксимирующей кривой составляет ~3.1 σ, а в соседнем, предыдущем канале, с энергией E = 1229.3 ГэВ имеется отрицательное отклонение на ~2.0 σ. Если усреднить эти две величины, то отклонение от нашей аппроксимирующей кривой составит всего лишь ~1.5 σ, т.е. никакого реального “пика” нет. Вообще говоря, и “пик” на уровне значимости ~3.1 σ нельзя считать достоверным.

Заключение

В заключение критически рассмотрим некоторые попытки объяснения результатов эксперимента HAWC [13], в котором, по измеренным профилям γ-излучения в окрестности ближайших пульсаров Geminga и Monogem, были определены величины диффузионных коэффициентов для распространения (e^+) и (e^-) в КЛ от этих пульсаров, которые оказались на два порядка меньше, чем обычно предполагаемые величины; и было показано, что пульсары Geminga и Monogem не могут генерировать достаточное количество (e^+) и (e^-) в КЛ, чтобы объяснить наблюдаемый на Земле поток (e^+) и (e^-) в КЛ.

Статья [24], как следует из её названия, посвящена измерению локального диффузионного коэффициента по данным черенковской обсерватории HESS. В ней достаточно много внимания уделяется обсуждению результата эксперимента HAWC [13], однако, в итоге, в ней отвергается измеренная в [13] величина диффузии на основании следующего аргумента: поскольку на расстоянии менее ~(10–20) пк от Земли нет правдоподобных источников высоко энергичных КЛ, то межзвездная среда в окрестности пульсаров Geminga и Monogem обладает уникальными свойствами, которые не могут быть общими для всей Галактики. Затем, в модели с экспоненциальным распределением пульсаров в Галактике и в двух близких пульсарах Geminga и Monogem, используя устаревшие данные модели GALPROP (которая не объясняет измеренные за последние годы спектры (e^+) и (e^-) в КЛ) и большую величину коэффициента диффузии (выведенную из адронных данных) подбирают параметры модели для описания спектра HESS. Авторам [24] удается описать данные одного эксперимента HESS, но, очевидно, не удастся одновременно описать и другие эксперименты, которые, как выше показано, достоверно отличаются друг от друга. В работе [24] не было произведено никаких реальных измерений локального диффузионного коэффициента, заявленных в названии статьи. Кроме того, в опровержение главного аргумента авторов [24] об отсутствии правдоподобных близких к Земле источников КЛ можно напомнить, что, как показано в статьях [18–22], в ближайшей окрестности (≤1 пк) от Земли существуют близкие серфотронные источники. К сожалению, авторы [24] забыли о приоритете эксперимента перед любой теорией и просто игнорировали результаты эксперимента HAWC [13] не представив реальных замечаний и возражений против методики и результатов эксперимента HAWC [13].

В статье [25] для объяснения результата эксперимента HAWC [13] предложена гипотеза двух-зонной диффузии. Авторы [25] признают существование очень медленной диффузии в локальной области (~10 пк) вблизи пульсара [13], но предполагают, что вне этой зоны

диффузия становится быстрой “как обычно”, основываясь на данных по отношению B/C) (потоков ядер бора КЛ и ядер углерода КЛ). Мы полагаем, во-первых, что гипотеза двух-зонной диффузии [25] не достаточно обоснована, т.е. не доказано, что вдали от источников параметры межзвездной среды могут изменяться в десятки раз, что маловероятно; во-вторых, как и авторы [13], считаем, что неправильно применять к распространению потока ($e^+ + e^-$) в КЛ величины диффузионных коэффициентов, полученные для ядер КЛ; в-третьих, если даже при ряде предположений удается описать спектр AMS-02 [9], то одновременно описать и остальные спектры (рассмотренные выше) невозможно, поскольку они (согласно изложенному выше) достоверно отличаются от [9].

Литература:

1. Chang, J., J. H. Adams, H. S. Ahn et al., “An excess of cosmic ray electrons at energies of 300–800 GeV,” Nature, vol. 456, no. 7220, pp. 362–365, 2008.
2. Yoshida, K., Torii S., Yamagami T. et al. Cosmic-ray electron spectrum above 100 GeV from PPB-BETS experiment in Antarctica, Adv. Space Res. V. 42. 2008. pp. 1670 - 1675.
3. Adriani, O., G. C. Barbarino, G.A. Bazilevskaya et.al. An anomalous positron abundance in cosmic rays with energies 1.5–100 GeV. Nature, V. 458, Issue 7238, 2009, pp. 607 - 609.
4. Adriani, O., G. C. Barbarino, G. A. Bazilevskaya et al. (PAMELA Collaboration). Cosmic-Ray Electron Flux Measured by the PAMELA Experiment between 1 and 625 GeV. Physical Review Letters, V. 106, 2011, .p.p. 201101 - 201101-5.
5. Adriani, O., G. C. Barbarino, G. A. Bazilevskaya et al. (PAMELA Collaboration). Cosmic-Ray Positron Energy Spectrum Measured by PAMELA. Physical Review Letters, V. 111, 2013, pp. 081102 - 081102-6.
6. Ackermann, M., M. Ajello, A. Allafort et al. (Fermi-LAT Collaboration). Measurement of separate cosmic-ray electron and positron spectra with the Fermi Large Area Telescope. Physical Review Letters. 2012. V. 108. Issue 1. pp. 011103 – 011103-8.
7. Ackermann, M., M. Ajello, W.B. Atwood et al. (Fermi-LAT Collaboration). Fermi LAT observations of cosmic-ray electrons from 7 GeV to 1 TeV. Phys. Rev. D, 2010, V. 82, p.p. 092004-092004-7.
8. Aguilar, M., G. Alberti, B. Alpat et al. (AMS Collaboration). First Result from the Alpha Magnetic Spectrometer on the International Space Station: Precision Measurement of the Positron Fraction in Primary Cosmic Rays of 0.5–350 GeV. Phys. Rev. Letters, V. 110, Issue 14, 2013, pp. 141102 - 141102-10.
9. Aguilar, M., D. Aisa, B. Alpat et al. (AMS Collaboration). Precision Measurement of the (e+ + e-) Flux in Primary Cosmic Rays from 0.5 GeV to 1 TeV with the Alpha Magnetic Spectrometer on the International Space Station. Physical Review Letters, V. 113, 2014, pp. 221102 – 221102-7.
10. Abdollahi, S., M. Ackermann, M. Ajello et al. (Fermi-LAT Collaboration). Cosmic-ray electron-positron spectrum from 7 GeV to 2 TeV with the Fermi Large Area Telescope. Physical Review D, V. 95, 2017, pp.082007-082007-16.
11. Ambrosi, G., Q. An, R. Asfandiyarov et al. (DAMPE Collaboration). Direct detection of a break in the teraelectronvolt cosmic-ray spectrum of electrons and positrons. arXiv:1711.10981v1, [astro-ph.HE] , 2017, pp. 1–18.
12. Adriani, O., Y. Akaike, K. Asano et al. (CALET Collaboration). Energy Spectrum of Cosmic-Ray Electron and Positron from 10 GeV to 3 TeV Observed with the Calorimetric Electron Telescope on the International Space Station. Physical Review Letters, V. 119, 2017, pp. 181101 – 181101-6.
13. Abeysekara, A.U., A. Albert, R. Alfaro et al. Extended gamma-ray emission around nearby pulsars indicates that positrons arriving at Earth must have an exotic origin. Science, V. 358, 2017, p.p. 911 - 914
14. Ерохин, Н. С., А. А. Лазарев, С. С. Моисеев, Р. З. Сагдеев. Увлечение и ускорение заряженных частиц замедленной волной в неоднородной плазме. ДАН, т. 295, № 4, 1987, с.с. 849-852.
15. 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, с.с. 3-10.
16. 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. JASTP, V.99, 2013, pp. 73-77.
17. 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, Volume 177, October 2018, p.p. 266 - 273.
18. Лозников, В. М., Н. С. Ерохин, Л. А. Михайловская. Объяснение переменных особенностей в спектрах электронов и позитронов космических лучей. Космические Иссл., Т. 51, № 3, 2013, с.с. 191 - 203.
19. Лозников, В. М., Н.С. Ерохин, Н. Н. Зольникова, Л. А. Михайловская. Серфотронное ускорение протонов электромагнитной волной на периферии гелиосферы. Физ. плазмы, Т.39, № 10, 2013, с.с. 927-934.
20. Лозников, В. М., Н. С. Ерохин, Н. Н. Зольникова, Л. А. Михайловская. О причине излома в спектрах жесткости космических лучей протонов и ядер гелия около 230 ГВ. Физика плазмы, Т. 41, № 8, 2015, с.с. 693 - 701.
21. Лозников, В. М., Н. С. Ерохин, Н. Н. Зольникова, Л. А. Михайловская. Серфотронный ускоритель в местном межзвездном облаке. Физика плазмы. Т. 43, № 1, 2017, с.с. 45 - 57.

22. Лозников, В. М., Н. С. Ерохин, Н. Н. Зольникова, Л. А. Михайловская. О причине переменности спектра космических лучей в области "колена". Физика плазмы. Т. 43, № 9, 2017, с.с. 765 – 775.
23. Australian Government Bureau of Meteorology. Monthly Sunspot Numbers. Space Weather Services, 2017. http://www.sws.bom.gov.au/Solar/1/6 .
24. Hooper D., T. Linden. Measuring the Local Diffusion Coefficient with H.E.S.S. Observations of Very High-Energy Electrons. arXiv: 1711.07482v1 [astro-ph.HE]. 2017, pp. 1 – 17.
25. Fang K., X.-J. Bi, P.-F. Yin, Q. Yuan. Two-zone diffusion of electrons and positrons from Geminga explains the positron anomaly. arXiv: 1803.02640v1 [astro-ph.HE], 2018, pp. 1 – 18.

АНАЛИЗ НА ДИНАМИКАТА НА СЪРФАТРОННО УСКОРЕНИЕ НА СЛАБОРЕЛАТИВИСТКИ ЕЛЕКТРОНИ ОТ ВЪЛНОВИ ПАКЕТ В КОСМИЧЕСКА ПЛАЗМА

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

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

Ключови думи: *сърфатронно ускорение, потенциална яма, космическа плазма, пакет от електромагнитни вълни, фаза на вълната, траектория на частицата, захващане на частицата.*

Резюме: *Представено е изследване на сърфатронното ускорение на електрони със слаборелативистка начална енергия от пакет от електромагнитни вълни в космическа плазма на базата на числени експерименти. Нелинейното нестационарно диференциално уравнение от втора степен за фазата на вълната на траекторията на частицата бе решавано точно, прилагайки набор от начални параметри и различни начални фази на вълновия пакет. Проведен е анализ на последователните начални етапи на ускоряването на електроните и динамиката на техните траектории. Проследен е естественият ход на етапите на ускоряване на електрона - незахванатата частица, периодът непосредствено преди улавянето, моментът на улавяне, динамиката на частиците в потенциалната яма. Разгледана е времевата динамика на свободна частица в слабо външно магнитно поле, периода преди улавянето и времето на улавяне от вълновия пакет в режим на сърфиране за различни фази на вълновия пакет. Показани са резултатите от числените пресмятания, които са представени в графична форма за различните етапи от сърфатронното ускоряване на електрона. Обсъдени са началните етапи при ускоряване на частици от пространствено локализиран вълнови пакет. Направени са заключения за динамиката на частиците при силно сърфатронно ускорение в космическа плазма.*

DYNAMICS ANALYSIS OF THE LOW RELATIVISTIC ELECTRONS SURFATRON ACCELERATION BY A WAVE PACKET IN SPACE PLASMA

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

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

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

Abstract: *A study of the surfatron acceleration of low relativistic electrons by a packet of electromagnetic waves in space plasma, based on numerical experiments, is presented. The research is conducted thru the exact solution of second order nonlinear nonstationary differential equation for the wave packet phase on the particle's trajectory for several initial sets of parameters. An analysis of a sequence of stages for the electrons acceleration and their trajectory dynamics is carried out. The natural course of all electron acceleration stages* is *alternately tracked out - untrapped particle, pre capturing period, trapping moment, particle dynamics in the potential well and finally, electron's fly out zone. The temporal dynamics of an untrapped particle in a weak external magnetic field, pre capturing period and trapping time by the wave packet in surfing mode for a set of initial particle parameters and different wave packet phases is studied. Special attention is paid on the particle dynamics and their trajectories. Numerical calculations results and figures for different stages of the electron's surfatron acceleration are shown. The initial stages of particles surfatron acceleration by a spatially*

localized wave packet in space plasma are discussed. Conclusions about particle dynamics in the course of strong surfatron acceleration in space plasma were done.

Въведение

На базата на цифрови експерименти е проведено едно теоретично изследване на резонансни взаимодействия от типа вълна-частица протичащи в естествените условия на космическата плазма. Особено внимание е отделено на динамиката на ускоряването на електрони със слаборелативистка начална енергия от пространствено локализиран пакет от електромагнитни вълни в космическа плазма, при наличие на слабо напречно на разпространението на пакета, постоянно магнитно поле. Изучавано е силното ускоряване на електрони от електромагнитни вълни и в частност сърфатронното ускорение на заредени частици, разглеждано преди в работите [1–5]. В работите [6–14] са разгледани различни аспекти на това физично явление, като взаимодействия на забавена вълна в неоднородна плазма [6, 7, 13], динамика [8] и взаимодействия с две вълни [9], а в работите [11, 12] е изследвана ефективността на ускоряването на частиците. Публикациите [6, 7, 10, 13-15] 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 4 порядъка [11, 12]. Едно от основните изисквания за осъществяването на този клас взаимодействие е необходимостта да се изпълни условието за резонанс на Черенков [6, 7, 11, 12].

Този доклад на базата на числени пресмятания се анализира динамиката и протичането на отделните етапи силно сърфатронно ускорение на електрони в космическа плазма в присъствието на слабо постоянно магнитно поле $\mathbf{H_0}$, а именно - свободна частица, периода непосредствено преди захващането, самото захващане, процеса на ускоряването, периода непосредствено преди неговия край и излитането на електрона от потенциалната яма. Предварително подбраните начални параметри на заредената частица съответстват на нейната слаборелативистка начална енергия. Резултатите от пресмятанията поради ограничения обем страници в този формат са представени само за началните от изброените по-горе етапи и са представени в графичен вид.

Теоретична обосновка и основни уравнения

Нека да разгледаме ускорението на слабо селективните електронни електрони от p-поляризирана електромагнитна вълна с гладка лоренцова обвиваща на амплитудата, разпространяваща се по оста x в магнитоактивна плазма напречно на слабото външно магнитно поле $\mathbf{H_0}$, което е насочено по оста z [6–14]. 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. $E_x (x, t) = A \cos \Psi$, където $\Psi = \omega_0 t - k_0 x$, където ω_0 е носещата честота на пакета, $k_0 = k(\omega_0)$ 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 [6–14]:

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

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

$$dp_z / dt = 0 , p_z = \text{const.}$$

За удобство на записите въвеждаме безразмерните променливи и параметри $\boldsymbol{\beta} = \mathbf{v}/c$ - скорост на електрона, $\sigma = e E_0/m c \omega_0$ - амплитуда на вълната, $\tau = \omega_0 t$, $\xi = \omega x/c = k_0 x$ – безразмерна координата, $\gamma = 1/(1 - \beta^2)^{1/2}$ – релативистки фактор на частицата, $u = \omega_{He} / \omega_0$, $\omega_{He} = e H_0 / mc$ нерелативистка циклотронна честота на електроните, E_0 - 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 $\sigma = e E_0/m c \omega > u \gamma_p = u/(1 - \beta_p^2)^{1/2}$. Необходимо е да обърнем внимание, че безразмерната скорост на заредената частица може да бъде изразена с $\beta_x = \beta_p [1 - (d\Psi/d\tau)]$, $\beta_p = \omega_0/ck_0$, 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 [8, 11, 12] :

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

(2) $$\gamma \beta_z = \text{const} \equiv h$$

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

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

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 $\rho = \omega_0 L/c \sim (10^4 \div 10^6)$, 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 [8, 11, 12]. 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 числено 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 $\Psi(0) = \Psi_0$, $\Psi_\tau(0) = a$. 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 числено решение трябва да излиза на следите асимптотични значения за компонентите на скоростта и релативисткия фактор на частицата $\gamma(\tau) \approx u \beta_p \gamma_p \tau$, $\beta_x \approx \beta_p$, $\beta_y \approx 1/\gamma_p$.

По такъв начин темпът (скоростта) на ускорението е постоянен и не зависи от амплитудата на вълната σ, определяща асимптотичното значение на функцията $\sigma < \beta_x \cos \Psi >$.

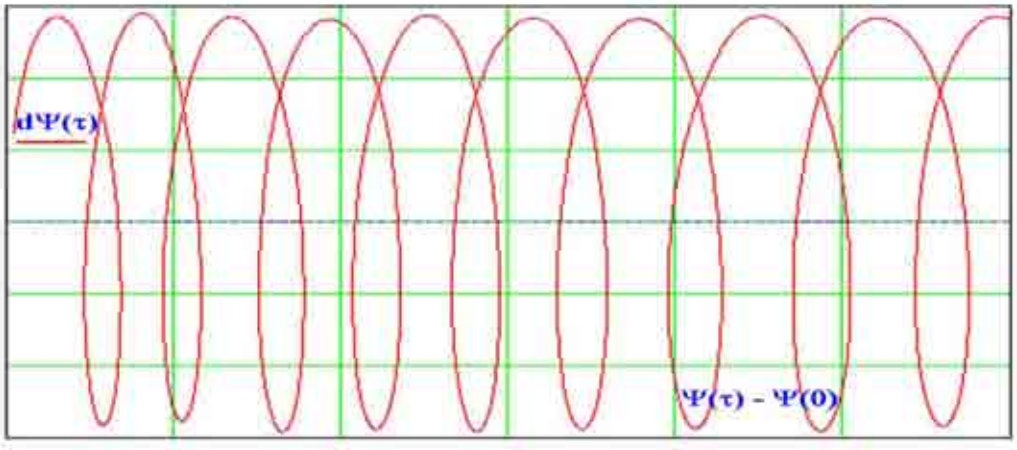
Резултати от числените пресмятания

В настоящия раздел са представени в графичен вид една малка част от получените резултати при провеждането на цифрови експерименти за поведението на частицата. Основната насоченост в случая е изследване на динамиката на траекторията и компонентите на скоростта на частицата в различните етапи на взаимодействия с вълновия пакет при сърфатронен механизъм на ускоряване. Нека дефинираме етапите на взаимодействията вълна – частица, като в дадения случай под вълна разбираме пакет от електромагнитни вълни отговарящ на условията описани в раздела „Теоретична обосновка и основни уравнения“, а под заредена частица – електрон. Целия процес на сърфатронно ускоряване може да бъде разделен на седем основни пространствено-времеви състояния на системата вълна-частица, като протичащите взаимодействия могат да бъдат разделени на следните основни седем етапа:

- Етап 1 - (E1) – движение на вълновия пакет и частицата без наличие на каквото и да са взаимодействия между тях. Частицата извършва циклотронно въртене в слабото постоянно магнитно поле H_0.
- Етап - (E2) – вълновия пакет и частицата се движат в общо пространство и има наченки на взаимодействия между тях, които не водят до захващането и. Това е периода далеч преди захващането на частицата, характеризиращ се с изменено циклотронно въртене на траекторията на частицата, повлияно от силата, посоката и типа на протеклите взаимодействия.
- Етап 3 - (E3) – периода непосредствено преди улавянето на частицата в потенциалната яма. Силно изменена траектория, подчинена на улавянето на частицата.
- Етап 4 - (E4) – интервала на самото захващане на частицата. Циклотронното въртене преминава в линейно движение на частицата.
- Етап 5 - (E5) – зона на същинското сърфатронно ускоряване на частицата, при изпълнени условия за резонанса на Черенков. Линейно движение и ускорение на частицата, намираща се вътре в движещата се със скоростта на вълновия пакет потенциална яма.
- Етап 6 - (E6) – периода непосредствено преди излитането на частицата от потенциалната яма. Край на зоната за ускоряване на частицата.
- Етап 7 - (E7) – частицата е излетяла извън потенциалната яма и е свободна. Движението преминава от линейно-ускорително обратно в циклотронно въртене без последващи взаимодействия между вълновия пакет и частицата.

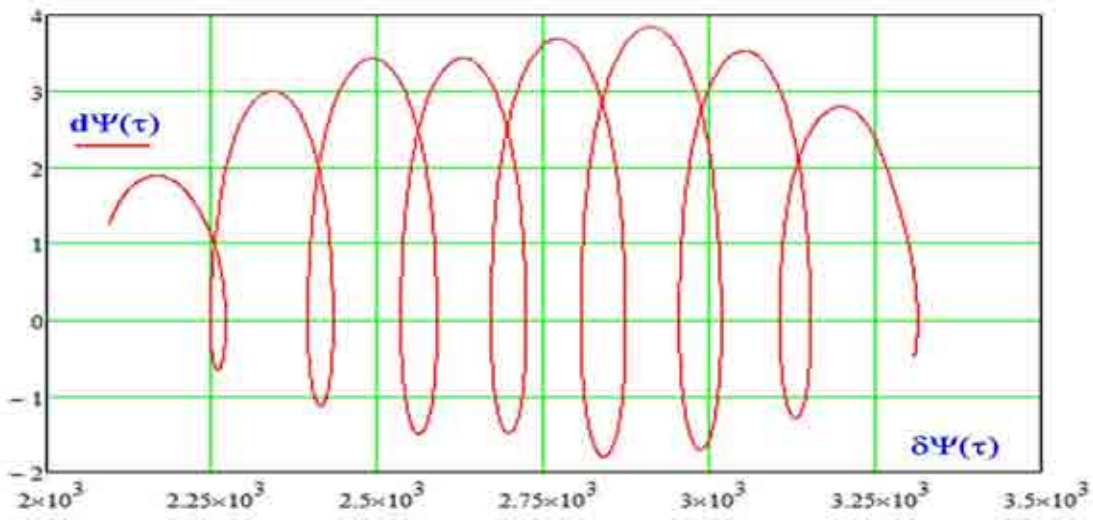
Проведения анализ е направен с помощта на следния набор от начални параметри, като за различните величини са приети следните значения: u = 0.20; β = 0.35; h = 0.30; g = 0.4; ρ = 70000, $\Psi_0 = \Psi(0) = 0$, a = 0; σ = u γ_p = 1.65 σ_c . Положено е $\Psi(0) = 0$, което съответства на началната позиция на частицата в центъра на вълновия пакет. Оценката на началния релативистки фактор на електрона дава величината $\gamma(0) = 1.194$, което съответства на начална енергия на електрона E_{INI} = 0.61 MeV. За пресмятанията и получените фигури са използвани следните варианти за начална фаза на вълновия пакет $\Psi_0 = -2.4$, $\Psi_0 = -2.3$ и $\Psi_0 = -1.9$.

Нека започнем анализа на динамиката на движението на електрона от етап (E1). Числените експерименти показват, че е относително рядко явление да няма никакви взаимодействия между вълновия пакет и частицата, така че да се наблюдава несмутено циклотронно въртене на електрона, каквото е показано на Фиг. 1. В случая графиката е получена чрез функцията $\Phi(\tau) = d\Psi/d\tau = d\Psi$ отразяваща изменението на фазата на вълновия пакет Ψ в зависимост от безразмерното време τ. Почти идеалната крива отговаря на циклотронно въртене на електрона в полето на постоянното външно магнитно поле.



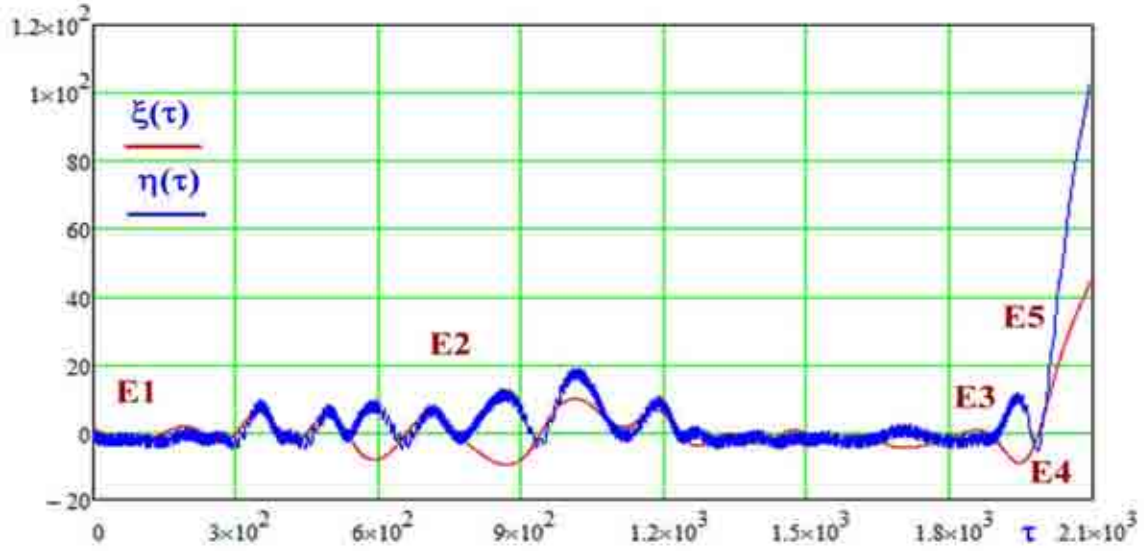
Фиг. 1. Етап 1 - отсъствие на взаимодействия между вълновия пакет и частицата. Частицата извършва циклотронно въртене в слабото постоянно външно магнитно поле магнитно поле H_0. Почти идеалната крива е много близка до траекторията на електрона при циклотронното въртене.

Като правило, винаги се наблюдават някакви взаимодействия, които дори и много слаби, водят до изменения в енергията на частицата променящи нейната траектория, което в крайна сметка води до изменено движение, а от там и до несиметрична траектория на електрона, която е показана на Фиг. 2.



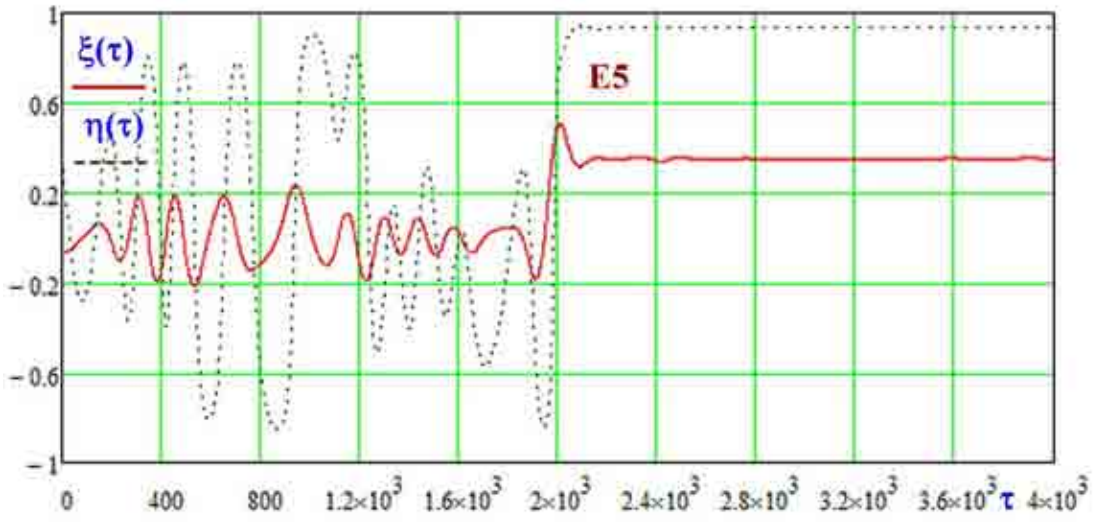
Фиг. 2. Етап 2 - изменена траектория на електрон с начална енергия E_{INI} = 0.61 MeV, в резултат на възникнали взаимодействия с вълновия пакет

Нека разгледаме някои параметри, характерни за динамиката на движението и траекторията на слаборелативистки електрони с начална енергия 0.61 MeV в зоните E1 – E5 . В случая са показателни преместването на частицата по посока на разпространение на вълновия пакет, перпендикулярно на вектора на магнитното поле H_0 – $\xi(\tau) = \omega$ x / c и преместването по направление на вълновия фронт $\eta(\tau) = \omega$ x / c, както и компонентите на скоростите на частицата, β_x, β_y и β_z. На Фиг. 3 са представени кривите на $\xi(\tau)$ и $\eta(\tau)$. На фигурата ясно се очертават и зоните E1 – E5. Получените криви са при проведен числен експеримент за резонансно ускоряване на електрон при сърфатронно ускорение с пакет от електромагнитни вълни с E_{INI} = 0.61 MeV, Ψ_0 = –2.3 момент на захващане τ_c = 1791 и момент за край на зоната за укоряване τ_d = 57970.



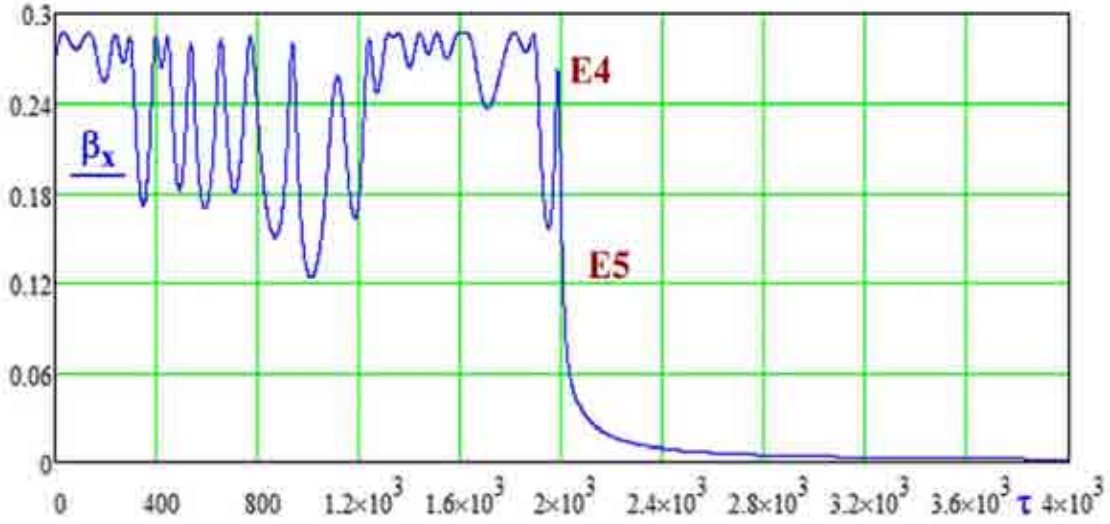
Фиг. 3. Траектория на електрон в направленията ξ(τ) и η(τ). На фигурата ясно се очертават етапите E1-E5.

На Фиг. 4 са представени компонентите на скоростта на частицата β_x, β_y при условията на гореописания числен експеримент. На фигурата са различими отделните зони E1–E5. В случая се наблюдава очакваното поведение, а именно – достигане на асимптотичните стойности на компонентите скоростта на частицата след захващането на електрона - $\beta_x \approx \beta_p \approx 0.35$ и $\beta_y \approx 1/\gamma_p = 0.937$.



Фиг. 4. Динамика на компонентите на скоростта β_x и β_y на заредена часица със слаборелати-вистка начална енергия E_{INI} = 0.61 MeV при сърфатронно ускорение. При достигане на етап E5 компонентите се стремят към асимптотичните си значения $\beta_x \approx \beta_p \approx 0.35$ и $\beta_y \approx 1 / \gamma_p = 0.937$.

Компонентата на скоростта на частицата насочена вертикално β_z след преминаване през етапите E1–E4 достига етап E5. В съответствие с теорията изложена по-горе, вертикалната компонента на скоростта трябва да започне да намалява след захващането на частицата, като се стреми към асимптотичното си значение нула, което произтича от закона за съхранение на импулса. На Фиг. 5 е представена графиката за вертикалната компонента на скоростта на частицата β_z.



Фиг. 5. Вертикалната компонента на скоростта на електрона β_z клони към нула след захваща-нето на частицата в съответствие със закона за съхранение на импулса - $\beta_z(\tau_d) = 7.193.10^{-5}$.

За β_z можем да запишем $\gamma\ \beta_z = h$ [3,4], [8]. При сърфатронно ускорение напречната компонента на скоростта $\beta_f = (\beta_x^2 + \beta_y^2)^{1/2}$ нараства непрекъснато. От тук следва, че при нарастване на β_f следва β_z да клони към нула. Според проведените разчети $\beta_z(4000) = 1.95.10^{-3}$ и $\beta_z(\tau_d) = 7.193.10^{-5}$, което напълно отговаря на теоретичната постановка.

Анализите на проведени по-рано изследвания [6–9], [11, 12] за резонансно сърфатронно ускорение на частици със слабо релативистка начални енергия от пакет електромагнитни вълни в космическа плазма показаха високата ефективност (повече от три порядъка) на този тип взаимодействия. Базирайки се на гореизложеното смятаме, че сърфатронното ускорение на заредени частици е един от възможните механизми за генериране на космични лъчи [15–17].

Заключение

В настоящата работа е представено едно теоретично изследване проведено чрез точното решаване на нелинейното нестационарно диференциално уравнение от втори порядък за фазата на вълната на траекторията на частицата.

Предложена е схема от 7 етапа, описваща последователността на процесите през които преминава при ускоряване една заредена частица при сърфатронно ускорение.

Проведен е анализ на траекторията и динамиката на компонентите на скоростта на началните етапи от ускоряването на заредена частица в космическа плазма от пакет електромагнитни вълни, разпространяващ се перпендикулярно на слабо постоянно магнитно поле.

Проведените числени експерименти и резултатите получени от тях са представени във вид на графики, нагледно представящи началните етапи при такъв вид резонансни взаимодействия.

Така представените фигури позволяват по-лесно да бъде разбран един от механизмите за ускоряване на заредени частици в естествените условия на космическата плазма.

Детайлното познаване и нагледно представяне на отделните етапи при ускоряване на частици от електромагнитни вълни ще позволи, части от това знание да бъде използвано в бъдеще, при изследване на други механизми за ускоряване на заредени частици в естествена и синтетична плазма.

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, с.с. 389–394.
3. Tajima, T. and J. M. Dawson Laser electron accelerator. Phys. Rev. Let. V.43, No.4, 1979, pp. 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 электронов в поперечном магнитном поле. Письма в ЖЭТФ, т. 42, № 2, 1985, с.с. 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, с.с. 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, с.с.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, с.с. 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. Кичигин, Г. Н. Серфотронный механизм ускорения космических лучей в галактической плазме. ЖЭТФ, т. 119, № 6, 2001, с.с. 1038–1049.
11. 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.
12. 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, p.p. 266–273.
13. 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.
14. Нейштадт, А. И., А. В. Артемьев, Л. М. Зеленый, Д. Л. Вайнштейн. Серфотронное ускорение в электромагнитных волнах с малой фазовой скоростью, Письма в ЖЭТФ. т. 89, вып. 9, 2009, с.с. 528–534.
15. 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.
16. 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,
17. Loznikov V. M., N. S. Erokhin, N. N. Zolnikova, L. A. Mikhailovskaya. Surfatron Accelerator in the Local Interstellar Cloud. Plasma Physics Reports, 43 (1), pp. 51–61, 2017.

DESCRIPTION OF THE DATABASE WITH LIULIN TYPE INSTRUMENTS' COSMIC RADIATION DATA

Tsvetan Dachev[1], Kalin Lilovski[2], Nikolay Bankov[1], Borislav Tomov[1], Yurii Matviichuk[1], Plamen Dimitrov[1], Jordanka Semkova[1], Rositza Koleva[1], Vyacheslav Shurshakov[3], Victor Benghin[3], Donat-Peter Häder[4], Gerda Horneck[5], Günter Reitz[5,6]

[1]Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences
[2]Linitrex, LTD, Sofia, Bulgaria
[3]Institute of Biomedical Problems, Russian Academy of Science
[3]Institute of Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences
[4]Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Dept. Biology, Neue Str. 9, 91096 Möhrendorf, Germany
[5]DLR, Institute of Aerospace Medicine, Köln, Germany
[6]Nuclear Physics Institute of the Czech Academy of Sciences
e-mail: tdachev@bas.bg

Keywords: *Space radiation dosimetry, GCR, Radiation belts*

Abstract: *A total of fourteen different space instruments were developed, qualified and used in numerous space missions between 1988 and 2018 by the scientist from the Solar-Terrestrial Physics Section, Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences (SRTI-BAS). The first was used on MIR space station between 1988 and 1994. Six of them were flown on the International Space Station (ISS) in missions of more than one year duration. Another five were flown on satellites in short-term low-earth orbits. One experiment was for one year in a 100/200 km lunar orbit. The Liulin-MO instrument was launched toward Mars in 2016 and now is operating in a 400 km Mars orbit. During the implementation of the Contract No. 4000117692/16/NL/NDe (http://esa-pro.space.bas.bg/) with ESA a unified web based database with Liulin-type instruments' cosmic radiation data" was developed between 2016 and 2018. Two separate options were foreseen in the database. First option downloads to the user computer original, zipped "DATA SOURCES" (http://esa-pro.space.bas.bg/datasources) in comma separated values (CSV) format, which is directly opened in an EXCEL program. The data sources contain the measured flux and absorbed dose rate with a resolution between 10 sec and 1 hour and the time and the geographical and geomagnetic coordinates of the vehicle for each data point. The "DATABASE" allows (http://esa-pro.space.bas.bg/database) following functions: source selection; data export in CSV and TXT format; and several charts: visualization, synchronized zoom, tooltip and hairline; export to vector, JPEG and PDF format.*

ОПИСАНИЕ НА БАЗАТА ДАННИ ЗА КОСМИЧЕСКАТА РАДИАЦИЯ, ИЗМЕРЕНА С ПРИБОРИ ОТ ТИПА „ЛЮЛИН“

Цветан Дачев[1], Калин Лиловски[2], Николай Банков[1], Борислав Томов[1], Юрий Матвиичук[1], Пламен Димитров[1], Йорданка Семкова[1], Росица Колева[1], Вячеслав Шуршаков[3], Виктор Бенгин[3], Донат-Петер Хедър[4], Герда Хорнек[5], Гюнтер Райтц[5,6]

[1]Институт за космически изследвания и технологии, БАН
[2]Линитрекс, ЕООД, София, България
[3]Институт по биомедицински проблеми, Руска академия на науките
[4]Фридрих-Александър Университет Ерланген, 9, Нава улица, 91096 Мьорендорф, Германия
[5]DLR, Институт по аерокосмическа медицина, Кьолн, Германия
[6]Институт по ядрена физика на Чешката академия на науките
e-mail: tdachev@bas.bg

Keywords: *Дозиметрия на космическата радиация, ГКЛ, Радиационни пояси*

Резюме*: Четиринадесет различни прибори за измерване на космическата радиация са разработени, квалифицирани и използвани в многобройни космически мисии между 1988 и 2018 г. от учените от секция "Слънчево-земна физика" от Института за космически изследвания и технологии към Българската академия на науките (БАН). Първият прибор е използван на станцията „МИР“ между*

1988 и 1994 г. Шест други са работили на Международната космическа станция (МКС) в мисии с продължителност повече от една година. Други пет са летели на спътници в краткосрочни мисии на околоземни орбити. Приборът „Люлин-МО“ полетя към Марс през 2016 г. и сега работи на орбита от 400 км около Марс. По време на изпълнението на договор № 4000117692/16 / NL / NDe (http://esa-pro.space.bas.bg/) с ESA (2016-2018 г) беше разработена единна уеб базирана база данни с данни за космическата радиация, измерена с прибори от типа "Люлин". В базата данни са разработени две отделни опции: Първата опция, наречена "DATA SOURCES" (http://esa-pro.space.bas.bg/datasources) изтегля в компютъра на потребителя файлове с данни във CSV формат. Втората опция, наречена "DATABASE" (http://esa-pro.space.bas.bg/database) позволява избор и визуализация на данни във векторен, JPEG и PDF формат, както и получаване на файл в CSV или TXT формат.

Introduction

Ionizing radiation is recognized to be one of the main health concerns for humans in space missions. Liulin type spectrometer-dosimeters were developed in the late 1980s and have been in use since then. Two major measurement systems have been developed by our team. The first one is based on one silicon detector and is known as a Liulin-type Deposited Energy Spectrometer (DES) (Dachev et al., 2002 and 2003), while the second one is a dosimetric telescope (DT) with two or three silicon detectors. The Liulin-type instruments were calibrated using a number of radioactive sources and particle accelerators.

1. Liulin instruments

A total of fourteen successful space instruments were developed, qualified and used in numerous space missions between 1988 and 2018 (Dachev et al., 2015a and 2017ab; Semkova et al., 2018) by the scientist from the Solar-Terrestrial Physics Section of SRTI–BAS. Data from ten experiments (eight DES and two DT experiments) are collected in the database.

2. System architecture of the Unified web-based database with Liulin-type instruments' cosmic radiation data

Software architecture serves as a blueprint for both the system and the project, clarifying the work scope and assignments that must be carried out.

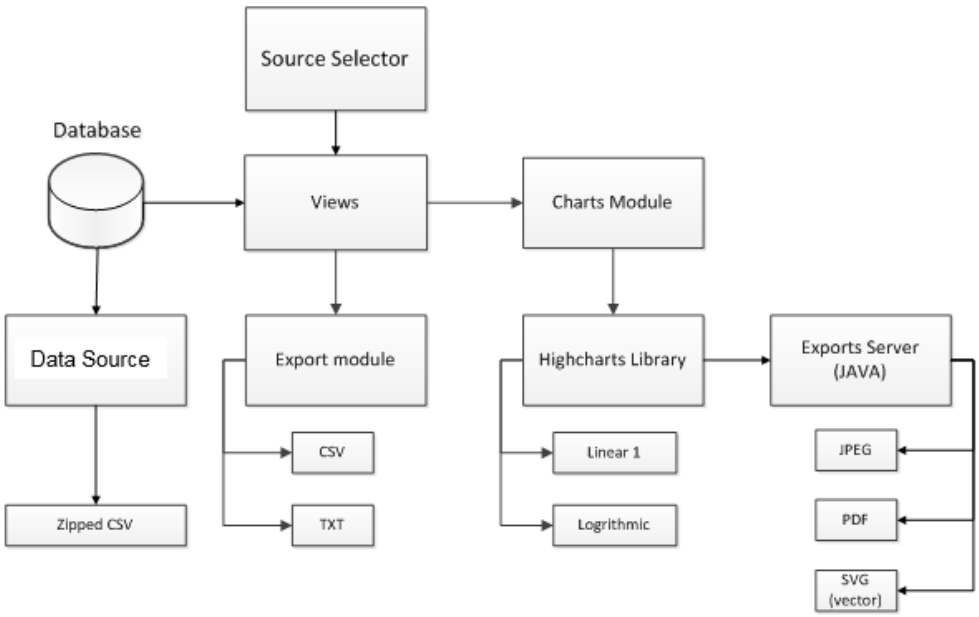


Fig. 1. The software architecture

Each dataset is extracted from the respective database using data views. Liulin-E094 and R3DR2 have separate view for each combination of their data sources. Data view provides data for the data export and plotting features. Paging is used whenever the data visualized takes more than 5 pages. Data export covers the most common data formats: Comma separated values (CSV) and ASCII text (TXT). Plotting features are based on data views, but forwards data to an external plotting library called Highcharts.

Highcharts is a SVG-based, multi-platform charting library that has been actively developed since 2009. It makes it easy to add interactive, mobile-optimized charts to your web and mobile projects. It features robust documentation, advanced responsiveness and industry-leading accessibility support.

The design of Liulin database user interface is very similar to the design of NASA, GSFC, Space physics data facility, Coordinated Data Analysis Web, (CDAWeb) https://cdaweb.sci.gsfc.nasa.gov/index.html/) interface. It follows the same logic. The idea of our team is that this will facilitate users, familiar with the high usage statistics (https://cdaweb.sci.gsfc.nasa.gov/CDAWeb_Statistics.html) CDAWeb, to use, more easily, the Liulin database.

3. Database operation

3.1. DATA SOURCES menu

Following the link: http://esa-pro.space.bas.bg/ the home page of the project: "DOSIMETRY: Dosimetry science payloads for ExoMars TGO & surface platform; unified webbased database with Liulin-type instruments' cosmic radiation data" will appear (Fig. 2). As seen in the Fig. 2 there are two choices to obtain Liulin instruments data: by menu-DATA SOURCES and by menu-DATABASE.

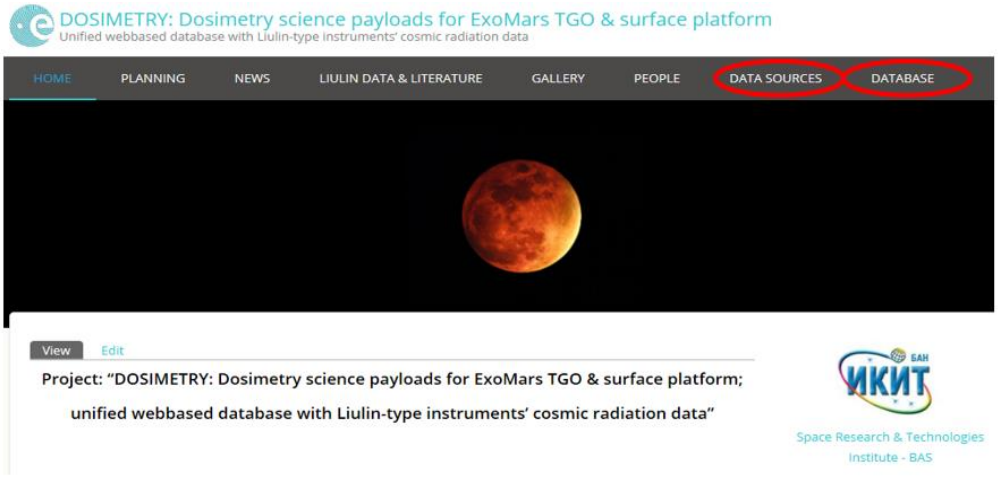


Fig. 2. The "Home page" of the site

Choosing the menu DATA SOURCES (http://esa-pro.space.bas.bg/datasources) following page will appear page as seen in Fig. 3.

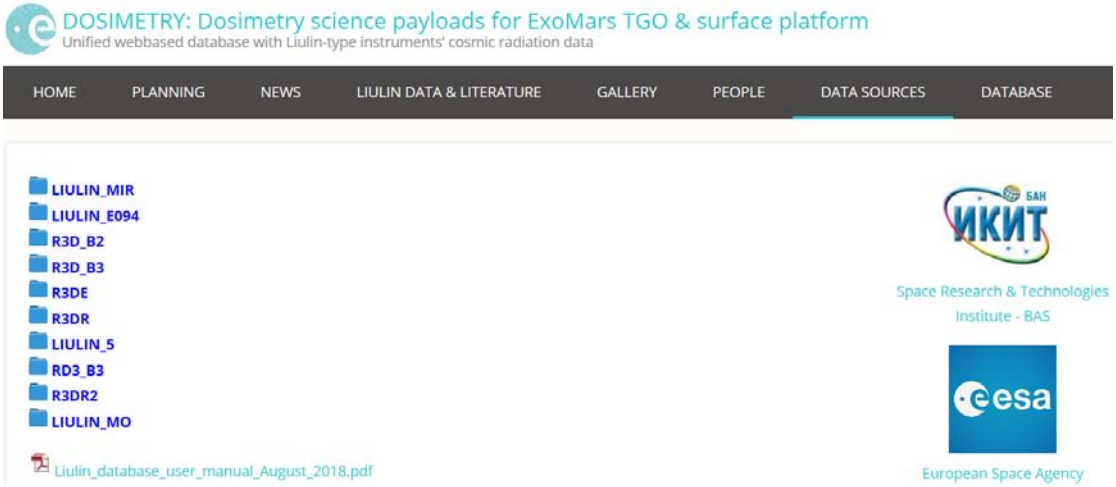


Fig. 3. The "DATA SOURCES" menu

The DATA SOURCES menu presents all ten data sets from the ten Liulin experiments. Each data set is subdivided in files, which are in "CSV" format and compressed by "ZIP". The main idea for the creation of this menu was fast direct access of the user to the data sources of the ten Liulin

instruments. Usually the data sources files are with 50-80 MB size. After compression it is about 10% of the original size, which a few MB, which can be downloaded to the computer of the user in seconds. Further the user can continue in deep analysis using EXCEL or other programs directly in the own computer. (The exact content of the columns of the ten data sources tables is presented in Table 3. in the User manual http://esa-pro.space.bas.bg/sites/default/files/Liulin_database_user_manual_August _2018.pdf.)

3.2. DATABASE menu

Choosing menu DATABASE (http://esa-pro.space.bas.bg/datasbase) and selecting the R3DR2 source a page as in Fig. 4 will be produced.

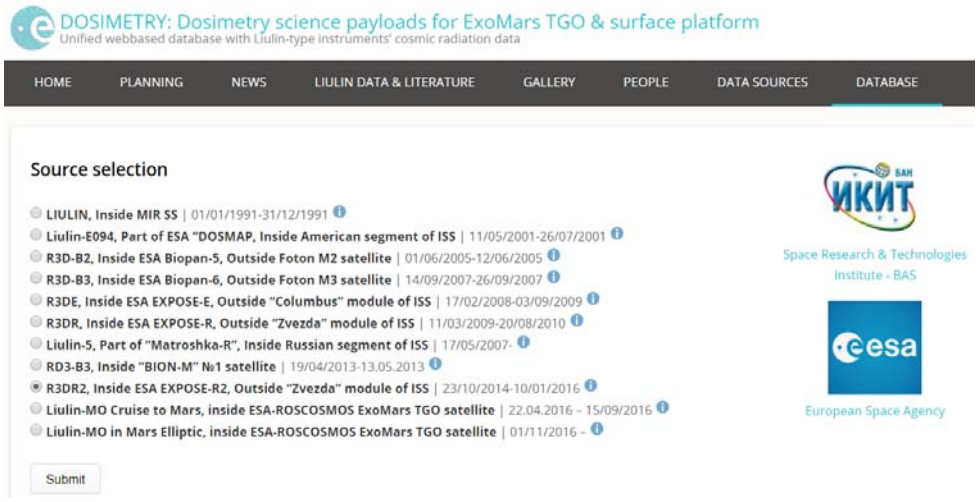


Fig. 4. The "DATABASE" submenu with selected R3DR2 source

Pressing "Submit" button a page as in Fig. 5 will appear.

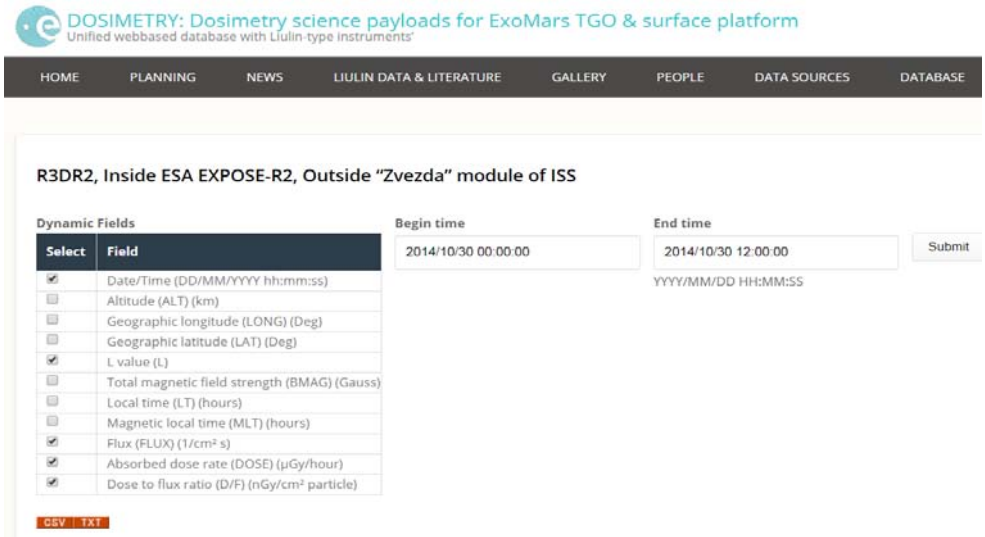


Fig. 5. The R3DR2 submenu

Choose the time interval* (in the example: 2014/10/30 00:00:00-2014/10/30 12:00:00) and variables (in the example: Date/Time/; L value (L); Flux; Absorbed dose; Dose to flux ratio) (if the time interval is larger than 6 hours than the software divide the output pictures at 6 hours).

OPTION 1*: Receiving graphics* - pressing “Submit” button a figure as in Fig. 6 will be produced.

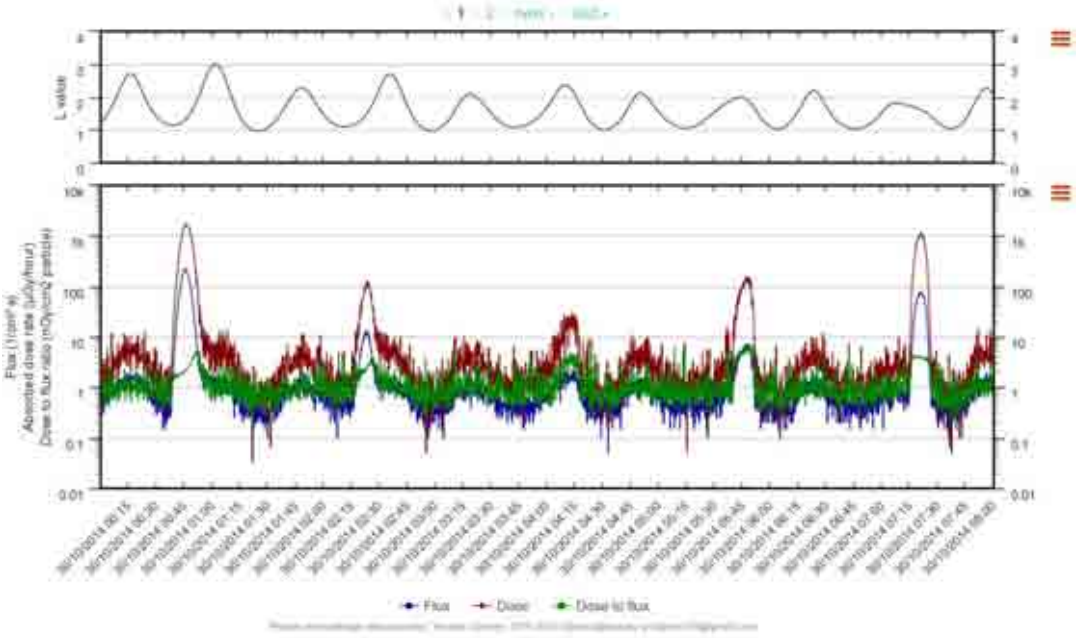


Fig. 6. R3DR2 data (First) page 30/10/2014 in the time interval 00:00:00–08:00:00

Movement of the cursor on the figures automatically generates labels, which contains the different variable values at the point of interest, as shown in Fig. 7.

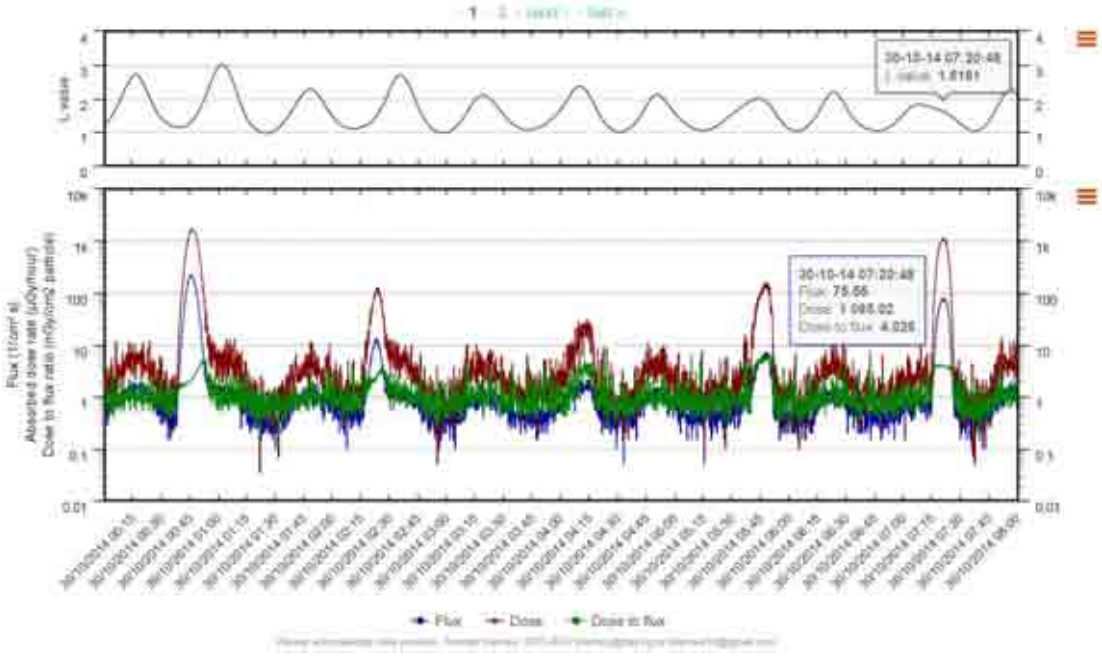


Fig. 7. R3DR2 data (First) page with value labels on the figure

The “Zoom” of any part of the figure can be obtained by pressing and holding down of the left button of the mouse as shown in Fig. 8.

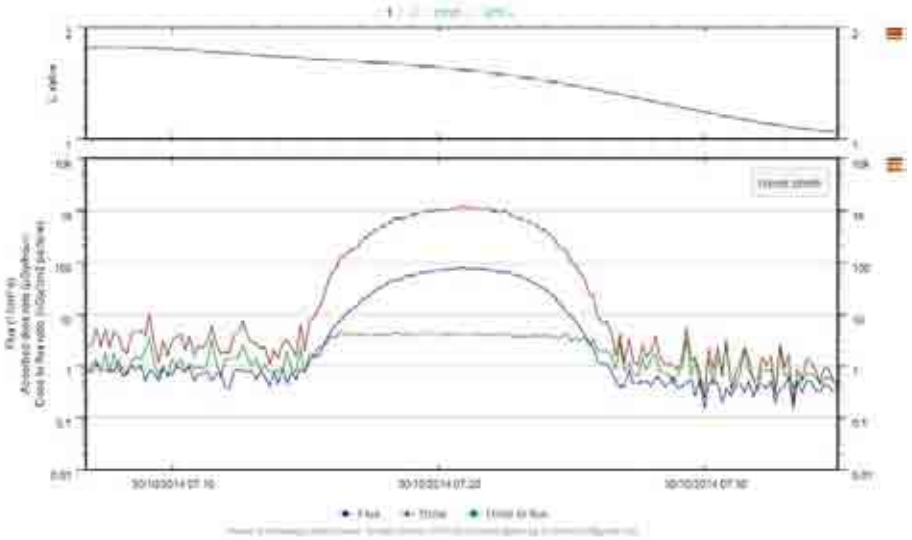


Fig. 8. Zoom of part of R3DR2 data (First) page

Pressing of the “Reset zoom” button return the picture to the original size.

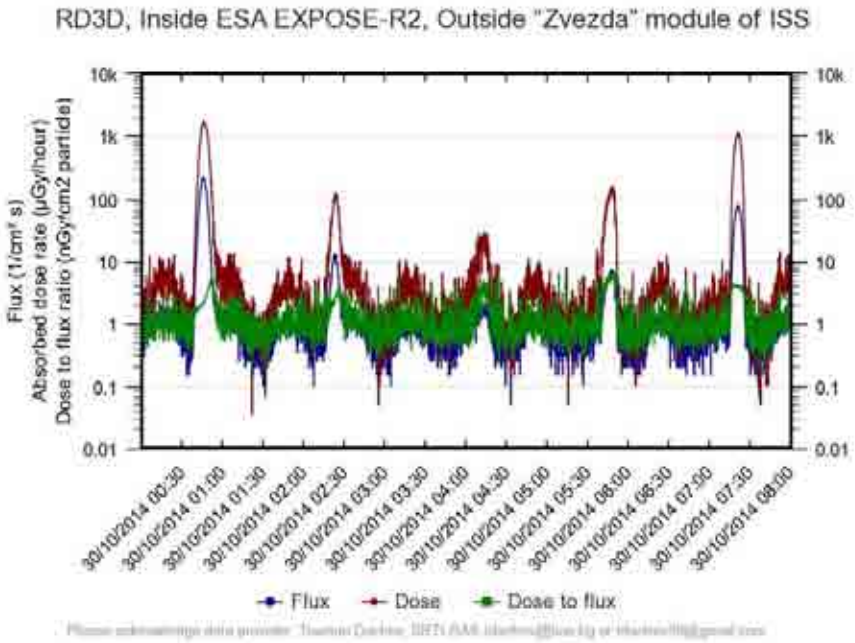


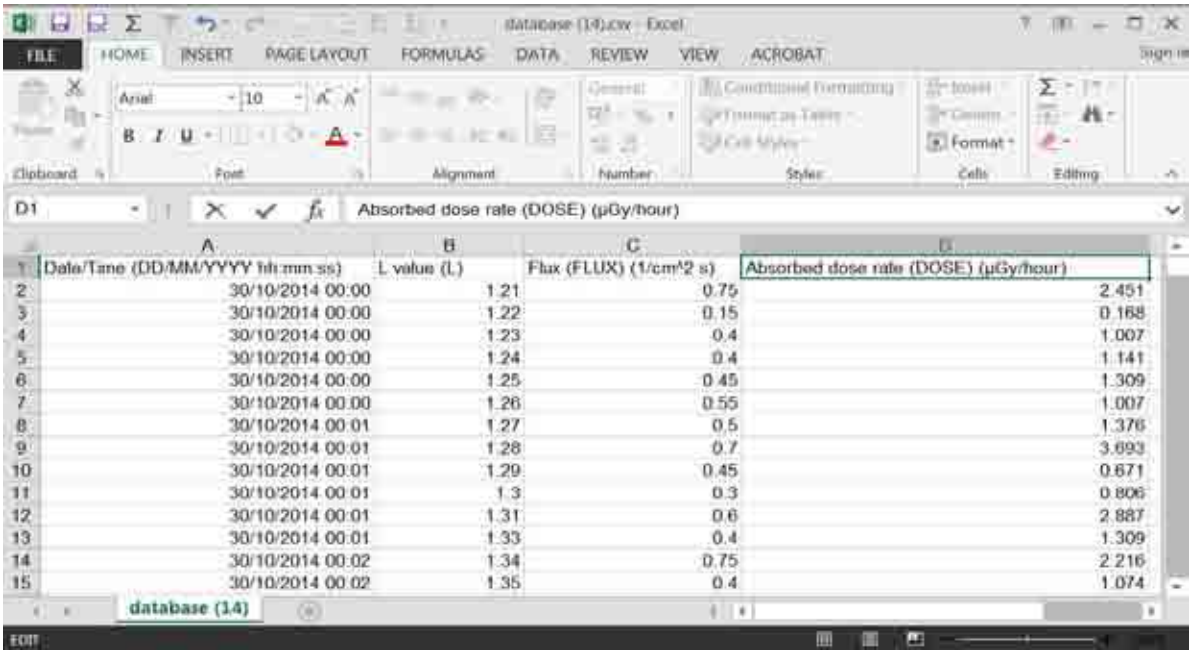
Fig. 9. JPEC image of R3DR2 data (First) page

Pressing of the ☰ button generate submenu where the user may choose the format of the figure output. The options are: “JPEC image”, “PDF document and “SVG image”. Choosing “JPEC image” the software send to the user’s computer an output picture is shown in Fig. 9.

OPTION 2: *Obtaining numeric data*

In the main menu choose the necessary parameters, as example – time initial, Altitude, Geographic longitude and Flux

Pressing one of the red buttons CSV TXT in the R3DR2 menu generate CSV or TXT format file. A file is ready for downloading. The user can save it in a chosen location under a chosen name. In the example a text file is selected. The file has a content, which reflects the chosen parameters in the R3DR2 menu (date/time, L value, flux, absorbed dose rate, D/F ratio). The view of the first 15 rows of the file in “CSV” format are shown in Fig. 10.



	A	B	C	D
1	Date/Time (DD/MM/YYYY hh:mm:ss)	L value (L)	Flux (FLUX) (1/cm^2 s)	Absorbed dose rate (DOSE) (μGy/hour)
2	30/10/2014 00:00	1.21	0.75	2.451
3	30/10/2014 00:00	1.22	0.15	0.168
4	30/10/2014 00:00	1.23	0.4	1.007
5	30/10/2014 00:00	1.24	0.4	1.141
6	30/10/2014 00:00	1.25	0.45	1.309
7	30/10/2014 00:00	1.26	0.55	1.007
8	30/10/2014 00:01	1.27	0.5	1.376
9	30/10/2014 00:01	1.28	0.7	3.693
10	30/10/2014 00:01	1.29	0.45	0.671
11	30/10/2014 00:01	1.3	0.3	0.806
12	30/10/2014 00:01	1.31	0.6	2.887
13	30/10/2014 00:01	1.33	0.4	1.309
14	30/10/2014 00:02	1.34	0.75	2.216
15	30/10/2014 00:02	1.35	0.4	1.074

Fig. 10. R3DR2 data in the downloaded “CSV” format file

Acknowledgements

We devote this work to the memory of Prof. F. Spurny, Dr. V.M. Petrov and Dr. I.V. Chernykh for their invaluable contribution to the Liulin instrument developments and data analysis. The authors would like to thank: Dr. J. Miller, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, USA for the post-calibrations of LIULIN instrument (Dachev et al., 1998a); Dr. E.G. Stassinopoulos, former Director of NASA-GSFC Radiation Physics Office for the support and help in the LIULIN-3M calibrations (Dachev et al., 2003); Dr. R. Beaujean, former scientist in Christian-Albrechts-Universitaet zu Kiel, Germany for the cooperation and financial support in the development of the Liulin-4 instrument (Dachev et al., 2002); Prof. J. Lemaire, from Institut d'Aeronomie Spatiale de Belgique for the help in the interpretation of LIULIN data and for the financial support in the development of the Liulin-ISS instrument; Prof. Gh. Gregoire and Dr. H. Schrnitz from Institut de Physique, Universite Catholique de Louvain, Belgique, for the Liulin-ISS calibrations (Dachev et al., 2002); Prof. E.R. Benton from the Department of Physics, Oklahoma State University, USA for support and NASA balloon data (Benton, 2005a, b); as well as other co-authors and organizations listed in the text and in the references for their contribution in the use and data interpretation of the Liulin-type instruments. Many thanks to the cosmonauts and astronauts on-board the Mir space station and the ISS for conducting the experiments with Liulin instruments.

HIGH ENERGY DEPOSITING EVENTS OBSERVED INSIDE AND OUTSIDE OF THE EARTHS MAGNETOSPHERE

Tsvetan Dachev, Nikolay Bankov, Borislav Tomov, Yurii Matviichuk, Plamen Dimitrov

Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences

Keywords: *Space radiation dosimetry, GCR, Radiation belts*

Abstract: *Three Liulin type spectrometers performed measurements of the energetic particles flux outside the International Space Station (ISS) in 3 long-term periods between 2008 and 2016. Very similar instrument was flown in the interplanetary space between the Earth and Moon and around the Moon on the Indian Chandrayaan 1 satellite in 2008-2009. All instruments are Bulgarian-built Liulin-type miniature spectrometer-dosimeters and acquired more than ten million energy deposited spectra from which the flux and absorbed dose rate were calculated with 10 s resolution behind less than 0.3 g cm^{-2} shielding. This paper analyses the high energy depositing events, which was observed in the 256^{th} channel when the deposited in the detector energy is higher than the upper limit of the 256 channels spectrometer of 20.8 MeV. These events can be explained with registration of high charge and energy (HZE) ions (He^+, C^+, O^+, Ne^+, Mg^+ Si^+ and Fe^+) in the Galactic cosmic ray (GCR) source and with long path proton crossings of the detector in the region of the South Atlantic anomaly (SAA) and during solar energetic particles events (SEP). The paper analyses the global distribution of the high energy depositing events observed inside the Earths magnetosphere. The high energy deposition fluxes in the 256 channel of the spectrometer in GCR, observed by RADOM instrument, outside the Earth magnetosphere and atmosphere outside Chandrayaan-1 satellite, are 6.8 times more frequent than the average by R3D/E/R/R2 instruments outside ISS. The higher flux and the presence of high charge and energy (HZE) ions outside of the Earth magnetosphere and atmosphere poses higher health risks for the humans being on missions on the Moon or Mars surfaces or in the Solar system interplanetary space.*

СЪБИТИЯ С ВИСОКО ЕНЕРГИЙНО ОТДАВАНЕ, НАБЛЮДАВАНИ В И ИЗВЪН МАГНИТОСФЕРАТА НА ЗЕМЯТА

Цветан Дачев, Николай Банков, Борислав Томов, Юрий Матвиичук, Пламен Димитров

Институт за космически изследвания и технологии, БАН

Keywords: *Дозиметрия на космическата радиация, ГКЛ, Радиационни пояси*

Резюме*: Три спектрометри от типа "Люлин" проведоха измервания на потока от енергийни частици извън Международната космическа станция (ISS) в 3 дългосрочни периода между 2008 и 2016 г. Много подобен прибор работи в междупланетното пространство между Земята и Луната и около Луната на индийския спътник Chandrayaan 1 през 2008-2009 година. Тези прибори са спектрометри-дозиметри от типа "Люлин" и са разработени в секцията по „Слънчево-земна физика“ на ИКИТ-БАН. Получените повече от десет милиона спектри на депозираната енергия са използвани да се изчислят потока и мощността на абсорбираната доза с разделителна способност от 10 s зад екранировка от 0.3 g cm^{-2}. Тази статия анализира потока на събития с висока депозирана енергия, които се наблюдават в 256-тия канал на спектрометъра, когато депозираната в детектора енергия е по-висока от горната граница на 256-тия канал на спектрометъра от 20,8 MeV. Тези събития могат да бъдат обяснени с регистриране на високоенергийни йони (He^+, C^+, O^+, Ne^+, Mg^+ Si^+ and Fe^+) с висока енергия и голям атомен номер (HZE) в галактическите космически лъчи (GCR) и с преминаване на протони надлъжно през детектора в региона на Южна-Атлантическата аномалия (SAA) и по време на слънчеви протонни събития (SPE). В статията се анализира глобалното разпространение на събитията с високо енергийно отдаване, наблюдавани в и извън земната магнитосфера. Потокът от събития в GCR с висока депозирана енергия в 256 канал на спектрометъра, наблюдавани от инструмента RADOM, извън земната магнитосфера и атмосферата извън спътника Chandrayaan-1, са 6.8 пъти по-голям от средните в приборите R3D/E/R/R2 извън ISS. По големият поток и наличието на високоенергийни йони създава по-високи рискове за здравето на хората, които са на мисии на повърхността на Луната или Марс или в междупланетното пространство на Слънчевата система.*

Introduction

There are three principal sources of primary ionizing radiation in low earth orbits (LEO): (1) galactic cosmic rays (GCR); (2) solar energetic particles (SEP), high fluxes of charged particles emitted during sporadic but intense solar flares and coronal mass ejections; (3) energetic electrons trapped in the outer radiation belt (ORB) and energetic protons trapped in the inner radiation belts (IRB). In LEO, a fourth source, albedo neutrons and protons, is also encountered [1]. Flux and dose characteristics in the near Earth space radiation environment depend on factors such as orbit parameters, solar cycle phase and current helio and geomagnetic conditions.

1. R3D and RADOM instruments

A total of fourteen successful space instruments were developed, qualified and used in numerous space missions between 1988 and 2018 [2, 3] by the scientist from the Solar-Terrestrial Physics Section of SRTI–BAS.

This paper analyze the high energy deposition events observed at three Liulin type spectrometers, which performed measurements of the energetic particles flux outside the International Space Station (ISS) in 3 long-term periods between 2008 and 2016. Very similar instrument was flown in the interplanetary space between the Earth and Moon and around the Moon on the Indian Chandrayaan 1 satellite in 2008–2009 [4].

The left part of Fig. 1 shows an external view of the R3D instruments (named R3D/E/R/R2) mounted on the 3 EXPOSE/E/R/R2 facilities outside ISS. The R3D instrument is a small-dimension (76x76x36 mm), low-mass (0.17 kg) automatic devices that measures solar electromagnetic radiation in four channels and ionizing radiation in 256 channels of a Liulin-type deposited energy spectrometer (DES) [2]. In left part of Fig. 1 small circles on the surface in the central portion of the R3D instrument show the four solar visible-and UV-radiation photodiodes, whose data are not addressed in this paper. The ionizing radiation detector (silicon PIN diode of Hamamatsu S2744-08 type) is located behind the aluminum wall of the instruments and are therefore not visible.

On the right part of Fig. 1 the external view of RADOM instrument is shown. The dimensions of the instrument are size of 120x40x20 mm and mass of 0.098 kg. It contains the same ionizing radiation detector as R3D instruments but don't have solar electromagnetic radiation spectrometer.

Fig. 1. External view of the R3D and RADOM instruments

The R3D and RADOM instruments [2, 4] contain: one semiconductor detector (Hamamatsu (S2744-08) PIN diode 2 cm^2 area, 0.3 mm thick), one charge-sensitive preamplifier, 12 bit analogue to digital converter (ADC), 256 channels multichannel analyzer and serial interface of RS422 toward the EXPOSE facility. Pulse analysis technique is used to obtain the deposited energy spectrum, which further is used for the calculation of the absorbed dose and the flux in the silicon detector. The two microcontrollers, through specially developed firmware, manage the measurements and communications of the instrument.

The main measurement unit in the R3D and RADOM instrument is the amplitude of the pulse after the preamplifier, generated by particles or quanta, hitting the detector [2]. The amplitude of the pulse is proportional by a factor of 240 mV MeV^{-1} to the energy loss in the detector and respectively to the dose. By 12 bit analogue to digital converter (ADC) these amplitudes are digitized and organized in a 256-channel deposited energy spectrum. The dose in the silicon detector D_{Si} [Gy] by definition in System international (SI) is one Joule deposited in 1 kg of matter. The absorbed dose is calculated by dividing the summarized in 256 channels energy depositions in the spectrum in Joules to the mass of the detector in kilograms.

The semiconductor detector of the R3D instruments was mounted approximately 7 mm below the 0.8 mm thick aluminum cover plate. Furthermore, there was shielding from 0.07 mm copper and 0.2 mm plastic, which provided 0.3 g cm^{-2} of total shielding from the front side. The calculated required kinetic energy of particles arriving perpendicular to the detector was 0.835 MeV for electrons and 19.5 MeV for protons. This means that only electrons and protons with energies exceeding the values

listed above can cross the R3DR2 shielding materials and reach the detector surface. The detector shielding, being larger from the sides and from behind (Fig. 1), stops all ORB relativistic electrons, attenuates the lower energy IRB protons, but practically does not change the flux of the primary GCR particles.

2. Observations

The current paper analyses the high energy deposition events obtained with 3 R3D instruments on ISS and with RADOM instrument on the Indian Chandrayaan-1 lunar satellite:

- R3DE instrument was installed in Expose-E facility outside ESA Columbus module of the ISS. The R3DE data covered the time interval between February 22, 2008 and September 1, 2009 [5];

- Expose-R facility mounted outside of the Russian “Zvezda” module hosted the R3DR instrument [6] in the period from March 11, 2009 to August 20, 2010 outside of the Russian “Zvezda” module;

- R3DR2 was installed in the same place as R3DR instrument from October 24, 2014 to January 10, 2016 [7, 8];

- RADOM instrument was mounted outside of the Indian Chandrayaan-1 satellite launched to the Moon on 22 October 2008 and injected into a 255 x 22,860 km orbit. After separation from the launcher, the spacecraft rose to moon rendezvous orbit by five consecutive in-plane perigee maneuvers to achieve the required 386,000 km apogee that placed it in a lunar transfer trajectory. Here we use the data obtained between 29 October and 9 November 1988 when the satellite was in the interplanetary GCR source at altitudes between 90,000 and 360,000 km, far away from the bodies of Earth and Moon.

The different radiation sources, named GCR, SAA, SEP and outer radiation belt (ORB), are separated using the selection procedure described recently by Dachev et al. in [7] and some additional requirements. Finally, the SAA source is selected by the following requirements: Dose rate>15 μGy h^{-1}, D/F ratio>1.12 nGy cm^2 $particle^{-1}$, L-value<3; B<0.23 Gauss. The GCR source: Dose rate<15 μGy h^{-1}, B>0.23. The ORB source: Dose rate>15 μGy h^{-1}, D/F ratio<1.12 nGy cm^2 $particle^{-1}$, B>0.23.; (2) Larger amount of them 677 counts are in the SAA source. The SEP source: Dose rate>15 μGy h^{-1}, D/F ratio>1.12 nGy cm^2 $particle^{-1}$, B>0.23. Only in the data of the R3DR2 instrument were found and selected SEP particles.

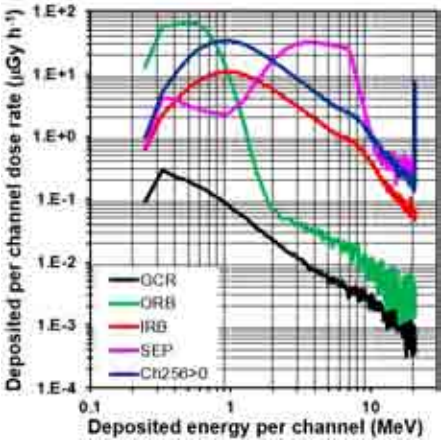


Fig. 2. Deposited energy spectra from different radiation sources

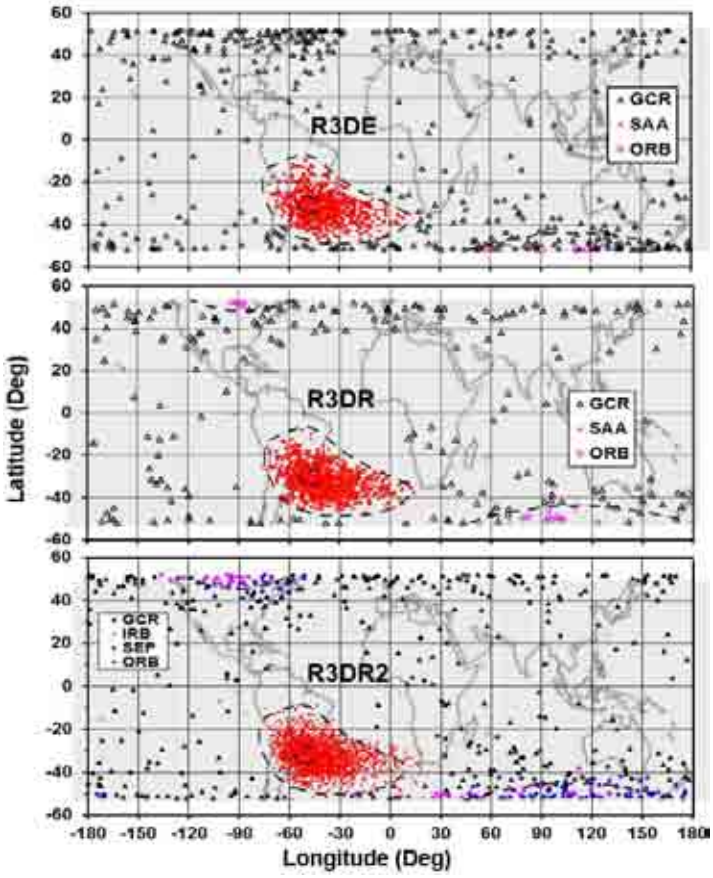


Fig. 3. Global distribution of the locations of the high energy deposition events as observed R3DE/R/R2 instruments

Fig. 2 illustrates how the high energy deposition events in the IRB source are seen in the energy deposition spectra. The presented GCR, ORB and SEP spectra are obtained by the R3DR2 instrument from 21 to 30 June 2015. The deposited dose rate is the area between the abscissa and the curve of the deposited energy spectrum that is why the GCR spectrum (black line) is in the bottom of Fig. 2. The ORB spectrum (green line) shows large maximum in the range up to 2 MeV because the high energy electrons, which built it, are relatively low energy deposition particles. The magenta line presents the SEP spectrum from the solar proton event on 22 June 2015. The event was built by relatively low energy protons, which produces the maximum in the range between 1 and 10 MeV.

The red line IRB spectrum presents the result from averaging of all (254,320) R3DR2 IRB spectra. The existence of high energy deposition events in the 256 channel (the last point in the spectra) is not seen because of relatively low number of spectra, which contains 1 there. The blue line IRB spectrum presents the result of averaging only the spectra, which have 1 in the last channel (1822 spectra). In the 256th channel of this spectrum is seen large vertical blue line, which presets this large value. The blue spectrum is higher than the red one because the probability for observation of high energy depositing events are higher in higher flux, respectively higher dose rate.

Fig. 4 presents the global distribution of the locations where the high energy depositing events in the 256th channel were observed in the spectrometers of the R3DE/R/R2 instruments. This means that in the 10 sec interval of each measurements in the 256 channel of the spectrometer is observed value greater than zero. Usually this value is 1 and in very rare occasions, only in the SAA source 2. The dashed lines in Fig. 4 represent the isolines of flux observed with R3RE instrument equal to 2.5 and 120 cm^{-2} s^{-1}, giving to the reader an idea where the SAA in flux is situated and where the high latitude regions in the both hemispheres are extended.

We consider to investigate more precisely only the fluxes of particles observed in the GCR and ORB sources because the fluxes in SAA and SEP sources have known origin from long path proton crossings of the detector in the region of the SAA and during SEP events.

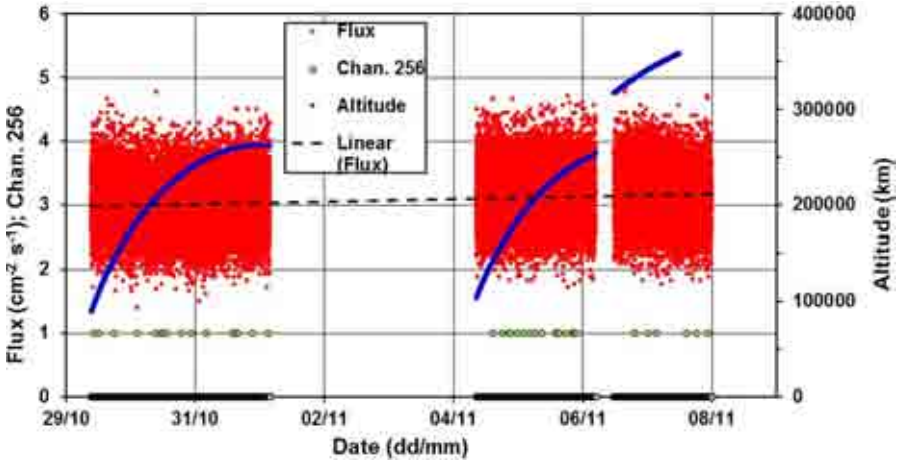


Fig. 4. Interplanetary GCR flux variations as observed with RADOM instrument

Figure 5 presents the RADOM GCR data obtained in the interplanetary space between Earth and Moon in the time interval 29/10/2008 09:46:12-08/11/2008 00:00:00 UT. On the left hand axis are plotted the measured flux (red points) in cm^{-2} s^{-1} and the values of the 256th channel (green points) being in the most of the time equal to 0 and in 39 cases equal to 1. On the right hand axis is plotted the altitude (blue points) of the Chandrayaan-1 satellite above the Earth surface.

It is seen that the flux values are stable in the range 1.4–4.8 cm^{-2} s^{-1}. The linear average of the flux, presented with heavy black line, have very small trend of increase between 3.0 and 3.15 cm^{-2} s^{-1}, which is connected with a real increase of the GCR flux in the Earth vicinity, as observed by the Oulu neutron monitor [4].

As GCR pass through a target, a multitude of electromagnetic and nuclear interactions cause the incident particles to deposit some of their kinetic energy into the target material. The energy is deposited primarily in the form of ionization of atoms in the target. The rate at which the incident particle deposits its energy in the target is termed linear energy transfer (LET=-dE/dx), energy deposited per unit path length) [8]. The LET spectrum and its evolution through the human body are essential ingredients in understanding and mitigating the potential radiation risk posed by energetic particles [9].

Fig. 5 compare [10]:

- 2012–2013 silicon LET spectrum (large black points) from RAD instrument on Curiosity rower at the surface of Mars behind ~21 g cm^{-2} CO_2 shielding;
- 2009–2011 silicon LET spectra from CRaTER instrument [11] on board the Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO), which orbited the Moon in a 50 km (average) polar orbit with a period of about 100 min [9]. The data was obtained behind 0.2 g cm^{-2} (CRaTER D1/D2, small black points), 6 g cm^{-2} (CRaTER D3/D4, small red points), and 9 g cm^{-2} (CRaTER D5/D6, small blue points);
- 2008 silicon LET GCR spectrum (magenta points) from RADOM instrument, obtained behind 0.3 g cm^{-2} shielding in the interplanetary space between Earth and Moon between 29/10/2008 09:46:12 and 08/11/2008 00:00:00 UT. 52,687 10 sec spectra were averaged;
- 2014–2016 silicon LET GCR spectrum (dark green points) from R3DR2 instrument, obtained behind 0.3 g cm^{-2} shielding. The spectrum was obtained by averaging of 3,393,592 10 s GCR spectra in the period 23/10/2014 10:31:43-10/01/2016 23:59:56 UT.

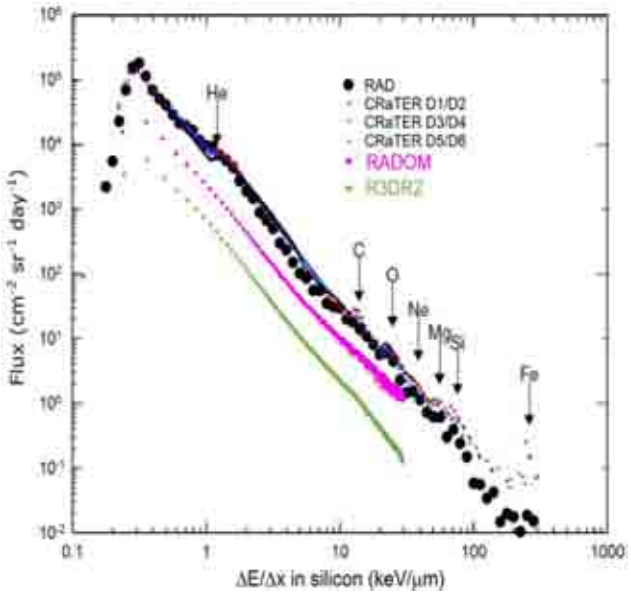


Fig. 5. Comparison of LET spectra, obtained by different instruments at different carriers

Figure 5 shows relatively good agreement between the shapes of the different spectra. The RADOM and R3DR2 spectra are shorter than the RAD and CRaTER spectra because they were obtained with single silicon detector, which covers only the LET range between 0.233 and 29.8 keV μm^{-1}. The RADOM and R3DR2 spectra include the energy depositions of Neon (Ne) ions as obtained by Dr. Y. Uchihori [11] (see Fig. 11 there) but in Fig. 4 this is not seen, probably because not very clear position of Neon maximum in the CRaTER spectra. The RADOM spectrum is below the RAD and CRaTER spectra because smaller shielding. The R3DR2 spectrum is obtained inside of the Earth magnetosphere and atmosphere that is why the amount of CGR particles building the spectrum is smallest and this spectrum is in the bottom of Fig. 4.

3. Data analysis

The analysis of the data in the figures and Table 1 reveal the following:

Table 1. Statistics of the observations with the R3DE/R/R2 and RADOM instruments.

Experiment	Time interval of the measurements **Number of days of GCR measurements**	Flux of GCR particles in 256 ch. [cm^{-2} sr^{-1}]	Flux of ORB particles in 256 ch. [cm^{-2} sr^{-1}]	Flux of GCR+ORB particles in 256 ch. [cm^{-2} sr^{-1}]	Flux GCR+ORB [part./day cm^2 sr]	Flux of SAA particles in 256 ch. [cm^{-2} sr^{-1}]	Flux of SEP particles [cm^{-2} sr^{-1}]
R3DE	31/05/2008-23/06/2009 **287.1**	68.47	0.80	69.27	0.24	107.8	Not observed
R3DR	11/03/2009-19/08/2010 **261.2**	30.73	3.03	33.76	0.13	159.1	Not observed
R3DR2	23/10/2014-10/01/2016 **418.7**	54.94	7.80	62.74	0.15	286.9	16.2
RADOM	29/10/2008 09:46:12-08/11/2008 00:00:00 **6.1**	6.21			1.02		

1) The events in 256 channel of the spectrometer are distributed in the 3 different sources. The IRB fluxes, as expected, are concentrated in the region inside the dashed line, which gives the boundary of the120 cm^{-2} s^{-1}. The frequency of observation of IRB events raise toward the center of the SAA, which confirm the hypothesis that this events are generated by long path proton crossings of the detector. The maximal IRB flux is seen during the EXPOSE-R2 mission because of the maximal altitude of ISS and that is why maximal IRB fluxes. The ORB events, as expected, are seen in the region outside the dashed line, which gives the boundary of the 5 cm^{-2} s^{-1}. The SEP particles (Seen in Fig. 2 with blue crests) was observed only on EXPOSE-R2 facility during the solar proton events in 2015. The largest fluxes was observed on 22 June 2015 [14];

2) The GCR flux in 256 channel from R3DE instrument is the largest because the flux of secondaries, generated in the heavier surrounding shielding of this instrument [13];

3) The ORB flux in 256 channel from R3DE instrument is the smallest because of the very low solar and geomagnetic activity during the measurements in 2008–2009. The largest ORB flux is observed during the EXPOSE-R2 mission in 2014–2016 [7];

4) The IRB flux in 256 channel from R3DE instrument is the smallest because of the relatively smaller altitude of ISS and smaller IRB fluxes during this measurements in 2008–2009 [7].

Conclusions

The observed maximal frequency of the IRB events in the 256 channel close to the center of the SAA confirm the hypothesis that this events are generated by long path proton crossings of the detector. Relatively small energy of the IRB protons and the lack of heavy ions define the smaller health risk from this particles.

The high energy deposition fluxes in the 256 channel of the spectrometer in GCR source, observed by RADOM instrument, outside the Earth magnetosphere and atmosphere outside Chandrayaan-1 satellite, are 6.8 times higher than the average by R3DR2 instrument outside ISS. Also the presence of high charge and energy (HZE) ions poses higher health risks for the humans being on missions on the Moon or Mars surfaces or in the Solar system interplanetary space.

References:

1. Benton, E.R., and E.V. Benton, Space radiation dosimetry in low-Earth orbit and beyond. Nucl. Instrum. and Methods in Physics Research, B, 184, (1-2), 255–294, 2001.
2. Dachev, T.P. et al., Overview of the Liulin type instruments for space radiation measurement and their scientific results, 92–114, 2015. doi: 10.1016/j.lssr.2015.01.005
3. 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, 2018. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2017.12.034*
4. Dachev, T.P., et al., An overview of RADOM results for Earth and Moon Radiation Environment on Chandrayyan-1 Satellite, Adv. Space Res., 48, 5, 779-791, 2011. http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2011.05.009
5. Dachev, T.P., et al., Time profile of cosmic radiation exposure during the EXPOSE-E mission: the R3D instrument. Internat. Journal of Astrobiology, 12, 5, 403-411, 2012. https://doi.org/10.1089/ast.2011.0759
6. Dachev, T.P., et al., EXPOSE-R cosmic radiation time profile, Journal of Astrobiology, 14, 17–25. http://dx.doi.org/10.1017/S1473550414000093
7. Dachev, T.P., et al., Overview of the ISS radiation environment observed during the ESA EXPOSE-R2 mission in 2014–2016. Space Weather, 15, 1475–1489, 2017. doi: 10.1002/2016SW001580
8. Case, A.W., et al., The deep space galactic cosmic ray lineal energy spectrum at solar minimum, Space Weather, 11, 361–368, 2013. doi:10.1002/swe.20051
9. Cucinotta, F. A., and M. Durante Cancer risk from exposure to galactic cosmic rays: Implications for space exploration by human beings, The Lancet Oncology, 7, 2006. doi:10.1016/S1470-2045(06)70695-
10. Zeitlin, C., Results from the MSL-RAD Experiment on the Curiosity Mars Rover, Nineteenth WRMISS, Krakow, Poland, 9-11 September 2014. http://wrmiss.org/workshops/nineteenth/Zeitlin_MSL-RAD.pdf
11. Chin, G., et al., Lunar reconnaissance orbiter overview: The instrument suite and mission. Space Science Reviews, 129(4), 391–419, 2007.
12. Uchihori, Y., et al., Analysis of the calibration results obtained with Liulin-4J spectrometer-dosimeter on protons and heavy ions, Radiation Measurements, 35, 127-134, 2002.
13. Dachevp Ts., Analysis of the space radiation doses obtained simultaneously at 2 different locations outside ISS, Adv. Space Res., 52, 1902-1910, 2013 http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2013.08.011
14. Dachev, T.P., et al., High dose rates obtained outside ISS in June 2015 during SEP event, Life Sciences in Space Research, 9, 84–92, 2016, http://dx.doi.org/10.1016/j.lssr.2016.03.004

ANOMALOUS ENHANCEMENT OF COSMIC RAYS DURING G3 GEOMAGNETIC STORM ON 26.08.2018 IN SPECIAL POSITION OF SUN–EARTH–MOON SYSTEM

Lev Dorman[1], Peter Velinov[2], Dimitrinka Tomova[3], Alexander Mishev[4], Lachezar Mateev[2]

[1]IZMIRAN, Russian Academy of Sciences / Israel Cosmic Ray Center, Qazrin
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[3]Sofia University „St. Kliment Ohridski", Faculty of Mathematics and Informatics
[4]Space Climate Research Unit, University of Oulu, Finland
e-mail: pvelinov@bas.bg

Keywords: *Cosmic rays, Interplanetary physics, Particle acceleration; Space weather, Particle precipitation; G3 – Strong geomagnetic storm*

Abstract: *The strongest geomagnetic storm in 2018 was studied. It is accompanied by anomalous enhancement of cosmic rays, recorded by a large number of neutron monitors (NMs) on the global world network stations (http://www01.nmdb.eu/). The storm on 26.08.2018 has a maximum 3-hour planetary index Kp = 7+ and the magnitude of the planetary 24-hour Ap index, Ap = 67. This storm was not predicted by either our Space Weather Forecasting Center at the Institute for Space Research and Technology – BAS, or the other national and international centers and services. This work analyzes the causes of this phenomenon. The investigated storm coincides exactly with the full moon on August 26, 2018, when the Sun – Earth – Moon system is located on a straight line.*

АНОМАЛНО НАРАСТВАНЕ НА КОСМИЧЕСКИТЕ ЛЪЧИ ПО ВРЕМЕ НА ГЕОМАГНИТНАТА БУРЯ G3 НА 26.08.2018 ПРИ СПЕЦИАЛНО ПОЛОЖЕНИЕ НА СИСТЕМАТА СЛЪНЦЕ–ЗЕМЯ–ЛУНА

Лев Дорман[1], Петер Велинов[2], Лъчезар Матеев[2], Димитринка Томова[3], Александър Мишев[4]

[1]ИЗМИРАН, Руска академия на науките / Израелски Космически център, Казрин
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[3]Софийски Университет "Св. Климент Охридски", Ф-т по математика и информатика
[4]Изследователски отдел за космически климат, Университет в Оулу, Финландия
e-mail: pvelinov@bas.bg

Ключови думи: *Космически лъчи, Междупланетна физика, Ускорение на частиците; Космическо време, Изсипване на частиците; Силна геомагнитна буря – клас G3*

Резюме: *Изследвана е най-голямата геомагнитна буря през 2018 г. Тя е съпроводена от аномално нарастване на космическите лъчи, регистрирано от значителна част от неутронните монитори на световната глобална мрежа станции (http://www01.nmdb.eu/). Бурята от 26.08.2018 има максимален 3-часов планетарен индекс Kp = 7+ и значение на планетарния 24-часов Ap индекс, Ap = 67. Тази буря не беше предсказана нито от нашия Център за прогноза на космическото време при Института за космически изследвания и технологии – БАН, нито от другите национални и международни центрове и служби. В работата се анализират причините за този феномен. Разглежданата буря съвпада точно с пълнолунието на 26.08.2018, когато системата Слънце – Земя – Луна е разположна на една права линия.*

Introduction

We are presently at the minimum of the 24th solar cycle. Increased solar activity periods during the minimum are rare occurrences. Typically, such phenomena are 1–2 during a solar cycle [1, 2, 3]. This particularly concerned the period with CR anomalous effects in the end of August 2018.

Surprise G3 – Strong geomagnetic storm on August 26, 2018

On 26 August 2018 unexpectedly began the strongest geomagnetic storm for this year with a maximal 3-hour planetary index Kp = 7+ and the magnitude of the planetary 24-hour Ap index, Ap = 67 (Fig. 1a). This storm was not foreseeable for most of the world space weather prediction centers.

Mostly the space weather forecasts (of NOAA SWPC and other European and world centers) come true with a high probability. Relatively rare are some exceptions - one such case is the forecast for August 26, 2018.

„We were wrong! The coronal mass ejection we talked about back on 22 August did arrive at Earth and sparked strong G3 geomagnetic storming conditions today. A big surprise for everyone which goes to show how unpredictable space weather is.“ (NOAA SWPC)
(https://www.spaceweatherlive.com/en/news/view/352/20180826-strong-g3-geomagnetic-storm)

On Fig. 1b is shown the forecast of geomagnetic storms from 26 to 28 August 2018 from Laboratory for Roentgen Astronomy of the Sun, Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Science (http://tesis.lebedev.ru/).

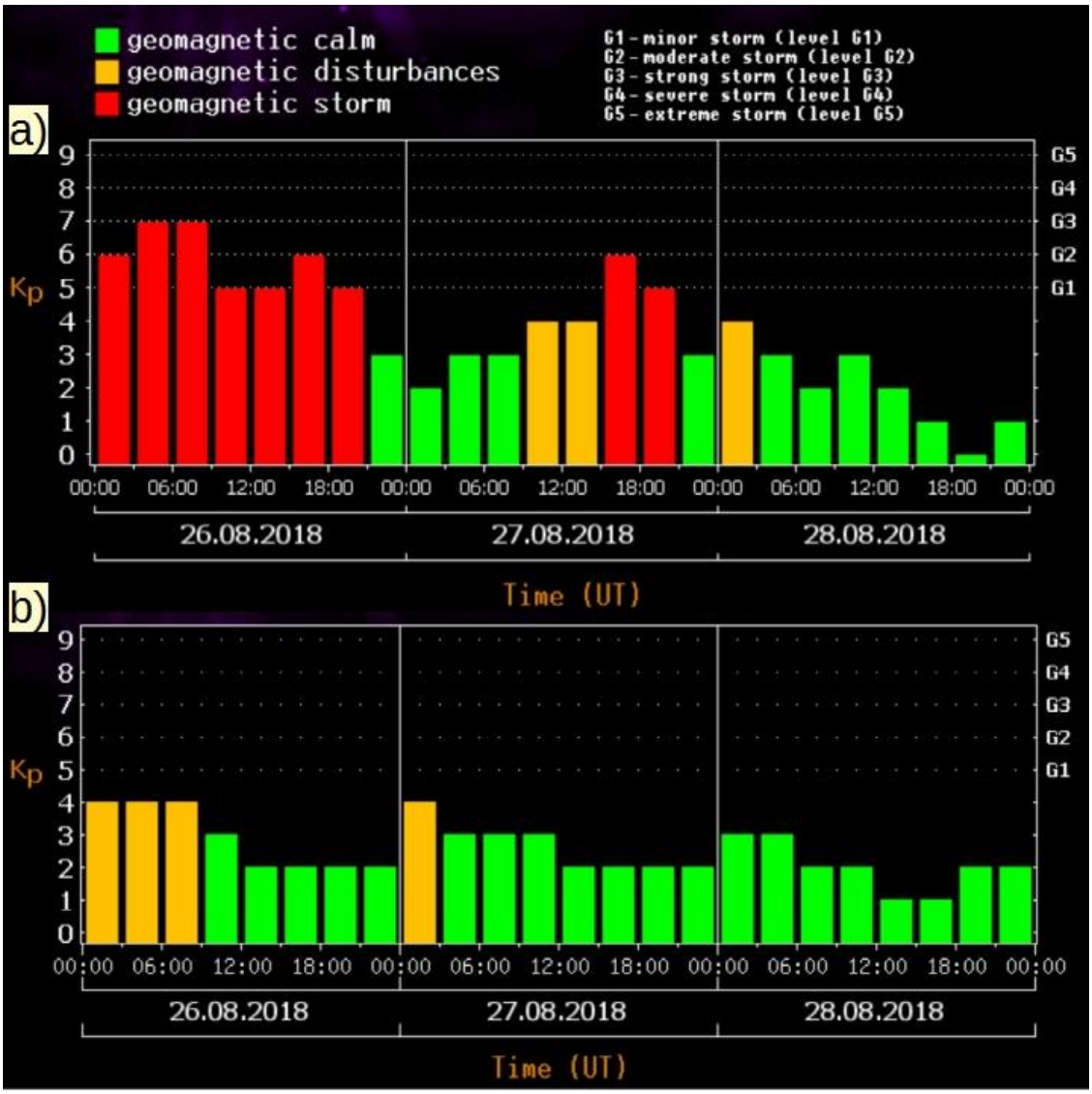


Fig. 1: a) The 3 hour Planetary K-index in the disturbed period August 26–28, 2018 with level G3 – Strong geomagnetic storm (August 26) and level G2 – Moderate geomagnetic storm (August 27), according to NOAA Space Weather Prediction Center (SWPC) – Boulder, Colorado. At the top of the Figure the 5 levels (G1–G5) of geomagnetic storms (all in red) are presented.

Fig. 1: b) The forecast of magnetic storms from 26 to 28 August 2018, prepared from Laboratory for Roentgen Astronomy of the Sun, Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Science (http://tesis.lebedev.ru/). According to them the probability of a magnetic storm is 20 % and the probability of a strong magnetic storm is 5 % for 26 and 27 August. For 28 August these probabilities are 10 % and 1 %, respectively.

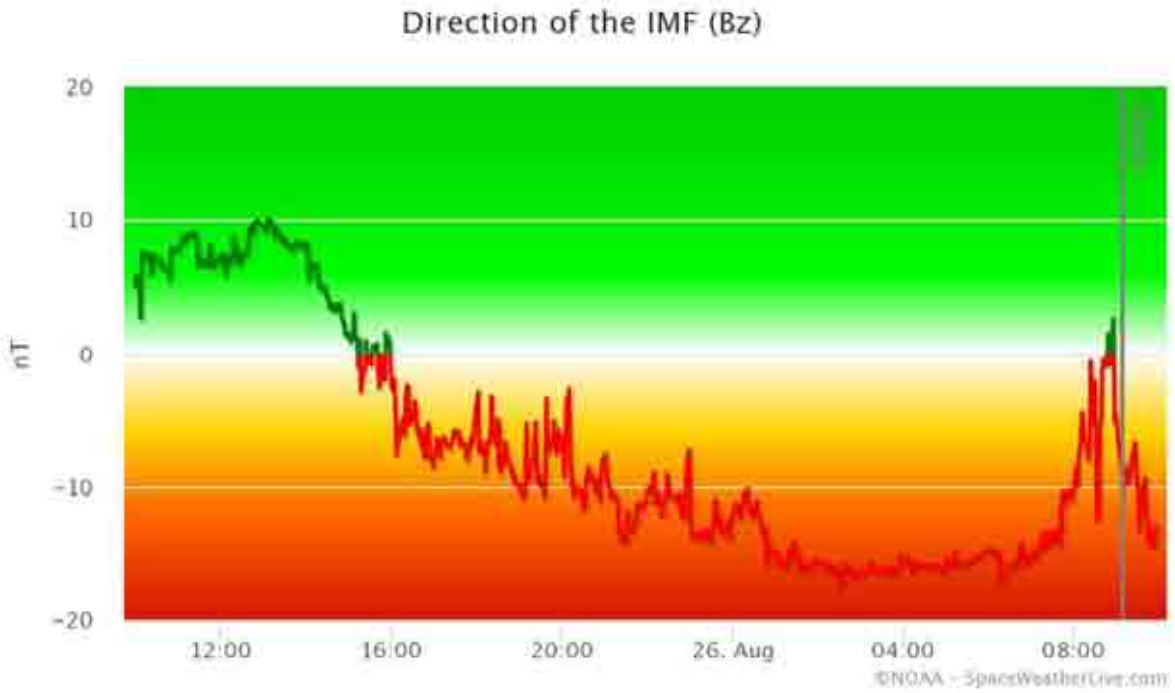


Fig. 2. Magnitude of the Interplanetary Magnetic Field (IMF), with a continuous southward orientation (Bz). Negative (southward) Bz values have been observed since around 15 UTC on 25.08.2018 and these values gradually increased to a minimum of –17 nT.

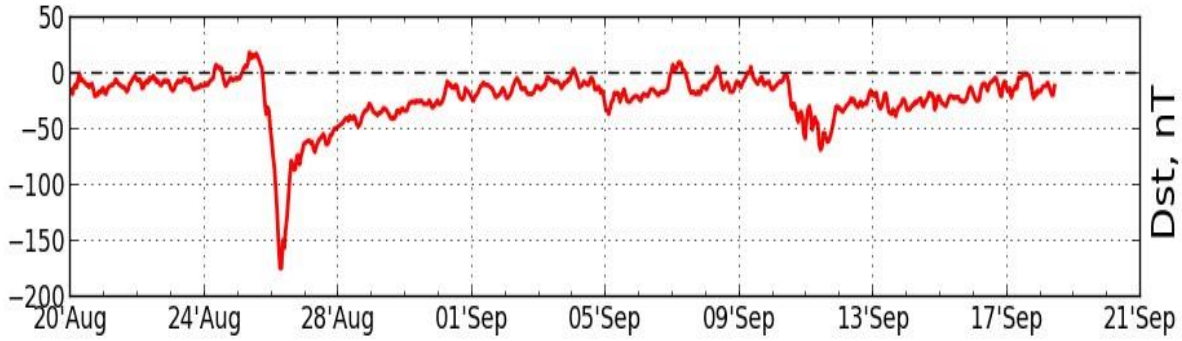


Fig. 3. Behaviour of Dst - index [nT] in the period August 20 – September 18, 2018, according to data from World Data Center for Geomagnetism, Kyoto, Japan. It is seen and another smaller storm on September 11, 2018.

This unexpectedly strong geomagnetic storm is caused by an enhanced magnitude of the Interplanetary Magnetic Field (IMF), with a continuous southward orientation (Bz) (Fig. 2), which is a common occurrence when the core of a Coronal Mass Ejection (CME) passes our planet. Negative (southward) Bz values have been observed since around 15 UTC on 25.08.2018 and these values gradually increased to a minimum of –17 nT (Fig. 2). The persistent southward orientation of IMF constantly fueled the auroral events above our planet resulting in surprisingly strong geomagnetic storm conditions (https://www.spaceweatherlive.com/images/news/2018/352-bz.jpg).

Magnetic storming gradually increased in strength until 05:59 UTC on 26.08.2018, when the NOAA SWPC reported that the G3 – Strong geomagnetic storm threshold was reached. Even the Disturbance Storm Time (Dst) index dropped deep to a lowest value of Dst = –186 nT (Fig. 3).

Forecasters did not see this coming. The stage was set for the storm when a minor CME arrived about 24 hours ago. First contact with the CME barely registered in solar wind data, and Earth's magnetic field was unperturbed. The action began only after Earth entered the CME's wake, where strong south-pointing IMFs opened a crack in planet's magnetosphere. A surprise geomagnetic storm began.

The plasma cloud was slow and the solar wind velocity had a constant speed of around 400–450 km/s during the past 36 hours. There was no classic shock impact which we often see with faster coronal mass ejections so what gave away that this indeed was a coronal mass ejection?

The investigated storm coincides exactly with the full moon on August 26, 2018, when the Sun – Earth – Moon system is located on a straight line. Close and similar cases are considered and analyzed in the works [4, 5, 6]. There is also the relevant interpretation.

Cosmic ray enhancement and Forbush decrease on August 25–26, 2018

The behavior of cosmic rays in the period around August 26, 2018 was extraordinary and inexplicable. Obviously refers to new unknown effect in the near space associated with the additional acceleration of the particles in interplanetary space and Earth environment to relativistic energies.

Some examples of event from August 25-26, 2018 are shown in Fig. 4. A distinguishable signal was recorded by high latitude neutron monitor (NM) Apatity (APTY), Russian Federation (Fig. 4a) and by middle latitude Jungfraujoch (JUNG) NM, Switzerland (Fig. 4b). This suggest that it is a ground-level enhancement (GLE) event [7–14]. Similar is the situation with other stations located in Europe, North and Central Asia and Africa - for example neutron monitors: Dourbes (DRBS), Belgium; Lomnicky Stit (LMKS), Slovakia; Rome (ROME), Italy; Athens (ATHN), Greece; Moscow (MOSC), Baksan (BKSN), Novosibirsk (NVBK), Irkutsk (IRKT), Yakutsk (YKTK), Tixie Bay (TXBY) (all six NMs - Russian Federation); Oulu (OULU), Finland; Almaty (AATB), Kazakhstan; Castilla-La Mancha (CALM), Spain; Tsumeb (TSMB), Namibia; Hermanus (HRMS) and Potchefstroom (PTFM) (South Africa Republic) and others (www.nmdb.eu).

However, a number of stations in the American and Pacific sectors did not respond. For example, no GLE was recorded in US neutron monitors: Thule (THUL), Newark (NEWK) and Fort Smith (FSMT); also in Daejeon (DJON) NM, South Korea; Kerguelen (KERG) NM, District of the French Southern and Antarctic Lands, and many others (www.nmdb.eu).

A number of the above mentioned stations register pronounced Forbush decrease [7, 15–18], f.e. for NM APTY the magnitude is –3.3 %, Fig. 4a.

For the analysis of the presence of GLE, the results from neutron monitors in Antarctica will be decisive. At present there is a network of Antarctic neutron monitors: SOPO and SOPB (US); DOMC and DOMB (Finland) [19]; Mirny (MRNY), Russian Federation; Terre Adelie (TERA), French Antarctica – near the South Magnetic Pole; Jang Bogo (JBGO), S. Korea; Mawson (MWSN), Australia, and others.

The first two groups are high altitude NMs: SOPO/SOPB - located at the geographical South Pole, 90°00' S (2835 masl), and DOMC/DOMB – located in the Polar Cusp - Central Antarctica at 75°06' S, 123°20' E (3233 masl). The remainder NMs: MRNY, TERA, JBGO, MWSN are situated near sea level [19].

The high altitude NM DOMC (Fig. 4c), as well as other polar NMs did not register any significant response to GLE. They measured only the pronounced Forbush decrease, f.e. DOMC (–2.5 %), Fig. 4c, DOMB (–2.8 %) and other.

Cosmic ray enhancement is not a GLE, but an anomalous effect

Almost a simultaneous enhancement of the count rates of several ground-based cosmic-ray neutron monitors (NMs), that is caused by solar energetic particles (SEPs) is known as a ground-level enhancement (GLE) event. Observations of GLEs provide key information about the high energy part (above several hundred MeV.nucl−1) of strong SEP events, which cannot be continuously monitored by space-borne instruments.

The definition of GLE events requires implementation of the following conditions [20]:

„A GLE event is registered when there are near-time coincident and statistically significant enhancements of the count rates of at least two differently located neutron monitors including at least one neutron monitor near sea level and a corresponding enhancement in the proton flux measured by a space-borne instrument(s).“

Some places are exceptionally well suitable for ground-based detection of SEP – high-elevation polar regions with negligible geomagnetic and reduced atmospheric energy/rigidity cutoffs. At present, there are two neutron-monitor stations in such locations on the Antarctic plateau: SOPO/SOPB (at Amundsen–Scott station, 2835 m elevation), and DOMC/DOMB (at Concordia station, 3233 m elevation) [20].

From what has been said in the previous section, and also from the results shown in Fig. 4c, it can be seen that on August 26, 2018, there is no penetration of SEPs.

This is confirmed by the absence of SEPs that are registered on satellites and space stations. The data from GOES–14 to GOES –17 (The Geostationary Operational Environmental Satellite) and ACE (Advanced Composition Explorer) show that the instruments for measurements of high energy solar energetic particles did not record an increase in their integral fluxes on August 26, 2018. This applies to GOES Proton Flux ≥10 MeV, ≥50 MeV, and ≥100 MeV; and to the ACE instrument CRIS

(Cosmic Ray Isotope Spectrometer). CRIS has an energy interval, from 50 to 500 MeV/nucleon, with isotopic resolution for elements from Z ≈ 2 to 30. The nuclei detected in this energy interval are predominantly high energy particles and cosmic rays. (https://www.goes.noaa.gov/ and http://www.srl.caltech.edu/ACE/)

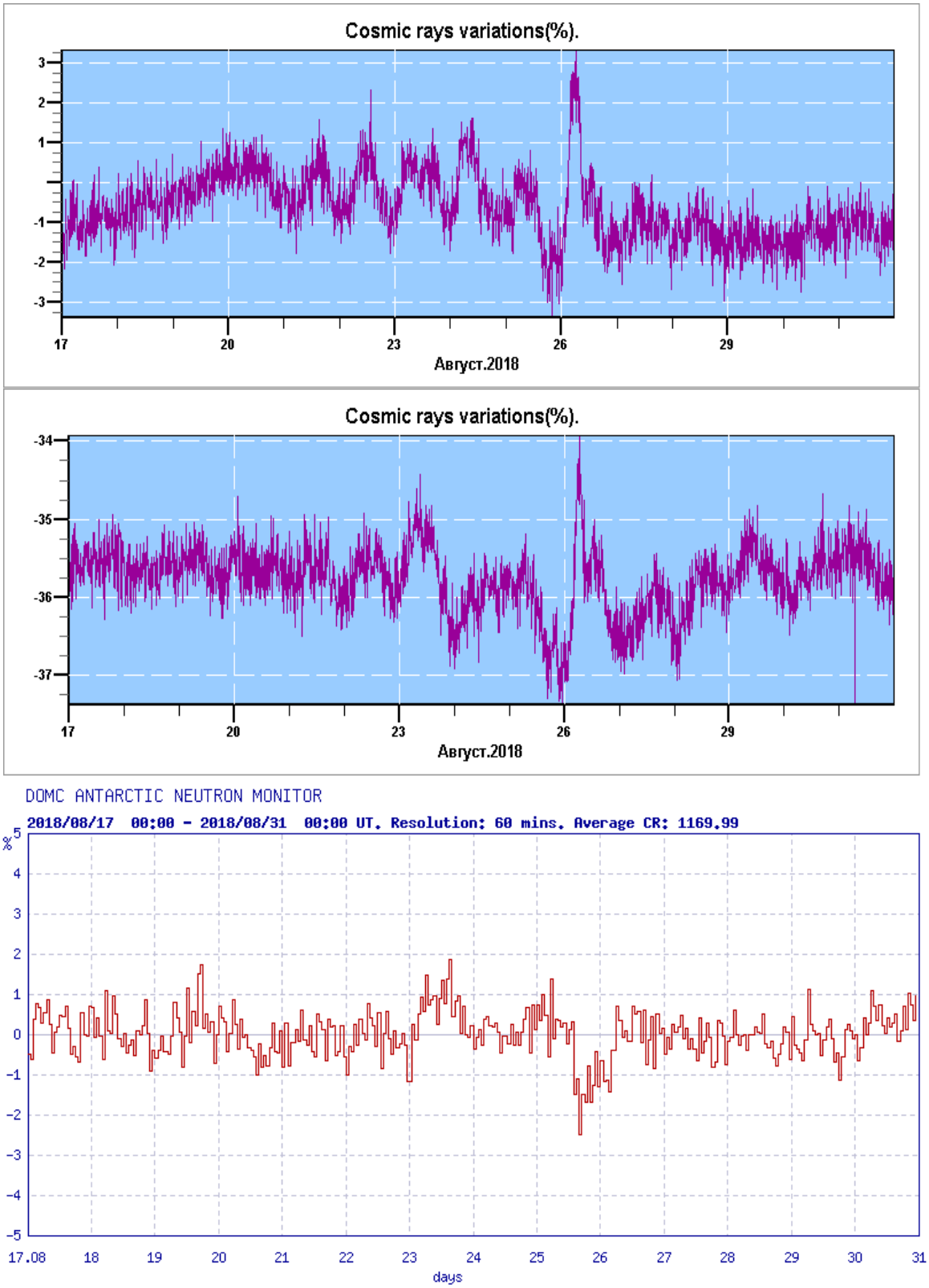


Fig. 4. The time course (during the period August 17-31, 2018) of cosmic rays measured by neutron monitors at:
a) high latitudes – Apatity (APTY), Russia with Effective vertical cutoff rigidity Rc = 0.65 GV, Altitude 181 masl,
b) middle latitudes – Jungfraujoch (JUNG), Switzerland with Rc = 4.49 GV, Altitude 3570 masl,
c) high elevation – DOMC research station (located in the Polar Cusp - Central Antarctica at 75°06' S, 123°20' E), with Effective vertical cutoff rigidity Rc < 0.01 GV, 3233 masl.

Conclusion

The enhancement of cosmic rays during G3 – Severe geomagnetic storm on August 26, 2018 represents an anomalous phenomenon, an anomalous effect, which is characterized by:

1) Strong anisotropy of the CR anomalous enhancement;

2) A great asymmetry of planetary impact, accompanied by CR enhancement in Europe, Asia and Africa, and absence of effect in America, the Pacific region and Antarctica;

3) Absence of CR effect even in high altitude (about 3000 m elevation) NMs: SOPO/SOPB and DOMC/DOMB - located at geomagnetic cutoffs almost zero GV ! Usually, the weakest GLEs, the so-called sub-GLEs [20], are registered here due to the relatively low atmospheric cutoffs.

4) The appearance of a new extraordinarily strong acceleration mechanism for the charged particles (to relativistic energies !) from interplanetary and extraterrestrial forces, fields and structures.

Acknowledgements:

Acknowledgements are due to the NMDB: Real-Time Database for high-resolution Neutron Monitor measurements (www.nmdb.eu), founded under the 7th Framework Programme (FP7) of the European Union, as well as the IZMIRAN – Moscow (Russian Federation) neutron monitor data base (http://cr0.izmiran.ru/common/ links.htm) for providing data.

References:

1. Tassev, Y., P. I. Y. Velinov, D. Tomova, L. Mateev (2017) Analysis of extreme solar activity in early September 2017: G4 – severe geomagnetic storm (07–08.09) and GLE72 (10.09) in solar minimum, C. R. Acad. Bulg. Sci., 70(10), 1437–1444.
2. Tomova, D., P. I. Y. Velinov, Y. Tassev (2017) Energetic evaluation of the largest geomagnetic storms of solar cycle 24 on March 17, 2015 and September 8, 2017 during solar maximum and minimum, respectively. C. R. Acad. Bulg. Sci., 70(11), 1567–1574.
3. Kilifarska, N., Y. Tassev (2018) Ozone profile response to the series of coronal mass ejections and severe geomagnetic storm in September 2017, C. R. Acad. Bulg. Sci., 71(5), 662–668.
4. Velinov, P. I. Y. (1975) Explaining the October effect in the mesosphere of middle latitudes. C. R. Acad. Bulg. Sci., 28(10), 1367–1369.
5. Velinov, P. I. Y., A. Popov, I. Mastikov, C. Spassov et al. (1996) Process of flow-around the Moon from solar wind as a source of magnetospheric disturbances, Aerospace Res. Bulg., 12, 39–50.
6. Velinov, P. I. Y. (2018) Cosmic ray anomalous enhancement (not a GLE) during surprise synagermós G3 – Strong geomagnetic storm on August 26, 2018 in special position of the Sun–Earth–Moon system, C. R. Acad. Bulg. Sci., 71 (12).
7. Dorman, L. (2004) Cosmic Rays in the Earth's Atmosphere and Underground, Kluwer Academic, Dordrecht. 1-4020-2071-6.
8. Forbush, S. (1946) Three unusual cosmic-ray increases possibly due to charged particles from the Sun, Phys. Rev., 70(9-10), 771-772.
9. Forbush, S., Stinchcomb, T., Schein, M. (1950) The extraordinary increase of cosmic-ray intensity on November 19, 1949, Phys. Rev., 79(3), 501–504.
10. Velinov, P. I. Y. (2016) On the distribution of Ground Level Enhancement (GLE) events during solar cycles 17-24, C. R. Acad. Bulg. Sci., 69(7), 895–895.
11. Velinov, P. I. Y. (2016) Different groups of ground level enhancements (GLEs). Collective and recurrent GLEs due to solar energetic particles, C. R. Acad. Bulg. Sci., 69(9), 1195–1202.
12. Velinov, P. I. Y. (2016) Expanded classification of solar cosmic ray events causing ground level enhancements (GLEs). Types and groups of GLEs, C. R. Acad. Bulg. Sci., 69(10), 1341–1350.
13. Asenovski, S., P. I. Y. Velinov, L. Mateev (2013) Determination of the spectra and ionization of anomalous cosmic rays in polar atmosphere, C.R. Acad. Bulg. Sci., 66 (6), 865–870.
14. Velinov, P. I. Y., Balabin Yu. V., Maurchev E. A. (2017) Calculations of enhanced ionization in strato-troposphere during the greatest ground level enhancement on 23 February 1956 (GLE05). C. R. Acad. Bulg. Sci., 70(4), 2017, 545-554.
15. Velinov, P. I. Y., L. Dorman, G. Nestorov (1969) Forbush effect influence to the cosmic layer behaviour in the lower ionosphere. Geomagn. Aeronomy, 9, 813–817.
16. Velinov, P. I. Y., G. Nestorov, L. Dorman (1974) Cosmic Ray Influence on the Ionosphere and on Radiowave Propagation, Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 314 p.
17. Velinov, P. I. Y., L. Dorman, L. Mateev (2010) Geomagnetic variations of cosmic ray ionization in the ionosphere for different latitudes, C. R. Acad. Bulg. Sci., 63 (Suppl.) Fundamental Space Research, BAS, ISBN 978-954-322-316-9, pp. 86–89.
18. Velinov, P. I. Y., L. Dorman, G. Nestorov (1970) Forbush-effects influence on the CR layer behaviour in the lower ionosphere. Doklady Akad. Nauk SSSR (Proc. AS USSR) 190(5), 1063–1065.
19. Poluianov, S., I. Usoskin, A. Mishev, H. Moraal, H. Kruger et al. (2015) Mini neutron monitors at Concordia research station, Central Antarctica. J. Astron. Space Sci., 32(4), 281–284.
20. Poluianov, S. V., I. Usoskin, A. Mishev, M. Shea, D. Smart (2017) GLE and sub-GLE redefinition in the light of high-altitude polar neutron monitors, Solar Phys., 292, 176-182. DOI: 10.1007/s11207-017-1202-4

СЪЗДАВАНЕ НА МРЕЖА ЗА КОСМИЧЕСКИТЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ПРОСЛЕДЯВАНЕ (SST) В БЪЛГАРИЯ – ПЪРВИ РЕЗУЛТАТИ

Огнян Огнянов[1], Явор Шопов[2], Петър Гецов[3], Пенка Мъглова[3], Алексей Стоев[3]

[1]Институт за високи технологии в индустрията 4.0, София
[2]Space Science Center, Durban University of technology, Durban; Софийски университет „Кл. Охридски"
[3]Институт за космически изследвания и технологии – БАН
e-mail: ognianov@acceco.com

ESTABLISHING A NETWORK FOR SPACE SURVEILLANCE AND TRACKING (SST) IN BULGARIA – FIRST RESULTS

Ognian Ognyanov[1], Yavor Shopov[2], Petar Getsov[3], Penka Maglova[3], Alexey Stoev[3]

[1]Institute of High Technology in Industry 4.0, Sofia
[2]Space Science Center, Durban University of technology, Durban; Sofia University "Kl. Ohridski ", Sofia
[3]Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia
e-mail: ognianov@acceco.com

Keywords: *Space Surveillance and Tracking (SST), Space Situational Awareness (SSA), Observations of space debris in nearby Cosmos (SD)*

Abstract: *In the period 1958–2002, observations of Earth artificial satellites in Bulgaria have been well-developed scientific and practical theme, mainly in the optical range, and since 1988 - laser observations. Today this worldwide promising field of space research, developed for years in the US, Russia and Europe, is not developed by Bulgarian researchers. Contemporary European Sights for Space Surveillance and Tracking (SST) development, however, show the topicality of establishing working network for artificial satellites and space debris(SD) observations in EU countries. This also affects today's generation of scientists working in different structural units of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia University "Kl. Ohridski "and others. By definition, each observation station located within the EU requires radar, optical and laser tracking systems for SST and SD. The report discusses the problem of building and developing of observation networks in Bulgaria and the attachment of Bulgarian observers to relevant European partners in this activity. Different stages of network construction, data acquisition and storage, cataloging of objects, details and debris of space satellites are shown in the paper.*

In conclusion, the initial results and experience gained by observers at the various stages of image observation and processing, as well as the obtaining of updated orbital elements of the artificial satellites as catalogue data, have been demonstrated.

Въведение

Бързо растящия брой малки- и микро- сателити и перспективи за развитие на големи флотилии от спътници допълнително увеличават необходимостта от надеждна и навременна информация за космическите обекти. Всъщност, в Европа основната цел на системата за наблюдение на ситуацията в космоса е да подкрепи европейското независимо използване и достъп до научните изследвания чрез осигуряване на навременни и качествени данни, информация, услуги и знания за околната среда (атмосфера и околоземно пространство), заплахите и устойчивата експлоатация на спътниковите системи в космическото пространство. Така от 2009 г. насам Европейската космическа агенция (ESA) провежда програма за наблюдение на ситуацията в космоса (Space Situational Awareness - SSA) с три сегмента – космическо време (Space Weather - SWE), контрол върху обектите на Земята (NEO) и наблюдението и проследяването на космическото пространство - SSA. Третата част на програмата е одобрен от ЕКА през декември 2016 г. за тригодишен период считано от 2017 г.

И тъй като небето и летящите в околоземния космос обекти станаха всеобщ проблем за Човечеството създаващи нова парадигма за по-нататъшното развитие на космическите технологии, това изисква на този етап поне опит за детайлно познаване изкуствените тела, летящи в близкия Космос. Това е свързано особено с бързо нарастващото количество части от космически апарати и сателити, които нанасят огромни поражения и икономически загуби при сблъсък с действащи сателити. Затова тяхното наблюдение, определянето на орбитите им и каталогизирането им е задача със силно нарастващо значение. Всичко това налага създаване на мрежа за космическите наблюдения и проследяване (SST) и в България.

Какво е SST? Както вече бе казано космическо наблюдение и проследяване, SST включва технологии за откриване, каталогизиране и предсказване на кинематиката и динамиката на обектите, обикалящи около Земята. ESA активно разработва, демонстрира и утвърждава дейности, свързани със SST технологиите. Допълняемостта с други паралелни европейски подходи и научноизследователската дейности, както и технологичното развитие в подкрепа на националните инициативи се осигурява чрез изпълнението на приетата програма (1). През настоящия етап е създаден хибридният експертен координационен център (ExpCen). В рамките на ExpCen са признати три различни вида сензори за SST наблюдения, според нивото на квалификация на работещите в него наблюдатели:

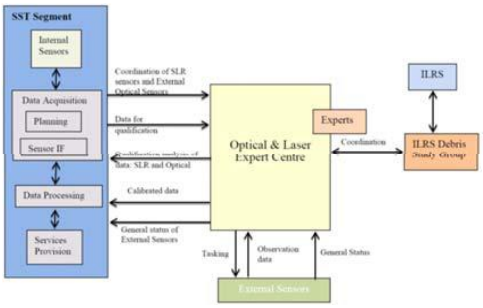
- Кандидат наблюдател - наблюдател, който не е с доказана способност да наблюдава космическото пространството за ИСЗ и отломки, но прави усилия за обучение на наблюдателите си и усъвършенстване на наблюдателната техника;
- Валидиран наблюдател, който е в процес на одобрението на ExpCen и демонстрира поетапно експертизата на набюдателите си, както и качество на наблюдателната апаратура;
- Квалифициран наблюдател, валидиран наблюдател, който е преминал успешно квалификационната процедура на ExpCen.

Процедурата за валидиране на ExpCen е съставена от:

- методи, които обхващат планирането на наблюдението и за да тестват изследваните сензорни интерфейси и оценява минималните възможности за наблюдение. Процедурата за квалификация на ExpCen е разширена версия на процедурата за валидиране, където са и данните качеството се изследва. Да изпълни тази процедура трябва да бъдат изпълнени строги критерии по отношение на сензора (латентност на данните, време за реакция и др.) и неговите данни в качество аспект (например астрометрия и точност на измерваният диапазон). Освен това разпознаваме и следните наблюдатели към връзката им с ExpCen:
- Вътрешни наблюдатели - Квалифицирани наблюдатели, които са напълно контролирани и експлоатирани от системата на SSA задания;
- Външни наблюдатели - Квалифицирани наблюдатели, които не са по дефитиция вътрешни наблюдатели. Те се управляват от SSA система за поддръжка чрез споразумения с различни нива на обслужване в зависимост от всеки специфичен наблюдател;
- ILRS/SLR наблюдатели - Квалифицирани SLR наблюдатели, които са включени в ILRS мрежа;
- Други наблюдатели - Оптични пасивни или SLR наблюдатели, които не са вътрешни, нито външни и не принадлежащи към ILRS/SLR мрежата. В този брой принадлежат всички наблюдатели, които са кандидатствали и валидирани. Също така квалифицирани наблюдатели могат да принадлежат към тази група, ако нямат споразумение между тях и SSA за обратно предаване на крайни данни.

Задачи и функции. Установено е, че по време на анализа на изискванията, които оптичните и лазерните експертни центрове трябва да могат да демонстрират се изисква от сензорите:

- да управляват получаването на данни от наблюдения и проследяването, за да се осигури подходящ и точен принос към веригата за обработка на данни предвид ограниченията за сигурност. Освен това, силно се подкрепят операции като научноизследователска и развойна дейност, които трябва да бъдат осигурени също от центъра (2). Могат да се идентифицират следните задачи за развитие на отделните сензори:
- да извършва координация между външни и други сензори;
- да извършва оценка и калибриране на получените данни от SST и да предоставят оценени данни на SSA/SST мрежата;
- мониторинг на изпълнение на подписаните в ЕС споразумения на SLA, както и други спогодби;
- да извършван собствени научни изследвания, както и развитие на научно-техническия състав на сензора.



Фиг. 1. Концепция за йерархична структура
за оптичен и лазерен център за SST наблюдения

История и днешно състояние на материалната база за Космически наблюдения и проследяване в България

Фиг. 2. (а, б) Фотографска камера АФУ-75 (а) и лазерен далекомер УЛИС
(б), монтирани в Наблюдателната станция на ИСЗ на Старозагорските минерални бани

По инициатива на българския астроном академик Никола Бонев – ръководител на катедра Астрономия при СУ, който тогава е и председател на Българското астронавтическо дружество през периода 1958 - 1959 г. се създават три наблюдателни станции – в София, Стара Загора и Варна. Техните съответни номера по регистъра на програмата „Интеркосмос“ са съответно 1101 – София, 1102 – Стара Загора, 1103 – Варна. По-късно, тези станции преминават методично към Централната лаборатория по висша геодезия (ЦЛВГ) при БАН, чиято наблюдателна база е разположена в Плана планина (1101), Народната астрономическа обсерватория „Ю. Гагарин” (НАО), Стара Загора с наблюдателна станция разположена в Старозагорските минерални бани, Област Стара Загора (1102) и Народната астрономическа обсерватория и планетариум „Н. Коперник” (НАОП), Варна с наблюдателна база в с. Аврен, Област Варна (1103). Първоначално наблюденията се провеждат по метода на визуалните баражи на ИСЗ с помощта на наблюдателни тръби АТ-1 и ТЗК, като точното време е отчитано с морски хронометри. Впоследствие, са закупени кинофототеодолити на Фирмата „Аскания” и специализирани служби за „Точно време” с точност на определяне на времето 0,1 s, което е позволявало да бъдат проведени високоточни наблюдения на ИСЗ с проследяване и на самите спътници. Ефемеридите за наблюдаваните спътници се получават от Астросъвета при АН на СССР, а резултатите от наблюденията се изпращат също там и в Астрономическата обсерватория в Звенигород, Русия. През периода 1979–1980 г. от СССР в България са доставени две автоматизирани фотографски камери АФУ – 75 (Автоматическая Фотографическая Камера; D = 210 mm, F = 736 mm) – едната за ЦЛВГ, БАН а другата – за НАО, Стара Загора. Наблюдателната станция на ИСЗ в НАОП, Варна постепенно отпада от списъка на научните наблюдения, поради невъзможност да се оборудва същата със следващо поколение астрономически уреди за наблюдения на ИСЗ.

В перспектива, за нуждите за космическото приборостроене през 1982 г. е създадено Научно производствено предприятие (НПП) “Космос” към Централната лаборатория за космически изследвания (ЦЛКИ) – БАН. През 1984 – 1986 год. в НПП „Космос”, БАН съвместно с ЛИТМО – Ленинград (дн. Санкт Петербург, Русия) е разработен лазерен далекомер УЛИС-630 за наблюдение на изкуствени спътници на Земята. Изработени са три апарата, инсталирани в

Централната Лаборатория по Висша геодезия, БАН, Астрономическата обсерватория на Държавния университет на Латвия и Астрономическата обсерватория в Звенигород край Москва.

За съжаление, днес в България липсва каквато и да е организация, модерни инструменти и наблюдатели на ИСЗ.

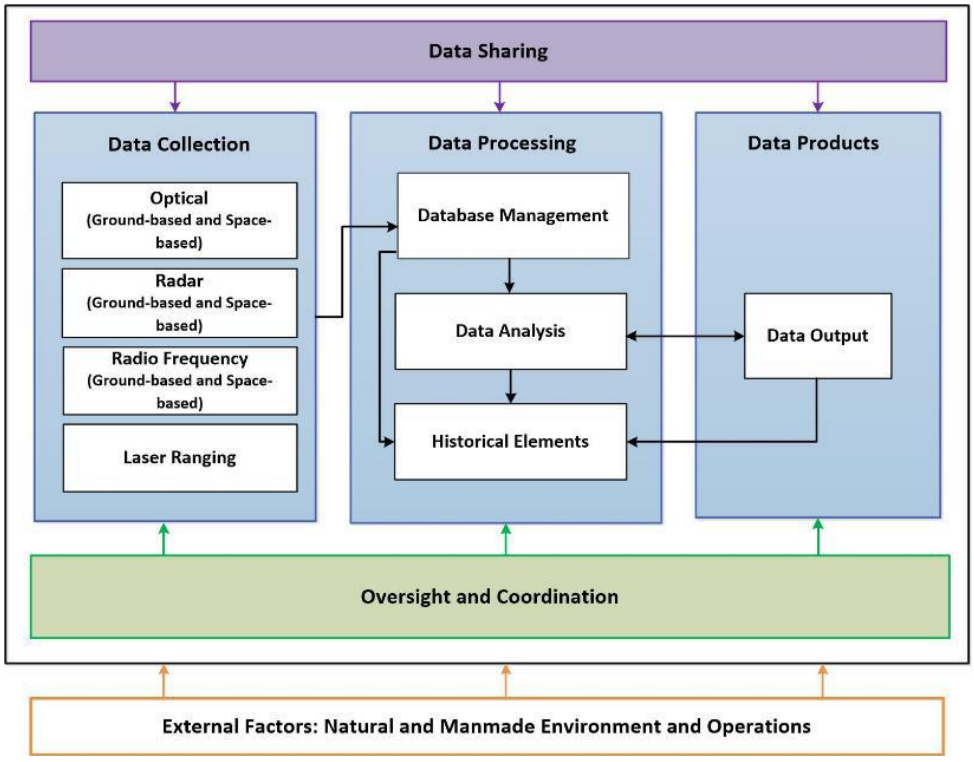
Проект "Preparatory activities to join SSA program of ESA" (PASSA)

Краят на историята на наблюденията на ИСЗ в България, описана в горния абзац и историческия опит позволи на група специалисти, работещи главно в ИКИТ – БАН и СУ"Кл. Охридски" да кандидатстват и спечелят проект от конкурсите на Европейската космическа агенция. Проекта е по договор на Софийски университет с ESA. В проекта участват и специалисти от ИКИТ – БАН, Филиал Стара Загора.

Проекта на практика даде старт на дейностите по създаването Център по Космическо Наблюдение и Проследяване (ЦКНП) в България. Идеята на проекта беше да се извършат съответните проучвания и заложат най-важните подготвителни дейности във фазата преди стартирането на по - голям национален проект в някои от следвашите сесии на ESA. Това беше от съществено значение, като се има предвид, че опита на национално ниво не е много и не е актуален, защото се базира на дейности извършвани преди няколко десетилетия. Апаратурата и специалистите работели в нея отдавна са в асторическите архиви и хроники на постиженията от периода 1958–2000 г.

Основни задачи на проекта

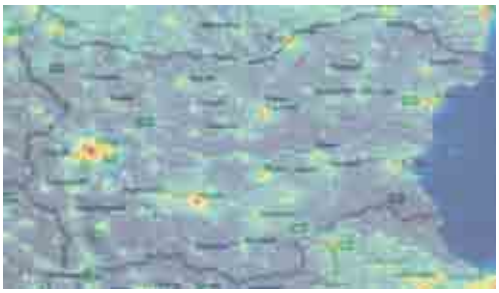
1. Проучване на местата подходящи за разполагане на наблюдателни станции.
2. Изследване астроклимата на съответните локации.
3. Изследване на техниките за наблюдение на близки космически обекти
4. Провеждане на наблюдателна кампания за заснемане на близки космически обекти от България
5. Изследване на характеристиките на оборудване и софтуер подходящи за наблюдение на близки космически обекти.
6. Обмяна на опит с водещи международни специалисти и обсерватории в областта на наблюдението на близки космически обекти.



Фиг. 3. Аналитична рамка за системата за космически трафик

1. Проучване на местата подходящи за разполагане на наблюдателни станции

Въз основа картата на светлинната замърсяване, метеорологични карти и данни за транспортната инфраструктура в България бяха предложени и проучени множество (около 12) локации за възможни наблюдателни площадки:



Фиг. 4. Актуална карта на светлинното замърсяване
на територията на Република България

На следващите снимки са представени като общ вид местата, в които бяха тествани за бъдещо разполагане на експедиционните наблюдателни инструменти за SST за времето на експерименталните наблюдателни кампании през месеците септември и октомври, 2018 г.

Юндола

Аязмото

Камчия

Зимевица

вр. Морулей

вр. Бузлуджа

с. Горни окол

Плана планина

с. Медени поляни

Белмекен

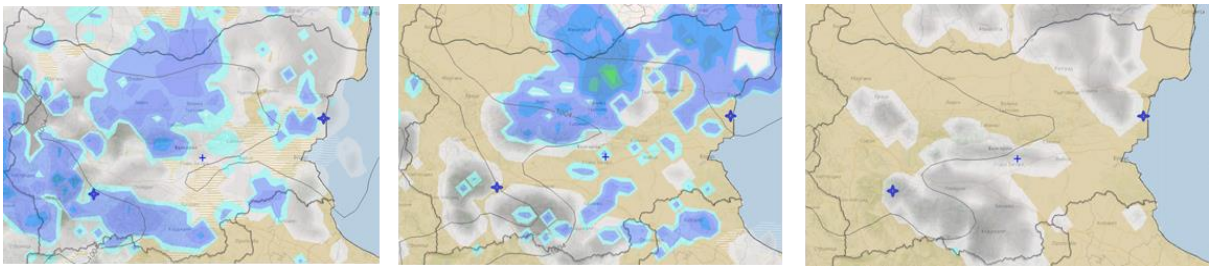
Говедарци

Синеморец

В резултат на комплексно сравнение на предимствата и недостатъците на разгледаните предложения, за провеждане на наблюдателната кампания бяха избрани 5 локации:

1. Белмекен
2. Говедарци
3. Стара Загора
4. Синеморец
5. София.

Подбора беше основан главно на критериите за географско разположение в различни краища на България (с цел увеличаване на базата за кооперирани SST наблюдения), добър астроклимат, подходяща пътна инфраструктура и по възможност да покрият максимално различни климатични зони, надморски височини и ландшафт. Избраното разположение беше съобразено и с възможното разпределение на облачната покривка, като целта беше дори при най-неблагоприятен сценарии за времето на кампанията, да има наблюдения от поне едно място. Прогнозата беше изработена с помощта на симулационен модел на облачната покривка, но наблюденията по време на кампанията напълно потвърдиха верността на тази хипотеза.



Фиг. 5. Прогнозни метеорологични карти на облачната покривка над територията на България за времето на наблюдателните кампании м. септември – октомври 2018 г.

Другата основна причина за такова пространствено разпределение е търсенето на максимално отстояние за наблюдателна база, което позволява използването на триангулационни методи за определяне разстоянието до наблюдавания обект, при условие, че се реализира едновременно наблюдение от две точки със синхронизиране на точното време на наблюденията.

2. Изследване астроклимата на съответните локации

За изследване на астроклимата по проекта бе предвидено изграждането на две автоматизирани метеорологични станции, които имат възможност освен от стандартните метеорологични измервания да измерват и светлинното замърсяване, което е основен параметър при определяне пригодността за астрономически наблюдения.

По-нататък, предварителната програма за изпълнение на дейностите по проекта **“Preparatory activities to join SSA program of ESA”** продължи със следните задачи:

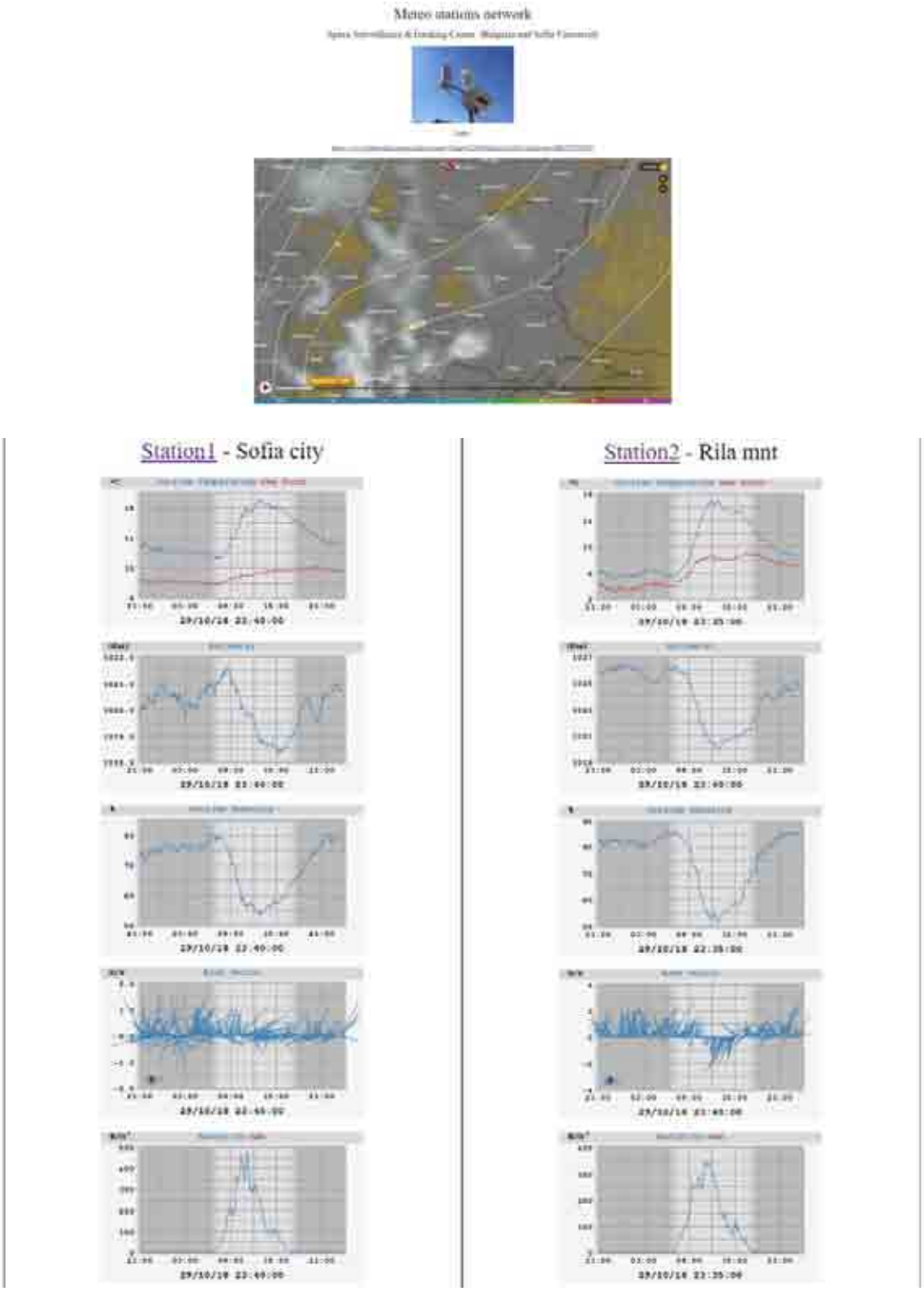
3. Изследване на техниките за наблюдение на близки космически обекти

4. Провеждане на наблюдателна кампания за заснемане на близки космически обекти от България

5. Изследване на характеристиките на оборудване и софтуер подходящи за наблюдение на близки космически обекти.

6. Обмяна на опит с водещи международни специалисти и обсерватории в областта на наблюдението на близки космически обекти.

Първи резултати от метеорологичните наблюдения на местата за бъдещи SST наблюдения



Фиг. 6. Общ вид на една от метеорологичните станции и първи данни от наблюдения на атмосферата и небето в условията на непрекъснат мониторинг на средата

3. Изследване на техниките за наблюдение на близки космически обекти

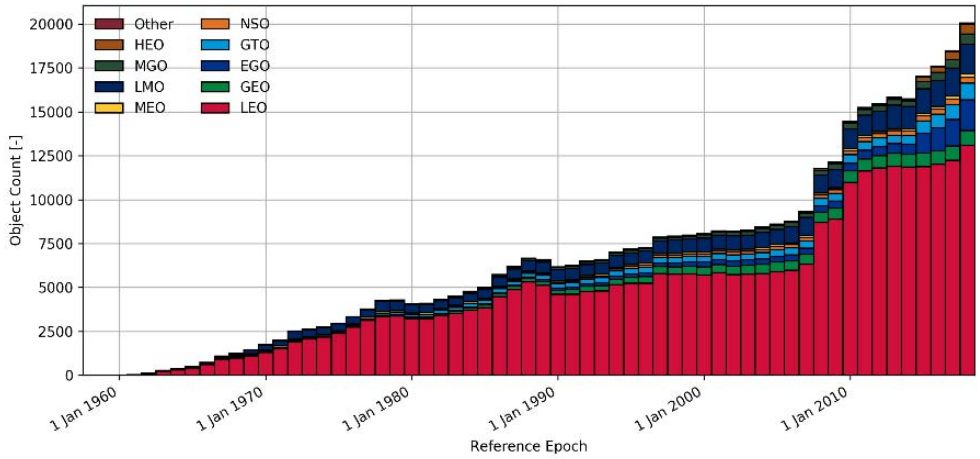
Преди започването на наблюдателната кампания бяха проучени възможните техники за оптическо наблюдение на близки космически обекти с цел определяне орбитите им. Бяха обсъдени предимствата и недостатъците, както и възможностите за кооперативни наблюдения на отделните екипи от предварително избраните наблюдателни позиции на територията на изброените пунктове.

1. Наблюдение от една позиция – Определят се координатите, но липсва информация за разстоянието;

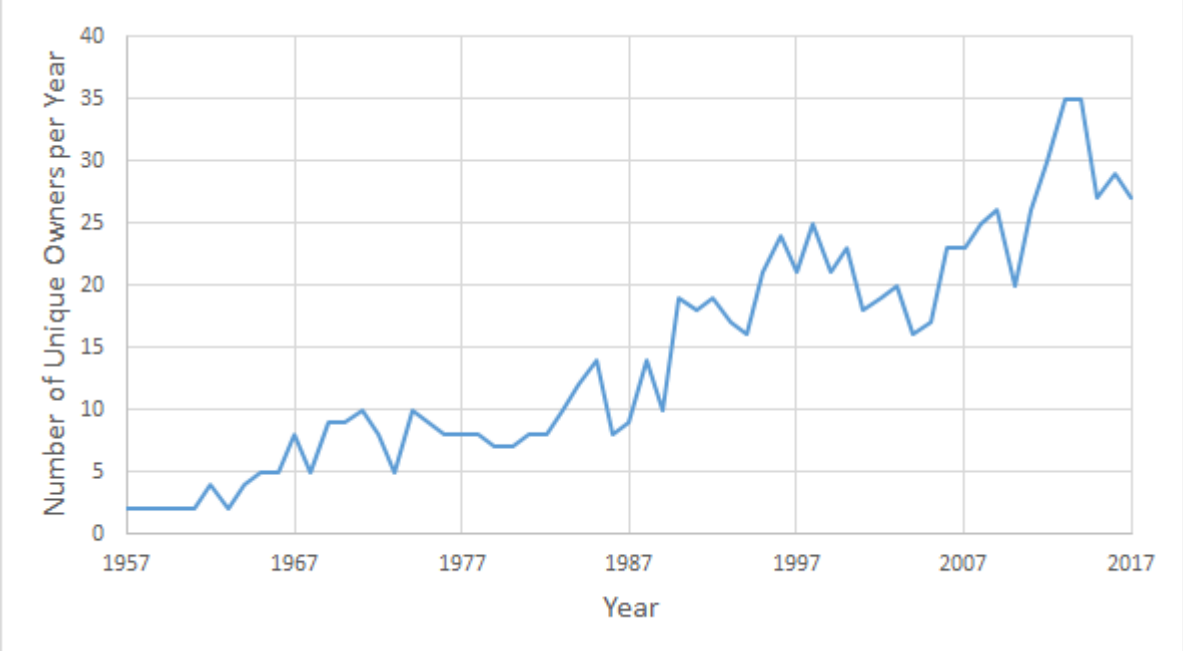
2. Едновременно наблюдение от 2 и повече позиции – Дава максимална информация, но синхронизирането на таймерите изисква допълнително скъпо оборудване;

3. Едновременно наблюдение от 2 позиции, като само в едната се поддържа прецизно точно време -позволява определяне на координатите и разстоянието, като изискването към оборудването на второто място не са толкова високи.

По-долните функционални зависимости показват актуалността и значимостта на поставените задачи.



Фиг. 7. Еволюция по орбити на ИСЗ [5]



Фиг. 8. Брой уникални изкуствени спътници на Земята изстрелвани за една година [5]

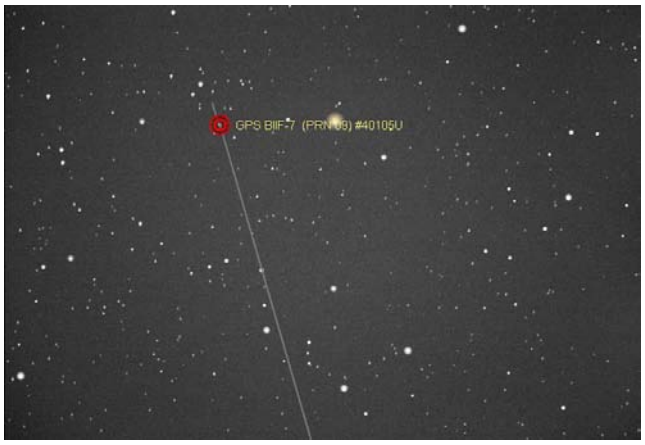
4. Провеждане на наблюдателна кампания за заснемане на близки космически обекти от територията на България

GEO Satellites

EXPRESS AM7
HELAS SAT-2
HELAS SAT-3
ASIASAT 4
PAKSAT-1R
ATHENA-FIDUS
GOES 3

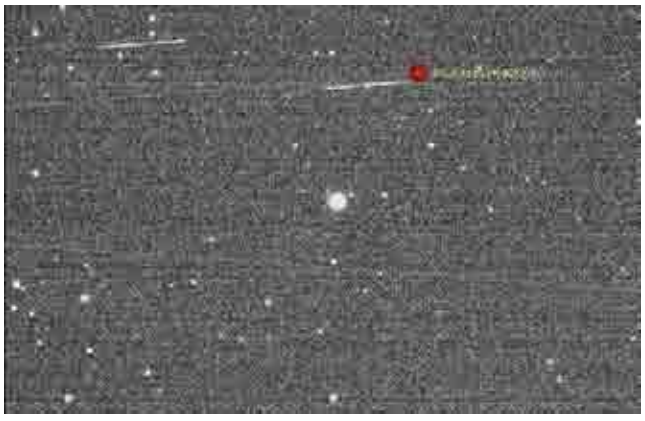
MEO Satellites

GPS BIIF-7



LEO Satellites

IRIDIUM 58B
IRIDIUM 59+



5. Изследване на характеристиките на оборудване и софтуер подходящи за наблюдение на близки космически обекти *(задачата е в процес на обмисляне и проучване на пазара на такива инструменти).*

6*. Обмяна на опит с водещи международни специалисти и обсерватории в областта на наблюдението на близки космически обекти*

В рамките на посещение на Европейския конгрес по археоастрономия в гр. Грац в края на м. август 2018 г. бе осъществена работна среща с колектива на Обсерваторията Lustbühel в Грац, Република Австрия. Сателитното лазерно насочване (SLR) е метод за измерване на разстоянието до сателити или космически отломки, използвайки много къси лазерни импулси. От 1982 г. насам IWF (Австрийскатаакадемия на науките) управлява една отводещите световни SLR станции, тази в Обсерваторията Lustbühel (Грац). Станцията SLR в Грац измерва разстоянието до сателитите до орбитална височина от 36000 километра. За определени цели - чрез използванена статистически анализ - е възможнода се постигне точност, по-малка отедин милиметър. Понастоящем станцията рутинно измерва разстоянията до повече от 140 обекта и качва данните на различни центрове за анализ в рамките на Международната лазерна служба (ILRS). Измерванията са началната точка за определяне кинематиката и динамиката на ИСЗ, напр. параметрите на околоосно въртене, гравитационни взаимодействия и др. В резултат на надеждността и точността на данните, SLR станцията в Грац бе избрана от ILRS като една от петте централни станции в целия свят. Сателитите, измерени от SLR станцията в Грац, могат да бъдат разделени в четири основни групи: (1) пасивни /геодезически сателити, (2) сателити на ниска орбита на Земята, (3) навигационни спътници и (4) космически отпадъци. Пасивните /геодезическите спътници/ са със сферична форма и са конструирани по начин, който не се влияе от външни сили, освен от гравитацията. Обикновено голямо количество светлоотражатели води до сигнали за отговор за измервания на SLR, които могат лесно да бъдат идентифицирани. Разстоянията варират от 800 до 20000 km и основната им област наизползване е прецизно измерване на гравитационното поле на Земята. Сателитите с ниска орбита на Земята могат да бъдат намерени на разстояния между 450 и 1350 km. Тяхната област на използване е гъвкава и варира от измерването на ледната маса на Земята, океанските течения, покачването на морското равнище и т.н., до радарни изображения с висока разделителна способност. Всички те трябва да знаят точната си орбита, която се измерва и определя от данните на SLR наблюдения. Научният акцент на станцията SLR в Грац понастоящем се състои в измерване на разстоянието до космически отломки (3).Такива измервания дават ценни данни за подобряване на прогнозите за орбита на космически отломки, което би могло да обезпечи значително намаляване на необходимостта от маневри за избягване на сблъсъци.В края на срещата, бяха набелязани параметрите на двустранно сътрудничество с българския екип по проекта на ESA Проект “Preparatory activities to join SSA program of ESA” (PASSA).

Фиг. 9. Общ вид, телескоп-рефлектор 600/2000 с лазерен далекомер, служба „точно време“ и наблюдателна тераса с допълнителни уреди за SST наблюдения на Обсерваторията Lustbühel в Грац

Дейности по създаване на инфраструктурата на Национален Център за Наблюдение и Проследяване

Към настоящия момент НЦНП осъществява дейността си чрез споразумения за ползване на материална база и оборудване с институти на БАН, Софийски университет и частни фирми, които разполагат със съответният ресурс.

1. Подготовка на наблюдателни бази

Екипа от специалисти включен в проекта работи по подготовката на три основни наблюдателни бази (Плана планина, Стара Загора и черноморското крайбрежие), както и на 2 спомагателни такива.

2. Подготовка на специализирано оборудване за наблюденията

Оборудването използвано по време на наблюдателната кампания м.септември – октомври 2018 г. ще се усъвършенства до ниво „автоматизиран режим“ с автономна работа и дистанционно управление. Планират се да се извършат съответните ремонти за възстановяване и модернизиране на съществуващ сателитен лазерен далекомер УЛИС. Планира се и значително разширение на мрежата от метеорологични наблюдателни станции, като към тях се добавят астрономически широкоъгълни камери за обзор на небето.

3. Подготовка на център за управление и обработка на резултатите

Функционалността която ще постигне НЦНП ще зависи основно от изграждането на компютърен център за управление и обработка на резултатите. Поради големият брой обекти в космоса които трябва да се наблюдават и каталогизират, се предполага използването на максимално автоматизирани процеси за наблюдение и обработка. Задачите по избор на целите за наблюдение, разпределението им към съответният телескоп на основата на неговите апаратурни възможности и метеорологична обстановка, автоматично получаване резултатите от наблюденията, тяхната астрометрична обработка, изчисляване орбитите на обектите и тяхното каталогизиране се предвижда да става автоматично. Разбира се, всичко това ще става постепенно, като се има предвид обема и сложността на задачата. За момента се разполага със сървърен ресурс, които ще се разширява според наблюдателните задачи и необходимото качество на обработката та наблюденията и крайните резултати. Обмисля се структурата и архитектурата на софтуера.

4. Присъединяване на асоциирани партньори в България

Световна практика в областта на наблюденията е да се работи с партньори, с които се обменя информация. Предвижда се сътрудничество с партньори в България които имат интерес да се включат в наблюдателната мрежа, като сътрудничеството се осъществява на база двустранни и тристранни договори. Вече има заявен интерес към такова партньорство.

5. Споразумения с международни партньори за обмен на информация

Напоследък значително се увеличи броя на фирмите и научни институти занимаващи се с тази дейност. Дейността варира от държавно финансирана до изцяло комерсиална. Данните които се получават може да са със свободен достъп или чрез заплащане. Вече има установени контакти с различни организации и възможни форми на двустранно сътрудничество по отделните етапи на наблюденията, обработката и получаването на крайните резултати с актуална информация за динамичните параметри на наблюдаваните ИСЗ [6]. Това позволява получаване на информация, която не възможно да бъде получена само от собствената мрежа, а е от съществено значение за процеса на наблюденията.

6. Кандидатстване за приемане в европейската мрежа за наблюдения

Европейската мрежа за наблюдения представлява развитие на идеята за двустранното и многостранно сътрудничество при обмен на информация до нещо по-голямо. По замисъл трябва да се въведен стандарт за определени дейности и общи правила за всички участници в SST наблюденията, което значително ще облекчи работата и необходимостта от подписване на двустранни споразумения. Разбира се идеален вариант не съществува и определени данни ще се споделят между участниците, а определена информация която е с повишена важност ще се споделя само при преценка на страната която я е получила.

Това още веднъж показва нуждата от изграждането на национален капацитет в SST наблюденията, което всъщност и е задължителното условие за желаещите да участват в европейската мрежа за наблюдението и проследяването на космическото пространство - SSA.

Заключение

В нашата работа представихме основни идеи, проектни разработки, експертна координация и първи резултати за бъдещ Център за оптични наблюдения (ОО) и оптичен сателитен лазер (SLR), и както и мрежа от станции на територията на България за SST наблюдения. Този център понастоящем е свързан с проектно развитие в програмата SSA на Европейския съюз и Космическа агенция (ЕКА) чрез дейност, водена от Центъра за космически наблюдения и проследявания в Стара Загора. Основната цел на експертния център е координацията на всички сензори със система SST. По-специално това е от особен интерес определението за общ (за предпочитане единичен) интерфейс между възможностите за планиране и обработка на SST и тези наблюдатели. Представена е функционалната схема и системата хардуерни и софтуерни архитектури, които обхващат опит в оптични пасивни, както и в сателитния лазерен обхват (SLR) измервания. Настоящата хибридна версия на центъра е проектиран така, че центърът да може да бъде разделен на два независими отдела, един, посветен на оптичните пасивни измервания, а втория - на SLR измервания. Функционалността на центъра ще бъде демонстрирано чрез специална кампания за наблюдение, която ще се проведе по-късно през пролетта на 2019 година.

Литература:

1. ESA Space Debris Office, *ESA's Annual Space Environment Report*, GEN-DB-LOG-00208-OPS-GR, available via https://discosweb.esoc.esa.int/ web/guest/statistics, 2017.
2. Flohrer, T., Jilete, B., Mancas, A., Krag, H., Conceptual Design for Expert Centres Supporting Optical and Laser Observations in an Space Surveillance and Tracking System, Proceedings of AMOS Conference, Maui, Hawaii, 2015. awareness. Acta astronautica, 66(9), 2010.
3. G. Kirchner, F. Koidl et al., Laser measurements to space debris from Graz SLR station, Advances inSpace Research, Volume 51, Issue 1, 1 January 2013, Pages 21-24, ISSN 0273-1177, 2013.
4. https://public.ccsds.org/default.aspx
5. Bhavya Lal, Asha Balakrishnan, Becaja M. Caldwell, Reina S. Buenconsejo, Sara A. Carioscia., Global Trends in Space Situational Awareness (SSA) and Space Traffic Management (STM)., IDA SCIENCE & TECHNOLOGY POLICY INSTITUTE, 1701 Pennsylvania Ave., NW, Suite 500, Washington, DC 20006-5805 April 2018
6. Jilete, B., Mancas, A., Flohrer, T., Krag, H., Laserranging initiatives at ESA in support of operationalneeds and space surveillance and tracking, 03-001, Presented at the 2016 International Workshop onLaser Ranging, Postdam, Germany, October 09-14, 2016.

SOLAR ACTIVITY, EARTH ROTATION AND ATMOSPHERIC CIRCULATION

Boian Kirov

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

Keywords: *Solar activity, Earth rotation, atmospheric circulation*

Abstract: *Earth rotation rate varies on different time-scales – from centuries to days. The seasonal nontidal variations in the Earth rotation rate, or the length of the day (LOD), are believed to be fully explained by large-scale atmospheric motions caused by the temperature differences between the summer and the winter hemispheres. A connection is also supposed between the decadal LOD variations and changes in atmospheric circulation. We demonstrate that the Earth rotation is different in positive and negative solar polarity cycles, therefore even on these time-scales the Earth-atmosphere system is not closed. The correlation between the decadal variations in LOD and atmospheric circulation changed in the beginning of the XX century, so there is no direct relation between the Earth rotation and large-scale atmospheric circulation on decadal time-scales, rather they are both modulated by solar activity. We look for an explanation for the solar activity influences on the Earth rotation and on the atmospheric circulation*

ВРЪЗКА МЕЖДУ СЛЪНЧЕВАТА АКТИВНОСТ, СКОРОСТТА НА ВЪРТЕНЕ НА ЗЕМЯТА И АТМОСФЕРНАТА ЦИРКУЛАЦИЯ

Боян Киров

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

Ключови думи: *Слънчева активност, продължителност на деня, атмосферна циркулация*

Резюме: *Скоростта на въртене на Земята се мени в различни времеви мащаби – от векове до дни. Приема се, че сезонните не-приливни вариации в скоростта на въртене, или дължината на деня (Length Of the Day, LOD), напълно се обясняват с едромащабни атмосферни движения, предизвикани от температурните разлики между лятното и зимно полукълбо. Предполага се, че съществува и връзка между десетилетните вариации на LOD и измененията в атмосферната циркулация. Ние показваме, че скоростта на въртене на Земята е различна в цикли с положителна и отрицателна магнитна полярност на Слънцето, следователно дори в тези времеви мащаби системата Земя-атмосфера не е затворена. Търси се обяснение за влиянието на слънчевата активност върху въртенето на Земята и атмосферната циркулация.*

Introduction

Seasonal nontidal variations in the Earth's rotation rate, or the length of the day (LOD), are explained by the action of the atmospheric “interhemispheric heat machine”, fed by the temperature differences between the summer and the winter hemispheres [1]. In July and in January, when the temperature difference between the two hemispheres is greatest, the Earth rotates fastest. The temperature difference in July is bigger than in January because the Northern hemisphere is on average warmer than the Southern one, so the Earth rotates faster in June than in January. In April and in November, when the temperature in the two hemispheres is almost equal, the rotation rate is minimum – Fig. 1.

Attempts have been also made to explain the interannual to decadal LOD changes by long-term changes in atmospheric circulation. Loginov [2] demonstrated a satisfactory agreement between the changes in the number of days with zonal types of circulation and in the angular velocity of the

Earth's rotation. According to other authors, on the contrary, changes in atmospheric circulation are caused by changes in the Earth's rotation rate. Monin [3] commented that a change in the Earth's rotation rate could lead to a change in the extend of the trade winds and Rossby waves, and to changes in the equator/pole temperature contrast, hence the zonality of atmospheric circulation. According to [4], changes in the rotation rate cause a deformation in the sea surface resulting in a slope toward the pole or toward the equator. If the slope is toward the pole, the ocean currents like Gulfstream and Kuroshio strengthen and more warm water is transported to the pole, the equator/pole temperature contrast decreases, and so does the zonal circulation.

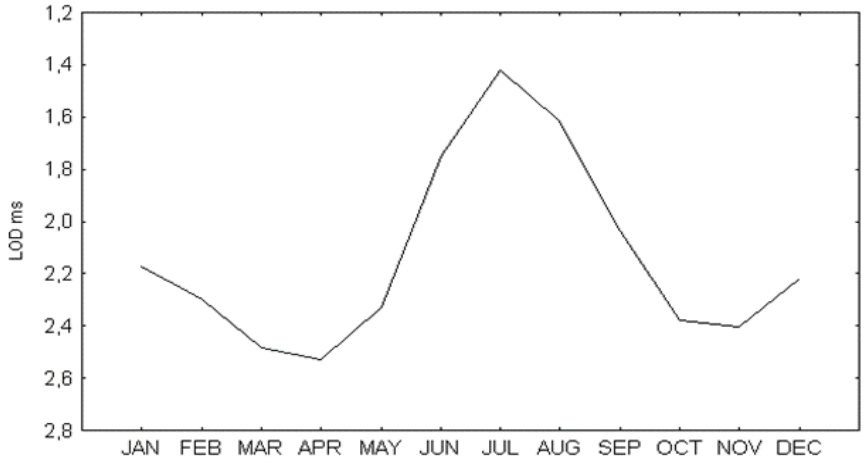


Fig. 1. Annual variations of LOD in ms for the period 1962-2000

Whatever the cause-effect consequence, all studies proving the relation between the Earth's rotation rate and atmospheric circulation are confined to the Northern hemisphere and cover only the 20th century, because of data limitations. In the present paper we use proxy data to extend this study to the middle of the 19th century and to include the Southern hemisphere as well.

Data

The intensity of zonal circulation is determined by the temperature contrast between the equator and the pole. So, as an indirect measure of the strength of the zonal circulation we use the temperature difference between the equatorial and polar regions in both hemispheres. The longest data-set providing zonaly averaged mean annual temperatures is the one of the Goddard Institute for Space Science [5], from which the annual mean temperature anomalies with respect to the base period 1951–1980 averaged over the zones 64–90N and 64–90S were taken as the Northern and Southern polar temperatures, respectively (NP and SP), and over the zone 24N–24S – as the equatorial temperatures (EQ). The 64–90N and 24N–24S temperature anomalies are evaluated since 1866, and the 64–90S one – since 1903. Therefore, our EQ–NP temperature differences were calculated for the period 1866–2000, and EQ–SP – for the period 1903–2000. To validate them, they have been compared to the ones calculated from another long-term data-set, of the St.Peterburg State Hydrological Institute [6] giving the Northern hemisphere zonal means from 1880 to 1987 and the Southern hemisphere ones – from 1957 to 1987. The EQ–NP temperature differences derived from the two data-sets agree within 97.7% with $p < 0.01$, and the EQ–SP ones – within 88.9% with $p < 0.001$.

The Earth's rotation rate was estimated by the LOD measurements provided by the International Earth Rotation Service through their web-site http://hpiers.obspm.fr. LOD is defined as the difference between the astronomically determined duration of the day and 86,400 SI s (24 h*60 min*60 s). The mean annual values of LOD are available since 1623. The accuracy of determination of LOD varies throughout this period, after 1840 the error being less than 0.6 ms [7] and small enough to relate to the atmosphere [8]. The decadal oscillations obvious in time-series derived from different types of observations agree fairly well to be concluded that they are a real feature of LOD [9].

Earth rotation

In Fig. 2 the seasonal cycle of the Earth rotation is presented for negative polarity solar cycles (NPSC) and positive polarity solar cycles (PPSC) defined as years of solar activity minimum +/- 2

years [10]. The curves are derived by the superposed epochs method from monthly averaged values of daily LOD**.**

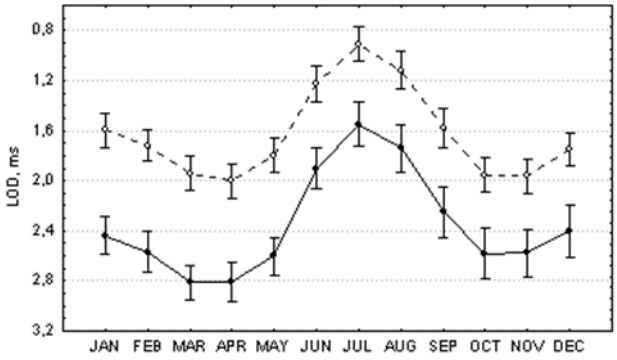


Fig. 2. Same as figure 1 for PPSC (solid line) and NPSC (broken line), together with the error bars

As on decadal time-scales, the Earth rotates faster in periods with bigger North-South asymmetry of solar rotation (NPSC). Besides, as can be noted in Fig. 2, the greatest differences in the seasonal variations of the Earth rotation between PPSC and NPSC are in spring and in autumn - in NPSC the Earth rotation rate is almost equal in spring and autumn equinoxes, while in PPSC the Earth rotates faster in autumn than in spring. Equinox periods, as already mentioned, are the periods in which the influence of the atmosphere on the Earth rotation is smallest, so the effects of other forces can be best seen then. From the theory of the interhemispheric heat machine it follows that in autumn Earth should rotate faster than in spring as the temperature differences between the two hemispheres are greater. Therefore, if some external forces change this picture in the NPSC, they either accelerate the Earth rotation in spring or decelerate it in autumn. Equinoxes are also the periods in which the Earth is most exposed to the influence of the solar wind [11], so we could suppose the solar wind is this external factor, and study its annual variations in PPSC and NPSC.

Atmospheric circulation

The 22-year magnetic solar cycles is evident also in atmospheric circulation. In Fig. 3 the mean zonal circulation expressed by the temperature contrast between the equatorial and polar regions is presented for the Northern and Southern hemispheres in odd and even solar cycles. In even cycles, there is a pronounced minimum in the zonality of the circulation in the Northern hemisphere in solar activity maximum, and a maximum in the Southern hemisphere 2 years after the solar activity maximum.

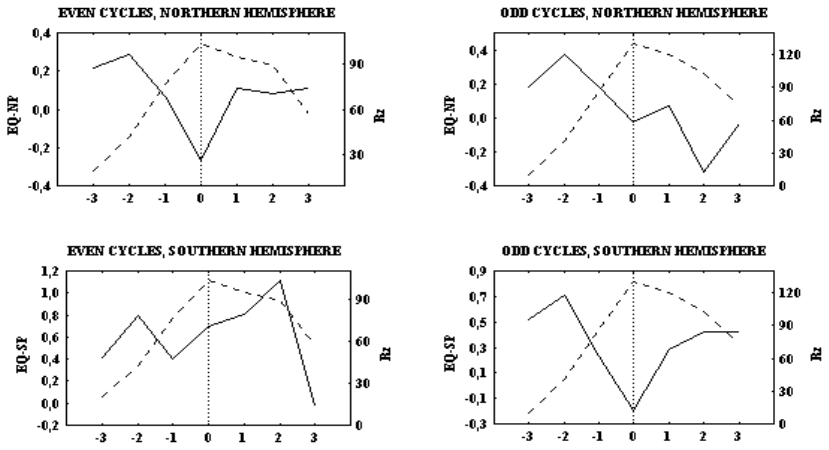


Fig. 3. equator-pole temperature contrast (solid line) in the Northern hemisphere - EQ-NP (top panel) and in the Southern hemisphere - EQ-SP (bottom panel) and the sunspot numbers Rz (dashed line) for even (left side) and odd (right side) 11-year solar cycles

The picture in odd cycles is quite opposite: a deep minimum in zonal circulation is observed in the Southern hemisphere in years of solar activity maximum, and a minimum in the Northern hemisphere 2 years after the solar activity maximum. Due to the small number of data samples (5 even and 5 odd 11-year cycles for the Southern hemisphere, Zurich numbers from 14 to 23, and 6 even and 7 odd cycles for the Northern hemisphere, Zurich numbers from 11 to 23), the statistical significance of this result is not very high, however the differences in the behavior are obvious. This result bears some similarity to the one in [12] where the dependence of geomagnetic field North-South asymmetry on the polarity of the interplanetary magnetic field is studied and is found it is different in even and odd solar cycles.

Solar wind

Solar wind parameters have been measured by a series of spacecraft since the beginning of the space era, mid 1960's, and are compiled in OMNI data base of the National Space Science Data Center http://nssdc.gsfc.nasa.gov/omniweb/. Here we use their monthly averaged daily values.

Bx and By components of the interplanetary magnetic field, as well as the magnetic field winding angle Blong show pronounced periodicities at about 22 years. In figure 4 the annual cycle of IMF Bx component is presented in PPSC and NPSC.

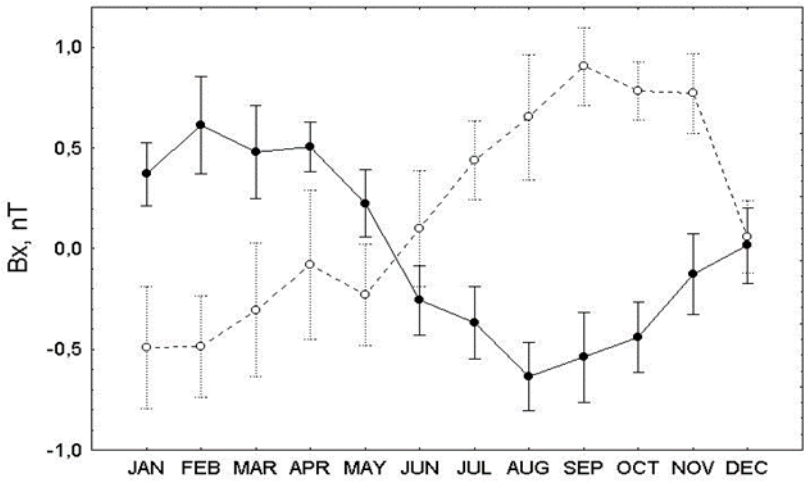


Fig. 4. Annual cycle of the IMF B_x component in PPSC (solid line) and NPSC (broken line)

In spring the Earth is at highest Southern heliolatitudes, and in PPSC, in the Southern solar hemisphere the magnetic field is toward the Sun, so IMF Bx component near the Earth is positive. In autumn, when the Earth is at highest Northern heliolatitudes, the field is away from the Sun and Bx is negative.The behavior of By component is opposite to the one of Bx.

Summary

The 22-year periodicity is found in the Earth rotation variations and atmospheric circulation, coinciding with the 22-year solar magnetic cycle. A 22-year period is also found in the annual variation of geomagnetic activity [10]. A possible mechanism for the excitation of both LOD fluctuations [13] and the main driving force for the geomagnetic field variations [14] are considered to be processes in the core and the mantle. A dominant 22-year periodicity is found in the electromagnetic core-mantle coupling torques [15]. The 22-year periodicity in solar wind parameters supports the idea that the solar wind mediates the influence of the solar rotation on the Earth rotation

Refefences:

1. Sidorenkov, N. S. (1978): Nonuniformities in the Earth's rotation and processes in the atmosphere, Trudy Gidrometcentra SSSR, Vol. 205, 48-66, 1978. (In Russian).
2. Loginov, V. F., (1992): Causes and consequences of climatic changes, Navuka I tehnika, Minsk, 1992 (In Russian).
3. Monin, A.S., Weather forecast as a task of physics, Nauka, Moscow, 1969. (In Russian).
4. Maximov, I. V. and I. P. Smirnov, (1964): Changes in the Earth's rotation rate and mean global sea-level. Oceanology, Vol. 4, No. 1, pp. 9–18, 1964.

5. Hansen, J., S. Lebedeff. 1987. Global trends of measured surface air temperature. J. Geophys. Res. 92, 13345–13372.
6. Vinnikov, K. Ya., K. M Groisman, P. Ya. Lugina, 1990. Empirical data on contemporary global climate changes (temperature and precipitation). J. Clim. 3, 662–677.
7. Rivin, Yu. I., 1989. Tsikly Zemli I Solntsa. Nauka, Moscow (in Russian).
8. Salstein, D. A., 1998. Atmospheric effects on earth rotation and polar motion. In: Reid, M.J., Moran, J.M. (Eds.), The Impact of VLBI on Astrophysics and Geophysics, IAU, pp. 401–410.
9. Gross, R. S., 2001. A combined length-of-day series spanning 1832–1997: LUNAR 97 2001. Phys. Earth Planet. Inter. 123 (1), 65–67.
10. Mursula, K., and B. Zieger, Long-term north-south asymmetry in solar wind speed inferred from geomagnetic activity: A new type of century-scale solar oscillation?, Geophys. Res. Lett., 28, 95–98, 2001
11. Russell, C. T., and R. L. McPherron, Semiannual variation of geomagnetic activity, J. Geophysical Research, Vol. 78, pp. 92-108 , January, 1973.
12. Apostolov, E. M., V. Letfus, Dependence of the geomagnetic field North-South asymmetry on the interplanetary magnetic field polarity. C. R . Acad. Bulg. Sci. 45 (2), 39–41. 1992.
13. Hide, R., The topographic torque on a bounding surface of a rotating gravitating fluid and the excitation by core motions of decadal fluctuations in the Earth's rotation, Geophys. Res. Lett. 22 (8), 961–964, 1995.
14. Le Mouel, J.-L., V. Courtillot, On the outer layers of the core and geomagnetic secular variation. J. Geophys. Res. 87, 4103–4108, 1982.
15. Greiner-Mai, H., The influence of the electromagnetic core-mantle coupling torques on Earth’s rotation, Astron. Nachr., Vol. 308, No. 3, 217–226, 1987.

VARIATION OF THE SOLAR WIND SPEED IN SOLAR CYCLE 24

Simeon Asenovski

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

Keywords: *Solar wind parameters, Solar activity, Solar cycle 24*

Abstract: *Solar cycle 24 is characterized with extremely low activity in comparison with Solar cycles 21-23 and probably the most spotless days since Solar cycle 16. Most of the parameters determining solar activity, as 10.7 cm solar radio flux, the polar solar magnetic field, solar total irradiance, etc. reach their lowest values at a minimum between solar cycles 23–24. In this work it is presented variation of the solar wind parameters during the course of Solar cycle 24.*

ВАРИАЦИИ НА СКОРОСТТА НА СЛЪНЧЕВИЯ ВЯТЪР ПО ВРЕМЕ НА 24 СЛЪНЧЕВ ЦИКЪЛ

Симеон Асеновски

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

Ключови думи: *Параметри на слънчевия вятър, Слънчева активност, 24 Слънчев цикъл*

Резюме: *24 Слънчев цикъл се характеризира с екстремално ниска активност в сравнение с активността на Слънчевите цикли 21–23 и вероятно с най-много дни без слънчеви петна. Повечето от параметрите определящи слънчевата активност, като 10.7 радиоизлъчване, слънчевото полярно магнитно поле, пълната слънчева радиация и др. достигат своите най-ниски стойности по време на минимума между 23 и 24 слънчев цикъл. В настоящата работа са разгледани вариациите на параметрите на слънчевия вятър по време на 24 Слънчев цикъл.*

Introduction

According to the flow properties and mainly to the speed, the solar wind can be decomposed to a three component system: high speed streams (HSS) – with high speed (V > 500 km/s), high proton temperature and low plasma density; slow solar wind – with speed V < 500 km; and streams associated with coronal mass ejections (CME) [1] . The frequency of occurrence and intensity of these three components depends strongly on the phase of the solar activity cycle [2]. HSS and CME are the main types of solar generated drivers that affect Earth. The strong sporadic storms during maximum are caused by CMEs [3,4].

In Fig. 1 are presented the main sources of the different solar wind component. CME originate from active regions (3) with or without filaments or regions of quiescent filaments [5, 6, 7]. HSS are amiitet from coronal holes (2), which are unipolar open magnetic field areas [3, 8, 9]. Coronal holes are the largest and the most geoeffective during the sunspot declining phase [10] (Phillips et al., 1995), when a second maximum in the geomagnetic activity is observed (the first maximum is caused by CME). Streamer belt structures (1) are main source of slow solar wind. In sunspot minimum the solar magnetic field is close to dipolar, almost aligned with the solar rotational axis, and the coronal streamer belt is close to the solar rotational equator. Slow solar wind propagates along the heliospheric current sheet which is the interplanetary projection of the coronal streamer belt separating magnetically the two solar hemispheres. The heliosphere is dominated by fast and much more geoeffective solar wind from super-radially expanding polar coronal holes which dominate during the

sunspot minimum phase. Depending on the thickness of the heliosheet, a bigger or a smaller part of the Earth's orbit is situated inside it. If the heliosheet is thick enough, most of the time the Earth is immersed into it, with only short periods during which it is subjected to the fast solar wind from the polar coronal holes, due to the small wraps in the heliosheet.

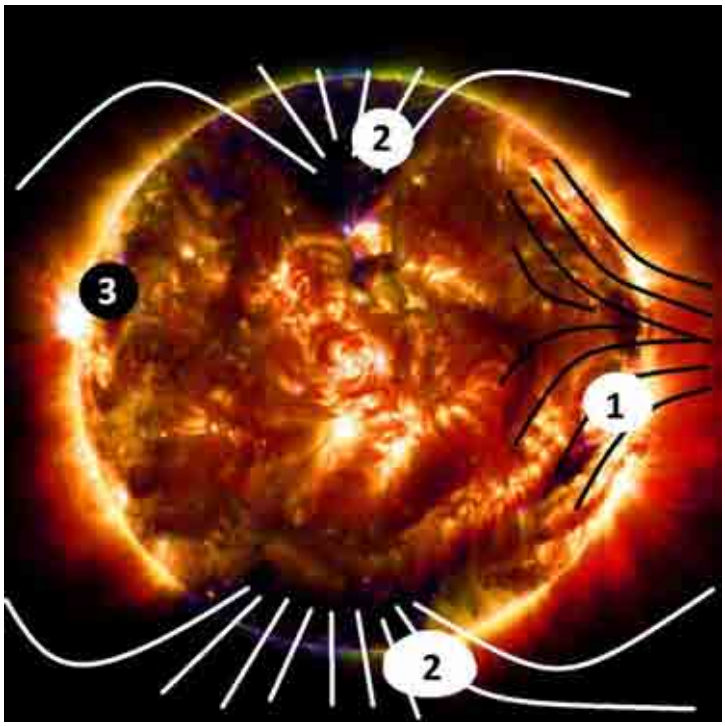


Fig. 1. Sources of the solar wind components: (1) streamer belt structures, (2) coronal holes, (3) active regions.

Solar cycle 24

Solar cycle 24 is characterized with extremely low activity in comparison with Solar cycles 21–23 (Fig. 2) and probably the most spotless days since Solar cycle 16.

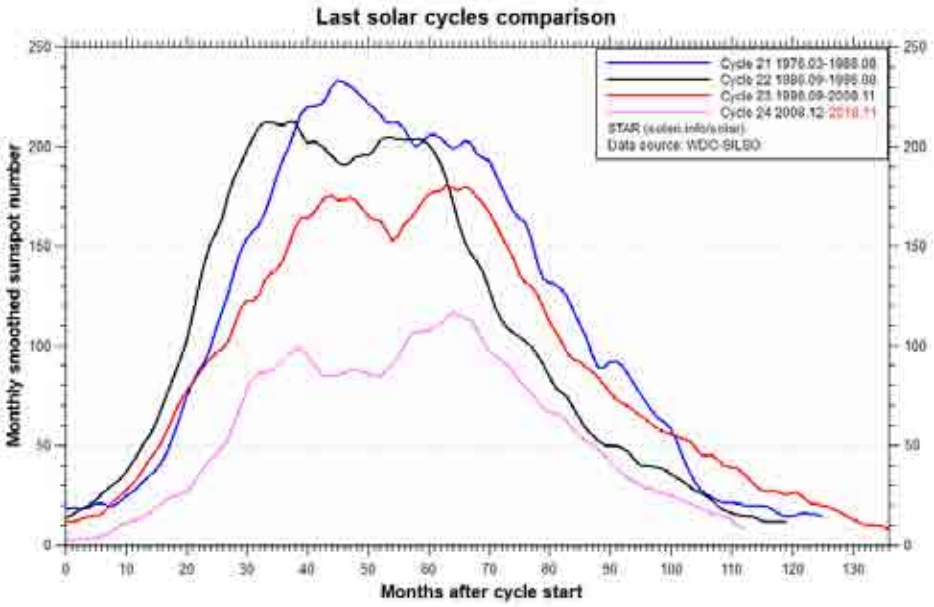


Fig. 2. Comparison of the monthly smoothed sunspot numbers for Solar cycles 21–24.

Solar wind parameters

In Fig. 1 are presented solar wind speed distribution during Solar cycle 24 together with smoothed sunspot number. It can be seen that there are no well-defined peaks at the cycle. In addition to this figure in Table 1 are shown the number of hours in six different solar wind speed groups.

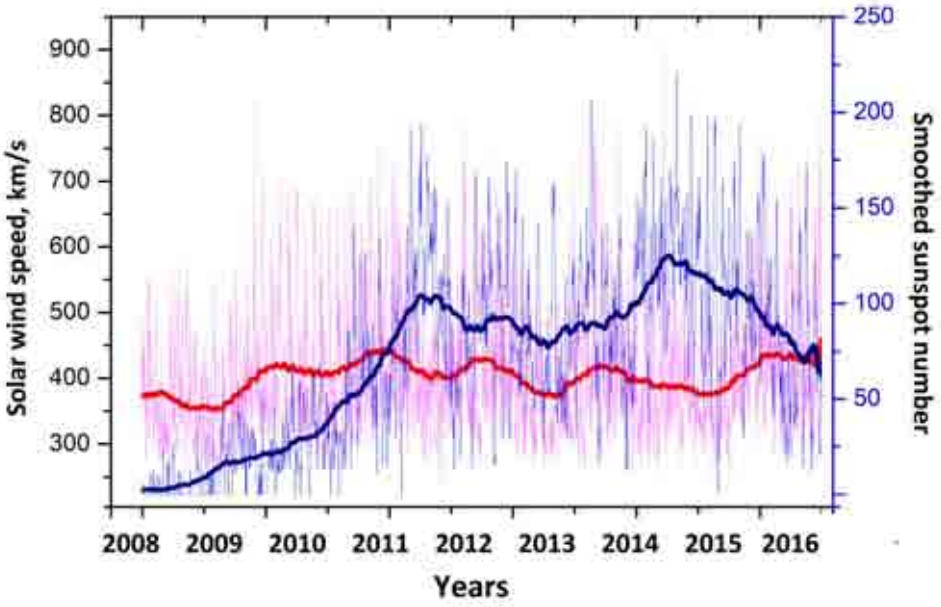


Fig. 3. Averaged solar wind speed (red line) vs sunspot number (blue line) during Solar cycle 24.

Table 1. Number of hours for six different solar wind speed groups

	<300	300-350	350-400	400-450	450-500	500-550
2008	401	1824	1487	1107	1006	876
2009	1151	3156	2182	1243	635	317
2010	569	2240	2380	1381	901	498
2011	344	1527	2491	1689	1061	672
2012	467	1928	2242	1977	974	511
2013	700	2268	2341	1493	854	568
2014	393	2242	2434	1836	1047	416
2015	297	1317	1848	1764	1460	894
2016	255	1254	1942	1650	1160	993
2017	134	1410	1991	1396	1033	870
2018	141	1195	1477	986	579	292

Conclusion

This study considers the averages of the solar wind speed at the Solar cycle 24. The conclusion remarks are:

- The time in which Earth is under the influence of solar wind with speed in the range 300–500 km/s is more than 80% of the total time at SC24
- During the last SC24 the averaged solar wind speed is under 500 km/s
- There are no well-defined peaks at the cycle.

Acknowledgments:

This work was supported by the National Science Fund under Competition for financial support for projects of junior researchers – 2016, grant № DM 04/4 from 14.12.2016 “Investigation of the impulsive solar activity agents throughout the 11-year solar cycle”.

References:

1. Richardson, I.,G. Cane, H.V. Solar wind drivers of geomagnetic storms during more than four solar cycles, J. Space Weather Space Clim., 2012, A01, DOI: 10.1051/swsc/2012001.
2. Pneuman, G., W. Kopp, R.,A. Gas-Magnetic Field Interactions in the Solar Corona, Solar Physics, 1971, Vol18, 2, pp.258-270, DOI: 10.1007/BF00145940.
3. Tsurutani, B.,T. Gonzalez, W.,D. Tang, F. Lee, Y.,T. Great magnetic storms, Geophysical Research Letters, 1992, Vol19, 1, pp. 73–76.
4. Echer, E. Gonzalez, W.,D. Tsurutani, B.,T. Gonzalez, A.,L.,C. Interplanetary conditions causing intense geomagnetic storms (Dst = -100 nT) during solar cycle 23 (19962006), J. Geophys. Res., 2008, 113, A05221, doi:10.1029/2007JA012744.
5. Tang, F., Tsurutani, B.T., Gonzalez, W.D., Akasofu, S.I., Smith, E., Solar sources of interplanetary southward Bz events responsible for major magnetic storms (1978-1979), J. Geophys. Res., 95, A4, 35353541, 1989, doi: 10.1029/JA094iA04p03535.Pneuman, G., W. Kopp, R.,A. Gas-Magnetic Field Interactions in the Solar Corona, Solar Physics, 1971, Vol18, 2, pp.258-270, DOI: 10.1007/BF00145940.
6. Tsurutani, B.T., Gonzalez, W.D., Gonzalez, A.L.C., Guarnieri, F.L., Gopalswamy, N., Grande, M., Kamide, Y., Kasahara, Y., Lu, G., Mann, I., McPherron, R., Soraas, F., & Vasyliunas, V., Corotating solar wind streams and recurrent geomagnetic activity: A review, J. Geophys. Res., 111, A07S01, 2006, doi:10.1029/2005JA011273.
7. Forbes, T.G., Linker, J.A., Chen, J., Cid, C., Kota, J., Lee, M.A., Mann, G., Mikic, Z., Potgieter, M.S., Schmidt, J.M., Siscoe, G.L, Vainio R., Antiochos, S.K., & Riley, P., CME theory and models, Spa. Sci. Rev., 123, 251302, 2006, DOI: 10.1007/s11214-006-9019-8.
8. Krieger, A.,S. Timothy, A.,F. Roelof, E.,C. A coronal hole and its identication as the source of a high velocity solar wind stream, Sol. Phys., 1973, Vol29, 2, pp. 505–525.
9. Sheeley Jr., N.,R. Harvey, J.,W. Feldman, W.,C. Coronal holes, solar wind streams, and recurrent geomagnetic disturbances: 1973-1976, Sol. Phys., 1996, Vol49, pp. 271–278.
10. Phillips, J.,L. Bame, S.,J. Feldman, W.,C. Gosling, J.,T. Hammond, C.,M. McComas, D.,J. Goldstein, B.,E. Neugebauer, M. Scime, E.,E. Suess, S.,T. Ulysses Solar Wind Plasma Observations at High Southerly Latitudes, Science, 1995, Vol268, pp. 1030–1033.

HIGH SPEED SOLAR WIND CONTRIBUTION TO THE SOLAR-TERRESTRIAL SYSTEM

Simeon Asenovski

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

Keywords: *High speed solar wind stream, solar activity*

Abstract: *One of the most sensible drivers of geomagnetic disturbances are high speed solar wind streams (HSS), which have maximum during the descending phase of solar cycle. They are characterized with super-radially expanding from coronal holes. The level of the high speed solar wind streams influence to the geomagnetic field varies from cycle to cycle, and is supposed to be determined by the solar activity and thickness of the heliospheric current sheet which is related to the portions of time that the Earth spends in the slow and fast solar wind domains. Here it is shown the variation of the geomagnetic filed for a relatively long-time periods, when the Earth is under the influence mostly by HSS.*

ПРИНОС НА ВИСОКОСКОРОСТНИТЕ ПОТОЦИ СЛЪНЧЕВ ВЯТЪР КЪМ СЛЪНЧЕВО-ЗЕМНАТА СИСТЕМА

Симеон Асеновски

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

Ключови думи: *Високоскоростни потоци слънчев вятър, слънчева активност*

Резюме: *Една от най-забележимите причини за наличието на геомагнитни смущения са високоскоростните потоци слънчев вятър, които имат максимална честота на появяване по време на намаляващата фаза на слънчева активност. Те се характеризират със супер-радиално разпространение от слънчевата корона. Нивото на въздействие на потоците бърз слънчев вятър върху геомагнитното поле, варира през различните слънчеви цикли, като се предполага, че това въздействие зависи от слънчевата активност и дебелината на хелиосферния токов слой. Тук е изследвана вариацията на геомагнитното поле за относително дълъг период от време, когато Земята е предимно под влиянието на Високоскоростните потоци слънчев вятър.*

Introduction

Richardson et al. (2000) [1] classified the solar wind into corotating high- speed streams (HSS), slower solar wind, and transient flows associated with CMEs, In order to assess the contribution of each type of solar wind flow to geomagnetic activity during the different phases of the solar activity cycle. They found that, on the average, at solar minimum the Earth is embedded in HSS for ~60% of the time, ~30% for slow solar wind, and ~< 10% for CMEs. Respectively, the average geomagnetic activity at sunspot minimum is dominated by HSS. In a later paper [2] extended the studied period to over 4 solar cycles (1963–2011) and found that the low geomagnetic activity levels during the last solar minimum were associated with low geomagnetic activity averages for each of the three types of solar wind.

The goal of the present paper is to examine the averaged variation of the geomagnetic field (Dst and Kp indexes) during the period of the prolonged HSS influences.

HSS and Solar cycles

In Fig. 1 is shown relatively big coronal hole which is source of HSS. Coronal holes are biggest and in most geoeffective position during the sunspot declining phase [3].

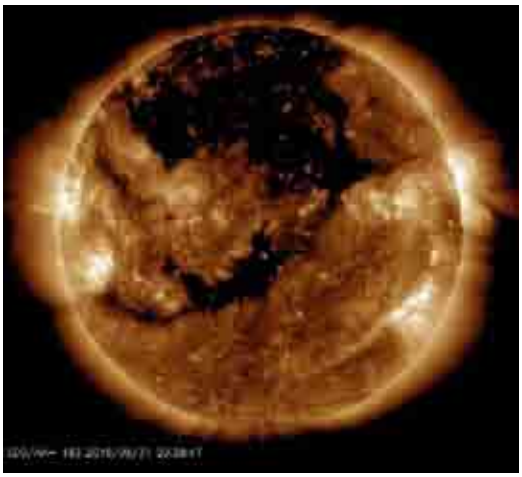


Fig. 1. Coronal holes - sources of the high speed solar wind streams

In Table 1 the averaged values of the HSS parameters for the different cycles are shown.

Table 1

Parameter	SC21	SC22	SC23	SC24
Hours	7878	7161	9811	8690
Scalar B, nT	5.9	5.9	5.6	4.7
Bx, nT	-0.36	0.15	0.27	-0.18
By, nT	0.34	0.03	-0.09	0.08
Bz, nT	0.22	-0.01	-0.11	0.02
T, K	178230	146090	205240	132840
Dens, N/c	5.6	6.1	6.9	4.1
Speed, km/s	512	508	463	518
Press	2.7	2.8	2.5	1.9

Geomagnetic disturbances

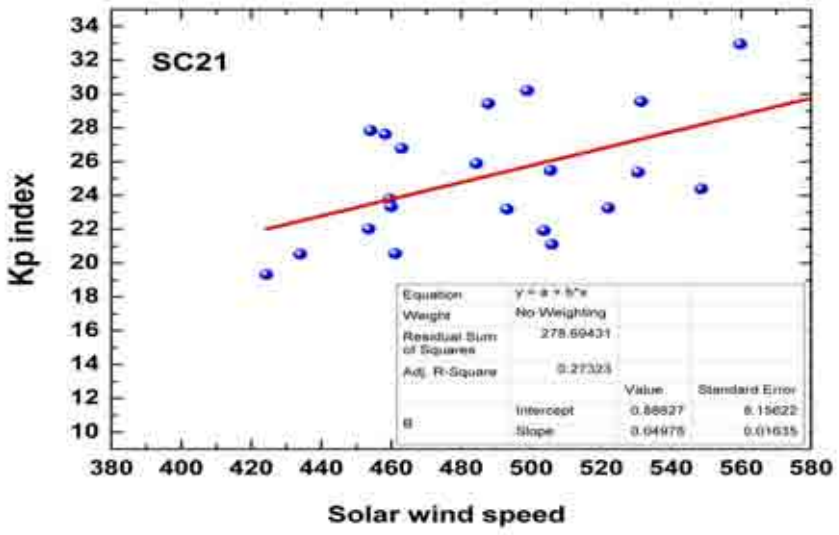


Fig. 2. Kp index as a function of averaged solar wind speed during the descending phase of Solar cycle 21

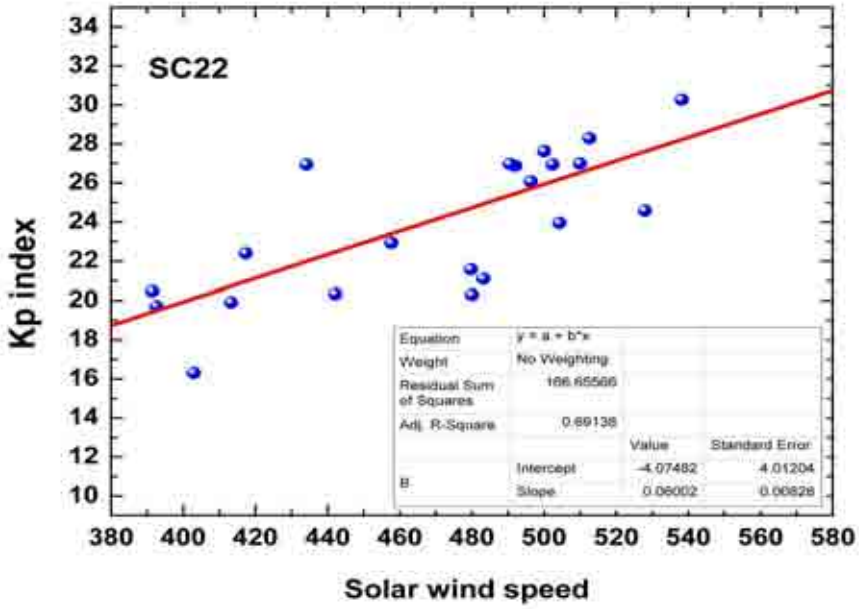


Fig. 3. Kp index as a function of averaged solar wind speed during the descending phase of Solar cycle 22

The main results are shown in Fig. 2–5, where the geomagnetic filed disturbances are presented, as a function of averaged solar wind speed, during the periods of descending solar activity for the last four solar cycles, the maximum of HSS is observed.

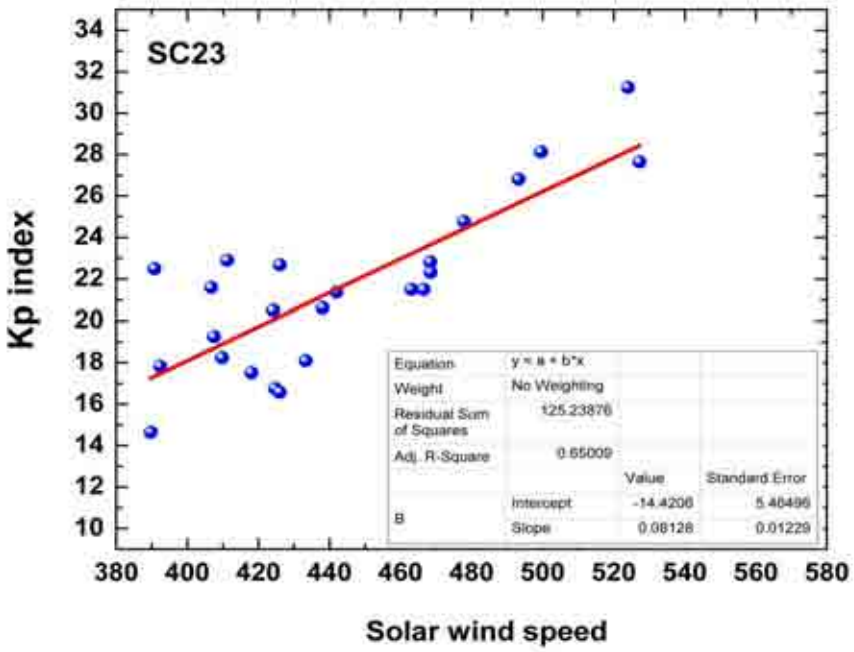


Fig. 4. Kp index as a function of averaged solar wind speed during the descending phase of Solar cycle 23

Conclusion

This study considers the geomagnetic disturbances during the periods of descending solar activity, when HSS occurrences have maximum. The main conclusions are:

- The last Solar cycle 24 is characterized with lowest geomagnetic activity in comparison with the previous cycles during the same cycle periods;
- During the descending phase in SC21 the averaged speed is highest, while in SC 24 is lowest;
- HSS to geomagnetic disturbances during the descending phase in the last four solar cycles is similar.

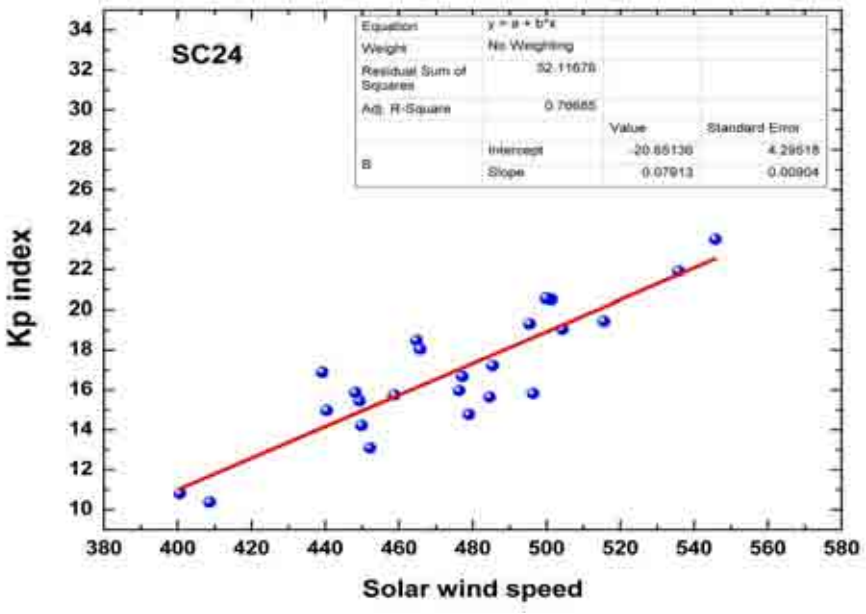


Fig. 5. Kp index as a function of averaged solar wind speed during the descending phase of Solar cycle 24

Acknowledgments

This work was supported by the National Science Fund under Competition for financial support for projects of junior researchers – 2016, grant № DM 04/4 from 14.12.2016 “Investigation of the impulsive solar activity agents throughout the 11-year solar cycle”.

References:

1. Richardson, I.,G. Cane, H.V. Solar wind drivers of geomagnetic storms during more than four solar cycles, J. Space Weather Space Clim., 2012, A01, DOI: 10.1051/swsc/2012001.
2. Richardson, I.G., Cane, H.V., Regions of abnormally low proton temperature in the solar wind (1965-1991) and their association with ejecta, J. Geophys. Res., 100, A12, 23397-23412, 1995.Tsurutani, B.,T. Gonzalez, W.,D. Tang, F. Lee, Y.,T. Great magnetic storms, Geophysical Research Letters, 1992, Vol. 19, 1, pp. 73–76.
3. Phillips, J.,L. Bame, S.,J. Feldman, W.,C. Gosling, J.,T. Hammond, C.,M. McComas, D.,J. Goldstein, B.,E. Neugebauer, M. Scime, E.,E. Suess, S.,T. Ulysses Solar Wind Plasma Observations at High Southerly Latitudes, Science, 1995, Vol268, pp. 1030–1033.

СПЕКТРАЛНИТЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА СЛЪНЦЕТО КАТО ТЕМА ЗА ЛАБОРАТОРНА РАБОТА В ШКОЛИТЕ ПО КОСМИЧЕСКА ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Алексей Стоев[1], Пенка Стоева[1], Сергей Кузин[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии, БАН
[2]Физически Институт "Лебедев", РАН, Москва, Русия
e-mail: penm@abv.bg, stoev52@abv.bg, kuzin@mail1.lebedev.ru

Ключови думи: *Спектри, физика на Слънцето, обучение по космическа физика и астрономия*

Резюме: *Основната цел при обучение на ученици в школите по космическа физика и астрономия е да бъдат запознати с актуалното състояние на науката в съответните направления. Този процес се осъществява ефективно, когато ученикът успява по време на обучението да се запознае и усвои методите и средствата, използвани в процеса на научно познание.*

В настоящата работа е представена една идея за лабораторна работа по астрофизика, която може да се осъществи първоначално с готови публикувани данни, а по-късно да бъде реализирана с данни, получени от самостоятелно наблюдение на самия ученик.

Основните цели на работата са:

- да се идентифицират спектралните линии на водорода в регистрограмата на слънчевия спектър, за да се направи извод за химическия състав на Слънцето;

- по ширината на спектралните линии да се определи температурата на абсорбиращия газ на хромосферата;

- по максималния интензитет на спектъра на Слънцето и въз основа на закона на Вин, да се определи температурата на излъчващия газ на фотосферата.

SOLAR SPECTRAL OBSERVATIONS AS A THEME OF LABORATORY WORK OF THE COSMIC PHYSICS AND ASTRONOMY SCHOOLS

Alexey Stoev[1], PenkaStoeva[1], Sergey Kuzin[2]

[1]Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences
[2]Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail: penm@abv.bg, stoev52@abv.bg, kuzin@mail1.lebedev.ru

Keywords: *Spectra, Solar physics, space physics and astronomy education*

Abstract: *The main purpose of training students in space physics and astronomy schools is to get acquainted with the current state of science in the respective fields. This process takes place effectively when the student succeeds in acquiring skills in the methods and tools used in the process of scientific knowledge.*

In the present work is presented an idea for laboratory work on astrophysics, which can be done initially with already published data, and later on be realized with data obtained from students' own observations.

The main objectives of the work are:

- to identify the hydrogen spectral lines in the Solar spectrum to infer the chemical composition of the Sun;

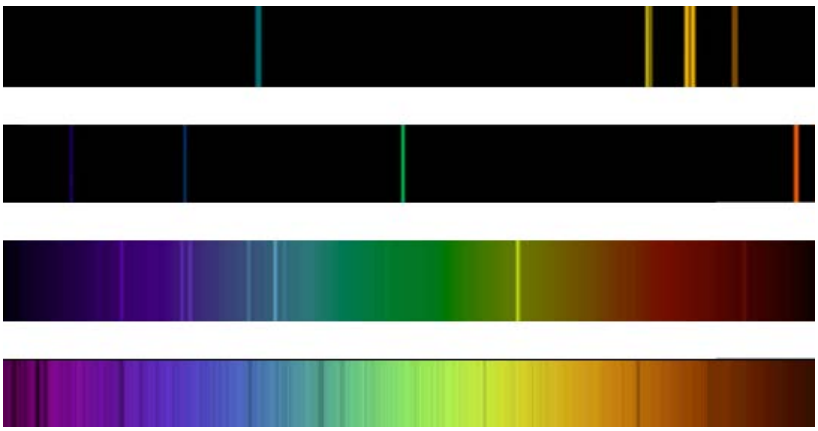
- to determine the temperature of the absorption gas of the Chromosphere using the width of the spectral lines;

- to determine the temperature of the emission gas of the Photosphere using the maximum intensity of the Solar spectrum and based on Wien's law.

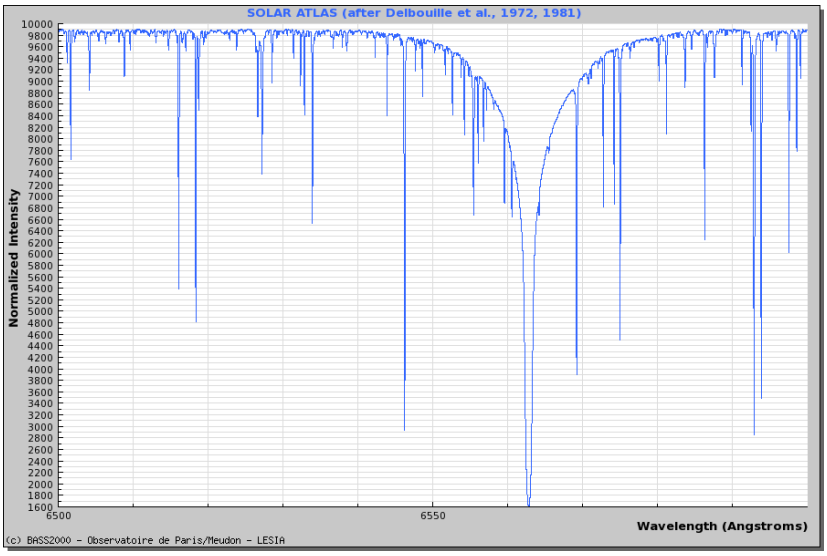
Въведение

Спектрометричните данни са основният източник на информация за космическите обекти. Проучването на емисионните и абсорбционните спектри дава информация за химичния състав на източника, радиационния механизъм на излъчване, температурата и друга информация.

Спектър се нарича зависимостта на интензивността на излъчването от дължината на вълната, представена графично. Първоначално са били получени спектри на фотографски плаки (Фиг. 1). С развитието на технологиите за приемане на електромагнитни вълни станало възможно получаването на регистрограми на спектрите (Фиг. 2).



Фиг. 1. Фотографии на спектри (отгоре надолу - натрий, водород, хелий и слънчева абсорбция)

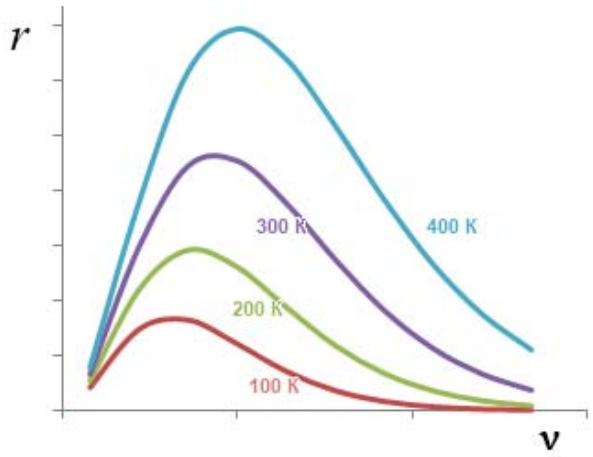


Фиг. 2. Регистрограма на абсорбционния спектър

Ако тялото излъчва като абсолютно черно (т.е. напълно абсорбира всички видове радиация, попадащи върху него), тогава са изпълнени законите за топлинно излъчване.

Закон на Вин. Максималният интензитет е при дължина на вълната $\lambda = b/T$, където коефициентът $b = hc/4{,}965.k = 2{,}9.10^{-3}$ mK .

Тази зависимост се използва за оценка на температурата на отдалечените от нас източници, намиращи се в космическото пространство. Така че, определената температура се нарича цвят, като за сиви тела съвпада с истинската. Сивото тяло не абсорбира радиацията напълно, като интензивността на абсорбцията зависи от температурата, но не зависи от честотата.



Фиг. 3. Зависимостта на максималния интензитет ***r*** на излъчване на абсолютно черно тяло от температурата му (абсцисата показва честотата на вълните)

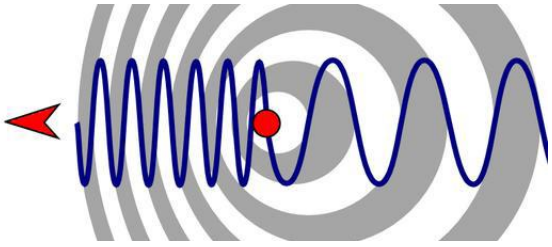
Закон на Стефан – Болцман. Мощността на излъчената радиация от единица повърхност на черното тяло е пропорционална на четвърта степен на абсолютната температура $\varepsilon = \sigma T^4$, където $\sigma = 5{,}67.10^{-8}\ W/(m^2K^4)$.

Законът се използва за оценка на температурата на черно тяло с известна яркост (така наречената ефективна или радиационна температура).

Слънцето излъчва като абсолютно черно тяло, следователно по максимума на интензивността може да се определи температурата на излъчващия слой, ако при това светлината не е изпитвала абсорбция в самата атмосфера на Слънцето или в атмосферата на Земята. Ето защо, действителното разпределение на интензитета на светлината по дължината на вълната е много различна от тази на абсолютно черно тяло. Следователно, определянето на температурата на Слънцето по закона на Вин или Стефан – Болцман е свързано с определени проблеми.

Съвременният поглед върху структурата на Слънцето е както следва: Енергията се произвежда в ядрото благодарение на ставащите там термоядрени реакции. Енергията минава през лъчевата зона на трансфер под формата на електромагнитно излъчване. В следващия слой енергията стига до фотосферата чрез конвекция. Във фотосферата светлината се излъчва към околното космическо пространство. В хромосферата се образува линеен абсорбционен спектър. По този начин, изучавайки абсорбцията на светлината, изследваме хромосферата - тънка (до 10 000 km), почти невидима част от атмосферата, граничеща с фотосферата отдолу и короната отгоре. В хромосферата температурата на газа се увеличава с увеличение на височината над фотосферата. Средната температура на фотосферата може да бъде определена от ширината на абсорбционните линии на водорода и хелия - основни газови компоненти на фотосферата.

В лабораторни условия водородът произвежда достатъчно ясни и тънки линии на излъчване и абсорбция, тъй като температурата и скоростта на неговите молекули са доста ниски. Но при високи температури се проявява ефектът на Доплер - промяна в дължината на вълната на светлината вследствие на високата скорост на излъчващия атом към или от наблюдателя. Ефект оказва и движението на спектрографа. Енергията на фотона се определя и от нейната честота. Ето защо, атом водород, може да абсорбира светлина само със строго определени честоти.



Фиг. 4. Ефект на Доплер

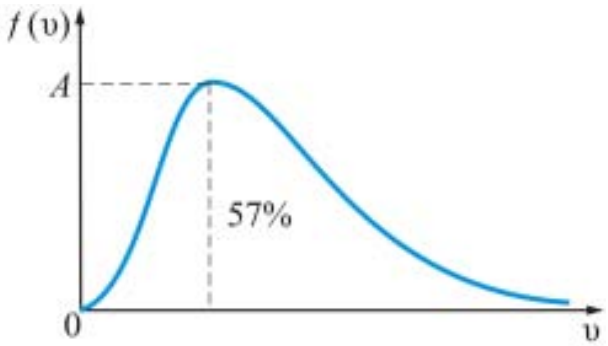
По този начин, чрез измерване на ширината на абсорбционната спектрална линия, ние можем да определим най-малката и най-голяма скорост на водороден атом, както и скоростта на движение на радиационния приемник.

Трябва да се каже, че температурата на газа зависи и от средната кинетична енергия на неговите молекули.

$mv^2/2 = 3/2kT$

Броят на атомите, имащи специфична стойност на проекционния вектор на скоростта по линията на зрението, се изразява със зависимостта на Максуел. Броят на атомите, които имат най-вероятната големина на проекцията на скоростта по лъча на зрение, която се определя от температурата на средата, е максималната стойност на графиката на разпределението на атомите по скорост. Разширението поради ефекта на Доплер върху профила на спектралната линия, от най-много атоми, имащи вероятната скорост, съответства на точката на инфлексия (интензитет приблизително 3000).

Чрез измерване на дължината на вълната λ в нивото на инфлексия на линейния профил, както и чрез измерване на дължината на вълната λ_0, съответстваща на минималния интензитет в спектрален линеен профил, може да се получи най-вероятната скорост υ на атомите на абсорбиращия газ, съгласно формулата на Доплер $\lambda = \lambda_0(1 - \upsilon/c)$.



Фиг. 5. Графика на разпределението на молекулите на светещия газ по модула на тяхната скорост

За изпълнение на лабораторната работа се използва сайтът на Парижката обсерватория, съдържащ версия на атласа на слънчевия спектър,

достъпен на адрес: http://bass2000.obspm.fr/solar_spect.php.

За изпълнението на работата се изисква персонален компютър с връзка към Интернет.

Ред за изпълнение на лабораторната работа

Задача 1.

1. Създайте електронна таблица за изчисляване на дължините на вълните от серията Balmer за водорода, при което, използвайки формулата на Balmer, да се изчислят дължините на вълните на линиите на водорода в оптичната област на спектъра (от около 600 nm до 300 nm).

$1/\lambda = RH(1/2^2 - 1/n^2)$, където n = 3, 4, 5, 6,

където $RH = 10967759{,}3\ м^{-1}$— константата на Ридберг за водорода.

2. Отворете страницата: http://bass2000.obspm.fr/solar_spect.php.

3. В диалоговия прозорец "Дължина на вълната" в линия Start Wavelength въведете 6500. Това е долната граница на ъгловата спектрална област на Слънцето (1Å = 10–10 m).

4. В линията на диапазона на дължината на вълната въведете 100. Това е максималната ширина на спектъра в ангстрьоми.

5. Натиснете OK.

Прозорецът на регистъра на слънчевия спектър в обхвата от дължини на вълнате от 650 nm до 660 nm ще се появи в прозореца. Линията на абсорбиране в слънчевата атмосфера с висока температура ясно се различава от абсорбционните линии в земната атмосфера (при ниска температура) по значителната им ширина.

6. Преместете курсора на мишката до най-ниската точка на минимума на регистограмата и натиснете левия бутон. Дължината на вълната се показва в горната част на прозореца.

7. Сравнете получения резултат с данните от електронната таблица с резултатите от изчисленията, използвайки формулата Балмер.

8. Като промените долната граница на регистрационния прозорец, намерете други широки абсорбционни линии. Направете заключение за състава на абсорбиращ газ.

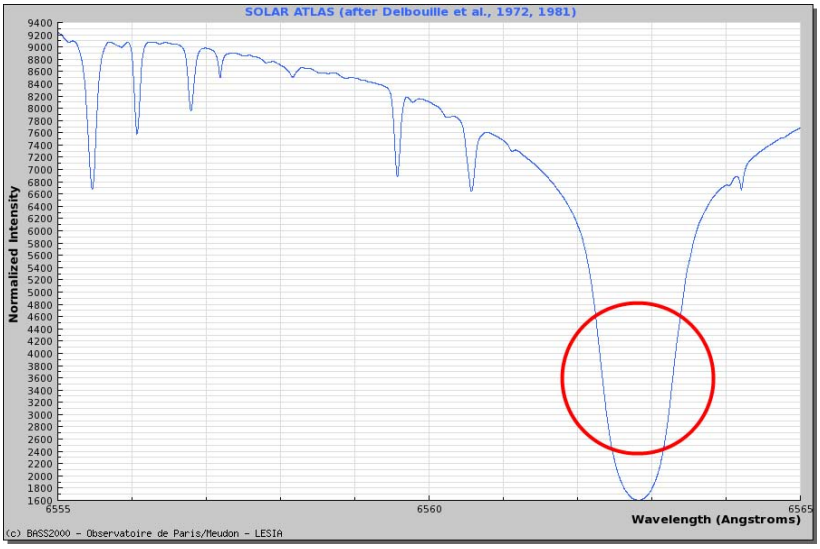
Задача 2.

1. На втория лист на електронната таблица създайте таблица за изчисляване на температурата на абсорбиращия газ.

Таблица 1. Препоръчителен тип таблица за определяне на температурата на абсорбиращия газ

№ на спектралната линия	H_α	H_β	H_γ	H_δ
Дължина на вълната в избрания участък				
Дължина на вълната при минимална интензивност	6562,805	4861,317	4340,463	4101,683
Скорост по формулата на Доплер				
Маса на атома H, кг	1,67E-27	1,67E-27	1,67E-27	1,67E-27
Температура, K				

2. За да определите температурата по профила на първия ред, препоръчваме да зададете долната граница на регистрограмата на 6550 Å и ширината до 40 Å или 20 Å, така че да може да се види ясно.



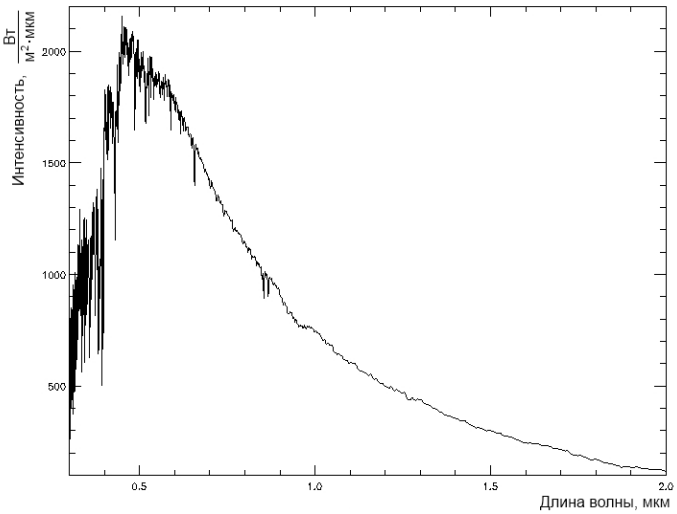
Фиг. 6. Областта от регистрограмата, избрана при изследването

3. Използвайте мишката, за да определите дължината на вълната в точката на наклона от ляво или от дясно.

4. Направете така и с други абсорбционни линии на водорода в оптичната област на спектъра. Запишете резултатите в таблица и получете температурните стойности. По средната стойност изчислете температурата на хромосферата.

Задача 3.

От профила на регистрограмата на слънчевия спектър, показан на Фиг. 9, открийте дължината на вълната на максимума на интензитета и изчислете температурата на излъчващия газ в модела на абсолютно черно тяло, съгласно Закона за Вин.



Фиг. 7. Спектър на Слънцето, получен извън земната атмосфера с ИСЗ

Контролни въпроси:

1. Какво е спектър?
2. Избройте видовете спектри.
3. Какво наричаме абсолютно черно тяло?
4. Обяснете разпределението на интензивността на излъчване по дължината на вълната в спектъра на Слънцето.
5. По какъв начин може да се определи температурата на нагрятото тяло?
6. Обяснете различията в механизмите на възникване на широки и тесни линии на поглъщане в спектрите на Слънцето.
7. Защо по ширината на линията на поглъщане може да се определи температурата на поглъщане на средата?
8. Разкажете и обяснете физическата природа, строежа и състава на Слънцето.

Благодарности

Работата е реализирана с финансовата поддръжка на Министерството на образованието и науката по Проект „Въвеждане на изследователски подход в обучението по астрономия, космическа физика и в подготовката за олимпиади по физика и астрономия“, 2017–2019 г.

Литература:

1. Засов, А. В., Постнов К. А. Общая астрофизика. Фрязино, 2006.
2. Кононович, Э. В., Мороз В. И. Общий курс астрономии. М., 2001.
3. Куликовский, П. Г. Справочник любителя астрономии. М., 2002.
4. http://bass2000.obspm.fr/solar_spect.php.

ИНТЕРДИСЦИПЛИНАРЕН ПОДХОД ПРИ СЪСТАВЯНЕ НА СИСТЕМА ОТ УПРАЖНЕНИЯ В УНИВЕРСИТЕТСКИ КУРС ПО АРХЕОАСТРОНОМИЯ

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

[1]Институт за Изследване на Обществата и Знанието, БАН
[2]Институт за космически изследвания и технологии, БАН
e-mail: mina.stoeva@gmail.com, stoev52@abv.bg, penm@abv.bg

Ключови думи: *Неформално обучение, археоастрономия, интердисциплинарен подход*

Резюме: *Класическата дефиниция на неформално обучение го определя като обучение, което се извършва извън официална институция и не е част от училищна или университетска програма. В този смисъл, в работата е показано, че неформалното обучение е особено пригодно към науки с интердисциплинарен характер като археоастрономията, неизучавани в учебните заведения от всякакъв вид и ранг. Показано е, че интердисциплинарният подход може да позволи да се състави система от упражнения в университетски курс по археоастрономия.*

INTERDISCIPLINARY APPROACH TO COMPOSING A SYSTEM OF EXERCISES FOR A UNIVERSITY COURSE IN ARCHEOASTRONOMY

Mina Spasova[1], Alexey Stoev[2], PenkaStoeva[2]

[1]Institute for the Study of Societies and Knowledge, Bulgarian Academy of Sciences
[2]Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: mina.stoeva@gmail.com, stoev52@abv.bg, penm@abv.bg

Keywords: *Informal education, archaeoastronomy, interdisciplinary approach*

Abstract: *The classical definition of informal education defines it as a training that takes place outside an official institution and is not part of a school or university program. In this sense, the work has shown that informal learning is particularly suited to interdisciplinary sciences such as archaeoastronomy, not studied in educational institutions of all kinds and rank. It has been shown that an interdisciplinary approach can allow a system of exercises to be set up at a university course in archeoastronomy.*

Въведение

Неформалното образование (НО) е педагогически модел, основан не на традиционните методи за обучение, а на постиженията на човека в неговата обща и специална практическа дейност. Неформалното обучение е доброволно, самостоятелно и се осъществява през целия живот. Мотивирано е главно от собствени интереси – любознателност, проучване, фантазия, от поставените задачи на конкретно изследване, както и от непрекъснато социално взаимодействие в избраната област. НО е предимно самообучение и е визуално или обектно ориентирано. В перспектива, НО осигурява база за формиране на опит и мотивация за по-нататъшната дейност и обучение. В този смисъл, НО е особено приложимо към подготовка на специалисти в науки с интердисциплинарен характер, каквато е археоастрономията (АА) [1].

Археоастрономията е научна дисциплина, която има методологическа връзка с много науки, но най-вече с природоматематическите. Тя обединява усилията на астрономи, археолози, архитекти, геодезисти, геолози, епиграфи, етнографи, математици. АА е част от интердисциплинен научен подход, който дава решение на различни задачи, свързани с изучаването на астрономическите познания на древните безписмени общества. И тъй като човечеството зависи тотално от универсалните цикли на природата още от праисторически

времена, астрономически познания се откриват навсякъде по света, най-вече в културните останки на различни племена и народи. АА изучава обекти, комплекс от предмети или отделни предмети, материални следи от изчезнали култури, които съдържат астрономическа и календарна символика и информация, като: пещерни рисунки и археологически находки, кодиращи астрономически (календарни) величини, мегалитни паметници и скални светилища, древни архитектурни паметници и етноастрономически находки.

Археоастрономията – интердисциплинарна наука

Археоастрономията е дял от науката, който се формира в контактната зона между хуманитарното и природонаучно човешко знание. Предмет на нейното изследване са паметници от древната безписмена епоха на Човечеството, изучавани с методите на археологията, астрономията и други фундаментални или приложни науки. Целта на изследванията е да се възстановят в явен вид астрономическите знания и култура на древните общества, отчитайки еволюционните фактори в заобикалящата ги природна среда. Астрономическите познания в древността изграждат всяка концепция за природата, подтикват създаването на митологии, предпоставят отношения между митологични герои и събития. Познанията по астрономия пораждат и интерес към общите категории пространство и времена един твърде ранен етап от човешкото развитие. Първите сложни календарни записи се появяват още в палеолита. Съществуват два основни пътя, които свързват праисторията с античността в астрономически контекст. Първият е методът на гномонните проекции - “светлинни ефекти” по оста на различни съоръжения, а вторият е методът за умножения с крайна добавка в календарните записи.

Предмет на изучаване от АА са: а) обекти, които показват обикновен интерес към небето, небесните обекти и явления и тяхното циклично появяване. б) обекти, които свидетелстват за астрономически знания и умения и тяхното практическо използване: мегалитни и скално – изсечени паметници, древни светилища, зидани и скални гробници, астрономически изображения и календарни орнаменти, древни календари и календарни записи. в) етноастрономия [2].

Най-голям тласък за развитието на АА са оказали, още от най-древни времена, проблемите около съгласуването на слънчевата година с лунния месец. За определяне на хода на времето са били използвани още хелиакални изгреви и залези на ярки звезди. Във връзка с големия брой обекти за изследване на територията на България, актуален е въпросът с обучението и развитието на специалисти за нея. Тази актуална ситуация в науката археоастрономия поставя за решаване ключови педагогически проблеми, свързани със създаването на изследователи, което е предмет изключително на неформалното образование.

Неформалното образование по археоастрономия

През почти 40 годишното развитие на археоастрономията в България, паралелно с изучаване и интерпретация на конкретни артефакти и обекти се развива специфичен процес на неформално образование по АА. То се проявява с основните си качества: гъвкавост, мобилност, усет към актуалните потребности на науката АА, както и възможности за сътрудничество с различни партньори и изследователски групи от Европа и Света. Педагогическият модел и организацията на процеса на обучение по археоастрономия, които бяха използвани през този период използваха следните принципи при проектирането и развиването на програмите и педагогическия процес [3]:

- принцип на съвместната дейност на обучаемите (млади учени) и обучаващите (утвърдени в науката археоастрономия учени) по планирането, организацията, коригирането и оценка на резултатите от обучението;
- индивидуализация на обучението по АА, ориентирана към конкретни образователни цели и потребности, отчитаща нивото на подготовка и когнитивните особености на обучаемия;
- системност на обучението, свързана със съответствие на целите, съдържанието, формите, методите и средствата, с които се подготвя бъдещият изследовател по археоастрономия;
- приоритет на самостоятелното обучение, организирано от самия обучаем;
- принцип на актуализация на резултатите от обучението, който предполага реално приложение в практиката на придобитите знания, умения, навици. Този принцип се прилага най-добре по време на експедиционна и полева дейност за проучване на конкретен археоастрономически обект.

- принцип на селективност, съгласно който на обучаемия млад специалист се предоставя свобода на избора на цели, съдържание и форма, методи и средства, място за обучение.

При обучението на специалисти е необходимо да се изградят редица умения, включително и организационни, да се следи много и различна информация в предварителната фаза на изследването и по време на полевата работа, ако има такава [4].

Уменията, които трябва да се усвоят при обучението по АА са представени по долу. Този списък, обаче, не е изчерпателен и обикновено бива актуализиран в хода на обучението:

Аналитични умения за изследване на конкретен археоастрономически обект, разработване на план и график за изследването, извличане на изводи от полевите резултати на археоастрономическите изследвания;

Научни умения за диференциране на сложната наблюдателна система на по-малки части, извеждане на причинно-следствени връзки, формулиране на адекватна археоастрономическа хипотеза;

Умения и грамотност за четене и разбиране на нетехнически и технически материали, работа с геодезически уреди, карти, GPS данни и др. Умения за измервания и математически изчисления;

Умения за събиране на данни и извличане на информация, особено при работа на терен;

Умения за решаване на нововъзникнали проблеми, разработване на нови идеи за преодоляване на препятствия и намиране на решения, включително по време на теренна работа;

Умения за вникване в детайлите на изследването, за следване на стандартен план, точно записване на данни, писане на инструкции, презентационни умения;

Умения за сътрудничество и лидерски умения, за да бъде в състояние да ръководи екип, особено по време на експедиционна работа;

Неформалното обучение по археоастрономия развива и подкрепя по-широк кръг партньорства с други научни области и специалисти, и изисква критерии, грамотност и ключови компетентности за взаимодействие. Това е свързано и с постоянна нужда от актуализиране на уменията на изследователя, който създава и внедрява методи, повишаващи ефективността на неговата подготовка и практическите умения. усвояване на методологическите основи на археоастрономията, специфичната терминология, комплексните представи и подходи за мястото на астрономията в културата на човека и обществото изобщо [5].

Система от упражнения по археоастрономия

Основната цел на цикъла от упражнения по археоастрономия е усвояването на основните методи и практики на археоастрономическите изследвания. Те са концентрирани главно в три групи:

1) изследване на ориентации към точки от хоризонта (така нар.“хоризонтна” астрономия),

2) гномонни отлагания в оста на обект (т. нар. “светлинни ефекти”),

3) методика за изследване на числовите множества.

Основният акцент на упражненията пада върху втория и третия метод, които могат да бъдат приложени върху серии конкретни паметници, предимно от България. Подредбата по видове, използвани в упражненията паметници е първоструктурна (типологична) и послехронологична.

Трябва да се подчертае, че в упражненията е силно развит сравнителният анализ на обектите (Мегалитното съоръжение Стоунхендж XXX – XVI в. пр. Хр. с Календара от Колини, изработен с надписи и абревиатури върху медна плоча от I в. от Хр. или с алтарите от Овчарово, които представляват глинени плочки с “украса” откраяна V хил.пр. Хр.Този методически подход в упражненията служи за обединяващото звено в един такъв (хетерогенен) анализ. Пак там е отразена и ролята на числото, въплатено в календарния цикъл, изразен в брой дни или брой синодични месеци, който е закодиран в елементите на множествата. Дали това ще бъде изразено с брой чертички, дървени колове или каменни стълбове е без особено значение за отделните подходи в древноста.

Тъй като паметниците от праисторията и античността са най-многобройни, упражненията са концентрирани именно върху тях.В праисторията се открива голямо разнообразие от “твърди носители” на астрономически познания, както и от съоръжения, свързани с наблюдателна астрономия (т. нар. хоризонтна астрономия). Различните числови множества, които се откриват в паметниците, са индикатор за наличие, сред различни племена и народи, на регионални разлики в календарно-астрономическите практики и традиции. Те не са

свързани с използването на различни лунно-слънчеви календари (защото небето е едно за всички!), но указват най-вече употребата на различни изчислителни процедури. Разнообразието е функция, от една страна, на слабите комуникации за съответната епоха, а от друга то е индикатор за големия интерес към астрономическите наблюдения и математическите операции, свързани с календарни изчисления.

Други фактори, оказали влияние са географското положение, ландшафта, социалния строй ирелигиозната система.

Примерна работна програма за провеждане на археоастрономически изследвания като основа за теми за упражнения

Цели и задачи. Анотация на обектите. По литературни данни и устни съобщения в предварителната фаза н апроучване е събрана информация за съществуване на скално-изсечени паметници в землището на съответните общини. Във връзка с учебната програма и упражнения към нея за изучаване на археоастрономическите данни съдържащи се в скално-изсечените паметници на съответната територия бяха определени следните цели и задачи.

Цели:

а) Да се провери наличието на астрономически значими ориентации в архитектурно-релефните форми на светилището;

б) Да се търси пространствена връзка както на паметника като цяло, така и на основните му елементи с външния свят: с други паметници от тази епоха, с техните астрономически ориентири и ландшафтни особенности.

Задачи:

а) Геодезично заснемане на архитектурно-релефните форми на светилищния интериор;

б) Определяне на точните астрономически азимути на прицелни съоръжения и ориентация на сгради от територията на скално-изсечени паметници;

в) Изследване на лимба на местния видим хоризонт и височината му по отношение на обекта; измерване на точните координати на особените точки от него, служещи за ориентири (гора, възвишения, седловини, отделни скали и др.); тестване на подходящи ориентири за връзка с астрономически значими азимути и направления;

г) Определяне на точните географски координати φ и λ на скално-изсечения паметник посредством наблюдения на αUMinor и GPS обсервации;

д) палеогеоложки изследвания за оценка на ерозионните и изветрителни процеси в района на скално-изсечения паметник и в прилежащия му ландшафт; палеоклиматично проучване на астроклимата по време на използването му в съответната епоха;

е) магнитометрия на основните релефни и архитектурни функционални елементи на археоастрономическия паметник.

Организационно осигуряване:

Времетраене.

За извършване на астрономо-геодезичните полеви работи - ……;

За предаване на документацията в научния архив на АИМ на БАН - …… .

Методика на проучванията. Съобразно спецификата на археоастрономическитеи зследвания, методиката на проучванията на скално-изсечените паметници е индердисциплинарна и включва в частност методите и уредите, използвани в астрономията, геофизиката, геодезията, геологията, палеоклиматологията и др.

Финансиране: Средствата, необходими за археоастрономическите проучвания в района на общините…….. са осигурени от бюджета ……..:

а) Бюджета на……;

б) Целеви средства от бюджета на……;

в) Частни дарения от лица и организации от…….. .

Реставрация и консервация: По време на експедиционните археоастрономически проучвания реставрационни и консервационни работи няма да бъдат извършвани, предвид недеструктивния характер на археоастрономическите методи на изследване.

Участници в експедицията и ръководство: В археоастрономическите изследвания в района на общини……..ще вземат участие студенти и преподаватели.

Ръководството на изследванията по настоящата работна програма се осъществява от…… .

Приложение: Списък на откритите по литературни данни скално-изсечени паметници в посочените по-горетеритории, които ще бъдат обект на археоастрономически експедиционни изследвания и публикации за археологически и геофизични проучвания на паметниците.

Заключение

Предложеният модулен подход в неформалното образование по археоастрономия и свързаните с това система от упражнения предопределят и създаване и перманентно развитие на специфична научно-образователна среда. Всеки изследовател, който използва методите на археоастрономията, трябва да може да събира надлежно точна (астрономо-геодезична) информация, с отчитането на всички възможни грешки и влияния. В този смисъл неформалното обучение по археоастрономия може да бъде линейно или нелинейно и често е самообучение - визуално или обектно ориентирано. То осигурява база за формиране на опит и мотивация за по-нататъшната дейност в археоастрономията и обучението за системна работа там. Резултатите от едно самостоятелно учене – например по астрономия, геодезия, древни технологии и астрономия в културата, включва по-добро разбиране на понятията, на зададените теми и развиващите се процеси в археоастрономията в национален и световен мащаб. Предложената организация на НО по археоастрономия позволява на младите изследователи да получат метапредметни знания, да актуализират собствените си изследователски възможности и информационни компетенции.

Литература:

1. Eraut, M. Transfer of knowledge between education and workplace settings, in: H.Informal learning in the workplace Rainbird, A. Fuller and H. Munro (Eds) Workplace learning in context. London: Routeledge, 2004), 201–221.
2. Stoev, A., Muglova P., Stoeva M., Problems of the archaeoastronomical interpretation of rock sanctuaries in the Rhodope karst. – Proceeding of the National Scientific Conference Problems of the karst and speleology, Sofia, 1999, 28–31.
3. Bell, T., Urhahne D., Schanze S., Ploetzner R., Collaborative Inquiry Learning: Models, tools, and challenges. International Journal of Science Education, *32*(3), 2010, 349–377.
4. Талызина, Н., Деятельностный подход к построению модели специалиста // Вестник высшей школы. – 1986, № 3. с. 10.
5. Knowles, M., Holton III, E., Swanson, R., The Adult Learner: The Definitive Classic in Adult Education and Human Resource Development. 6th edition. London, No 4, 2006.
6. Kelley, D. H., Milone E. F., Exploring Ancient Skies - An Encyclopedic Survey ofArchaeoastronomy, Foreword by Anthony F.Aveni, Springer, 2003.

ФУНДАМЕНТАЛНА АДВЕКЦИЯ

Красимира Янкова

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

Ключови думи: *адвекция; ОТО; АГЯ*

Резюме: *Целта е да се проучи разширяването на адвективната хипотеза в общата теория на относителността. Също така да проследим предпоставките и последствията върху метриката на пространството-време от възбуждането и действието на многомерна недеформираща адвекция. Този механизъм е предложен за унификация на модела на високо енергийно състояние при акреция в AGN и в неактивните (спящи) галактически ядра, както и микро-квазарите за пълнота.*

FUNDAMENTAL ADVECTION

Krasimira Yankova

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

Keywords: *advection; GR; AGN*

Abstract: *The aim is to study the extension on advective hypothesis in the general relativity. Will to trace the prerequisites and consequences in the space-time metrics from excitation and action of the non-deforming advection. This mechanism is proposed to the unified the model high-energy state at accretion in the AGN and non-active (sleeping) galactic nucleuses and micro-quasars for completeness.*

1. Въведение

Адвекцията пренася свойствата на параметрите на потока от една област на средата в друга. Прехвърля (транспортира) всички смущения в /по многообразието без деформации в тях.

При ниски (планетни атмосфери или пръстени) и високи (ADAF) бързо променящи се температури, адвекцията възниква в непълни режими. Непълните режими деформират диференциала, като индивидуална модификация на един или друг компонент. В резултат на това се деформира геометрията на средното течение на потока или се пренебрегва адвективното действие на $\partial/\partial t$ - компонента [22]. При плавно достигане на ултра високи температури, обаче, както е показано в [22–24], няма условия за деформация на потока.

Изградихме геометрично тънък, оптично дебел, едно-температурен Кеплеров диск в нормално магнитно поле около черна дупка. За разлика от другите автори в този квази-класически модел на потока, адвекцията е във формата на пълния диференциал [24], който е естествено получен в уравненията, описващи динамиката на потока. Такава съгласуваност и естествен произход предполагат фундаментална природа на механизма.

Резултатите от изследванията и конкретното решение на модела Янкова [14–16; 21–24] показва, че се формират уплътнени зони – адвективни пръстени, които нямат връзка с другите видове спирали [23]. Те произтичат като следствие от контрола, който Знакът на ентропията и по-специално отрицателния градиент $\partial_t S$ осъществява върху самоиндукцията на адвекция (активна обратна връзка на многомерната недеформираща адвекция, [27]). Тяхната поява и поведение затвърждават фундаменталната природа на адвекция като механизъм, за която другите видове адвекция ще представляват специфични граници.

Един от първите, който изучава адвекция в релативизма, е Уилсън [19].

Уилсън [10–12, 20] също като авторите на адвекция с деформации [3–6, 8, 9] пренебрегва адвективното действие на компонента $\partial v_i / \partial t$.

Той прави тази кардинална грешка подведен от опита си с релативистката физика. Като мултиплицира само пространствената адвекция, той прилага [12] стр. 143 (у-я 14–16) само към пространствените компоненти на многообразието и губи консервативност в законите за запазване. В опит да възстанови консервативността той извършва подмяна на механизмите на възбуждане. Това е неправилно. А разделянето на компонентите отново води до нежеланото нулиране на $\partial v_i/\partial t$ - компонента, в резултат = > Уилсън [20] е принуден да прикачи ръчно отместването по времето към Оператора на Адвекция $D_t \equiv \partial_t - \Xi_\beta$.

За разлика от режимите с деформация, решението на Уилсън не може да се разглежда като непълна граница на адвекция, поради подмяната на механизма. Освен че е некоректно, това разглеждане и не работи добре при ниски и високи граници, т.е. в квази-класически преход (долна граница за ОТО, както е показано от [24]) и при многообразия от по висок клас размерности M (n, m) и N (n, 0) (горна граница, [26, 27]).

В поредица от статии [25–27] се разгръща модела Янкова [14–16; 21–24] във ОТО. Там се анализира разширяването на механизма при новите условия и се демонстрира как се повлияват структурите от многообразието.

2. Многообразия и стратификации

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. Многообразието и неговите структури могат да бъдат класифицирани в следните динамични класове:

2.1. Тип на многообразие – Динамична класификация

Стационарно многообразие със статична метрика

- *стационарно многообразие със нестационарна метрика – противоречие*

Динамично многообразие със "статична" топология и квази-стационарна метрика - швейцарско сирене

Динамично многообразие с нестационарна метрика - газиран флуид

Такива многообразия възникват през фазов преход в термодинамиката на пространство-време. Когато времева компонента се усуче толкова, че се самопресече се ражда пространствено-подобно многообразие с определена генерална посока на време, за сметка на загуба на симетрии по време. Тези първични многообразия, в които *E~mass~information* имат безцентрово разширение с намаляваща пространствена плътност, като генерират вторични многообразия в процеса си на еволюция (хоризонти и частици са сродни обекти с различна размерност – вторични многообразия).

От ядрената физика знаем, че когато температурата на адронния газ стане по-висока от масата на адроните, по-нататъшното загряване води не до увеличаване на кинетичната енергия, а до създаването на нови частици – микро-многообразия. Това е в съгласие с обстоятелството, че частиците не могат да надминават скоростта на светлината. При плътности повече от 100 пъти ядрената и висока температура, плътността на частиците расте като T^3.

В последната си статия Хокинг [13] подчертава, че "Законите на физиката, каквито знаем днес, не винаги са съществували. Те кристализират след Големия взрив, когато Вселената се разширява и охлажда. Какви закони ще се появят зависи от физическите условия след Големия взрив. “Новата оценка на Хокинг-Хертог, че съществуват само вселени, които имат идентични физически закони, не отрича съществуването на други с различни закони. Тя просто показва конкретно многообразие и позволява да разширим концепцията за Големия взрив до появата на нововъзникващо многообразие”.

2.2. Еволюция на многообразие

Нататъшното развитие на самото многообразие може да се сведе до аналогия с едно дърво. Всяко *динамично многообразие* еволюира и може да се разслоява по някои признаци, например:

- *Брой на размерности - първично разцепване / ADM формализъм / - клонове,*

семейства вселени; имат различен брой разгънати и компактифицирани или занулени (не включени в многообразието) измерения; Паралелни са тези клонове от стратификацията, които имат синхронно определена главна хронологична посока; и техните външни инварианти, не се променят от точка в точка [7].

- *Квантово клониране – алтернативи на конкретни вселени → листове; Градиентът на ентропията определя* генералната *посока на времето в тях.*
- *Пространствената плътност е индикатор за скоростта на разширяване - интензивността, с която расте клон на първичното разцепване; пространствена плътност зависи от минималния размер на Планковия обем и максималния радиус на компактификация.*

Особено важно е да не се бърка стратификацията с факторизацията над многообразието.

Съшиването или разместването на формации (вторични многообразия), довежда до ТД-откат в главното (основното) многообразие, като промяна на ритъма на подреждане т.е. пренареждане на страт-слоевете (клоните).

Ако съществуваше някаква динамика между листовете на стратификацията (пространствено-времеви котешки очи) адвекцията на Уилсън, може би била само строго условно приложима, но не бива да се забравя че тя е неконсервативна и подменя механизма на възбуждане. Освен това за да бъде непрекъсната метриката на многообразието, динамика между листите не може да има (иначе се появяват особени точки по времева ос контролирана от знака на ентропията, които няма как да не се отразят в общата метрика), особено в този случай на квантово клониране. Затова отместването по време между листовете β има точно определена (фиксирана) големина и посока в общото многообразие и тя се описва коректно и качествено от предложеното от нас обобщение на квази-класическия механизъм в по висок клас размерности M(n, m) и N(n,0).

2.3. Фундаментална адвекция

Адвекцията е пълен диференциал, но той е насочен – това означава че е само сноп от тангенциалното разслоение ориентиран към или от формацията която го генерира. Гравитацията може да пътува по всички посоки, както на пространствените, така и на времевите компоненти на многообразието, понеже гънките се разпространяват симетрично в всички посоки после фазовия преход през разгръщащото се многообразие. Ако векторните бозони са родовите връзки в Лоренцовия сноп, то адвекцията е една от еднoформите на метриката и могат да се изкажат следните хипотези:

- o DM - интегрална гравитационна сянка на лошо вътрешно отражение между слоевете на стратификацията;
- o DE - Вследствие на собствената динамика на многообразието, където живее нашата вселена;
- o Advection - е собственото уравнение едно-свързаност на многообразието, но и главният транспортен механизъм във и върху него.

Многообразието към което принадлежи клона-алтернативи включващ нашата Вселена е псевдо-Евклидово пространство тип 5D(2т(), 3D); където $T^{\parallel}=\sum t_i$, е времевия триплет синхронизиран с пространствения в алтернативата; $T^{\perp}= \sum t_j$; i= 1,2,3; j = k-3; със стратификация ($T^{\perp}$, 3D + 3D) и с канонична псевдо-Евклидова метрика с индекс s [7]:

$$g_0 = \sum_1^3 dx_i - \sum_1^2 d\tau_j$$ Където ($x_1, \ldots, x_m$) са регулярна координатна система на R_m [2] – m- мерната сфера. Те характеризират Лоренцови повърхнини с паралелно нормирано векторно поле на средната кривина в псевдо-Евклидовото пространство E^4_2 чрез система от три функции, които определят повърхнината с точност до движение.

3. Релативистка адвекция

Пълния вид на релативистката адвекция се получава когато гледаме оператора адвекция през характеристичния параметър на многообразието *χ*(елемент от пълно-измерената траектория - мировата линия), тогава няма различимост на времеви и пространствени компоненти за механизма (1), но се включват конкретна пространствена посока заедно с присвоената посока на времето *т определена от знака на ентропията*.

1. M(n, m)

(1) $\left(\partial_\tau + \boldsymbol{v}_{ij}\partial_{\chi_j}\right)v_{ji}$, където $v_{ij} = \dfrac{\partial \chi_i}{\partial t_j}$.

Съответно скоростта не прави разлика и между пространствените и времеви измерения на кривата на движение (същинската концепция на релативистичната физика). Затова в чисто времево многообразие може да се наблюдава самото отместване по време (2–3) в съседни алтернативи:

2. N(n, 0)

(2) $\left(\partial_{t_i} + \boldsymbol{v}_{ij}\partial_{\chi_j}\right)v_{ji} = \left(\partial_{t_i} + \boldsymbol{v}_{ij}\left[\nabla_x \equiv 0\right]\right)v_{ji} = \beta\partial_{t_i}$

(3) $\left(\partial_{t_i} + \boldsymbol{v}_{ij}\partial_{x_j}\right)v_{ji} = \left(\partial_{t_i} + \boldsymbol{v}_{ij}\partial_{t_j}\right)v_{ji} = \beta\partial_{t_i} + \partial_{t_j}$

(4) $\left(\partial_{t_i} + \boldsymbol{v}_{ij}\partial_{x_j}\right)v_{ji} = \beta_{ji}\partial_{t_i} + \delta_{ij}\partial_{t_j}$

Това позволява да се види, че отместването по време между алтернативите β е по същество част от Адвективния Оператор. Чиста ротация във времето (2) и ротация+транслация (3) съответно. Но това не е нищо друго освен разцепеното по компоненти адвективно отместване (4). То не е изкуствено добавено на ръка, а естествено изведено в уравненията на релативистка адвекция.

Два фактора определят релативистичната адвекция: топологията на магнитното поле и гравитацията+(Само)гравитацията на формации, в която се генерира адвекция.

Самогравитацията (на тези метрики) и фоновия потенциал определен от метриката на пространство-времето са свързани (взаимодействат) пряко с развиващата се адвекция, понеже в качеството си на пълен диференциал, тя трябва точно да следва метриката на многообразието [12, 18]. Топологията на магнитните полета включва и определя обратната връзка на механизма на фундаменталната адвекция.

Това означава, че ако многообразието е стратифицирано, левите страни на уравненията на Айнщайн ще бъдат идентични. Родовите Вселени и техните алтернативи ще имат една и съща лява страна на уравненията, дължащи се на подобни физически закони за всичките клони (виж [13]). Обаче отговорите в резултат на обратното изображение от факторизационното покритие (не само от тангенциалния сноп, но и спектър виши производни), дясната страна на уравненията на Айнщайн в слоевете и подслоевете на многообразието ще бъдат различни.

Обратната връзка с Лорецовият сноп в нашия случай трябва да бъде слаба и нелинейна, защото:

• Ако връзката е директна или линейна, магнитното поле губи регулаторните си функции над механизма, а това не се наблюдава в реални източници;

• Силната обратна връзка, като *exp* например, ще доведе механизма в доминиращ режим и ще унищожи структурата, от която произхожда (отново, от наблюдения можем да заключим, че това не е така.) Най-добрата лаборатории квазарите показват достатъчно дългожизнени и дългоживущи дискови компоненти, ADAF може да е от значение само за джетовете или короната).

Следователно => най-подходящата би била полиномна връзка с намаляващи коефициенти. Така ще се спази ограничението, за да остане връзката слаба и ще бъде достатъчно стабилна, за да се осигури двустранен контрол върху механизма - без затихване или доминация.

4. Заключение

От известно време е има добра тенденция да се търси унифициран AGN модел [1, 17] и ние предлагаме такъв модел въз основа на фундаментална адвекция в потока [24, 27].

Адвекцията се генерира в дисковия компонент и следователно той ще е от основен интерес, но за да получим унифициран AGN модел в GR, ще се търси и решение за всички елементи на квазара.

Литература:

1. Abdo, A. et al. 2009
2. Алексиева Я., 2017, Лоренцови повърхнини в четиримерното псевдо-евклидово пространство с неутрална метрика, АВТОРЕФЕРАТ.
3. Beloborodov, A. M., 1999, arXiv: astro-ph/9901108.
4. Bisnovatyi-Kogan, G. S., 1998, arXiv: astro-ph/9810112.
5. Bisnovatyi-Kogan, G. S., 1999, arxiv astro-ph/9911212.
6. Bisnovatyi-Kogan, G. S., Lovelace R.V.E., 2002, arXiv:astro-ph/0207625v1.
7. Chen B.-Y., Black holes, marginally trapped surfaces and quasi-minimal surfaces. Tamkang J. Math. 40 (2009), no. 4, 313–341.
8. Chen, X., Abramowicz M. A., Lasota J. P., 1997, ApJ 476, 61–69.
9. Fabian, A. C., Wilkins D. R., Miller J. M., Reis R. C., Reynolds C. S., Cackett E. M., Nowak M. A., Pooley G.G., Pottschmidt K., Sanders J.S., Ross R.R., Wilms J., 2012, Abdo,A. et al. 2009
10. FontJ.2017, Relativistic Hydrodynamics, NewCompStar School 2017, University of Sofia
11. Font; Numerical Hydrodynamics in General Relativity;2003
12. Giuseppe Frè P, 2013, Gravity, a Geometrical Course I
13. Hawking, S. W. and Thomas Hertog 2018: Smooth Exit from Eternal Inflation? https://arxiv.org/pdf/1707.07702v2.pdf
14. Iankova, Kr. D., 2007, ”Accretion disk with advection and magnetic field “, BG-Ursi School and Workshop on Waves and Turbulence Phenomena in Space Plasmas, 1–9 July, 2006, Kiten, Bulgaria, BSSPP Proceedings, Series No. 1, pp 143–146, 2007, http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.604.416&rep=rep1&type=pdf
15. Iankova, ” Evinces of interaction of flow in disk with magnetic field’”, 5th Bulgarian-Serbian Conference (V BSCASS): "Astronomy and Space Science" May 9-12, 2006, Sofia, Bulgaria, Heron Press Ltd.Science series, pp 326-29, 2007. http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84929076681
16. Iankova, Kr. D., 2009, ‘‘Stability and evolution of magnetic accretion disk”, Publ. Astron. Soc. "Rudjer Bošković", No. 9, pp 327-333, Belgrade (2009). http://aquila.skyarchive.org/6_SBAC/pdfs/31.pdf; http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84902507488
17. Machida, M., Hayashi M. R., Matsumoto R., arXiv: astro-ph/9911291, 16 Nov 1999.
18. THE GALACTIC BLACK HOLE (2003) Lectures on General Relativity and Astrophysics, Institute of Physics,Publishing Bristol and Philadelphia
19. Wilson, J. R., , 1972, Astrophysical Journal, 173:431-438,
20. Wilson, James R.,Grant J. Mathews 2007, Relativistic Numerical Hydrodynamics.
21. Yankova, Krasimira, 2012, “Structure of accretion disk in the presence of magnetic field”, Publications of the Astronomical Society "Rudjer Boskovic", vol. 11, pp. 375–383. http://adsabs.harvard.edu/abs/2012PASRB..11..375Y http://wfpdb.org/ftp/7_BSAC/pdfs/p17.pdf, https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84902436532
22. Yankova, Kr. D., 2013, Publ. Astron. Soc. “Rudjer Bošković” vol. 12, 375-381. http://wfpdb.org/ftp/8_SBAC_D1/pdfs/34.pdf https://www.scopus.com/record/display.uri?origin=recordpage&eid=2-s2.0-84902468763
23. Yankova, K., Filipov L., Boneva D., Gotchev D., Nonlinear physical processes of accretion flows - results and developments, BgAJ , Volume 21, p.74, 2014. http://www.astro.bas.bg/AIJ/issues/n21/index.html http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56206009300 adsabs.harvard.edu/abs/2014BlgAJ..21..74Y
24. Yankova, Kr., 2015, Bulgarian Astronomical Journal, Vol. 22, p. 83. http://adsabs.harvard.edu/abs/2015BlgAJ..22...83Y http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56206009300
25. Yankova, Kr., 2016, SSTRI-BAN, Proceedings Eighth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, ISSN 2367–7570, http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2016Sunny/Proceedings2016.pdf
26. Yankova, Kr., Unified model of the AGN, SSTRI-BAN, Proceedings Ninth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, Sunny Beach, Bulgaria, May 30 - June 3, 2017, 77-82, ISSN 2367-7570. http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2017Sunny/Proceedings2017_V3.pdf
27. Yankova, Kr., SSTRI-BAN, Proceedings Tenth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere andAtmosphere”, 2018, ISSN 2367-7570, http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2018Primorsko/Proceedings2018_V2.pdf

ВЛИЯНИЕ НА ГРАНИЦАТА В СИСТЕМАТА DISK-CORONA ВЪРХУ РАЗВИТИЕТО НА КОРОНАТА

Красимира Янкова

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

Ключови думи: *адвекция; ОТО; АГЯ*

Резюме: *MHD- моделите на нестационарен акреционен диск показват появявата на бързо развиваща се корона. Разглеждаме взаимодействието между компонентите и изучаваме структурата на потока в системата корона-диск.*

Тук представяме теоретичния модел и резултатите: анализираме получените решения за 2D- и 3D-структурата на диска и влиянието на разпределенията върху вътрешната граница на системата. Разглеждаме значението на вида на границата, за обмена на енергия между компонентите. Ще обсъдим поведението на възникващите връзки на диска с другите елементи на квазарите.

INFLUENCE OF THE BOUNDARY IN THE SYSTEM DISK-CORONA OVER THE DEVELOPMENT CORONARY COMPONENT

Krasimira Yankova

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

Keywords: *advection; GR; AGN*

Abstract: *MHD models of non-stationary accretion disc showed appear and quickly develop corona. We investigate the interaction between components and are studying the structure of the flow in the system disk-corona.*

Here we present the theoretical model and the results: We obtained solution for the 2D- and the 3D-structure of disc. Analyze the influence of the distributions on inner boundary in the system. Discuss the significance of the type of the border for exchange of energy between components. We will discuss behavior of the emerging connections on the disk to the other elements of quasars.

1. Въведение

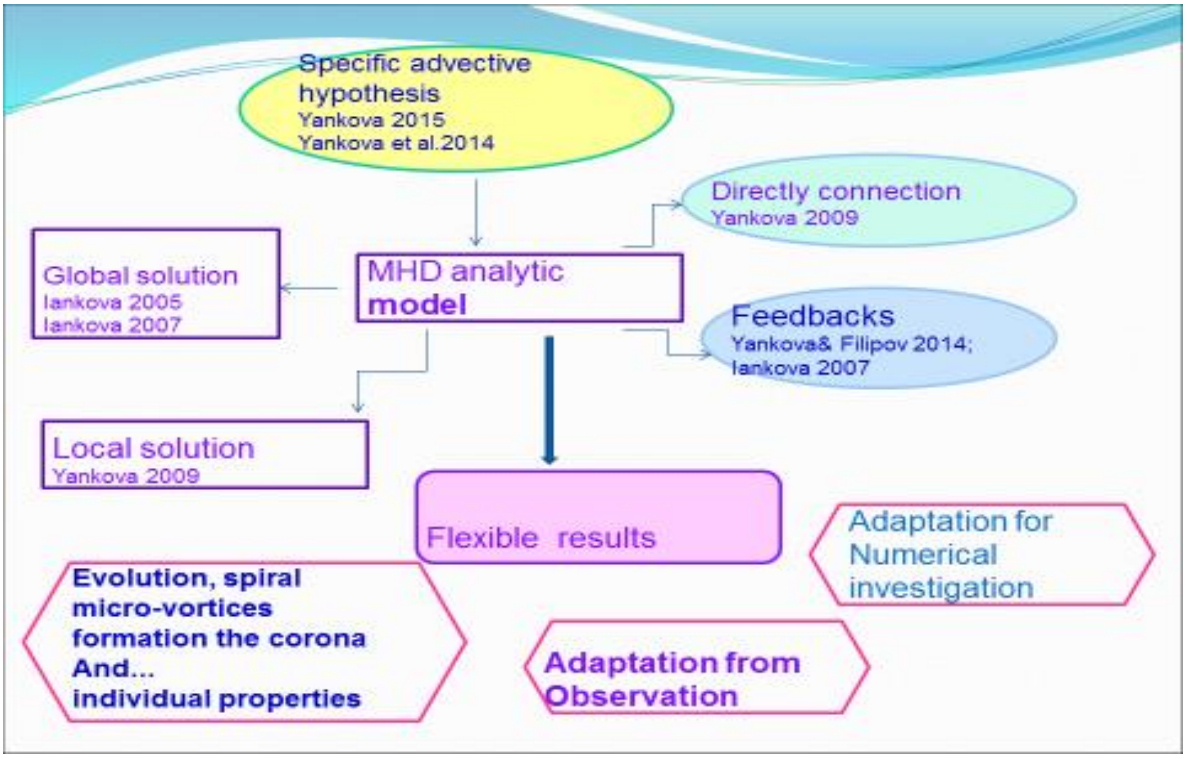
В теорията за AGN се търси единен модел от 1999 г. Въз основа на сходството на морфологията на обекта (BH + диск + корона + джетове) и спектъра на струите при различни маси (CBS и AGNs) [5] изразяват хипотезата, че и в двата случая те са резултат от единичен механизъм. Тяхната идея е математически оправдана от връзката между излъчването на джетове с масата на BH и акреционната активност. Хипотезата е тествана в стандартна класификация 1 до повече от 10^6 слънчеви маси. Измерванията показват линейна корелация (L_X, L_R), която може да бъде предсказана теоретично, което практически доказва хипотезата.

Унифицирания модел, който ние построихме въз основа на без-деформираща адвекция, позволява в областта на нелинейната физика да проведе аналитично изследване на структурата и еволюцията на галактични ядра: активни или спящи. В Моделът изграден върху концепцията за адвективното действие се проявяват правите и обратни връзки на механизма.

Обратната връзка е израз на скритата зависимост на вътрешната структура на потока от нелинейните ефекти в него. Ние я въведехме в уравненията чрез подходящи модификации във

водещите параметри. Получихме и математически израз на пряката връзка, като резултат на локалния модел в нашето изследване. Той предоставя допълнителна информация за самоорганизацията на диска и завършва концепцията на модела.

Глобалните и локални развития на водещите параметри дават подробно описание на структурата на диска: спирали, вихрови структури, корони ... резултатите са приложими (гъвкави) към всеки обект с пълен набор от оценки на началните стойности на външния ръб и могат да покажат индивидуалните му свойства.

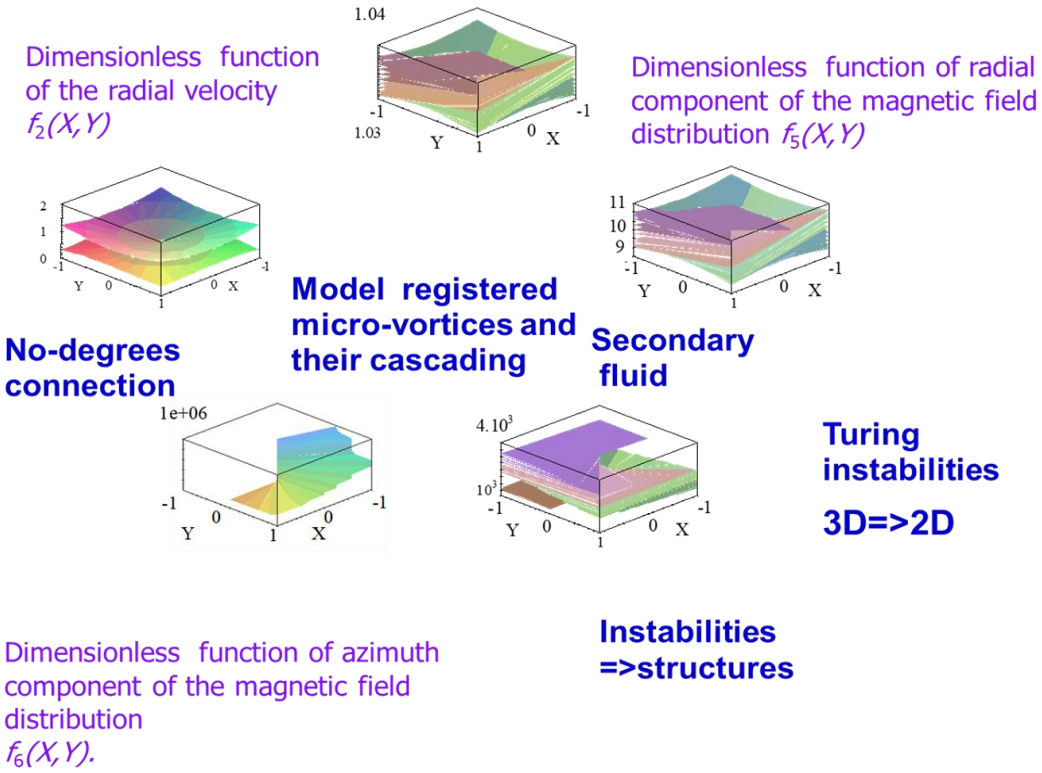


Фиг.1. Унифициран модел на AGN-акреционен диск

2. Анализ на резултатите

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

Прилагаме конструирания модел на реални източници. Например, да разгледаме резултатите от развитието на някои от водещите параметри в акреционния диск в ядрото на нашата галактика:



Фиг. 2. Разпределения на водещите параметри в равнината (XY), за SgrA *

Фигура (2a) показва как скоростта на потока е разделена на два независими клона - радиалната скорост се увеличава и намалява едновременно. При фиксираната ъглова координата φ = const може да се види забавен приток и едновременно изтичане. Подобно поведение предполага наличие на микро вихри в целия диск. Те са структури, а не проява на турбуленция,т.к при нея скоростта няма да има точно две специфични приоритетни направления.

Поведението на магнитното поле f_5 (x, φ) (Фигура 2b, c, d) , радиалния компонент потвърждава наличието и демонстрира съществуването на различни групи микровихри с енергиен обмен между ниски и високи хармоници в спектъра по размери - С други думи фрагментацията и консолидацията, придружени от абсорбцията на енергия.

Накрая, азимуталният компонент на магнитното поле f_6 (x, φ) нараства със скокове (Фигура 2e) показва ориентацията към конкретни групи размери. Нарастващата каскада от микро-вихри е инверсна. Затова допринася присъствието на Тюринг неустойчивост в потока, която подпомага превръщането на турбуленцията в ориентирани вихри. Микро-вихрите показват поведение на вторичния флуид в основния поток. Те имат безстепенна връзка и всеки зависи само от най-близките си съседи.

В [8] разпределенията на функцията на екваториалната плътност показват, че в диска са оформени зони с висока плътност (отворени-спирали) и с ниска плътност (затворени пръстени).

Подвижноста на гранични разпределения на звуковите и магнитно-звуковите скорости (плаващи максимум и минимум) се дължи на цялосното взаимодействие между параметрите и влиянието на нелинейните ефекти в течението. Тези два типа скорости са най-чувствителни към обмена и разпределението на енергия в диска. Тяхното поведение, съчетано със наличието на развиващо се магнитно поле гарантира създаването на компактни (уплътнени) региони генетично несвързани със спиралите. Това са точно адвективните пръстени, които осигуряват затоплянето на подложката в основата на короната. Те създават необходимата среда на магнитното поле, за да прехвърля енергия между своите компоненти - по този начин се създава постоянна нестабилност в плазмата и условия адвекцията в диска да се подържа в състояние на самоиндукция. Самогравитацията в пръстен се влияе пряко от уплътняването му. Тя контролира допълнителен механизъм на не-термично възбуждане на адвекция (къдри многообразието), свързан с локалната метрика на пространство-времето [12].

Граничният корона-диск е особено важена, защото се проявяват ефектите от затоплянето в подложката: Затягането на адвективните пръстени към центъра в диска

вследствие отрицателната ентропия осъществява ново състояние. В класическата динамика адвективни пръстенът в диска е основният носител на скритата дейност. Доброто му описание в GR е важно и е особено ценно, защото адрективните пръстени са сегменти на адвективната спирала. Адвективните спирали са Кеплерови, защото се подчиняват на специфичните свойства на гравитационното поле на черната дупка. Те проследяват подложката на короната по целия път до центъра и поддържат връзките между елементите в квазара:

(1) Дисковата корона се развива на фона на метрика, асимптотична на Кер-Нюман без модификации: Отвъд хоризонта няма плоски орбити, успоредни на екваториалната равнина; (2) на границата адвективните пръстени допринасят за ускоряването на процеса на разтоварване на магнитните линии [3, 4] => намалява масовата плътност в короната, което причинява рязко увеличаване на оптичната прозрачност. Ниската плътност и слабата $\Omega \rightarrow 0$ азимутното въртене в короната са причините, поради които тя не може да поддържа самостоятелно индуцираща адвекция. Това не означава, че не може да има вторично възбуждане на граничен режим, подтип на механизма на адвекция. По-бавният и относително студен плазмен компонент спрямо горещите потопени в него магнитни линии е добра предпоставка за развитие на двутемпературна суб-Едингтън адвекция.

В джетове, адвекцията произхожда като комбинация от коронарната и тази в течението, който е пропуснато от екваторялният прозорец. Освен това механизъма е подсилен чрез допълнително възбуждане от взаимодействието с централнато динамо и е супер-Едингтън адвекция.

3. Заключителни бележки

В търсенето на обединен единен модел на AGN Микролещите са удобни за изследване на отдалечени източници и в комбинация с неатмосферни обсерватории предоставят изключително мощен метод за изучаване на въртенето на дисковете и картиране на компактния регион в ядрата на галактиките.

Наблюдателна програма от [1] регистрира на квазари в ядрото на повечето известни спирални галактики, включително нашата собствена (спящ). Тези източници показват идентична структура и сходна механизъм на развитие.

Моделът [2–4, 6–11] е завършен и ефективен в своята област на приложение, но отваря възможности за естествено бъдещо обновяване в две посоки:

- фундаментално - за разгръщане на концепцията на адвекция в условията на GR;
- Теоретично - моделиране на нововъзникналата мегаструктура - короната.

Действието на релативистична адвекция, изгражда връзки между компонентите на квазара: косвено, като например по границата корона - диск; и или директно като адвективния винт, който е естествено продължение на адвективната спирала, след последната стабилна орбита на диска от вътрешния край до и в компактния обект.

Поляриметрията дава качествена информация за границите между елементите на квазара чрез вариациите в степента на поляризация. Може дори да се подобри емперично разпределението по границата в системата диск-корона – функцията H (x). Спектрополяриметрията може да оцени дори разпределението и размерите на микраелементи (вихрови частици) от вътрешния строеж на акреционния компонент и да локализира относителното им движение в потока, чрез разликите в степените на поляризация в различните линии.

За да модулираме всички тези проблеми и да постигнем качествени тълкувания, ще търсим оптимални теоретични и експериментални инструменти, включително наблюдение на достатъчно голям брой източници, подходящи числени методи и методи на поляриметрия.

Литература:

1. Abdo, A. A. et al. (2009), Ap J Letters, Volume 707, Issue 2, pp. L142-L147.
2. Iankova, Krasimira, 2007” Evinces of interaction of flow in disk with magnetic field’”, Bulg. J. Phys. (2007) vol.34 no.s2 pp. 326–329, Heron Press Ltd.Science series, pp. 326–29, 2007.
3. Iankova, Kr. D., 2007, ”Accretion disk with advection and magnetic field“, BG-Ursi School and Workshop on Waves and Turbulence Phenomena in Space Plasmas, 1–9 July, 2006, Kiten, Bulgaria, BSSPP Proceedings, Series No. 1, pp. 143–146,
4. Iankova, Kr.D.,2009, ‘’Stability and evolution of magnetic accretion disk”, Publ. Astr. Soc. "Rudjer Boљkovi ", No. 9, 327–333. Publ. Astron. Soc. "Rudjer Bošković", No. 9, pp. 327–333, Belgrade (2009). http://aquila.skyarchive.org/6_SBAC/pdfs/31.pdf;
5. Machida, M., Hayashi M. R., Matsumoto R., arXiv: astro-ph/9911291, 16 Nov 1999.
6. Yankova Krasimira, 2012, Structure of accretion disk in the presence of magnetic field, Publications of the Astronomical Society "Rudjer Boskovic", vol. 11, pp. 375–383. http://adsabs.harvard.edu/abs/2012PASRB..11..375Y

7. Yankova, Kr.D.: 2013, Generation and development of the disk corona, Proceedings of the VIII SerbianBulgarian Astronomical Conference (VIII SBAC), Publ. Astron. Soc. “Rudjer Bošković” vol. 12, 375-381. http://wfpdb.org/ftp/8_SBAC_D1/pdfs/34.pdf
8. Yankova, K., Filipov L., Boneva D., Gotchev D., 2014, Nonlinear physical processes of accretion flows - results and developments, BgAJ , Volume 21, p. 74.
9. Yankova, Kr., 2014, Theoretical analysis on the development in relationships of the system disk – corona, Proceedings SES 2014, ISSN 1313-3888 , 35-40, 2015.
10. Yankova, Kr.: 2015a, MHD of accretion-disk flows, BlgAJ, Vol. 22, p. 83. http://adsabs.harvard.edu/abs/2015BlgAJ..22...83Y
11. Yankova, Kr.: 2015b, Behaviour of the flow on the boundary in the system disk-corona, Proceedings of the IX Bulgarian-Serbian Astronomical Conference: Astroinformatics (IX BSACA), Publ. Astron. Soc. “Rudjer Bošković” No 15, 2015, 107–115.
12. Yankova, Kr.: 2017, Inter-component connections in Quasar, SSTRI-BAN, Sofia, Proceedings SES 2017, ISSN 1313-3888, 85–88, 2017.

SPATIAL HETEROGENITY OF COSMIC RADIATION MEASURED AT EARTH'S SURFACE

Natalya Kilifarska, Rumiana Bojilova, Tsvetelina Velichkova

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

Keywords: *neutron monitors, spatial and seasonal variations of near surface particles' fluxes, longitudinal drift in heterogeneous geomagnetic field*

Abstract: *This paper offers an analysis of spatial distribution of cosmic radiation detected near the Earth's surface, and more specifically its seasonal variations. We found that the latter is confined by the geographic latitude and vary in anti-phase with ozone in the lower stratosphere. The paper provides and hypothetical explanation for such a relation between ozone and neutron monitors' counting rates.*

ПРОСТРАНСТВЕНА НЕЕДНОРОДНОСТ НА КОСМИЧНАТА РАДИАЦИЯ ИЗМЕРВАНА НА ЗЕМНАТА ПОВЪРХНОСТ

Наталия Килифарска, Румяна Божилова, Цветелина Величкова

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

Ключови думи: *сезонна изменчивост в показанията на неутронните монитори, дължинен дрейф на захванатата радиация в нехомогенното геомагнитното поле*

Резюме: *Изследвани са пространствените неоднородности в сезонната вариация на космичните лъчи, измервани на земната повърхност. Установено е наличие на връзка с озона в ниската стратосфера. Предложен е механизъм за обяснението на тази свързаност между показанията на неутронните монитори и озона.*

Introduction

Cosmic rays entering Earth's atmosphere collide with atmospheric molecules, producing secondary ions and electrons, as well as different products of nuclear reactions. Some of these secondaries are highly penetrating and are able to reach the ground surface and to be detected by the sea-level neutron monitors. The efficiency of the ion-molecular and nuclear reactions depends on the atmospheric characteristics such as density, temperature, humidity, etc. Thus for more than 70 years scientists have noticed the existing relation between the neutron monitors' counting rates and the lower stratospheric temperature and pressure [1–4].

This paper investigates the seasonal variability of the near surface cosmic radiation measured by 33 neutron monitors, spread over the world. The found latitudinal dependence – related to the lower stratospheric ozone density – has been interpreted as an O_3 modulation of two processes: 1.) nuclear absorption of *π-mesons* (produced by the interaction of cosmic rays with the atmospheric nuclei, and 2.) natural decay of *π-mesons* to muons, easily propagating to, and beneath the Earth's surface.

Data and methods of analysis

The temporal and spatial variability of galactic CR's neutron component, during 2009, has been analysed in 33 neutron monitors, with freely available data at NMDB portal:

http://www01.nmdb.eu or at IZMIRAN data server: http://cr0.izmiran.ru/common/links.htm. The data used are pressure and efficiency corrected.

The 2009 year has been chosen, because of the encountered minimum in the 24-th solar cycle. This means that the neutron monitors' (NMs) data are less affected by the solar induced geomagnetic activity, being weaker in periods of less active Sun. On the other hand, the intensity of arriving galactic cosmic rays is higher, because less of particles arriving at the heliospheric boundary are reflected back to space by the slower, uncompressed solar wind. Consequently, the effects of the geomagnetic irregularities, as well as the meteorological effects, could be easily detected in a period of a quiet Sun.

Analysis of the temporal variation has been done after extraction of the annual mean from each time record. The calculated difference is normalised by the annual mean, which allows a comparison of individual seasonal variability between different NMs.

Grided data for a lower stratospheric temperature and ozone at 70 hPa has been taken from the ERA-Interim reanalysis http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/.

Spatial distribution of the NM's seasonal variations

The study of seasonal variation of all examined neutron monitors shows that they vary quite a lot between the individual monitors. More detailed analysis reveals that the shape of the seasonal variability is mostly confined to the geographic latitude. This implies that the seasonal variations of neutron monitors are more probably related to meteorological, instead to geomagnetic effects. Here it is worthy to remain that the data used are already corrected for the surface pressure variability, what means that some other atmospheric effect should influence the NMs' measurements.

Meanwhile, in the middle of 20th century, some authors found out the dependence of NMs' seasonal variations on the temperature and pressure between 50 and 100 hPa [1–3]. This is the altitude of the maximum of π-mesons production in the lower atmosphere by the primary CR [5], so Duperier [2] attributed this relation to the following competing processes: 1.) *π-mesons*' decay into *muons* and 2.) nuclear capture of *π-mesons* (known also as *pions*) through interaction with other nuclei.

Our comparative analysis of the NMs' counts and temperature at 70 hPa shows that the suggested relation is generally not well traceable, especially at Northern Hemispheric high latitudes (see Fig.1). Comparison between zonally averaged ozone and temperature at 70 hPa shows in addition that at latitudes where the ozone controls the temperature (i.e. in latitudinal rage: 40^0–10^{0}N and 30^0–40^{0}S, as well as over the Southern Hemisphere polar region) the seasonal variations of temperature at 70 hPa and the near surface cosmic radiation covariate with opposite phases. At other latitudes there is not any systematic relation between temperature and NMs counting rates.

Taking into account the strong radiative power of ozone – adsorbing the incoming solar radiation and controlling in such a way the local temperature balance – the uncoupled seasonal variations of ozone and temperature at middle and high northern latitudes could be puzzling for someone. It should be remind, however, that O_3 density at these latitudes is strongly influenced by energetic particles [6-7] and to some extent by stratospheric dynamics. The less importance of the latter factor is well seen in the Southern Hemisphere polar latitudes, where the ozone and temperature are fairly well coupled. This asymmetry should be related to the hemispherically asymmetrical distribution of the lower stratospheric O_3, determined by the spatially heterogeneous geomagnetic field [8].

The comparison of NMs' seasonal variations with those of O_3 at 70 hPa shows, on the other hand, a well pronounced anti-correlation (see Fig. 2). This result suggests that the lower stratospheric influence on the NMs' measurements goes not through the temperature of the *pions'* production layer, but more likely through its chemical composition (particularly through the amount of the heavier O_3 molecules). In this relation, recent studies show that under certain conditions the ion-molecular reactions, activated in the Regener-Pfotzer maximum of ionisation, could produce ozone in the lower stratosphere [6-7]. Besides the lower energy electrons, the other critical condition – necessary for the activation of the O_3 producing cycle – is a *dry* atmosphere. The latter requirement is usually fulfilled in the winter lower stratosphere – at middle and high latitudes.

The analysis of Fig. 2 shows a well pronounced winter reduction of NMs' counting rates (in both hemispheres), when the ozone density at 70 hPa is raised. The coincidence of the region of π-*mesons* nuclear absorption, or its decay to *muons,* with the ozone layer is noticed also in [9]. Such a coincidence motivated us to assume that the increased concentration of heavier O_3 molecules favours the nuclear capture of *pions* [10], reducing in such a way the additional source of highly penetrating *muons* (registered by the ground-based neutron monitors).

Despite the great complexity of pion absorption (i.e. its' dependence on the pions' charge and energy, variety of mechanisms of absorption, influence of the nuclear environment, etc.), it is well

documented that the *pions'* absorption cross-section increases with the rice of the target's mass number [10]. It is worth to remind that the *pion* absorption on a single nucleon is strongly suppressed [11], but in the stratosphere all atmospheric constituents have quite a lot of nucleons (protons and neutrons) in their nuclei. Among them the ozone's molecule is the heaviest one with a mass number of 48 au. Near the delta resonant energy of 165 MeV, its absorption cross-section is almost half of the total reaction cross-section corresponding to its mass number [10]. The cross-sections of the lighter atmospheric molecules (i.e. N_2, O_2, H_2O) are substantially smaller and consequently the probability for *pion* absorption by them is much less.

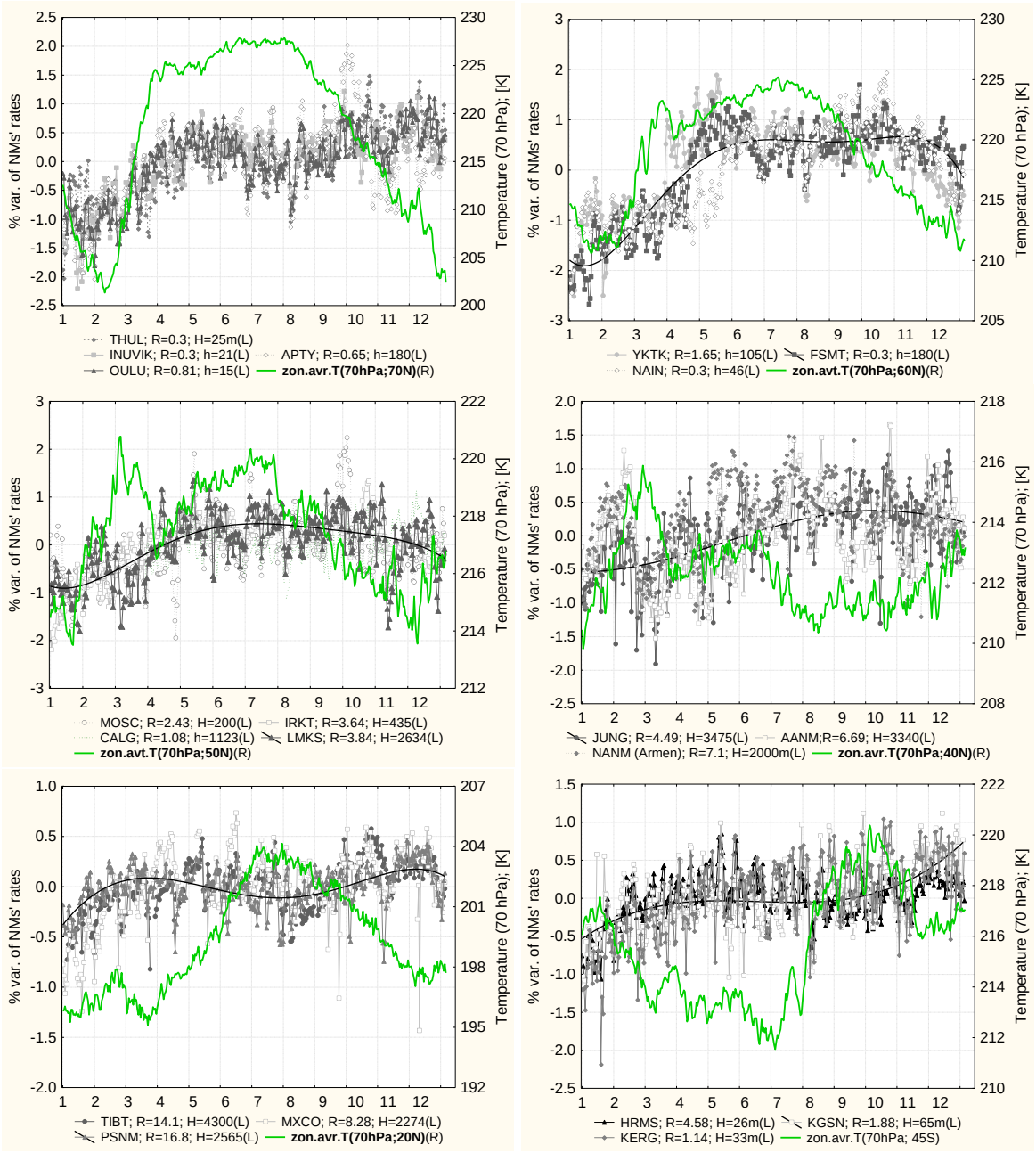


Fig. 1. Seasonal variation of NMs' counting rates (different grey-black symbols) and temperature at 70 hPa (green contour) shown for different geographic latitudes

Besides *pions'* disappearance, the nuclear capture of *pions* is followed by the appearance of secondary products, including *pions* (neutral or charged). For atmospheric molecules the *pion* production is relatively weak [12], but not negligible. Appearance of the triple oxygen (i.e. O_3) molecule in the denser lower stratosphere – at middle and high latitudes – could be a possible reason for the *pions* and *muons* maxima obtained close to the peak ozone density [5]. Unfortunately, to the best of our knowledge experimental measurement of the *pion* absorption/production from the interaction with ozone's nucleus does not exist. Based on theoretical consideration, we, however, hypothesise that

seasonal variations of ozone density could modulate the *pions* absorption in the atmosphere and consequently the amount of *muons* detected on the ground surface. For example, the enhanced ozone density in winter season will reduced the amount of *muons,* due to the *pions'* absorption prior to their natural decay to *muons*. Oppositely, the reduced O_3 density in summer should increase the life time of *pions*, enhancing the probability for their decay to *muons* – an effect which should be accompanied by an increase of NMs' counting rates [9].

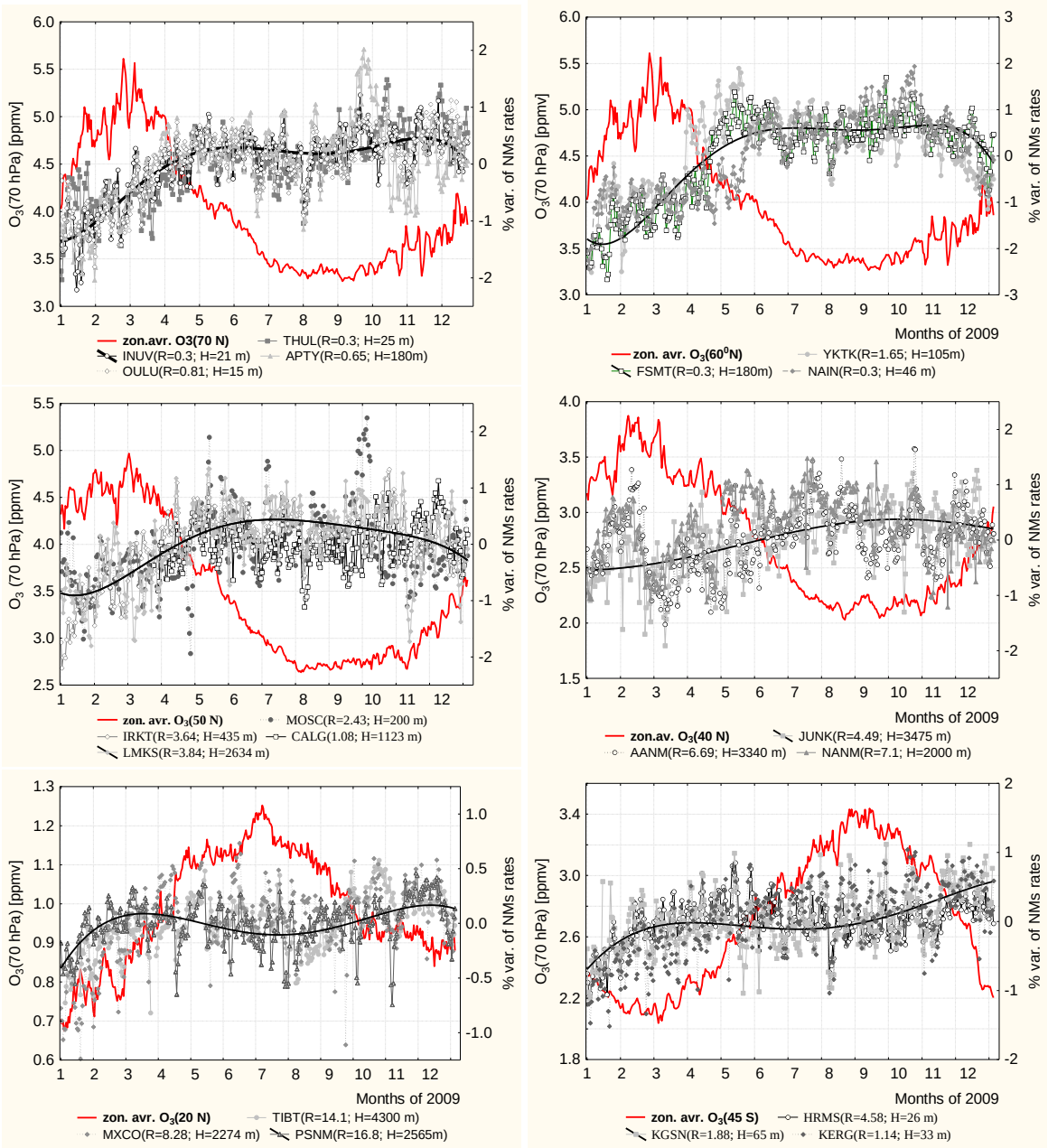


Fig. 2. Seasonal variation of NMs' counting rates (different grey-black symbols) and ozone mixing ration at 70 hPa (red contour) shown for different geographic latitudes

Analysis of the amplitude of O_3 effect on the NMs' seasonal variations shows that the maximal seasonal variations are observed at 60^0N latitude and gradually decreases poleward and equatorward (see Table 1). The gradual weakening of ozone influence on the near surface cosmic radiation could be attributed to the higher elevation of ozone layer at tropical and subtropical latitudes. For example, the ozone peak is situated near 70 hPa in latitude range 70–50^0N. However, at 30^0N latitude it is placed already at 30 hPa [6].

In the Southern Hemisphere the number of CR detectors is much less, but the calculated amplitude of seasonal variation at 45^0S is equal to that found at 40^0N and 50^0N (i.e. 1.5 %). The higher amplitude of the atmospheric influence on the NMs' rates at the surface of the Ice Cube in Antarctica

(i.e. equal to 5%), which is reported in [9] – obviously should be attributed to the higher elevation of the detector – placed at 2835m above the sea level.

Table 1. Average amplitude in [%] of NMs' seasonal variability,
Related to the lower stratospheric O_3 variations

Latitude	70^0N	60^0N	50^0N	40^0N	20^0N	45^0S
Ampl.[%]	2.3	2.75	1.5	1.5	1	1.5

Conclusion

Analysis of the CRs' seasonal variability reveals a great variety of patterns – generally confined to geographic latitudes. Comparative investigation of atmospheric ozone at 70 hPa, and NMs' counting rates, reveals that they covariate fairly well – with an opposite phases. This result implies that previously suggested connection between lower stratospheric temperature and NMs' counting rates are more likely due to the variations of the lower stratospheric composition, and particularly – to the O_3 density. The latter possibly affects the decay of π-*mesons* to *muons*, which easily rich the ground level. For example, an enhancement of the heavier ozone molecules' density increases the probability for nuclear capture of π-*mesons*, reducing in such a way the production of *muons*. Oppositely, reduced O_3 density increases the life time of π-*mesons*, raising the probability for their decay to *muons*. As a result an increase of the counting rates of ground-based NMs should be detected.

These results suggest that the amplitude of the ground level enhancement of CR intensity, registered by the ground based NMs [i.e. 13–17], is not uniformly distributed over the globe. Having in mind the CR influence on the some meteorological parameters [18] it becomes clear that a re-assessment of the factors affecting the production of CR secondaries in the lower atmosphere, similar to that presented in [19] is necessary.

Acknowledgements: This research is partially supported by the Bulgarian National fund for scientific research, project № НЗ 14–28. We acknowledge the NMDB database (www.nmdb.eu), founded under the European Union's FP7 programme (contract no. 213007), as well as the IZMIRAN neutron monitors data base (http://cr0.izmiran.ru/common/links.htm) for the data provided. Special thanks also to the project teams of ERA Interim reanalysis, providing gridded data for meteorological variables.

References:

1. Duperier, A. (1941) The seasonal variations of cosmic-ray intensity and temperature of the atmosphere, Proc. R. Soc. Lond. A, 177, 204-216, doi: 10.1098/rspa.1941.0007
2. Duperier, A. (1949) The Meson Intensity at the Surface of the Earth and the Temperature at the Production Level, Proc. Phys. Soc. (A), 62, 684–694.
3. Trefall, H. (1955) On the Positive Temperature Effect in the Cosmic Radiation and the p-e Decay, Proc. Phys. Soc. (A), 68, 893–904.
4. De Mendonça R.R.S., Raulin J.-P., Echer E., Makhmutov V.S., Fernandez G. (2013) Analysis of atmospheric pressure and temperature effects on cosmic ray measurements, J. Geophys. Res., 118, 1403–1409, doi:10.1029/2012JA018026
5. Battistoni, G., Ferrari, A., Pelliccioni, M., Villari, R., 2004. Monte Carlo calculation of the angular distribution of cosmic rays at flight altitudes. Radiat Prot Dosimetry 112, 331–343. https://doi.org/10.1093/rpd/nch418
6. Kilifarska, N. A. (2013) An autocatalytic cycle for ozone production in the lower stratosphere initiated by Galactic Cosmic rays, *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 66(2), 243-252.
7. Kilifarska, N. A.(2015) Bi-decadal solar influence on climate, mediated by near tropopause ozone, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 136, 216-230. http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2015.08.005i
8. Kilifarska, N. A., Hemispherical asymmetry of the lower stratospheric O_3 response to galactic cosmic rays forcing, ACS Earth and Space Chemistry, v.1, 80–88, 2017. DOI: 10.1021/acsearthspacechem.6b00009.
9. Tilav, S., Desiati, P., Kuwabara, T., Rocco, D., Rothmaier, F., Simmons, M., Wissing, H., 2009. Atmospheric Variations as observed by IceCube 4.

10. Peterson, R. J. (2010) Nuclear Fission Induced by Pi Mesons, Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences, **11**(1), R1-R19.
11. Ashery, D., Schiffer, J.P., 1986. Pion Absorption in Nuclei. Annu. Rev. Nucl. Part. Sci. 36, 207–252. https://doi.org/10.1146/annurev.ns.36.120186.001231
12. Singh, S.K., Athar, M.S., Ahmad, S., 2006. Weak pion production from nuclei. Pramana 66, 689–701. https://doi.org/10.1007/BF02704800
13. Velinov, P. I. Y. **(**2016**)** On the distribution of Ground Level Enhancement (GLE) events during solar cycles 17-24, C. R. Acad. Bulg. Sci., 69(7), 895-895.
14. Velinov, P. I. Y. **(**2016**)** Different groups of Ground Level Enhancements (GLEs). Collective and recurrent GLEs due to solar energetic particles, C. R. Acad. Bulg. Sci., 69(9), 1195-1202.
15. Velinov, P. I. Y. (2016) Expanded classification of solar cosmic ray events causing Ground Level Enhancements (GLEs). Types and groups of GLEs, C. R. Acad. Bulg. Sci., 69(10), 1341–1350.
16. Velinov, P. I. Y., Balabin Yu. V., Maurchev E. A. (2017) Calculations of enhanced ionization in strato-troposphere during the greatest Ground Level Enhancement on 23 February 1956 (GLE05). C. R. Acad. Bulg. Sci., 70(4), 545–554.
17. Mishev, A., Velinov P. I. Y. **(**2016**)** Ionization effect due to cosmic rays during Bastille Day Event (GLE 59) on short and mid time scales, C. R. Acad. Bulg. Sci., 69(11), 1479–1484.
18. Eroshenko, E., Velinov P. I. Y., Belov A., Yanke V., Pletnikov E. et al. (2010) Relationships between neutron fluxes and rain flows, Adv. Space Res., 46, 637–641.
19. Velinov, P. I. Y., Smirnova N., Vlascov V. (1984) Hybrid quadri-ionic model of the low ionosphere, Adv. Space Res., 4(1), 123–130.

DETERMINATION OF THE UV-INDEX USING MEASUREMENTS PERFORMED BY THE GUV 2511 INSTRUMENT AT STARA ZAGORA

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

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria
[2]Polar Geophysical Institute, - Russian Academy of Sciences - Apatity, Russia
[3]Institute of Atmospheric Sciences and Climate - CNR - Bologna, Italy
e-mail: rolwer52@yahoo.co.uk

Keywords: *solar irradiance, total ozone, cloud optical depth, UV-index*

Abstract: *The UV-index (UVI) is a measure of the power of the UV irradiances at an Earth surface location weighted by the erythema action spectrum. The UVI is influenced mainly by the cloudiness and by the stratospheric ozone content. For public forecasts of the UVI, the maximum daily values UVI are given for clear-sky (cloudless) conditions taking into account only the variations produced by the ozone UV absorption.*

Based on the Tropospheric Ultraviolet and Visible (TUV) Radiation Transfer Model, look up tables were calculated. The tables describe the dependences of the UVI from the zenith angle, the total ozone content and the optical depth of the atmosphere, where the physical parameters were calculated using GUV 2511 measurements. The erythema UVI shows a typical for 40° N maximum between 8.5 and 10 during the summer months. During the same time interval at some days UVI between 3 and 6 are observed due to strong clouds. It was found out that the determined clear-sky erythema UVI for Stara Zagora is in good agreement with the satellite based overpass UVI for Sofia published at the Temis web site (http://www.temis.nl/uvradiation/UVindex.html).

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА УВ-ИНДЕКСА ИЗПОЛЗВАЙКИ ИЗМЕРВАНИЯ, ПРОВЕДЕНИ С УРЕДА GUV 2511 В СТАРА ЗАГОРА

Ролф Вернер[1], Димитър Валев[1], Венета Гинева[1], Андрей Кирилов[2], Боян Петков[3]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – БАН, България
[2]Полярен геофизически институт, Руска академия на науките, Апатити, Русия
[3]Институт за атмосферни науки и климат, Болоня, Италия
e-mail: rolwer52@yahoo.co.uk

Ключови думи: *слънчева радиация, съдържание на озон, оптическа дебелина на облаците, УВ-индекс*

Резюме: *УВ-индексът (UVI) или индексът на биологически активната УВ радиация е мярка за интензивността на ултравиолетовата радиация на дадено място от земната повърхност, свързана с ефектите върху човешката кожа. UVI зависи главно от облачността и съдържанието на озон в стратосферата. За обществени прогнози на UVI се дават максималните дневни стойности на UVI за чисто (безоблачно) небе, като се вземат предвид само измененията, породени от абсорбцията на ултравиолета от озона.*

С помощта на Модела за пренос на ултравиолетовата и видима радиация през тропосферата (TUV) бяха пресметнати look up таблици. Тези таблици описват зависимостта на UVI от зенитния ъгъл, пълното съдържание на озон и оптичната дебелина на атмосферата, като физическите параметри бяха определени от измерванията на уреда GUV 2511. Биологически активният UV индекс при 40° N има типичен максимум между 8.5 и 10 през летните месеци. Същевременно при силна облачност през някои дни през същия период са наблюдавани стойности на UVI между 3 и 6. Беше установено, че определените стойности на биологически активният УВ индекс за Стара Загора за безоблачни условия са в добро съгласие с получените за София по измервания при спътникови преминавания, публикувани на уеб сайта на Темис (http://www.temis.nl/uvradiation/UVindex.html).

Introduction

As it is well known, 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. However the strong UV irradiance can damage the skin and it is associated with cataracts and skin cancers. The UVI is a measure of the sunburn producing ultraviolet radiation. The concept of the UVI and methods of the UVI prediction were developed to help peoples to protect themselves from the harmful UV. UVI are given at some locations and/or as maps in many weather reports.

The main goal of the study is the presentation of the developed method of the UVI determination and the results for Stara Zagora location.

UV-index definition

The erythemal Dose rate at a given moment *t* is presented as an integral of the solar irradiance at the Earth surface $F_t(\lambda)$ at the moment *t* measured in mW/(m^{2}nm) weighted by the erythema action spectrum $A_e(\lambda)$ over the wavelength given in nm and vary over the day mainly due to the changes of the zenith angle, the weather conditions and the absorption of ozone [1].

$$D_t = \int_0^\infty A_e(\lambda) F_t(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

For the public the UVI forcast is given as its maximum over the day (at solar noon) for cloudless weather conditions taking into account only the UV irradiance absorption by ozone. The erythemal UVI at solar noon is obtained by multiplication of D_{noon} with a scale factor of 1/25 mW/m^2. The clear-sky UVI was developed from Canadian scientists in 1992 as a simple measure of risk from unprotected sun exposure. Since introduction of the UVI many countries have adopted and the World Health Organisation (WHO) has harmonized the UVI and promotes sun protection messages (see http://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv_index/en/ and [2]).

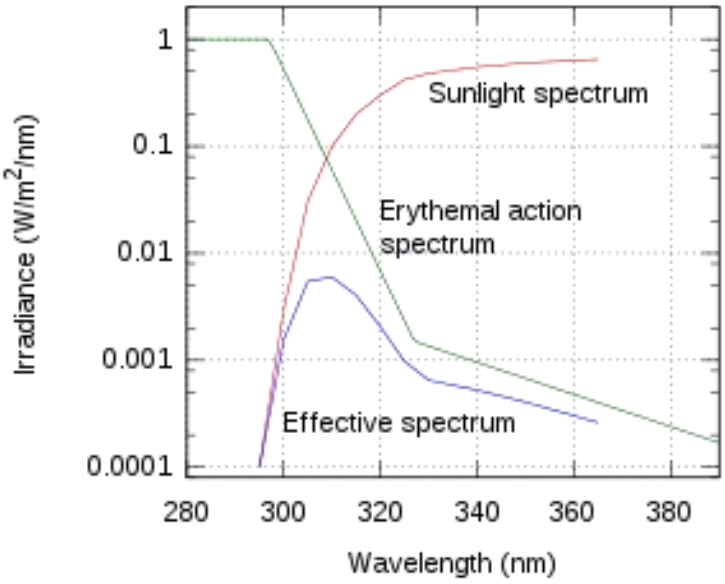


Fig. 1. The effective spectrum obtained by weighting a sun spectrum by the erythemal action spectrum (Source: https://www.revolv/page/Ultraviolet-index)

The erythemal action spectrum together with the sunlight spectrum and the resulting effective spectrum $A_e(\lambda)F_t(\lambda)$ is shown in Fig.1.

Prognosis values of the clear sky UVI are given at many websites (e.g. wetteronline.de/UV, sunburnmap.com) for different locations.

UV-index determination

The basis of the determination of the UVI represents equation (1). Well calibrate spectrometers as SUV 1000 (or monochromators as e.g. Bentham coupled with suitable sensors and detectors) allow to observe global (direct and diffuse) sun irradiance. Such type of instruments are

very expensive but highly precise and therefore they are used as standards in intercalibration procedures of different instruments [2, 3]. Another possibility to obtain $F_t(\lambda)$ consists in the spectrum reconstruction from some simultaneous global irradiance filter measurements at only some wavelengths by means of radiation transfer models. Using the Tropospheric Ultraviolet and Visible (TUV) Radiation Transfer Model developed by Madronich [4] look up tables were calculated (see Fig. 2) [5]. They describe the dependences of the UVI from the cloud optical depth (COD) and from the zenith angle (ZA) for different total ozone columns (TOC). The UVI was determined for an annual mean surface albedo of 0.03. Greater deviations from this value are to be expected only for winter conditions if the earth surface is covered by snow. Close snow cover at Stara Zagora appears only during a few days of the year.

The influence of aerosol loading is included in the COD, which has the character of an effective value. Strong aerosol events e.g. evoked by Sahara dust are very rare over Stara Zagora.

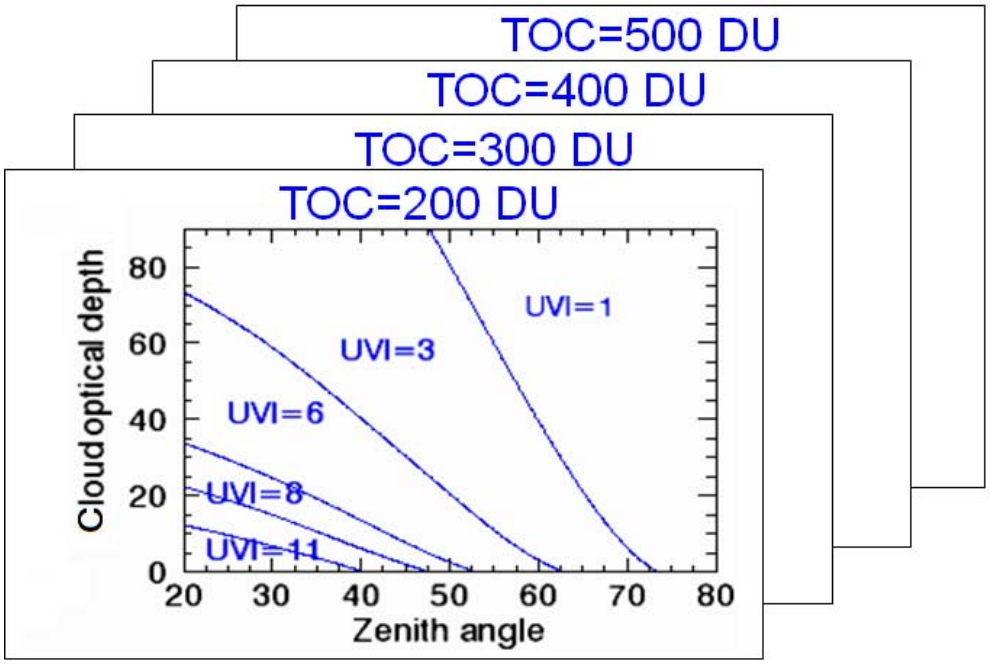


Fig. 2. 3-dimensional look up tables allow the determination of the UVI by interpolation for known ZA, COD and TOC for the moments close to solar noon

Results

The COD's and TOC's were previously determined using GUV 2511 measurements [6,7]. The ZA's were calculated by help of an astronomical algorithm for the measurement moments and then the UVI's for all weather conditions were determined by interpolation of the corresponding Look up table (see Fig. 2). The results are shown in Fig. 3 by blue crosses connected by blue line. The clear-sky UVI's calculated for COD=0 are drawn in Fig. 3 by red open circles and line. The resulting UVI's for clear-sky conditions envelope the UVI for cloudy weather conditions and represent the upper limit. The variability of the clear-sky UVI is caused by changes of the TOC. The UVI shows a typical maximum for latitudes of about 40ºN between 8.5 and 10 during the summer months. For comparison, the clear-sky UVI for the Sofia location obtained from observations by the OMI satellite is considered. As it can be seen from Fig. 4 the agreement is very good characterized by a mean standard deviation of about 0.3**.**

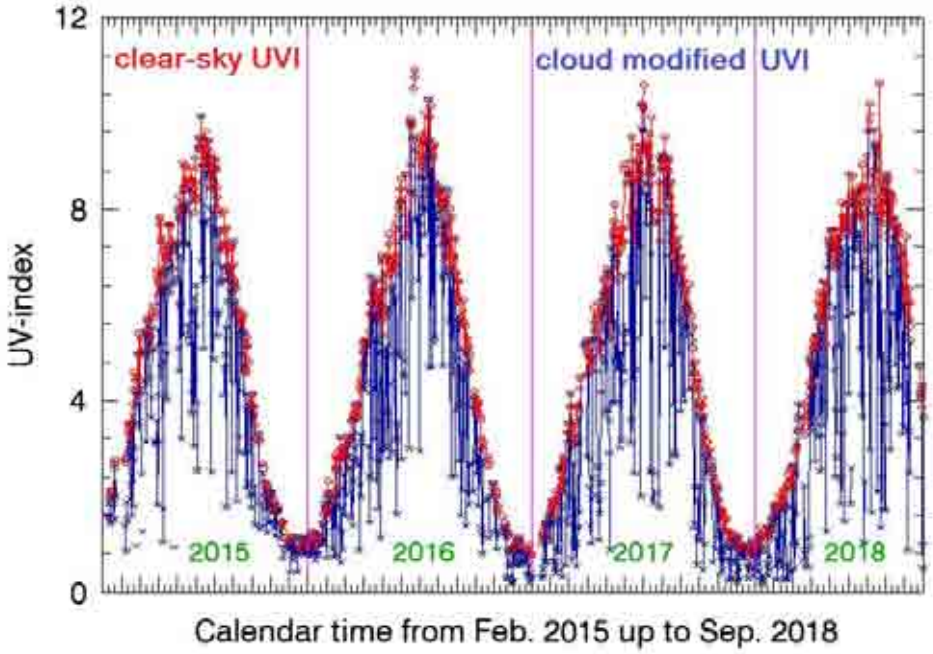


Fig. 3. Cloud modified UVI at Stara Zagora for all weather conditions (blue crosses) and clear-sky conditions (open red circles)

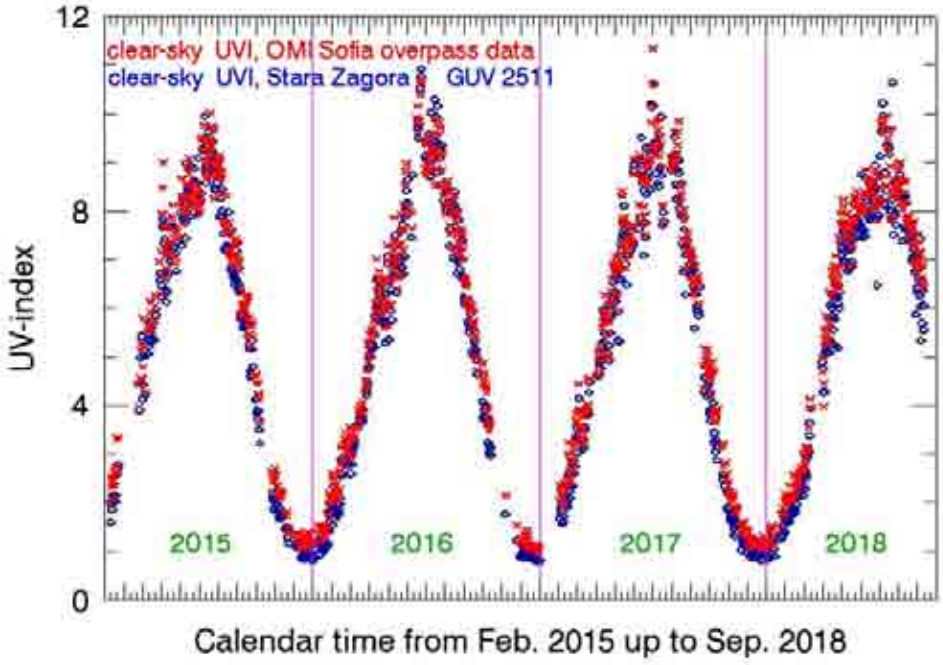


Fig. 4. Clear-sky UVI for Sofia (red crosses) overlaid on the clear-sky UVI for the Stara Zagora location (blue circles)

Conclusions

The results related to the UVI for different weather conditions (clear-sky and cloudiness) based on the retrieval of TOC, COD from the UV irradiance measurements by the algorithms presented here and by the algorithm described in a previous work [5, 6] are typical for 40º N. For the clear-sky UVI a good agreement with UVI based on satellite OMI data was obtained.

Acknowledgments

The GUV instrument was provided by the project *BG161PO003-1.2.04-0053* “Information Complex for Aerospace Monitoring of the Environment“ (ICASME) implemented with the financial

support of Operational Programme „Development of the Competitiveness of the Bulgarian Economy 2007-2013”, co-financed by the European Regional Development Fund and the national budget of the Republic of Bulgaria.

References:

1. Dahlback, A. Measurements of biological effective UV doses, total oyone abundances, and cloud effects with multicahnnel, moderate bandwidth filter, Appl. Opt. Vol. 30 No 33, pp. 6514–6521, 1996.
2. Fioletov, V., Kerr, J. B., Fergusson, A:, The UV Index, Definition, Distribution and Factors Affecting It., Canadian Journal of Puiblic Health, Vol. 101, No. 4, I-5 – I-9, 2010.
3. Petkov, B. Petkov, B., Vitale, V., Tomasi, C., Bonafé, U., Scaglione, S., Flori, D., Santaguida, R., Gausa, M., Hansen, G., and Colombo, T.: 2006, Appl. Optics, 45(18), 4383. doi.org/10.1364/AO.45.004383
4. Madronich, S., 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.
5. Stamnes, K., Slusser, J., Bowen, M., 1991, Derivation of total ozone abundance and cloud effects from spectral irradiance measurements, Appl. Opt. Vol. 30, Iss. 30, pp. 4418–4426, doi.org/10.1364/AO.30.004418
6. Werner, R., Petkov, B., Valev, D., Atanassov, A., Guineva, V., Kirillov, A., Ozone Determination by GUV 2511 Ultraviolet Irradiation at Stara Zagora, Sun and Geosphere, 2017, Vol. 12, No 2, 2017, http://www.sungeosphere.org/
7. Werner, R., Petkov, B., Valev, D., Atanassov, A., Guineva, V., Kirillov, A., Determination of the Total ozone Column with Consideration of the Cloud Optical Depth, , The 41st Annual Seminar "Physics of Auroral Phenomena" held on March 12-16, 2018 in Polar Geophysical Institute, Apatity, Murmansk region, Russia**,** Preprint PGI – Apatity: PGI KSC RAS. 2018 (in press)**.**

CATALOGS OF SOLAR ENERGETIC ELECTRONS AND THEIR RADIO EMISSIONS IN SOLAR CYCLES 23 AND 24

Rositsa Miteva[1], Susan W. Samwel[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]National Research Institute for Astronomy and Geophysics (NRIAG), Helwan, Cairo
e-mail: rmiteva@space.bas.bg

Keywords: *Solar energetic electrons, radio emission signatures, solar cycle*

Abstract: *We present the status of two comprehensive catalogs of in situ observed energetic electrons (from ACE/EPAM DE instrument, with energy coverage 103–315 keV) and their related radio emissions. The focus is on the developed dual web-based interface and their planned capabilities. For the first time solar energetic electrons are identified over the period of two solar cycles, from 1997 to 2017. In addition, we present the solar radio emission signatures observed remotely (both from satellites and ground-based observatories). Thus, for the first time the radio signatures of electrons (radio burst types, single frequency records, dynamic radio spectra) can be directly compared with the in situ observed electron events.*

КАТАЛОЗИ ОТ СЛЪНЧЕВИ ЕНЕРГЕТИЧНИ ЕЛЕКТРОНИ И ТЕХНИТЕ РАДИО ЕМИСИИ ПО ВРЕМЕ НА СЛЪНЧЕВИТЕ ЦИКЛИ 23 И 24

Росица Митева[1], Сюзан В. Самуел[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Национален изследователски институт по астрономия и геофизика – Хелван, Кайро
e-mail: rmiteva@space.bas.bg

Ключови думи: *Слънчеви енергетични електрони, радио емисионни сигнатури, слънчев цикъл*

Резюме: *Представяме два подробни каталога от наблюдавани in situ енергетични електрони (от инструмента ACE/EPAM DE с енергии в диапазона 103–315 keV) и техните радио емисии. Фокусът е върху разработваната двойка от уеб-структури и техните планувани възможности. За първи път слънчеви енергетични електрони се определят за период от два слънчеви цикъла, от 1997 до 2017. В допълнение, представяме слънчевите радио емисионни сигнатури наблюдавани дистанционно (както от спътници, така и от наземни обсерватории). Така за първи път радио сигнатурите на електрони (тип радио избухване, едночестотни записи, динамичен радио спектър) може да бъде директно сравнен с in situ наблюдаваните електронни събития.*

Introduction

The objective of this report is to outline the setting of a web-interface for a dual catalogs: one listing the in situ observed solar energetic electrons (SEEs) and another, showing the remotely detected radio emission signatures of these electrons. The basis of this project is the catalog of electrons as detected by the ACE/EPAM DE [1] instrument. Furthermore, to each electron event, we performed – to the best of our abilities – a solar origin association. Namely, each in situ electron is allocated to a pair, where possible, of a solar flare (SF) and coronal mass ejection (CME). We used a standard procedure utilized in this research field by selecting the strongest flare and the fastest and widest CME, giving a preference to a western eruption in case of several competing candidate pairs.

There is a lack of a comprehensive list of solar electrons detected near Earth. Several partial listings exist [2–5], however none of them covers continuously two solar cycles (SCs), which is the aim of our current efforts. Moreover, the radio emissions considered as the signatures of in situ observed

particles are always compared to the occurrences and peak intensities of protons and not to electrons, see, e.g., [6–9]. Our project aims to finally bridge his gap.

Catalogs

Solar energetic electrons: http://www.nriag.sci.eg/aceepam-electron-event-catalog-2/

Fig. 1. Screen-view of the home page of the electron catalog web-site

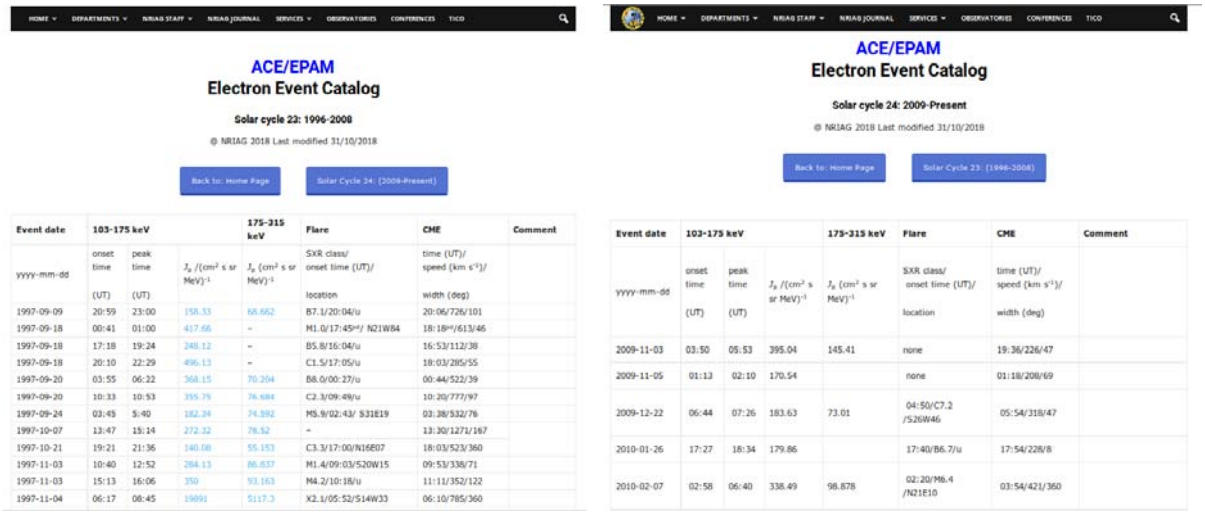


Fig. 2. Screen-views of the tables with electron events in solar cycles 23 (on the left) and 24 (on the right)

The electron data is collected from CDAW omni database**:** http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/ with 12-sec time resolution in the two highest energy channels, 103–175 and 175–315 keV. The electron enhancements are first visually identified by an observer and then a semi-automatic routine is used to calculate the pre-event background level (using observer defined start and end times), the value of the peak electron intensity and the background subtracted peak intensity at each energy channel under consideration. The latter values (with their corresponding links to overview plots), the lower energy SEE date, onset and peak times and the properties of the SEE-related SF and CME are finally reported in the online catalog. The onset time is defined as the time when the electron flux surpasses three standard deviations above the background flux level.

The access point to the electron catalog is via: http://www.nriag.sci.eg/aceepam-electron-event-catalog-2/ A screen-view of the home page for the electron events is given in Fig. 1, whereas Fig. 2 presents screen-views of two separate tables with the events is each SC.

Radio emission signatures: http://newserver.stil.bas.bg/SEPcatalog

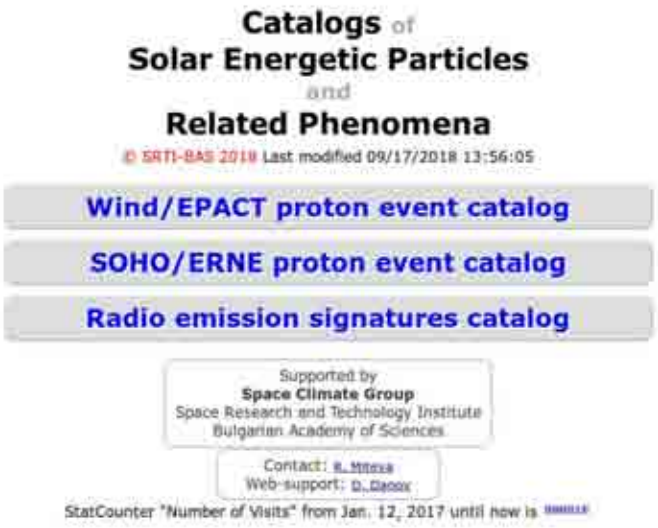


Fig. 3. Overview of the website hosting also the radio emission signatures catalog

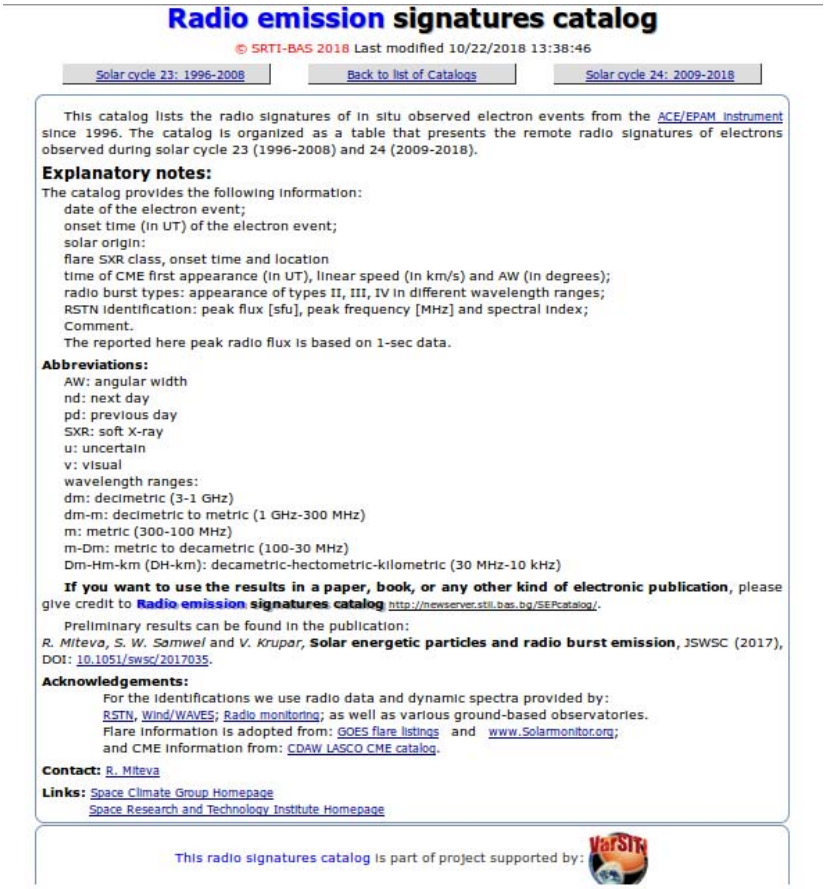


Fig. 4. Overview of the home page of the radio catalog

Fig. 5. Screen-views of the tables with radio signatures in solar cycles 23 (upper part) and 24 (lower part)

The radio data is collected from various radio observatories, both in space and on ground, providing dynamic radio spectra and single frequency radio records (the latter adopted primarily from the four RSTN network stations: ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/space-weather/solar-data/solar-features/solar-radio/rstn-1-second/). We used only those electron events for which at least one of the solar origin has been identified. In such a way, the list of radio signatures is not the complete set of in situ observed electrons, but only those of them with identified SF or/and CME.

The radio catalog can be accessed via the portal: http://newserver.stil.bas.bg/SEPcatalog which contains three catalogs (Fig. 3). After selecting the lowest box, a new sub-page is opened providing a description of the radio catalog (Fig. 4). Finally, the listings with radio signatures can be inspected after selecting one of the two boxes, depending on the SC, organized at the top of the page. Either time period contains the relevant information organized in a similar online table, see Fig. 5 for the preliminary version of the tables. Namely, the individual columns list the following: date of the ACE/EPAM electron event; onset time of the same SEE; SEE-related flare class, onset time and location; time of first occurrence, linear speed and angular width (AW) of the SEE-related CME; radio burst occurrences of types II, III and IV; peak RSTN flux (in solar flux units with a link to an overview plot at all eight RSTN single frequencies), peak frequency (in MHz); spectral index of the higher frequency branch; comment. All times are in UT. In the finalized stage of the catalog, the frequency coverage of the given radio burst type will be specified in terms of decimetric, metric, Decametric, Hectometric and/or kilometric range.

Outlook

Both catalogs are currently under completion and will include also events during 2018 if any. The catalogs contents will be freely available after the publication of the scientific results.

Acknowledgements

This study is supported by the SCOSTEP VarSITI ISEST/MiniMax24 scientific program in 2018 under the project 'Solar energetic electrons and radio emission signtures' (www.varsiti.org).

References:

1. Gold, R. E., S. M., Krimigis, S. E. III Hawkins, D. K. Haggerty, D. A. Lohr, E. Fiore, T. P. Armstrong, G. Holland, L. J. Lanzerotti. Electron, Proton, and Alpha Monitor on the Advanced Composition Explorer spacecraft, 1998, Space Science Reviews, Volume 86, Issue 1/4, pp. 541–562.
2. Krucker, S., D. E. Larson, R. P. Lin, B. J. Thompson. On the Origin of Impulsive Electron Events Observed at 1 AU, 1999, The Astrophysical Journal, Volume 519, Issue 2, pp. 864–875.
3. Haggerty, D. K., E. C. Roelof. Impulsive Near-relativistic Solar Electron Events: Delayed Injection with Respect to Solar Electromagnetic Emission, 2002, The Astrophysical Journal, Volume 579, Issue 2, pp. 841–853.
4. Krucker, S., E. P. Kontar, S. Christe, R. P. Lin. Solar Flare Electron Spectra at the Sun and near the Earth, 2007, The Astrophysical Journal, Volume 663, Issue 2, pp. L109–L112.
5. Vainio, R., E. Valtonen, B. Heber, O. E. Malandraki, A. Papaioannou, K.-L. Klein et al. The first SEPServer event catalogue ~68-MeV solar proton events observed at 1 AU in 1996-2010, 2013, Journal of Space Weather and Space Climate, Volume 3, id.A12, 17 p.
6. Kahler, S. W. Radio burst characteristics of solar proton flares, 1982, Astrophysical Journal, Part 1, Volume 261, pp. 710–719.
7. Chertok, I. M. On the correlation between the solar gamma-ray line emission, radio bursts and proton fluxes in the interplanetary space, 1990, Astronomische Nachrichten (ISSN 0004-6337), Volume 311, No. 6, pp. 379–381.
8. Miteva, R., K.-L. Klein, S. W. Samwel, A. Nindos, A. Kouloumvakos, H. Reid. Radio Signatures of Solar Energetic Particles During the 23rd Solar Cycle, 2013, Central European Astrophysical Bulletin, Volume 37, pp. 541–553.
9. Miteva, R. S. W. Samwel, V. Krupar. Solar energetic particles and radio burst emission, 2017, Journal of Space Weather and Space Climate, Volume 7, id.A37, 15 p.

SIGNATURES OF SMALL-SCALE BRIGHTNESS VARIABILITY OF THE BINARY STAR SYSTEM NQ GEM

Daniela Boneva

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

Keywords: *Stars: Binary stars; Accretion; Light curves; Bursts; flares;*

Abstract: *We present the results, obtained from online observational databases of the binary star system NQ Gem (Gemini). The constructed light curves of this binary manifest variation in its brightness. Small-scale magnitude fluctuations are detected for short and long time-scales during the different periods of observations. It is most likely the signatures of irregular non-periodic flares, according to their life-time of activity. The energy spectrum of NQ Gem shows the maximum counts during its X-Ray activity and their distribution through the energy band. An occurrence of single, sporadic gamma flare is also observed at the generated gamma-ray light curve.*

ИНДИКАЦИИ ЗА ПРОМЕНЛИВОСТИ В БЛЯСЪКА НА ДВОЙНАТА ЗВЕЗДНА СИСТЕМА NQ GEM

Даниела Бонева

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

Ключови думи: *Звезди: Двойни звезди; Акреция; Криви на блясъка;*

Резюме: *В тази статия са представени резултати за двойната звездна система NQ Gem (Gemini), получени от източници с наблюдателни база данни и онлайн ресурси - генератори. Чрез построените криви на блясъка са детектирани променливости в светимостта на звездата. Флуктуации в звездната величина с малка амплитуда се проявяват и в кратка, и в дълга времева скала, по време на различни периоди на наблюдение. В съответствие с продължителността на тяхната активност, се предполага, че това най-вероятно са индикации за неправилни, непериодични проблясвания. Енергийният спектър на NQ Gem показва в коя част на обхвата: мек, среден или твърд, звездата проявява максимум на рентгенова активност. От генерираната крива на блясъка, вследствие на гама-излъчването в района на координатите на двойната звезда, се наблюдава единичен гама-проблясък.*

Introduction

The stars variability is usually defined as the changes in their brightness. The variable stars investigation is important, because it gives the way and methods to obtain information about stellar masses, radius, temperatures, luminosity, as well as the properties of their structure and evolution.

Observing and detecting the brightness variability in stars require a long time monitoring of the objects. In this purpose, many Earth-based and space-based telescopes implement this observational mission. The large packages of observational data are collected in the International Astronomical data bases. In this way they make a useful contribution to the scientific activity of the professional astronomers worldwide. More of them enable free access of data usage to scientific researcher or educators.

American Association of Variable Star Observers (AAVSO) is the largest digital star database. They collect data from amateur and professional astronomers for thousands of variable stars objects. The AAVSO International Database has an archive by the sources, such as: visual magnitude

estimates made from digital images; photographic plate estimates and plate measurements; CCD or photoelectric photometry. Their online light curve generator is updated after every new data are submitted to the database.

The other online data light curve generator is based on the Swift - XRT web site. The data are received from the X-Ray telescope (XRT), loaded at the Swift satellite. It has been created a catalogue, which consists of analyzed data of Swift – XRT [7]. Light curves have been produced and the variability for each source in this database catalogue is estimated [6].

Searching for the gamma (γ)-ray emission or transient gamma-ray events is possible by employing the Fermi All-sky Variability Analysis (FAVA) – based on the data of Large Area Telescope (LAT). FAVA comparing the number of counts observed in a given time interval for every direction in the sky [1]. From the submitted coordinates, into the online generator, it could be selected those produced from the regions of binary stars. Gamma-flares are then detected, from the area enclosed by the coordinates.

In this paper we present the brightness variability of the binary star NQ Gem. The object's description is given in the next section (II). It is followed by the results obtained from the three online databases (Section III).

Target's details

NQ Gem is a type of Semi-regular variables, which are giants or supergiants of intermediate and late spectral types. This star shows periodicity in its light changes for a long period of observations and accompanied or sometimes interrupted by various irregularities. Periods lie in the range from 20 to > 2000 days, while the shapes of the light curves are rather different and variable, and the amplitudes may be from several hundredths to several magnitudes (usually 1–2 mag. in V).

NQ Gem belongs to the family of Symbiotic variables of the Z Andromedae type. They are close binaries that consist of a hot star, a star of late type, and the existence of extended envelope is very possible, which is influenced by the hot star's radiation. Their brightness usually displays irregular variations with amplitudes up to 4 mag. in V. It is a inhomogeneous group of objects. The star is previously attached to the group of X-Ray symbiotic binaries, as well [8].

On the other hand, the Spectral types of those objects are usually C6 or CH3. They are known as "carbon stars" with an excess of carbon in their atmosphere [3], usually red giants. Their average magnitude range is about 7.4 ÷ 8.18 V. The period of their rotation is calculated as 58.2 days.

The light curves of NQ Gem show pulsations, with a pulsation period: P_{pul} ~ 58 ± 1 d, received by Gromadzki et al. (2013) [4] in their periodic light curve analysis of symbiotic stars.

The light curves of symbiotic binaries manifest a complex behavior. If we are tracing out the long period light curve of such systems, we could see their light curves are compound of alternated activity stages. It is observed small and large scale events, such as flickerings and bursts, lasting for short and long terms during the period of their observation.

Results

In this section, we present the online generated light curves of NQ Gem, by using the online data centers: AAVSO, Swift – XRT and FAVA (see the details in the Introduction). Therefore, the obtained light curves of NQ Gem are in different bands: BVRI, Vis. (Visual), X-ray and gamma. We compare the brightness variability and behavior of this star for different periods, according to the existing data. The energy spectrum is also obtained by the XRT generator.

The light curves time in this paper is given in: MET (Mission Elapsed Time (s)); JD (Julian date); MJD (Modified Julian date).

1. Results from AAVSO

The irregular variability of NQ Gem requires monitoring of its light curve for a longer observational period (> 1 year). The first observational period is for ~ 1 year, between JD (Julian date): 2453179.5 (MET: 109641600.0) and JD: 2453569.5 (MET: 143337600.000). It shows very small amplitude fluctuations in the brightness in all five bands (Fig.1). As the detection period is longer than a day, these fluctuations could be a particular manifestation of flares activity.

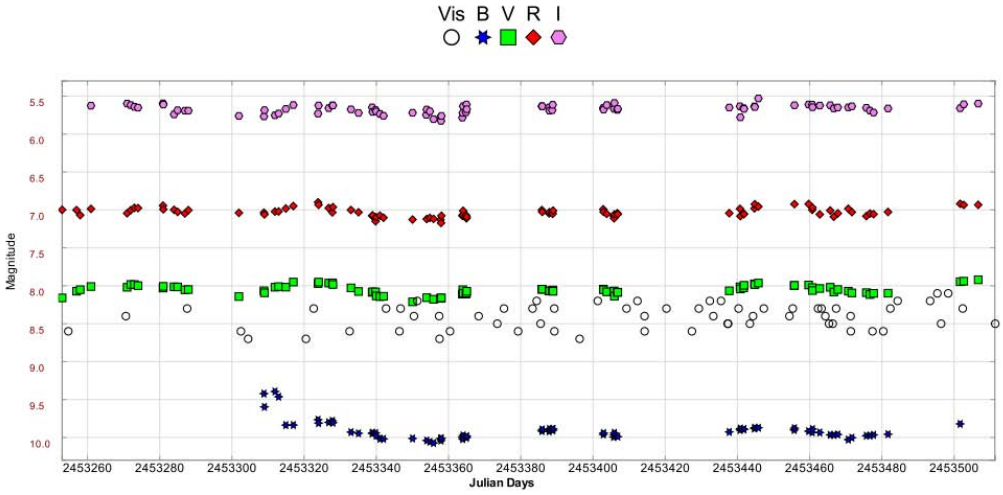


Fig. 1. One year light curve of NQ Gem in BVRI and Visual bands (AAVSO data generator). Small scale variations in the magnitude are observed, with a maximum value: 0.2 ÷ 0.5.

The next observational period of NQ Gem spans over 2 years, which include the dates between: JD: 2454672.5 (MET: 238636801) and JD: 2455402.5 (MET: 301708802). The light curve for this period is created from 211 observations with available data in the Vis. (Visual) band only. It is averaged with bin size of 3 Julian days and its final shape - form is seen in the Fig. 2 below.

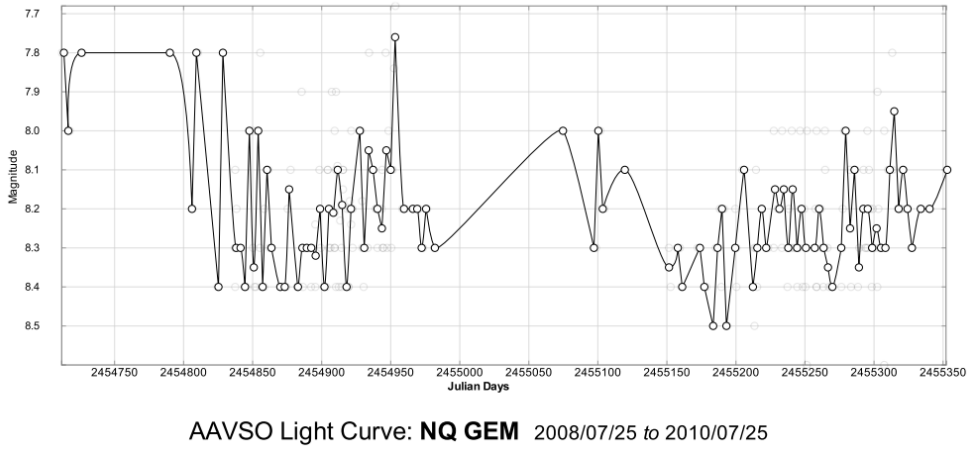


Fig. 2. Two years light curve of NQ Gem in Visual band (AAVSO data base). The magnitude variations with amplitude in a range 0.1 ÷ 0.6 are observed.

The light curve of NQ Gem for this 2 years period manifests the irregular variability in brightness of this type of stars, mentioned in the previous section. It is observed the drop in the magnitude by the value of 0.6 as a whole for the period of less than 3 months ~75 days (2008-11-29; JD:2454800 ÷ 2009-02-12; JD: 2454875), accompanied with quasy-periodic oscillations (or pulsations) with small-scale amplitudes. After that the star's magnitude increases to the initial value for the same duration of less than 3 months or ~ 80 days. Further, this is followed by periods of irregular brightness variations with small-scale amplitude again.

2. Results from Swift - XRT

By using the Swift – XRT data, we check the energy spectrum of NQ Gem and the behavior of X-ray light curve for the same period, as the non-periodic brightness variabilities are observed.

The X-ray light curve shows (Fig.3a) that its maximum counts per second take values between 0.2 – 0.4 c/s, with exceptions at 1.5 c/s. They appear at the hard part of the energy band: 3 – 7 keV.

Following the separation of the energy band by Evans (2014) [7], we delimit the next 3 bands: Total = 0.3 ≤ E ≤ 10 keV; Soft = 0.3 ≤ E < 1 keV; Medium = 1 ≤ E < 2 KeV; Hard 2 ≤ E < 10 keV. The maximum activity of the star is concentrated in the hard band part of the energy spectrum, where most of the normalized counts are detected (Fig. 3b): $2.10^{-4} \div 10^{-2}$ s^{-1} keV^{-1} . There is a weak activity in the soft energy band, but with higher values of the normalized counts ≥ 5.10^{-2} s^{-1} keV^{-1}. The lower panel of the Fig. 3b gives the ratio between the detected counts in both energy bands. The automatically chosen reading-out mode here is PC (Photon counter) mode, because of the low source intensity.

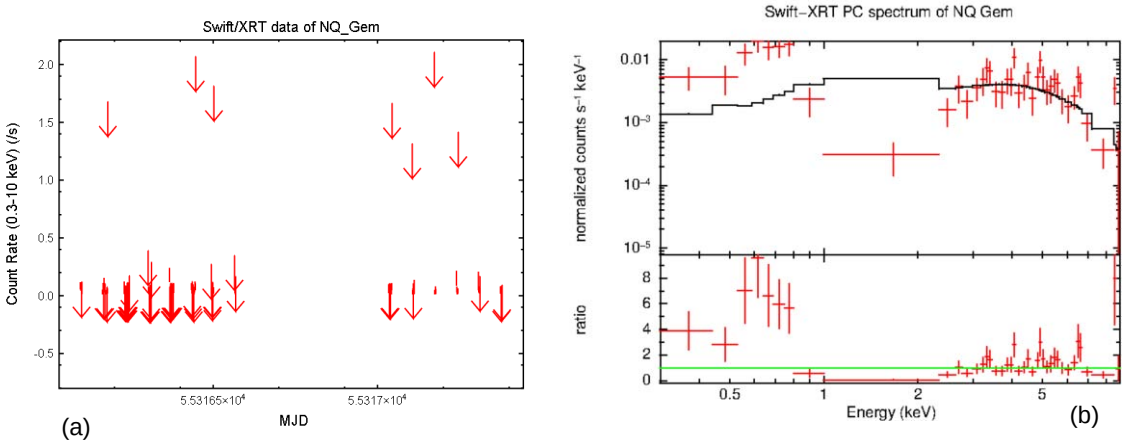


Fig. 3. Swift X-ray light curve (3a, left) and energy spectrum (3b, right) of NQ Gem. The count rates, seen in the light curve, are given for soft and hard energy bands separately. The normalized counts have their highest values at the hard band of the energy spectrum (2 – 10 keV), in PC mode. (by Swift-XRT generator [5])

We chose the option for the light curves data to be binned by time. This means that the using method set the bins in a specified duration. It is inserted into the generating form the significance “minimum sigma” and its value is pointed to be 3σ. The duration of light curve bins, known as “bin length” is specified for WT (Windowed Timing) and PC mode separately and could be changed in every light curve or spectrum generation. In current calculations, they take the values of: WT – 20; PC – 200.

3. Results from FAVA

Authors of the online FAVA catalog Ackermann et al. (2013) [1] and Abdolahi et al. (2017) [2] apply the units of Gaussian sigmas to visualize the significance that is the probabilities the observed counts are a statistical fluctuation of the expected one.

According to their papers the events with sigma ≥ 5.5σ (and ≤ –5.5σ) should be considered only. To limit the false flares, they eliminated those by this threshold in advance.

We chose to examine the flares in the low energy band with FAVA detections of the significance threshold: > 5σ.

We have received the light curves of NQ Gem (Fig. 4), by employing the FAVA light curve generator. The light curves of this object manifest individual gamma – flare during the period of observations. It is a sporadic event with magnitudes 2 to 3 values above the average ones.

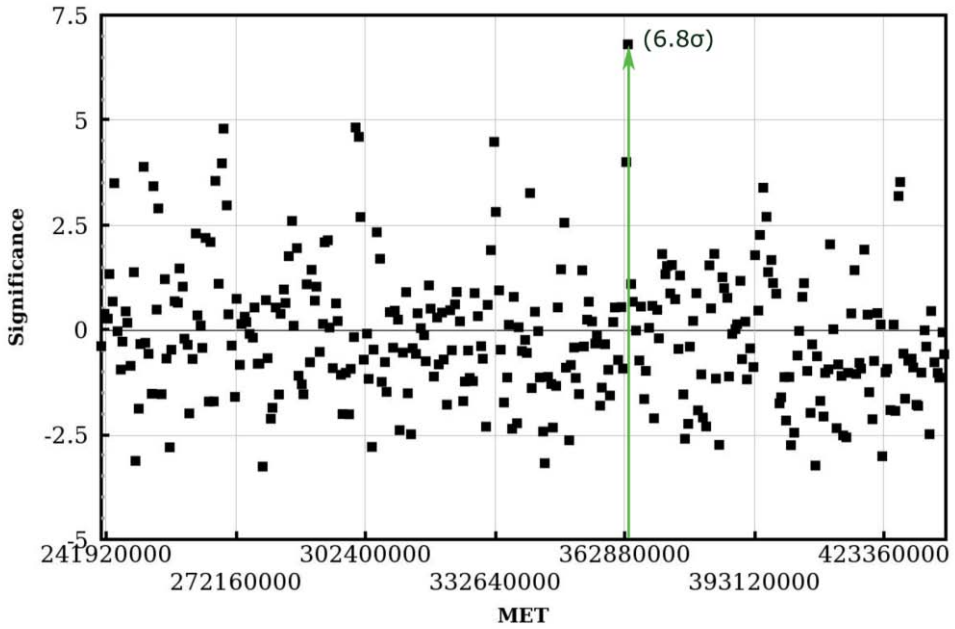


Fig. 4. Gamma-ray LC, at the coordinates of NQ Gem. The green vertical arrow marks the occurrence of highest flares with maximum variation = 6.80σ at MET=363843818 (JD: 2456121.65).

The whole period of monitoring is chosen automatically by the light curve generator and it reaches approximately 10 years of observations. Fig. 4 presents only part of this period, where the highest σ value is detected. The input time format for the light curve generator is MET (Mission Elapsed Time) - Fermi seconds since 2001.0 UTC (decimal). The corresponding dates in JD (Julian Date) are calculated as: T_1 = MET: 241920000 (JD: 2454710.49) to Tf = MET: 438480000 (JD: 2456985.49).

The gamma light curve shows the maximum value of sigma is 6.80**σ**. It appears at MET: 363843818 (JD: 2456121.65)

Discussion and conclusion

We have traced out the behavior and brightness variability of symbiotic irregular binary star NQ Gem. In this aim the light curves and energy spectrum are constructed, by applying data and by use of three online databases: AAVSO, Swift – XRT, FAVA.

The variability in stars exhibits in many ways. As an example: they could pulsate by internal forces; they could be binaries that eclipse each other; or due to the mass transfer processes in contact binaries.

We could not find any periodicity in the magnitude variations of NQ Gem and correspondingly its brightness in the selected periods, according to the AAVSO data observations. If the light changes in the time period of Figure 2, the variations are probably related to the orbital period. They could be also caused by some eclipses or fluctuations in the accretion rate, or appearance of a dense formation, which is moving and interacting with the surrounding flow. If the light curve variations are related to the pulsation periods, then the stellar pulsations are with a different amplitude, related to the results. As a symbiotic binary, NQ Gem is an intrinsic variable star and the most probable source of its variability is coming from the physical changes in the stellar system.

We have detected two main periods of activity in the X-ray light curve and the corresponding energy spectrum of NQ Gem, received by Swift – XRT observations. The dates with highest values of the normalized flux don't coincide with those of maximum flare detected by FAVA. This could lead us to the particular conclusion that there isn't any similarity in the detected activity in BVRI, Vis, X-Ray or gamma - rays.

Acknowledgments:

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

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

References:

1. Abdollahi, S., M. Ackermann, M. Ajello, A. Albert, L. Baldini, + 122 coauthors. 2017, ApJ, V 846, Issue 1, article id. 34, pp.15.
2. Ackermann, M., M. Ajello, K. Asano, M. Axelsson, L. Baldini, J. Ballet, G. Barbiellini, D. Bastieri, + 172 coauthors. 2013, ApJS, V. 209, Issue 1, article id. 11, pp. 90.
3. Greene, A.E., R.F. Wing. 1971, ApJ, 163, pp. 309.
4. Gromadzki, M., J. Mikołajewska., I. Soszy´nsk. 2013, Acta Astronomica, Vol. 63, pp. 405–428.
5. Evans, P.A.. 2007, A&A, Volume 469, Issue 1, pp.379–385.
6. Evans, P. A., A. P. Beardmore, K. L. Page, J. P. Osborne, P. T. O'Brien, R. Willingale, R. L. C. Starling, D. N. Burrows, O. Godet, L. Vetere, & et al. 2009, MNRAS, 397, 1177.
7. Evans, P.A., J. P. Osborne, A. P. Beardmore, K. L. Page, R. Willingale, C. J. Mountford, C. Pagani, D. N. Burrows, J. A. Kennea, M. Perri, G. Tagliaferri, N. Gehrels. 2014, ApJSS, V. 210, No 1.
8. Luna, G. J. M., J. L. Sokoloski, K. Mukai, T. Nelson, 2013, A&A, 559, p. 6.

S E S 2 0 1 8
Fourteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
7 – 9 November 2018, Sofia, Bulgaria

POSSIBLE EXPLANATION OF REVERSAL OF IONOSPHERE-EARTH ELECTRIC CURRENT OBSERVED IN HIGH-LATITUDE STRATOSPHERE DURING SOLAR PROTON EVENT ON 20.01.2005

Peter Tonev

Space research and technologies institute – Bulgarian academy of sciences
e-mail: ptonev@bas.bg

Keywords: *Global electric circuit, atmospheric conductivity, electric field, field-aligned currents (FAC)*

Abstract: *Results of balloon-borne measurements in Antarctic stratosphere, namely, the electric characteristics (the conductivity and the electric field) are considered during the solar proton event (SPE) on 20 January 2005. A well-expressed peculiarity in these results is the reversal of direction of the vertical electric field Ez (and, thus, of the ionosphere-earth current Jz) from downward to upward for several hours in the later phase of SPE; yet, the absolute value of Jz in this period remains much larger than its typical value ~2 pA/m^2. A possible explanation is given here of this quite untypical behavior of the current Jz. We suggest as factors for such behavior the increase of contribution of FAC system in the global atmospheric electrical circuit (GEC) at high latitudes, and the geomagnetic sub-storm occurring in the time period of interest. Our interpretation is supported by results of dc model in which continuity equation is used for electric currents in GEC originated by FAC.*

ВЪЗМОЖНО ОБЯСНЕНИЕ НА ОБРЪЩАНЕТО НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИЯ ТОК ЙОНОСФЕРА-ЗЕМЯ НАБЛЮДАВАНО В СТРАТОСФЕРАТА НА ВИСОКИ ШИРИНИ ПРИ СЛЪНЧЕВОТО ПРОТОННО СЪБИТИЕ НА 20.01.2005 Г.

Петър Тонев

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

Ключови думи: *Глобална електрическа верига, атмосферна проводимост, електрическо поле, надлъжни токове.*

Резюме: *Разгледани са резултати от балонни измервания за електрическите характеристики (проводимост и електрическо поле) в антарктическата стратосфера по време на слънчевото протонно събитие (СПС) на 20 януари 2005 г. Силна особеност на тези резултати представлява обръщането на посоката на вертикалното електрическо поле Ez (и, следователно, на тока Jz йоносфера-земя) от насочено надолу към сочещо нагоре, и то в продължение на няколко часа в късна фаза на СПС; също, Jz по абсолютна стойност в този период е много по-голям от типичната му стойност ~2 pA/m^2. Тук е дадено възможно обяснение на това нетипично поведение на тока Jz. Като обуславящи фактори тук се предлагат поява на съществен принос на системата на системата от надлъжни токове в глобалната атмосферна електрическа верига (ГЕВ) на високи ширини по време на това СПС и възникването на геомагнитна суб-буря в интересуващия ни период. Интерпретацията е подкрепена с резултатите от dc модел използващ уравнението на непрекъснатост за електрическите токове в ГЕВ породени от надлъжните токове.*

Introduction

The solar proton event (SPE) on 20 January 2005 is one of the most powerful – the strongest GLE since 1956 occurred. Simultaneously during 20 January, measurements of electric conductivity σ and the electric field **E** are supported in the Antarctic stratosphere (MINIS balloon campaign) [1]. During the day of SPE the balloon position changes from (70.9°S, 10.9°W) at 30.9 km altitude, to (71.4°S, 21.5°W) at 33.2 km altitude. The enhanced ionization causes enormous increase of conductivity. The vertical electric current J_z is computed from σ and E_z by Ohm's law. It demonstrates a peculiarity:

although in a fair-weather region, J_z reverses to upward direction for several hours. We interpret this peculiarity as related to an increase of the coupling of FAC with the global atmospheric electric circuit (GEC) at high latitudes during SPE and test our interpretation by means of modeling.

Phenomenon of Jz reversal and our interpretation

The measurements at MINIS [1] of interest are demonstrated in Fig. 1. Panel (a) shows the variations of conductivity σ due to enhanced ionization: ~20 times increase in the initial phase of SPE which begins at 06:51 UT, and several times later. Panel (b) is for the vertical component of the electric field E_z. The vertical component J_z of the electric current density (panel c) is computed from the Ohm's law, $J_z = \sigma E_z$. Since no electrical activity took place in the underlying troposphere (thunderstorms are untypical in Antarctica), J_z must represent the ionosphere-earth current in GEC which flows downwardly and is close to 2 pA/m^2. This current typically varies slightly and slowly, otherwise, short transients can occur (< 10 min). However, after the arrival of SPE the behavior of current *Jz* become untypical. Its most striking feature is after 15:56 UT: *Jz* reverses its direction from a downward to an upward for several hours, yet it rises up to 5 pA/m^2 by absolute value.

Here we suggest a possible explanation of this phenomenon. Since J_z remains reversed for time much longer than the relaxation constant for GEC (below 10 min), an outer, with respect to GEC, electric source takes part. At auroral latitudes these can be field-aligned currents (FAC). Principally, FAC do not penetrate lower than 90 km; their closure occurs above this height. However, FAC can possibly be extended down to the neutral atmosphere: a very small part $\mathbf{J}_{IS}$ of them which can be many orders of magnitude smaller than the ionospheric FAC of the order of μV/m^2. This suggestion is supported, for example, by experimental results in [2]. Such small current $\mathbf{J}_{IS}$ will be negligible with respect to the FAC system, but even if it is ~10^{-6} of the peak FAC ~10^{-6} V/m, it cannot be ignored with respect to GEC where typical currents are of order of 10^{-12} A/m^2, We hypothesize that during strong SPE larger currents $\mathbf{J}_{IS}$ can penetrate into GEC at high latitudes, due to the increase of conductivity, so that their contribution can become comparable to or even larger than the ionosphere-earth current J_{TS}~2 pA/m^2 whose source is the global tropospheric electric activity. The total current **J** in the neutral atmosphere thus is to be represented as follows:

(1) $\mathbf{J} = \mathbf{J}_{TS} + \mathbf{J}_{IS}$

Respectively, only for the vertical components of these currents we have $J_z = J_{TSz} + J_{ISz}$. We adopt the upward direction as positive. In region closer to the dawn sector with downward FAC dominating one has, $J_{TS\,z} < 0$, and $J_{ISz} < 0$. In region closer to the dusk sector (where FAC are upward) $J_{ISz} > 0$. The reversal of the vertical electric current Jz (and of the related field Ez) becomes in this last region when $J_{ISz} > 0$ and $|J_{ISz}| > |J_{TSz}|$. The satisfaction of these conditions is verified further by means of modeling by developing results of [3].

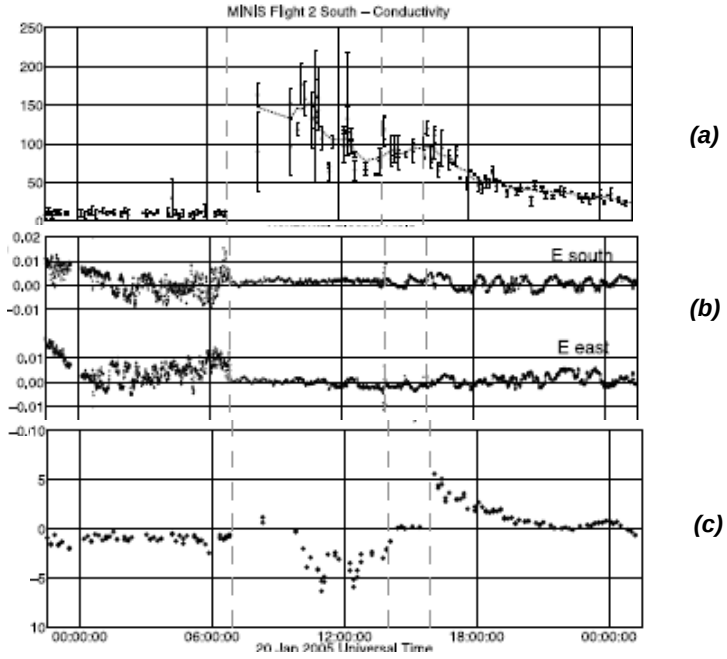


Fig. 1. (a) Electric conductivity σ in $10^{-12}\Omega^{-1}m^{-1}$ (b) vertical electric field E_z in Vm^{-1}; (c) vertical electric current J_z in pA/m^2 from balloon-borne measurements in Antarctic stratosphere simultaneous with SPE on 05 January 2005

The model

The continuity equation for the density of electric current $\mathbf{J}_{IS}$ by FAC origin is solved:

(2) $\text{div}\ \mathbf{J}_{IS} = 0$

under steady-state conditions (transients are on time-scale < 10 min, and are neglected). The model region comprises altitudes 0–150 km, $\mathbf{J}_{IS} = [\sigma]\mathbf{E}$ where $\mathbf{E}$ is the electric field vector, $\mathbf{E} = -\nabla u$, u is its potential. $[\sigma]$ is the conductivity (it is tensor, in general; below ~65 km it is a scalar σ). Tensor $[\sigma]$ is function of orientation of geomagnetic field $\mathbf{B}$ which depends on geomagnetic latitude. The extension of FAC down the ionosphere becomes principally at high latitudes, where the magnetic field $\mathbf{B}$ is close to vertical, so we assume here vertically oriented $\mathbf{B}$. At the upper boundary $Z_B = 150$ km FAC flow vertically and are presented by their distribution at geomagnetic latitudes >50° adopted here from [4]. Linearity of Eq.(2) allows to present the electric current $\mathbf{J}_{IS}$ as superposition from a series of elementary sources j_i of sample distribution of FAC at 150 km with a maximum $j_{i\max}$ at given coordinates represented as:

(3) $j_i(r) = j_{i\max}\exp(-r/r_i)$,

where r is the horizontal distance from the source center, r_i is the characteristic radius of the source. The total current from all elementary sources integrated over the upper boundary Z_B should be zero. The simplest representation of picture of FAC distribution is by two balanced sample sources: of the dawn downward ($j_{1\max}<0$), and the dusk upward ($j_{2\max} > 0$) currents; it is used further in estimations.

Here assumption for flat ground is adopted. Eq. (2) is solved separately for each elementary FAC source; the final solution is obtained as superposition of these solutions. Cylindrical coordinates (r,φ,z) are used with respect to the elementary FAC source: z is altitude above ground; $r = 0$ relates to the sample source center. Eq. (2) is written for the electric potential u as:

(4) $$1/r\,\partial/\partial r\left(r\sigma_P\,\partial u/\partial r\right)+\partial/\partial z\left(\sigma_0\,\partial u/\partial z\right)=0\,.$$

Here σ_0 and σ_P are the field-aligned and the Pedersen conductivities.

The boundary conditions for the equation with the i-th elementary FAC source are given; *i*) at the upper boundary Z_B=150 km, $J_{ISz}= j_i$ where j_i satisfies distribution (3); *ii*) at ground level $u\equiv 0$.

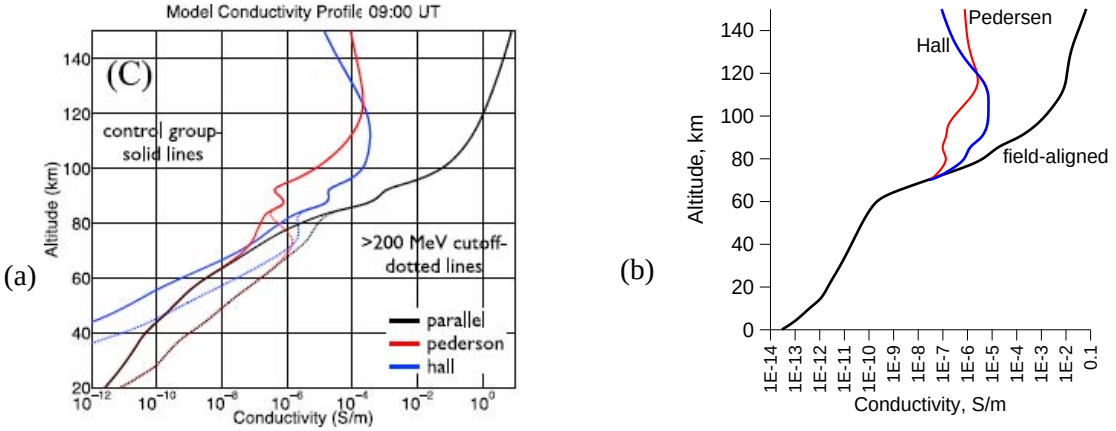


Fig. 2. Conductivity profiles: (a) for high latitudes (adopted from [5]) and (b) for any lower latitudes

To take into account the ionization effects of SPE above 20 km, the conductivity profiles are represented as depending on the distance r from the elementary FAC source. In order to solve 2D problem, the profiles of σ_0 and σ_P are adopted from Fig. 2a in some surrounding, $r \le r_B$= 2500 km they are computed in [5], and from Fig. 2b (typical for lower latitudes) outside it, $r>r_B$.

To obtain the distribution of potential u analytically, a step-wise representations of profiles of conductivities σ_0 and σ_P are used: the region 0-150 km is separated into N = 100 layers $z_{i-1}\le z <z_i$, with $\sigma_0 = \sigma_{0i}$ = const, $\sigma_P = \sigma_{Pi}$ = const in i-th layer. The general solution to Eq.(4) in i-th layer is:

a) for $r \le r_B$

(4) $$u^{-}(z_{i-1}\le z<z_i)=\int_0^{\infty} J_0(rk)\left[F_i(k,z)+G_i(k,z)\right]dk\,;$$

b) for $r > r_B$

(5) $$u^+(z_{i-1} \le z < z_i) = \int_0^\infty J_0(rk)\left[f_i(k,z) + g_i(k,z)\right] + Y_0(rk)\left[p_i(k,z) + q_i(k,z)\right]dk$$

The upper indices –/+ relate here to inner ($r \le r_B$) and outer ($r > r_B$) regions; J_0 and Y_0 are the Bessel functions of first and second type of 0-th order. Also,

(5a) $F_i = A_i e^{-kz}$; (5b) $G_i = B_i e^{kz}$,

where A_i, B_i are arbitrary constants. f_i, p_i are similar to (6a) but with constants a_i, and c_i; g_i, q_i are similar to (6b) but with constants b_i, d_i. These 6N constants are determined from a system of 6N linear equations formed according to the boundary conditions *i*) and *ii*), and to the following requirements.

1) For $r \le r_B$ continuity is needed of the potential u^- and of the vertical electric current j_z^- between layers $z = z_i$, i.e. $F_i = F_{i-1}$ and $dF_i / dz = dF_{i-1} / dz$ at $z = z_i$

2) For $r > r_B$ continuity of the respective mean values is needed, i.e.:

- at $z=z_i$, for u^+ and j^+: $\int_{r_B}^\infty \left[u_i^+(r,z_i) - u_{i-1}^+(r,z_i)\right]dr = 0$; $\int_{r_B}^\infty \left[j_{zi}^+(r,z_i) - j_{zi-1}^+(r,z_i)\right]dr = 0$;
- at $r=r_B$, for $z_{i-1} < z < z_i$: $\int_{z_{i-1}}^{z_i} \left[u_i^+(r,z) - u_i^-(r,z)\right]dr = 0$; $\int_{z_{i-1}}^{z_i} \left[j_r^+(r,z) - j_r^-(r,z)\right]dr = 0$.

Estimations of current J_{ISz}

We estimate the electric current from FAC J_{ISz} at 16:00 UT at the balloon when the observed total current J_z (1) is upward, i.e. $J_z > 0$. This will be valid if $J_{IS\,z} > 2$ pA/m^2. In order to estimate current J_{ISz} Eq. (2) is solved. The Weimer model [4] is used to determine distribution of FAC at $Z_B = 150$ km with the account to a sub-storm (auroral geomagnetic index AL at this time is AL = 1100 nT). For simplicity, we represent approximately FAC at 150 km only by two elementary FAC sources of distributions (3) with $r_{1,2} = 300$ km, $j_{1,2\,max} = \pm 1.2$ μA/m^2. The balloon is much closer to the first source (the horizontal distance is $r = 400$ km than to the second one (at distance $r = 2800$ km). In this example $r_B = 3000$ km. The contribution of the first and the second elementary FAC sources to J_{ISz} as determined from the model, is 4.84 pA/m^2 and –0.65 pA/m^2, respectively, so that $J_{ISz} = 4.19$ pA/m^2. This value is larger by absolute value than J_{TSz}, i.e. the total current (1) is directed to upward. Possibly, the obtained value J_{ISz} is underestimated due to the assumption for flat ground.

Conclusions

- The problem is considered of the reversal of the ionosphere-earth electric current in upward direction one on high latitudes observed during the solar proton event on 20.01.2005.
- It is suggested that field-aligned currents have contribution in GEC at high latitudes which is not negligible during strong solar proton events due to increase of conductivity in middle atmosphere.
- The simplest model estimations show that during SPE on 20 January 2005 remaining of field-aligned currents in stratosphere can exceed the ionosphere-earth current (its reversal occurs).

References:

1. Kokorovski, M., R. Holzworth, et al. Rapid fluctuations of stratospheric electric field following a solar energetic particle event, Geophys. Res. Lett., 33, 2006, L20105.
2. D'Angelo, N., I.B. Iversen, M. Madsen Influence of the dawn-dusk potential drop across the polar cap on the high-latitude atmospheric vertical current. Geophys. Res. Lett., 9, 1982, 773–776.
3. Tonev, P. Electrical coupling of auroral ionosphere with lower atmospheric regions during SEP, Proc.10th Workshop "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere, Primorsko, Bulgaria, June 4–8, 2018.
4. Weimer, D. Models of high-latitude electric potentials derived with a least error fit of spherical harmonic coefficients, J. Geophys. Res., 100, 1995, 19, 595–19, 607.
5. Kokorowski, M., A. Seppälä, et al. Atmosphere-ionosphere conductivity enhancements during a hard solar energetic particle event, J. Geophys. Res., 117, 2012. A05319.

ВЪРХУ ЕДИН МЕТОД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПАРАМЕТРИЧЕН РЕЗОНАНС

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

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

Ключови думи: *Асимптотични методи, теория на трептенията, приложна математика, нелинейна динамика, малък параметър*

Резюме: *В доклада е представен аналитичен подход за изследване на параметричен резонанс на дисипативна система. Методът позволява да се изведе приближено решение с подбрана от нас точност, посредством решаване на алгебрична система и на обикновени диференциални уравнения. За да се реши коректно задачата се въвежда селектиращ порядъците малък положителен параметър. Предложения метод позволява да се реши задачата по относително лесен начин в сравнение с най-често използваните асимптотични методи.*

ON A METHOD FOR PARAMETRIC RESONANCE STUDY

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

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

Keywords: *Asymptotic methods, oscillation theory, applied mathematics, nonlinear dynamics, small parameter*

Abstract: *The report presents an analytical approach for a dissipative system parametric resonance study. The method allows us to draw an approximate solution with a chosen accuracy, by solving an algebraic system and ordinary differential equations. In order to solve the problem correctly, a small positive parameter is introduced. The proposed method allows us to solve the task in a relatively simple way, compared to the most commonly used asymptotic methods.*

Въведение

Параметричният резонанс е явление, за аналитичното изучаване на което се прилагат методи от нелинейната динамика. Въпреки, че уравнението, което се изучава е линейно, се налага да се използва разлагане на решението по малък параметър в асимптотичен ред. Основните техники за постигането на това са метод на Поанкаре и метод на осредненето [1]. При използване методът на Поанкаре, получаваме информация за установения процес, но не и как се достига до него [2]. При техниките свързани с метод на осредненето: метод на Ван дер Пол, метод на Крилов – Боголюбов - Митрополски и т.н., получаваме решение, което може да проследи пътя до достигане на стационарния процес, но с всяко следващо приближение се налага да се пресмятат интеграли, което често е свързано с големи математически трудности [3, 4].

Предложеният подход се характеризира с простота при намирането на решение, като се използва метод на хармоничния баланс и метод на малкия параметър [1]. Евентуалното модифициране на методът е възможно за изследване на други честоти при които се осъществява параметричен резонанс, освен разгледаната, но се налагат допълнителни

математически конструкции и идеи, които в този доклад няма да излагаме. Предимство на тази аналитична техника е, че на базата на сравнително малко и несложни изчисления, може да се изследва това сложно явление.

Основен ключ към разрешаване на аналитичните трудности с изведеното по метод на хармоничния баланс основно алгебрично уравнение е въвеждането на един малък положителен параметър, който няма физическо значение, но спомага за определяне на порядъците на съответните величини. Макар, той да не може да приеме нулева стойност, след въвеждането му в уравнението, могат да се използват принципите за работа от класическия подход за използване на малък параметър, естествено се изключва съществуването на нулево приближение.

Голямо предимство на метода е, че следващите приближения се намират посредством решаването на линейни диференциални уравнения, които както знаем, имат точно аналитично решение.

Теория на метода

Разглеждаме уравнението на Матьо в случай на параметричен резонанс [5]:

(1) $$\ddot{x} + \omega^2 x + \beta\dot{x} + h\omega^2 \cos[(2\omega + \Delta)t]\, x = 0,\ |\Delta| \ll 1,\ h \ll 1,$$

с наложени начални условия:

(2) $$x(0) = L_0,\ \dot{x}(0) = 0.$$

Наличието на дисипативен член усложнява задачата и ние ще си поставим за задача да добием информация и за преходния процес, който води до установените параметрични трептения.

Търсим решението на уравнение (1) във вида:

(3) $$x = A\cos\Psi + h\gamma_1(t) + h^2\gamma_2(t) + \cdots,$$

където:

$$A = A_0 e^{\lambda t},\ A_0 = const,\ \lambda = const,$$

$$\Psi = \Omega t + \delta_0,\ \delta_0 = const,\ \Omega = \text{const}.$$

Като заместим (3) в уравнението (1) и потърсим Ω от условието:

$$2\omega + \Delta - \Omega = \Omega,$$

достигаме до стойността на честотата:

(4) $$\Omega = \omega + \frac{\Delta}{2}.$$

Записваме и системата от уравнения, произтичаща от приравняването на нула на съответните коефициенти пред $\cos\left(\omega + \frac{\Delta}{2}\right)t$ и $\sin\left(\omega + \frac{\Delta}{2}\right)t$:

$$\left[\lambda^2 + \beta\lambda - \omega\Delta + \frac{\omega^2 h}{2}\right]\cos\delta_0 - 2\left(\lambda + \frac{\beta}{2}\right)\left(\omega + \frac{\Delta}{2}\right)\sin\delta_0 = 0,$$

(5) $$2\left(\lambda + \frac{\beta}{2}\right)\left(\omega + \frac{\Delta}{2}\right)\cos\delta_0 + \left[\lambda^2 + \beta\lambda - \omega\Delta - \frac{\omega^2 h}{2}\right]\sin\delta_0 = 0.$$

Лесно се съобразява, че за да съществува решение на системата (5) е необходимо да се изпълни равенството:

(6) $$(\lambda^2 + \beta\lambda - \omega\Delta)^2 - \left(\frac{\omega^2 h}{2}\right)^2 + 4\left(\lambda + \frac{\beta}{2}\right)^2\left(\omega + \frac{\Delta}{2}\right)^2 = 0.$$

Така написания израз няма еднозначно третиране. За да може да разпределим величините по порядъци се налага да въведем един малък положителен параметър μ. Макар той да няма физическо значение и не може да приема стойност нула, както е в класическите асимптотични редове, този малък параметър се оказва начин да се избегнат неправилни математически интерпретации. Формално полагаме:

(7) $$\Delta = \mu\Delta_0,\ h = \mu h_0,\ \beta = \mu\beta_0.$$

Величините индексирани с нула са с размерност на изходните величини и „тежест“ определена от малкия параметър.

Ще потърсим:

(8) $$\lambda = -\mu\beta_0 + \mu^2\lambda_1 + \cdots.$$

Изразите, който произтичат от втората и третата степен по параметъра μ имат вида:

(9) $$(\omega\Delta)^2 - \left(\frac{\omega^2 h}{2}\right)^2 + \beta^2\omega^2 = 0.$$

(10) $$\mu^2\lambda_1 = \frac{\beta\Delta}{4\omega}.$$

Уравнение (9) веднага дава условията, при които възниква параметричния резонанс и съответната прагова стойност на h.

Поради това, че формално въведените величини индексирани с нула в крайния резултат са умножение на малкия параметър, то получените окончателни изрази съдържат действителните величини определящи системата, например:

$$\lambda = -\beta + \frac{\beta\Delta}{4\omega}.$$

В първо приближение остана още едно уравнение:

(11) $$\ddot{\gamma}_1 + \omega^2\gamma_1 + \beta\dot{\gamma}_1 = -\frac{\omega^2 A}{2}\cos\delta_0\cos\left(3\omega + \frac{3\Delta}{2}\right)t - \frac{\omega^2 A}{2}\sin\delta_0\sin\left(3\omega + \frac{3\Delta}{2}\right)t.$$

Търсим решението на (11) във вида:

(12) $$\gamma_1 = CA\cos\left(3\omega + \frac{3\Delta}{2}\right)t + DA\sin\left(3\omega + \frac{3\Delta}{2}\right)t,$$

C и D са константи. Като заместим (12) в уравнението (11), за неизвестните константи се получава:

(13) $$C = \frac{\omega^2}{16}\cos\delta_0,\ D = \frac{\omega^2}{16}\cos\delta_0.$$

Намирането на следващите приближения се осъществява по аналогичен начин и ние няма да се спираме на това.

Уравнението на Матьо (1) е линейно и допуска към решението отнасящо се до параметричният резонанс, да се прибави и затихващо с времето решение. Наистина, нека потърсим общото решение във вида:

(14) $$x = x_d + x_p,$$

като наложим на x_d да удовлетворява уравнението:

(15) $$\ddot{x}_d + \omega^2 x_d + \beta\dot{x}_d = 0.$$

Както е известно, това уравнение има решение:

(16) $$x_d = l_1 e^{-\frac{\beta}{2}t}\cos(\omega t + \varphi_0) + l_2 e^{-\frac{\beta}{2}t}\sin(\omega t + \varphi_0),$$

където l_1, l_2 и φ_0 са константи.

За x_p избираме полученото преди това решение, описващо параметричния резонанс, като удовлетворява пълното уравнение на Матьо. Съгласно получените резултати:

(17) $$x_p = x_{p_1} + x_{p_2},$$

където x_{p_1} и x_{p_2} съответстват на различните знаци на Δ.

На границата на неустойчивостта амплитудата е постоянна $A = A_0$. Единственото, което може да кажем за нея е, че е различна от нула. Наистина, ако до пуснем че е нула задачата се изражда в тривиално равенство. На практика A_0 може да има произволни стойности заради наличието на члена x_d, който води до „забравяне“ на началните условия от системата.

Заключение

В кратка форма, в доклада е представен метод, който се базира на метод на хармоничния баланс и на метод на малкия параметър. В работата не сме се спирали на конкретната физика на явлението параметричен резонанс, първо защото то е добре изучено и второ, защото не бихме могли да предвидим, какви физични задачи биха имали отношение към информацията за преходните процеси до достигането на стационарния режим. Въпреки всичко, ценността на подхода е именно в лесното извеждане на тези преходни процеси в аналитичен вид, което при други методи е свързано с големи изчислителни трудности. Важна идея в

работата е въвеждането на малкия положителен параметър μ. Уравнение (6), макар да съдържа достатъчно информация за изучавания процес, създава големи трудности при аналитичното му решение. Решаването на такива задачи винаги е свързано с физиката на процеса и е необходим предварителен анализ на математическата структура на уравнението. Въведения фиктивен параметър дава възможност за правилно селектиране на величините, по отношение на техния порядък. Дефинирането му е свързано с физични съображения и произволът, по който се съставят редовете (7) и (8) е само на пръв поглед. При детайлен анализ на задачата може да се установи, че подбрания от нас вид е единствено възможния.

Идеята на представената работа е да се даде различен поглед върху явлението параметричен резонанс, чрез въвеждането на физически ясна и лесна за изпълнение техника на пресмятане. Обикновено в класическите курсове по теоретична физика, например в [5], уравнението на Матьо с дисипативен член не се разглежда, именно поради изчислителните трудности. В тази работа е представен алтернативен подход, който да е разбираем за студенти и специалисти със средни математически познания.

Литература:

1. Хаяси, Т. Нелинейные колебания. Москва, Мир, 1968.
2. Poincare, H., Les methods nouvelles de la mécanique céleste, t. 1–3. Paris. 1899.
3. Моисеев, Н. Асимптотические методы нелинейной механики. М.: Наука, 1969.
4. Боголюбов, Н.Н., Митропольский, А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: Гос. изд-во физико-математической литературы,1963.
5. Ландау, Л., Е. Лифшиц. Механика. Москва, Наука, 1973.

КОСМИЧЕСКИ РЕПЕРИ В ХРОНОГРАФИЯТА НА ТЕОФАН ИЗПОВЕДНИК

Ангел Манев[1] , Таньо Танев[1], Динко Господинов[2], Веселин Ташев[1]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Булсатком – София
e-mail: amanev@abv.bg

Ключови думи: *Артериално кръвно налягане, пулсова вълна, електрокардиограма (ЕКГ)*

Резюме: *Разгледани са най-широко разпространените методи за неинвазивно измерване на артериалното кръвно налягане. Предложен е нов неинвазивен метод за измерване на артериално кръвно налягане при всеки удар на сърцето, базиращ се на закъснението на пулсовата вълна спрямо ЕКГ, измерено в периферна точка на човешкото тяло.*

COSMIC BENCHMARKS IN THE HISTORY OF THEOPHANES THE CONFESSOR

Angel Manev[1], Tanio Tanev[1], Dinko Gospodinov[2], Veselin Tashev[1]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Bulsatcom – Sofia
e-mail: amanevl@abv.bg

Keywords: *chronograph,Theophanes, Gregorian, calendar, astronomical ,markers*

Abstract: *In the present study, a comparison of dates of historical events chronograph Theophanes the Confessor and the dates of these events, according to the Gregorian calendar. Used verifiable astronomical markers. It has been shown that the dates of the Gregorian calendar and Theophane disagree only eight years.*

Въведение

Проблемът с правилното датиране на реални исторически събития надхвърля възможностите на историческата наука. Хронистите много често използват различни хронографски системи или изобщо не споменават дати от календар. Това се отнася най-вече до античната и средновековна история и хронография. Единственият начин да се съпоставят различни хронографски системи, а от там и съпоставка на описания на едни и същи събития, е да се направи анализ на регистрирани природни феномени, които са безспорни като реализирани събития и могат точно да се датират. Такива са появите на комети и слънчевите, и лунни затъмнения. Наличието на комета или затъмнение е неотменно, реално, единствено събитие. То може да бъде датирано по различни начини но съпоставката на тези датировки може да се синхронизира и оеднакви.

Георги Синкел и Теофан Изповедник са единствените хронисти в човешката история, които оставят след себе си една Хроника, започваща от Сътворението на света до към 810 г. след Новата ера, в която описаните реални събития са твърдо и еднозначно свързани със съответната поредна година от Сътворението. Теофан продължава хронологията на Георги Синкел, чиято Ера на Сътворението на света е годината 5500 преди Новата ера, приета от Григорианския календар. Последователността на годините при Синкел и Теофан е непрекъсната след 5500-та година Преди Новата ера на Григорианския календар. Характерът на Ерата на Георги Синкел е описана в предишно наше изследване [2]. Особеностите на записите и датировката на определените събития по метода на Теофан Изповедник са описани в [3]. Там безспорно е доказано и показано, че Геори Синкел и Теофан Изповедник датират спрямо Ерата 5500 пр.н.е., а не според Александрийската ера !!

Теория на метода

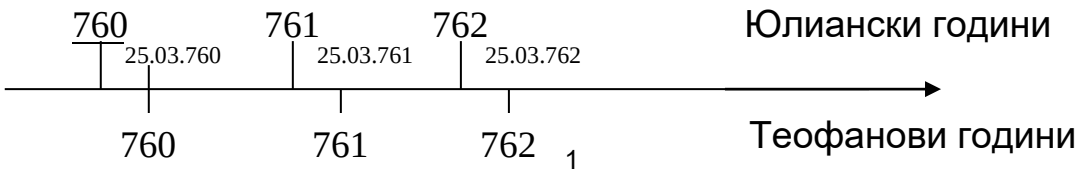
Астрономическата система, която използва съвременната астрономическа наука, е базирана на летоброене, свързано с така наречената Нова ера. Тук не се коментира как точно и доколко коректно е определен този базов времеви момент. За анализа си ние използваме астрономическия планетариум RedShift 7. Това е инструмент, чрез който е възможно да се моделира звездното небе за периода от 4713 г.пр.н.е. до 9999 г. от н.е.

В Теофановата Хронология са споменати само седем появи на комети в шест години. Проверката за наличието на тези комети, според системата RedShift 7, показва, че в посочените от Теофан години или няма комети или не се наблюдават комети, с характеристиките, описани от Теофан.

Работната хипотезата на нашето изследване е, че едно и също астрономическо събитие се датира от Теофан и съвременната наука с разлика от 8 години. Причините за това отместване не са предмет на настоящото изследване.

Условията, при които моделираме събитията на небесната сфера, са следните:

1. За място на наблюденията приемаме Константинопол, ако не е съобщено за друго място или място на събитие, станало по същото време;
2. Приемаме, че комети с яркост по-голяма от 6.1 са невидими за нормалното човешко око;
3. Видимостта на кометата е възможна едва когато тя се намира над 15 градуса над хоризонта. Това е средно приета величина. Възможностите да се наблюдава комета и под 15 градуса, до към 4–5 градуса повлияват само върху продължителността на престоя на кометата на небето;
4. Точността на указаните месеци се изследва само ориентировъчно тъй като не е ясно дали в източниците, които използва Теофан, е използван Римския лунен календар, който използва Теофан и чиято философия не съответства на традиционните слънчеви и лунни календари [4];
5. Новата година при Теофан започва от 25.03 на съответната започнала Нова година на Григорианския календар както е показано на следната схема.



Експериментален анализ

При така описаните гранични условия е проведен обстоен анализ на всеки един от дните на годината описана от Теофан, но отместена с 8 години. Търсени са комети, които се появяват в посочените от Теофан години, но отместени с 8 години, които да се доближават максимално до записаните им характеристики. Резултатите са показани в Таблица 1. Посочените Юлианските години и в следващите таблици са съответните години от Хрониката, но увеличени с 8 години.

Таблица 1

Година в хрониката	Юлиански години	Комета	Изгрев	Злез	Звездна величина	Място на наблюдение
511	519–520	Бланпен	27.11.519	26.12.519	3.8	Изток
523	531–532	Брорзен - Меткалф	18.08.531	25.08.531	6.1	Север Сев.запад
736	744–745	Няма комета				Дамаск
752	760–761	Брорзен Халей	27.02.760 03.05.760	13.04.760 02.06.760	5.4 –1.8	Запад Изток
754	762–763	Понс Винек	26.03.762	15.04.762	4.3	Изток Сев.изток
805	813–814	Хелфенцридер	23.09.813	08.10.813	4.3	Запад

По-надолу са представени оригиналните текстове на Теофан за регистрирана комета, написани с курсив, и съвременния коментар на събитието. Преводът е на авторите.

519–520г.

„*Година от Сътворението 6011, година от Рожд. Христово 511.*

– – –

През тази година на изток се показа звезда, именно, страшна комета, пускаща лъчите си надолу, затова астрономите я нарекоха „брадата" и много се бояха от нея"

Единствената наблюдавана комета през тази година е кометата на Бланпен. Тя е на изток и се наблюдава от 27.11 до 26.12. Положението и е точно на изток, както е описанието в Хрониката.

531–532г.

„*Година от Сътворението 6023, година от Рожд. Христово 523.*

– – –

През тази година, 9 индиктион, през септември на запад се яви велика и страшна звезда , именно комета, чиито лъчи яха обърнати нагоре и затова я нарекоха Лампада, тя беше видима цели двадесет дни".

През тази година има две комети на Мркос и на Брорзен-Меткалф. Първата е на небето през периода 7.05 – 15.05 и е на изток, а втората е на запад и е в края на август. През тази година няма септемврийска комета. Ние приемаме, че в Хрониката се описва кометата на Брорзен-Меткалф, описана в таблицата, с уточнението, че приемаме, че записът и като септемврийска комета е възможно да се дължи на неточност в източника на Теофан.

744–745г.

„*Година от Сътворението 6236, година от Рожд. Христово 736.*

През тази година над Сирия се явила велика комета…".

През тази година няма наблюдавана комета от Константинопол, и от Дамаск, и от Йерусалим, според съобщеното събитие в Сирия.

760–761г.

„*Година от Сътворението 6252, година от Рожд. Христово 752.*

– – –

В тази година се появила на източната страна продълговата комета с величествен блясък в продължение на десет дни, а след това на запад в продължение на двадесет и един ден."

За тази година Теофан е записал появата на две комети. Първата комета, която се появява през тази година над Константинопол е кометата на Брорзен. Тя става видима от 27.02., но едва след 25.05 вече е видима в Теофановата година 760. Видима е до 13.04, след това яркостта и спада над 6.04 и тя става невидима. Престоят и на небето 13 дни в западната му част в новата 760 година е в продължение на 20 дни.

Втората комета е известната Халеева комета. Тя се появява на 4.06 за кратко на хоризонта в 21:30 и веднага спада под хоризонта на Запад. В следващите дни се появява все по-високо на небето в лъчите на залязващото слънце и се задържа все повече на небосклона до 30.06 след което повече не се появява след залеза на слънцето. Над хоризонта е възможна да е наблюдавана в продължение на 31 дни в западната му част.

Тази комбинация от две комети е единствена за годината и може да се приеме, че съответства на описаната от хрониста по време. Защо обаче първата комета в Хронологията е позиционирана на изток, а втората на запад, а не обратно, за сега няма обяснение. В тази посока могат да се направят редица хипотези.

762–763г.

„Година от Сътворението 6254, година от Рожд. Христово 754.

– – –

През тази година на изток се появила продълговата комета и умрял синът на Фатима".

През тази година се появяват две комети на Понс-Винек и тази на Лксел. От тях само първата е в източната част на небето и е в самото начало на годината, веднага след 25.03. Така позиционирана и в текста, тя предхожда събитията, станали през 762 година и така отговаря на действителната ситуация на небето през 762 г. Следователно това може да бъде описаната от Теофан комета.

813–814г.

„Година от Сътворението 6305, година от Рожд. Христово 805.

– – –

Това се случи на 1-во число на месец ноември, както вече беше казано. На 4-то число от този месец беше наблюдавана комета във вид на две съединяващи се луни, и отново разделящи се в различни посоки, представляваше образ на човек без глава."

На 31.08.813 г. съединение на Марс с Венера. Двете планети се намират на 2.45° разстояние, което може да се приеме за „блестящи съединени луни". За сега приемаме условно, че през тази година хронистът е описал това събитие тъй като през годината няма „засичане на две комети, които да се приближават една към друга.

От направеният анализ става ясно, че от шестте описани в Хрониката на Теофан комети, пет могат да бъдат идентифицирани надеждно на небето само като се приеме, че има годишно отместване от 8 години в отправната Начална година на календара на Теофан и тази на съвременния Григориански календар.

Вторите неоспорими събития са затъмненията. В Хронологията на Теофан са описани следните шест слънчеви затъмнения :

346 г.

„Година от Сътворението 5838, година от Рожд. Христово 338.

През тази година стана слънчево затъмнение, такова че в третия час на деня станаха видими звездите на небето, и това стана на осмия ден на месец юли".

644 г.

„Година от Сътворението 6136, година от Рожд. Христово 636.

– – –

....на 5-ти октомври , през шестия ден от седмицата в десет часа сутринта се случи слънчево затъмнение".

760 г.

„Година от Сътворението 6252, година от Рожд. Христово 752.

– – –

... и стана слънчево затъмнение на 15 август, на шестия ден от седмицата, в десетия час."

787 г.

„Година от Сътворението 6279, година от Рожд. Христово 779.

– – –

...на 9 септември, 11 индиктион, в неделя, в петия час се случи величаво слънчево затъмнение, при провеждането на Божествената литургия.

812 г.

„Година от Сътворението 6304, година от Рожд. Христово 804.

– – –

...На 14 май се случи велико слънчево затъмнение, продължило три часа и половина, от осмия до единадесетия час."

813 г.

„Година от Сътворението 6305, година от Рожд. Христово 805.

– – –

…На 4 май стана слънчево затъмнение, когато слънцето, според наблюденията, стоя на дванадесетата степен на Тавра, и велик страх обхвана войската."

В Таблица 2 са представени резултатите от анализа на слънчевите затъмнения според съвременното астрономическо моделиране.

Таблица 2

Година в хрониката	Юлиански години	Реално затъмнение	Час	Фаза
338	346	06.06.346	09:20	0.98
636	644	05.10.644	11:12	0.91
752	760	15.08.760	18:37	0.89
779	787	16.09.787	10.06	0.89
804	812	14.05.812	16:17	0.95
805	813	04.05.813	06:28	0.97

Описаните от Теофан слънчеви затъмнения ТОЧНО съвпадат с реално получените модални затъмнения след изместване на Теофановите датировки ТОЧНО с 8 години.

В Хронографията има споменато само едно лунно затъмнения през 613 Теофанова година. След отместване от 8 години, това трябва да се е случило в 621 Григорианска година. За това затъмнение Теофан не дава други характеристики, освен че е станало. Поради това не е възможно директно да се определи точно за кое от двете затъмнения става въпрос в Хронографията. Астрономическото моделиране дава две лунни затъмнения през годината 621,

показани в Таблица 3. Самото наличие на лунните затъмнения са вече потвърждение за 8- годишното отместване.

Таблица 3

Година в хрониката	Юлиански години	Реално затъмнение	Час	Фаза
613	621	12.02.621	5:44	0.68
613	621	08.08.621	3:54	0.44

На анализ бяха подложени регистрираните в Хронографията на Теофан шест комети и седем затъмнения. Оказа се, че при допусканията на хипотезата за 8 годишното отместване на годините на Теофан спрямо Григорианските години, много точно могат да се възстановят проверяемите астрономическите събития. Следователно първоначалната хипотеза е доказана! Причината за това отместване е предмет на други последващи изследвания и публикации.

Заключения:

Проведеното изследване има следните съществени характеристики :

1. По безспорен начин е доказано, че **Хронографията на Теофан е исторически и времево вярна и точна с точно 8 годишно отместване спрямо Юлиянския и Григориянския календари!**

2. Няма място за 6 или 7 годишни корекции, които някои изследователи приемат априори, за да нагласят хронологиите си.

3. Доказано е, че всички датировки, които приемат, че Теофан Изповедник и Георги Синкел, датират спрямо Александрийската ера са неверни.

Литература:

1. Theophanis Chronographia, ed. C. de Boor I-II. Lipsiae, 1883.
2. Танев, Т., А. Манев, В. Ташев, Ерата на Георги Синкел – препъни камък на съвременните историци, Science&Technologies,VolumeV, Number 7, 2015, Social studies, стр.118–123, ISSN 13-14-4111, http://www.sustz.com/journal/VolumeV/Number7/Papers/AngelManev2.pdf
3. Танев, Т., А. Манев, Исторически парадокси на хронологията, България в световната история и цивилизации – дух и култура, ДАНГРАФИК, Варна, 2015, стр. 218–240, ISSN 1314–7404
4. Танев, Т., А. Манев, В. Ташев, Д. Господинов, Характерни особености на Римския лунен календар, Science & Technologies ,Volume IV, Number 7, 2014 Social studies, стр.129–134, ISSN 13-14-4111, http://www.sustz.com/journal/VolumeIV/Number7/Papers/TanyoTanev2.pdf

ПРОЯВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЛУНЫ ПРИ РЕГИСТРАЦИИ МОДУЛЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Владимир Гарбацевич, Игорь Шибаев

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

Ключови думи: *Магнитное поле, параметры орбиты Луны, спектр, дисперсия*

Резюме: *В работе оценивается проявление лунных параметров в магнитном поле Земли по данным измерительных комплексов магнитной обсерватории ИЗМИРАН. Спектральный анализ часовых показаний H, D, Z компонент проведен за 2015–2017 гг. Для получения более убедительных результатов получен спектр Dst индекса геомагнитной активности за тот же период. В спектрах исследуемых данных проявились как основной лунный период, так и период фаз Луны. Анализ дисперсионных свойств исследуемых рядов позволил во многих случаях оценить и конкретно связать магнитные отклики данных протонного магнитометра с параметрами лунной орбиты. Отмечена модуляция показаний периодом около года.*

MANIFESTATION OF LUNAR PARAMETERS IN A MAGNETIC FIELD OF EARTH

Vladimir Garbatsevich, Igor Shibaev

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

Keywords: *Magnetic field, lunar parameters, spectrum, dispersion*

Abstract: *In work manifestation of lunar parameters in a magnetic field of Earth according to magnetic observatory of IZMIRAN is investigated. Spectral analysis of hour indications of H, D, Z components is carried out for 2015 — 2017. For obtaining more convincing results the spectrum of Dst index is received for the same period. The fundamental lunar period and the period of phases of the Moon were obviously shown in these data. Dispersion analysis of the studied series allowed to connect, in many cases, magnetic responses with the moments of "supermoon". In work the statistical analysis of the main (basic) parameters of a lunar orbit is carried out. It is possible to note that the daily harmonica is modulated by the period about a year.*

Введение

Исследования по влиянию Луны на параметры магнитного поля Земли ведутся ещё с 18 века, но и в настоящее время выдвигаются гипотезы и совершенствуется теория по влиянию Луны на геомагнитное динамо [1]. Значения вариаций лунных составляющих сравнительно невелики и составляют 1–2 нТл для горизонтальных / вертикальных компонент вектора магнитного поля и слабо зависят от долготы. Также отмечается, что амплитуда вариаций изменяется примерно обратно пропорционально кубу расстояния между Луной и Землей [2]. На средних широтах эти малые вариации маскируются другими сигналами. Естественно, что более четкого проявления влияния Луны следует ожидать при наибольшем сближении её с Землей и, особенно, если эти моменты совпадают или близки с моментами «новолуния» / «полнолуния». Таким образом, для настоящего времени – эпохи «суперлуния», эта зависимость должна быть максимальной. Также, нынешний период низкой солнечной активности является благоприятным для подобных исследований.

В работе оценивается проявление лунных параметров в магнитном поле Земли по данным двух измерительных комплексов магнитной обсерватории ИЗМИРАН (55.48° с.ш.,

37.32° в.д.). Спектральный анализ часовых показаний *H, D, Z* компонент проведен за 2015–2017 гг. Для получения более убедительных результатов получен спектр *Dst* индекса геомагнитной активности за тот же период (wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstdir/). Использование этого индекса не ограничивается только периодами геомагнитных бурь, также и в спокойные периоды геомагнитной активности для характеристики геомагнитных вариаций широко привлекаются непрерывные ряды его часовых значений, как наиболее чувствительного индикатора. В спектре *Dst* индекса явно проявились как основной лунный период, так и период фаз Луны.

Анализ дисперсионных свойств исследуемых рядов позволил во многих случаях оценить и конкретно связать магнитные отклики данных протонного магнитометра с моментами «суперлуния». Отмечена модуляция показаний периодом около года. В работе проведен статистический анализ основных параметров лунной орбиты.

Временная динамика параметров лунной орбиты

Система Земля-Луна вращается вокруг центра масс, который находится в 1600 км под поверхностью Земли. Полный оборот система делает вокруг этой точки за 27.3 суток. Вращение Земли вокруг оси не учитывается. Изучение приливной силы показывает, что лунная приливная сила в 2.5 раза больше солнечной. В тоже время в атмосфере солнечная приливная волна (0.5 суток) больше лунной [3, 4]. Так как проявление влияния Луны следует ожидать при наибольшем сближении и противопоставлении «новолуния» с «полнолунием», то будем опираться на две группы параметров лунной орбиты **:**

– минимальные и максимальные расстояния Земля–Луна (Rmin[i] / Rmax[i]) и время их наступления (Tmin[i] / Tmax[i]) **;**

– моменты новолуния и полнолуния (Tnew[i] / Tfool[i]).

Значения этих параметров взяты с сайта (www.astronet.ru). Всего по 345 событий перигея / апогея за период 1993–2018 гг., моментов новолуния / полнолуния по 285 за 1996–2018 гг.

Временная динамика периодов для минимальных и максимальных расстояний (Tmin[i+1]-Tmin[i] / Tmax[i+1]-Tmax[i], $1 \le i \le 344$) представлена на Рис. 1a, а периоды между фазами новолуния и полнолуния соответственно на Рис. 1b (Tnew[j+1]-Tnew[j] / Tfool[j+1]-Tfool[j], $1 \le j \le 284$). Ось OX отражает порядковую маркировку соответствующих характеристик.

Рис. 2 демонстрирует временную зависимость минимальных и максимальных расстояний в километрах, по оси OX – дата события. Ниже, в таблице, приведены первые четыре момента рассматриваемых параметров (среднее, вариация, эксцесс и коэффициент Куртосиса) и относительные значения вариаций.

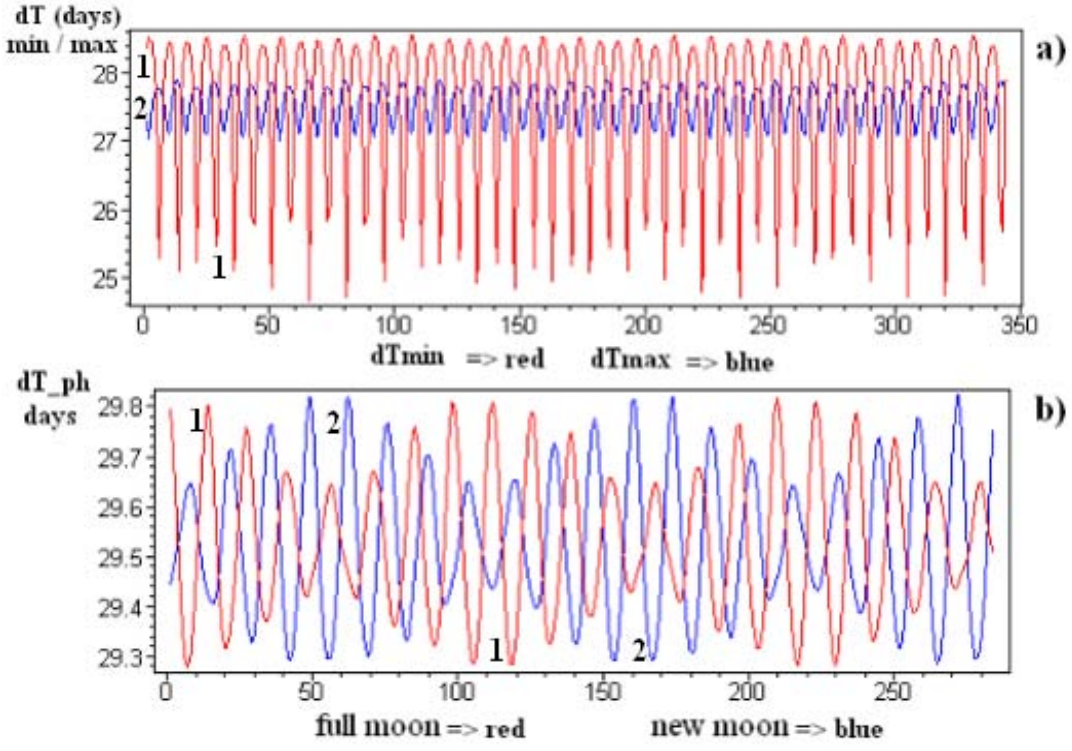


Рис. 1. (a) – последовательность периодов между Rmin (1) и Rmax (2) ;
(b) – последовательность периодов между фазами полнолуния (1) и новолуния (2).

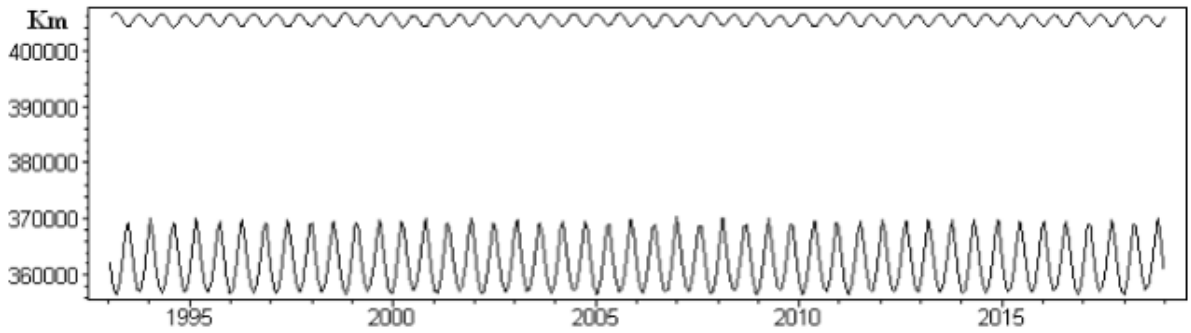


Рис. 2. Временная динамика расстояний Rmin и Rmax

	mean	σ½	skewness	kurtosis	σ½ / mean (%)
Rmin	362570.5	4508.87	0.268	1.64	1.24
Rmax	405408.2	816.74	-0.069	1.55	0.20
dT[Rmin]	27.5	1.12	-1.226	3.16	4.07
dT[Rmax]	27.5	0.27	-0.603	1.98	0.98
dTnew	29.5	0.144	0.161	1.98	0.49
d Tfool	29.5	0.141	0.151	2.02	0.48

Видно, что устойчивы характеристики периодов новолуния и полнолуния : отношение σ½ к mean < 0.5 %. Несколько больший разброс (~ 0.98 %) у временных интервалов dTmax (=Tmax[i+1] – Tmax[i]) между моментами соседних Rmax. Наибольший разброс имеют значения минимальных расстояний до Луны и, особенно, соответствующие им временные периоды dTmin = Tmin[i+1] – Tmin[i] (соответственно 1.25 % и 4.0 %). Размытость параметров в ситуациях, когда ожидается наибольшее влияния Луны, может затруднить выделение периода ~27 дней при спектральной оценке исследуемых рядов.

Исходные данные

Анализируются значения *Dst* индекса и показания двух аппаратурных комплексов:

- Цифровая кварцевая магнито-вариационная станция серии «Кварц» для измерения относительных вариаций *H,D,Z* – компонент магнитного поля (разработка ИЗМИРАН). Разрешающая способность 0.1 нТл. со временем дискретизации 1 сек.

- Цифровой протонный магнитометр регистрирует полный модуль магнитного поля с разрешающей способностью 0.01 нТл. Измерения производятся в 3-х секундном режиме.

Ниже представлен обзор низкочастотной части спектров часовых данных *Dst* индекса (Рис. 3) и *H,D,Z* – компонент (Рис. 4) за 2015–2017 гг., по оси OX – обратные сутки. Основной лунный период ~27.3 дня наиболее четко проявился в показаниях *Dst* и *H* компоненте, период фаз Луны ~29.5 суток выделяется во всех исследуемых массивах. Показания протонного магнитометра Hp в нТл почти за двухлетний период с обзором дисперсии суточных интервалов этих данных представлен на Рис. 5. Зимние периоды характеризуются меньшей дисперсией, а растущий тренд отражает вековой ход поля.

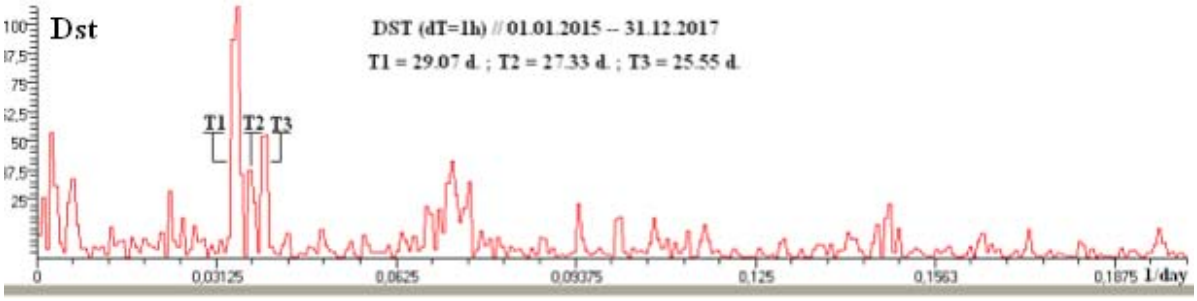


Рис. 3. Обзор спектра *Dst*. индекса

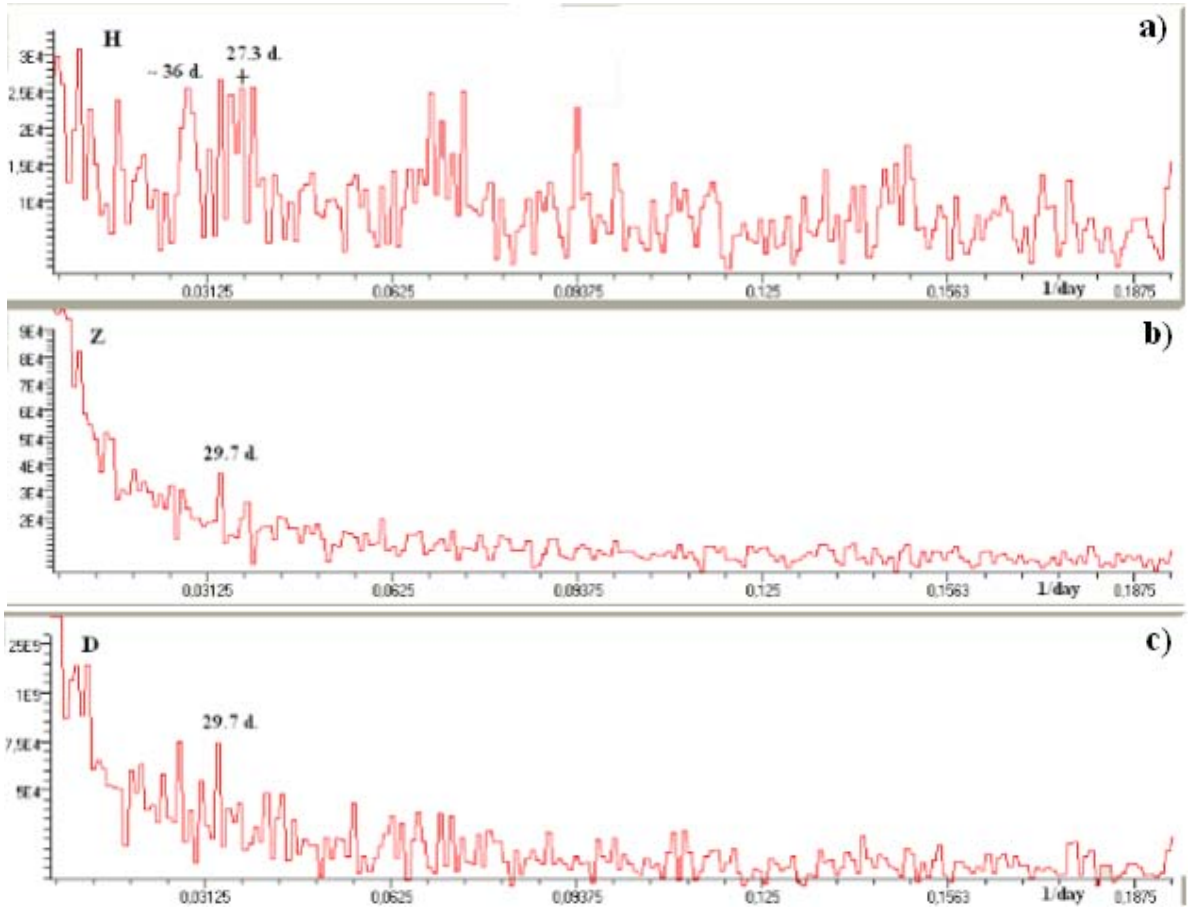


Рис. 4. Обзор спектров *H, Z, D* компонент – (a, b, c)

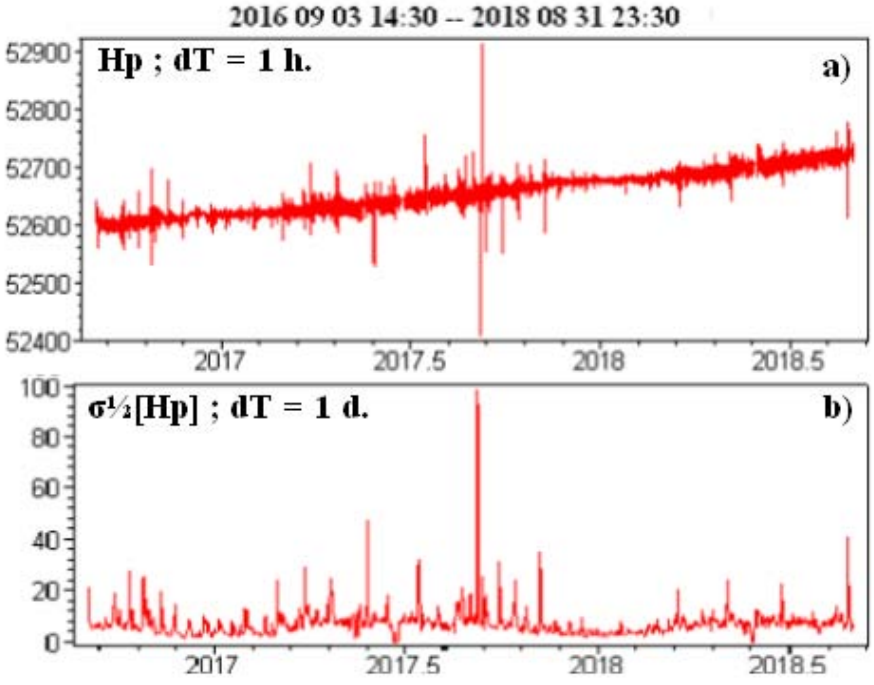


Рис. 5. Обзор часовых показаний протонного магнитометра (a)
и дисперсии его суточных интервалов (b), ось OX – календарная дата

Анализ спектра показаний протонного магнитометра за рассматриваемый период не дал четкого выделения лунных гармоник, что можно связать с недостаточной длиной выборки для малой амплитуды отклика d(Hp)/Hp ~10^{-5} и, уже отмеченной, «размытостью» проявления

основного периода. Обратимся к оценке временной динамики вариаций этих показаний**.** Обзор σ½(t) суточных интервалов Hp, представленный на Рис. 5b, демонстрирует наличие четкой «импульсной» структуры. Проведем более детальное сравнение этой структуры с моментами наступления Rmin/Rmax и привлечем обзор σ½(t) суточных интервалов горизонтальной *H* компоненты, спектр которой содержит период в 27.3 дня и период фаз Луны (Рис. 4a). Такое сопоставление за 2017 г. демонстрирует Рис. 6, где видна хорошая согласованность характера вариаций *H*p и *H* компоненты с некоторым отличием амплитудных значений. Моментам наступления Rmin соответствует нижняя маркировка (пронумеруем их : I(i), 1 ≤ i ≤ 13), моментам Rmax – верхняя маркировка с нумерацией II(i), 1 ≤ i ≤ 13. В большинстве случаев можно отметить совпадение «импульсных» всплесков с маркировкой Rmin/Rmax.

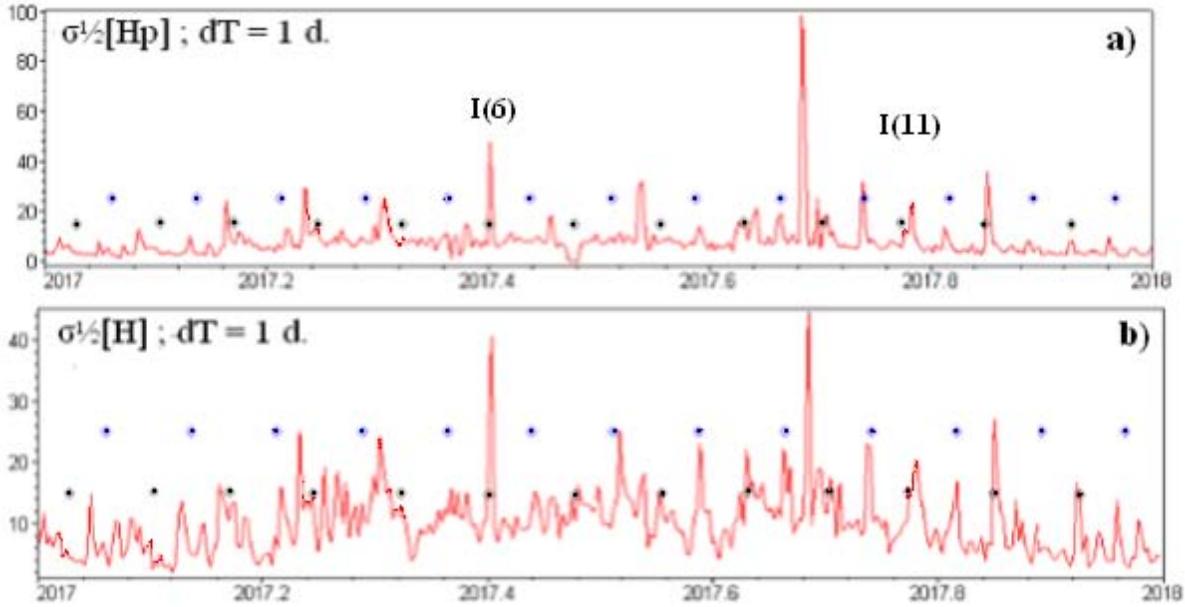


Рис. 6. Дисперсии (**σ½)** суточных интервалов **:** показания **Hp** – (a), *H* компонента – (b).
Точечной маркировкой отмечены моменты с Rmin (нижний ряд) и Rmax (верхний ряд).

В начале сентября 2017 г. возросла вспышечная активность Солнца и две вспышки, соответственно 4 и 6 сентября, оказались геоэффективными. На Рис. 6 эти события отражены самым значимым всплеском и его окрестностью. На второй по значимости всплеск наложилось событие I(6), т. е. перигей 26 мая и новолуние 25 мая. Причем величина Rmin достигла наименьшего (357209 км.) значения в этом году. Отметим событие I(11), т.е. перигей 09 октября наступивший незадолго до смены знака (**-/+**) межпланетного магнитного поля [5]. События разделились в рассматриваемом временном масштабе. Для событий I(12), I(13) сложилась подобная ситуация и, для надежности, необходим более подробный анализ.

Заключение

Для выделения лунных характеристик в магнитных измерениях на средних широтах проведен анализ данных с различной разрешающей способностью. Упор сделан на ситуации с минимальным расстоянием Земля-Луна. Из-за «размытости» характеристик основного периода использовались разные подходы. Отмечена эффективность отклика в момент «суперлуния».

Литература:

1. Tkalcic, H., Young M.K., Bodin T., Ngo S., and Sambridge M. The shuffling rotation of the Earth's inner core. Nature Geoscience, 2013, v. 6, 497–502.
2. Яновский, Б.М. Земной маагнетизм – Л.: Ленгосуниверсситет, 1964, 445 с.
3. Флигль, Р, Бузингер Дж. (ред. Голицина Г. С) Ведение в физику атмосферы –М: Мир, 1965, пер. англ. 467 с.
4. Крейг, Р. А. (ред. Кимото А. А.) Метеорология и физика верхней атмосферы: 1970, пер. англ. 506 с.
5. www.izmiran.ru/services/saf/archive/.

Session 2

Aerospace Technologies and Biotechnologies

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

S E S 2 0 1 8
Fourteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
7 – 9 November 2018, Sofia, Bulgaria

MODELING A PILOT ERROR FROM UNCOORDINATED COMMANDS WHILE PERFORMING A TURN

Petar Getsov[1,2], Dimitar Jordanov[2], Wang Bo[1], Stefan Getsov[2]

[1]Ningbo University of Technology-China
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: bo305@hotmail.com, director@space.bas.bg

Keywords: *flight safety, modeling, control system, flight dynamics*

Abstract: *The study looked at the behavior of the "* pilot-aircraft *" system in the execution of a turn. The coordination of movements with the two-channel control lever is modeled with correct and improper operation.*

МОДЕЛИРАНЕ ГРЕШКА НА ПИЛОТА ОТ НЕКООРДИНИРАНИ КОМАНДИ ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ВИРАЖ

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

Резюме: *В изследването е разгледано поведението на системата "пилот-самолет" при изпълнение на вираж. Моделирана е координацията на движенията с лоста за управление по два канала при правилно и неправилно управление.*

Studied problem - receiving data for correct and incorrect coordination of movements with the control lever in the performance of a turn.

Users of the survey results - educators and instructors who train pilots of airplanes, aviation safety specialists.

Method of investigation - modeling and investigation of the pilot-plane system in "Matlab-Simulink" environment.

1. Introduction - setting the modeling task

Correct execution of the turn requires several parameters to be tracked: pitch and vertical speed, overload, air speed, height.

Except transition processes, when entering and exiting the figure the pitch angle remains constant during any slope - it is equal to the pitch in a horizontal rectilinear flight at the same a speed and height.

The average vertical speed in the turn is about zero, which is a sign of satisfactory coordination between the commands in the longitudinal and lateral motion when entering a turn.

Overloading meets the condition $n_y = \frac{1}{\cos\gamma}$;

It is assumed that the engine regime, speed and height prior to entering the turn are in line with the pilot's task.

Movement of the control lever when entering a turn is learned by the pilot and is acquired as a manner after training. In modeling, this can be reflected by using the simpler, but sufficiently accurate pilot models and a fast-running control loop.

Pilot mistakes when performing acrobatics flying include incorrect, disproportionate (coarse), uncoordinated and untimely displacements of control levers. All of them lead to deviation of the plane. For the turn, the cause of the error may be so "separate buckling and overloading" (initially, a slope is created, and then the overload to the need is increased). In such operations, the vertical velocity can be

assumed to reach significant negative values in the turn process. If the vertical velocity V_y is negative and with absolute values greater than 20 m/s, entry into turn is considered to be a crude pilot error and the execution of the figure is terminated. With lower absolute vertical speeds, the error can only be corrected by decreasing the slope. Another rough mistake (especially on small heights and maximum overload forced turns) is to use the pedals for lifting the nose - by pressing on the pedal outer for the turn [2 - page 179-183]. With such a command the plane noticeably raises the nose (10-15^0) and creates an illusion eliminating of error, but the plane continues to move in a downward trajectory. At extreme forced turns the aircraft is at great angles of attack, and putting such a pedal command can complicate the situation.

The task of modeling is to fix and visualize graphically the cause of error in the coordination of commands through Simulink's tools.

2. A method for modeling a pilot error of a co-ordinate violation in lever movements in dual channel control

The research task includes:

- Creating a model to simulate the operation of the "Pilot-aircraft".
- Obtaining data on the handle trajectory from the control lever (general appearance) with correct and incorrect hand movements coordination.
- Analysis of the results of the pilot actions under different co-ordination.

Fig. 1 shows a general appearance of the model in "Simulink". The pilot models on the two control channels are shown in Fig. 2 and 3. The behavior of the airplane is modeled with transmission functions for varying the overload (longitudinal movement) and isolated slope movement (lateral movement).

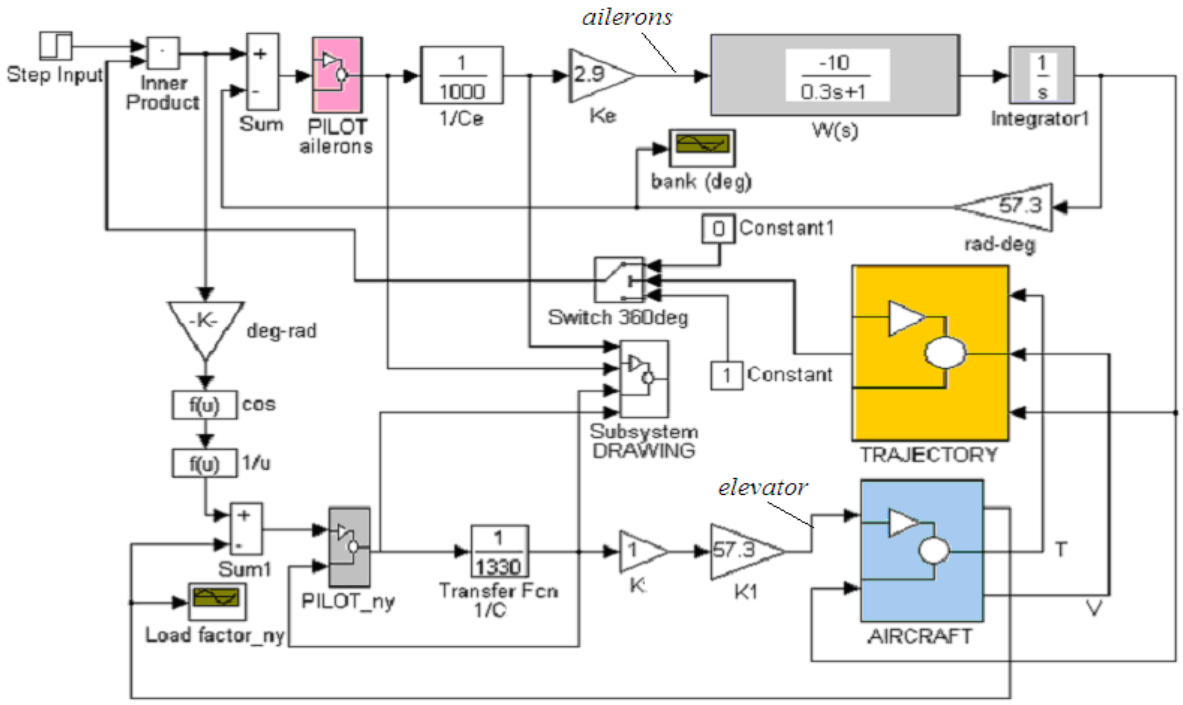


Fig. 1. General appearance of the model with two coordinate control loops.
Block "AIRCRAFT" - model of the airplane in longitudinal movement - overload transmission function;
Block "W (s)" - airplane model for angular velocity around the longitudinal axis;
Blocks "Transfer Fcn 1 / C" and "1 / Ce" - models of loading mechanisms with stiffness c = 1330N / m and se = 1000N / m, in modeling make the pilot effort to move the steering gear);
Blocks "k" and "k_e" - transmission coefficients k = 1rad / N and ke = 2.9rad / N;
Block "PILOT_ny" - pilot model for overload control;
Block "PILOT_ailerons" - pilot model for slope management;
"TRAJECTORY" block - a trajectory visualization;
Subsystem "DRAWING" - visualization of the results of the model's actions of the pilot (movement of the handle) with the capabilities of the "SINKS" library from "SIMULINK".

The management is hydro-mechanical and the forces are artificially formed by loading mechanisms.

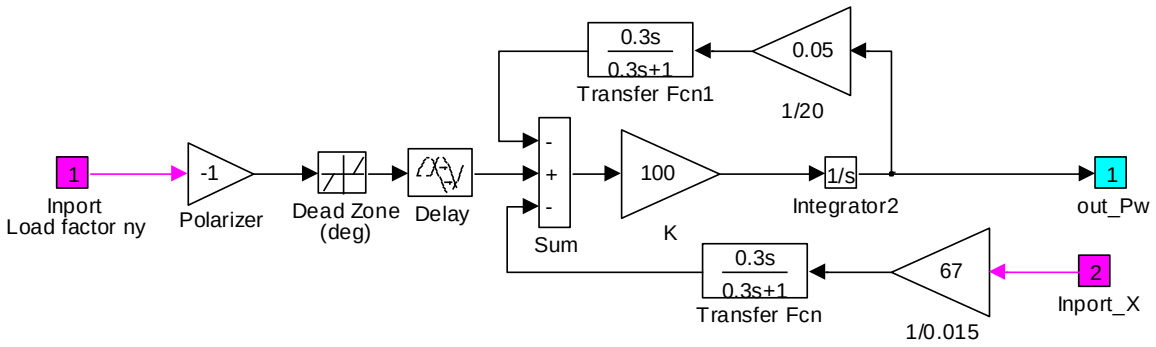


Fig. 2. Astatic pilot model for control over normal overload in the channel of the controllable horizontal stabilizer

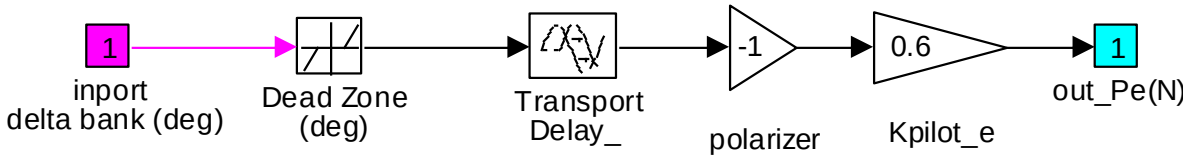
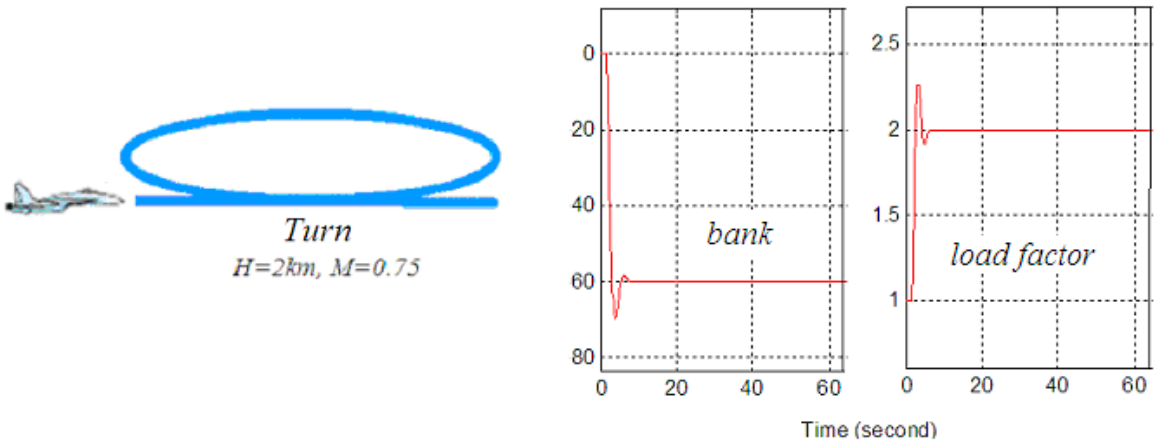


Fig. 3. Pilot Control Model in the Aerial Channel

Exit from the pilot model are the efforts on the control lever P and P_e in Newtons. Index "e" is the ailerons control channel. Lever shift results – the dependence $x = f(x_e)$ is obtained in the DRAWING subsystem (Figure 1). Inputs data after the "Transfer Fcn 1 / C" and "1 / Ce" blocks with loading mechanisms with relevant stiffness attached to the control lever. The standard tools in Simulink, the fourth version, are used to visualize the results. All modeling is done in GOST standard.

3. Results and conclusions

Figures 4, 5, 6 show the modeling results of correct and coordinated control over the two channels.



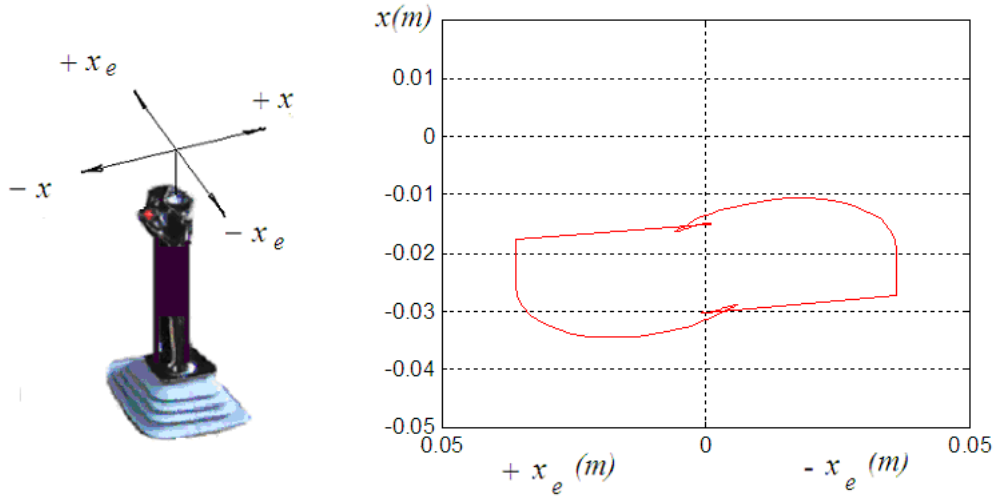


Fig. 4. Pilot arm movement with the control lever to create a left slope of 60 degrees and overload 2 with proper motion coordination

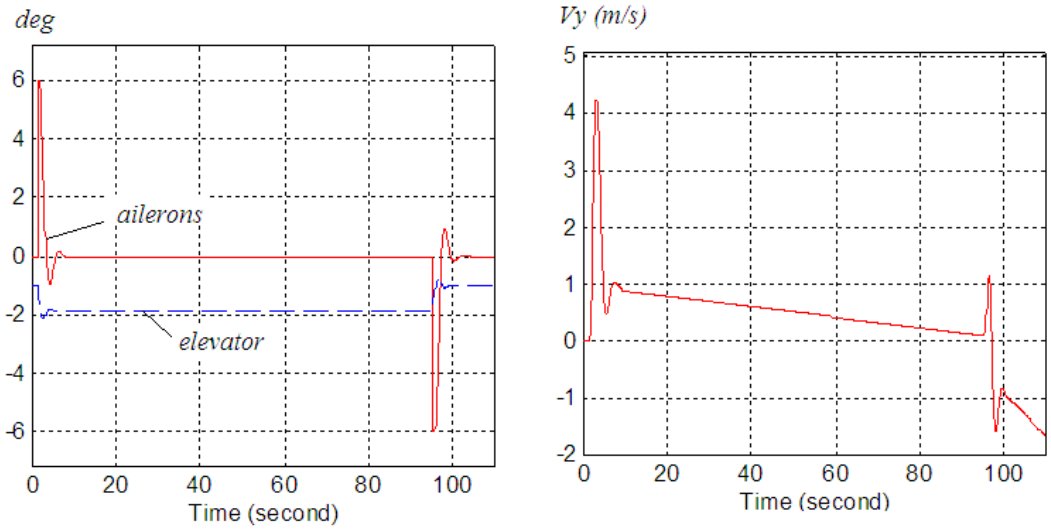


Fig. 5. Deviation of controls and vertical speed for coordinated control of the airplane

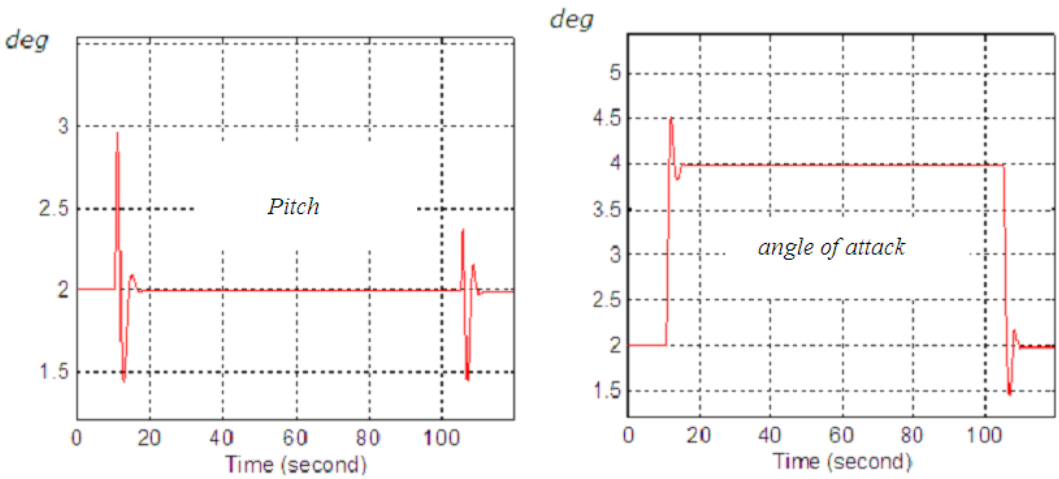


Fig. 6. Angles of pitching and attack when performing a correct coordinated turn

The results demonstrate the performance of the model as required in the introduction of the research task in the introduction (p. 1).

Incorrect motion coordination can be modeled by delaying movements in the longitudinal channel, etc. "Separate channel management". This is done by adjusting the block K of Fig. 2 from 100 to 10. The results after such adjustment show clearly how the movement delay in the longitudinal channel is reflected on the airplane trajectory. The turn degenerates into a downward spiral, and the vertical velocity of introduction reaches – 8 m/s; on exit - significant negative values -16 m/s. In this case, the execution of the turn is usually terminated at the beginning of its execution, but it is possible to correct the ailerons to reduce the slope and maintain the vertical velocity around zero.

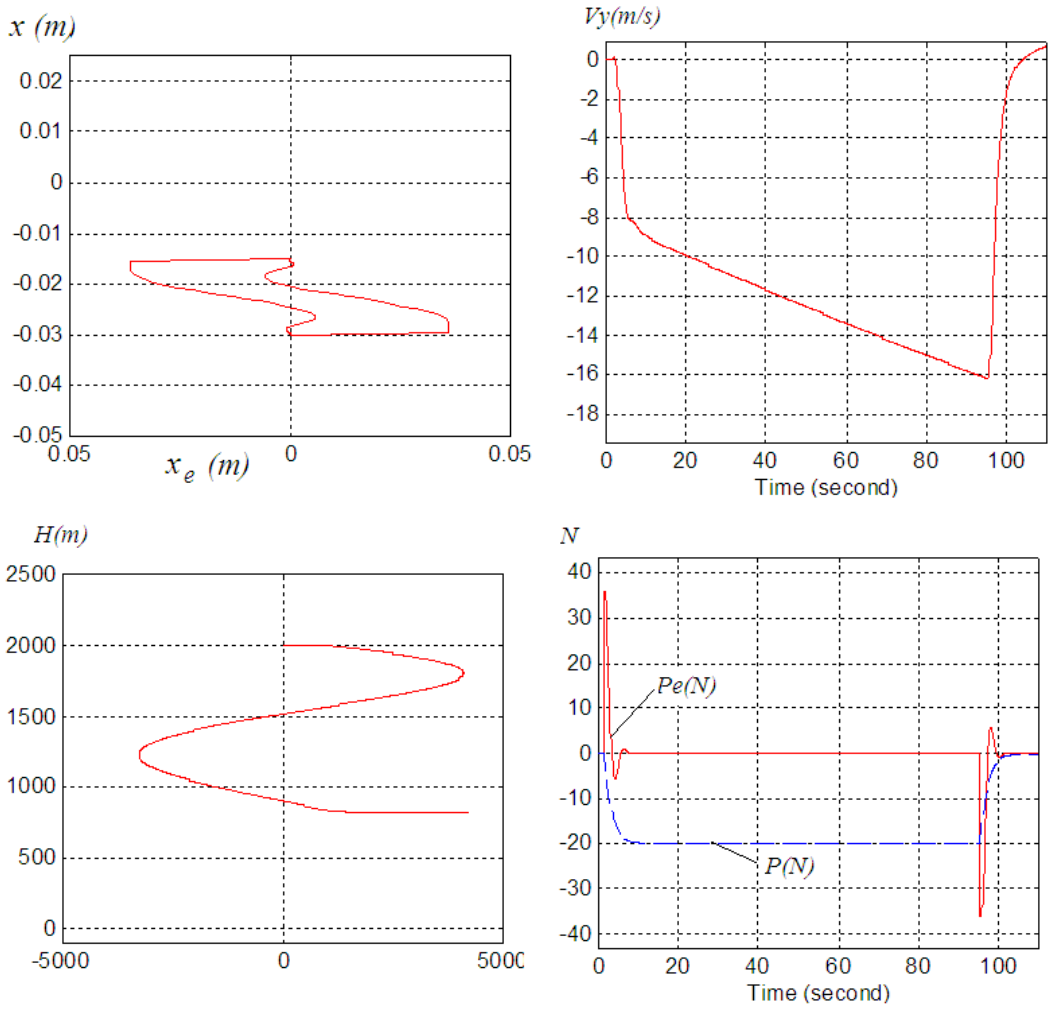


Fig. 7. Non-coordinated execution of the turn

Simulation with vertical speed correction (Fig. 9) can be obtained with another model of the pilot controlling the aelerons. Such a model is shown in Fig. 8.

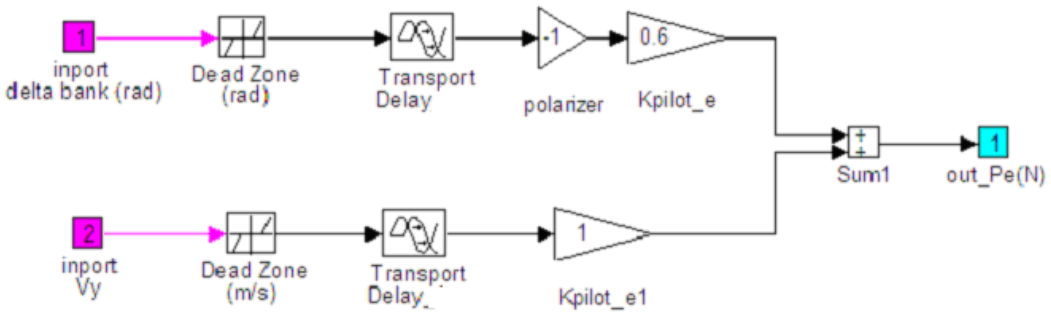


Fig. 8. Pilot model to control ailerons when reading the vertical speed; the accuracy of the control is – at a vertical velocity ΔVy = ± 0.1 m / s, and at a slope angle Δγ = ± 0.10 (Dead zone)

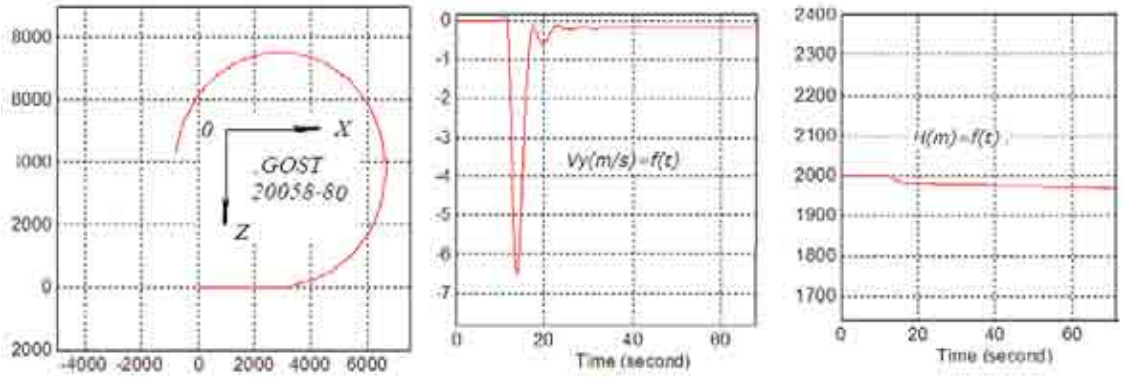


Fig. 9. Curve modeling results at 270 degrees with uncoordinated entry into the turn, but corrected by the pilot model by slope adjustments

Conclusions

- The proposed model, based on elementary contours for longitudinal and isolated slope movement, can demonstrate a significant portion of the pilot's actions when executing a or turn with correct commands or uncoordinated movements of the control lever.

- Modeling confirms the importance of vertically controlling the initiation and execution of the turn.

- The model is fast enough and works practically in real time. It can be used in the training of pilots and aviation safety specialists.

References:

1. Galashev, ES, NM Лысенко и др. Аэродинамика и динамика полета маневренных самолетов, ВИ, Москва 1984.
2. Mednikov, B. H. Maneuvering of the self-righteous warrior, Moscow, 1975.
3. Yordanov DV Computer models of aircraft and helicopter control systems - two parts 75 pages and 85 pages, 2005 and 2006; ed. of TU-Sofia.
4. Jordanov, D., Gecov P. *"Unmanned aircraft – modeling and control"*, Third Scientific Conference with International Participaton, „SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY", 27–29 June 2007, Varna, Bulgaria.
5. Jordanov, D., Gecov P., "CONTROL THROUGH MODEL OF UNMANNED AIRCRAFT", XV International Conference on Transport, Construction, Road and Lifting Transport Equipment and Technologies, 18–20.09. 2008 Sozopol, http: /www.trans-MOTOAUTO.com
6. Jordanov, D., S.Fotev *"Autopilot Failures During Operation of the Unmanned Complex"* International UNMANNED VEHICLES Workshop UVW 2010 10–12 June , Istanbul, Turkiye, www.hho.edu.tr/uvw2010.
7. Getsov, P.,Wang Bo, D. Zafirov, G. Sotirov, St. Nachev, R. Yanev, P. Gramatikov, V. Atanassov, H. Lukarski, S. Zabunov. AN UNMANNEDAERIAL SURVEILLANCE SYSTEM IN URBAN ENVIRONMENTS, Aerospace Research in Bulgaria,2018,29,http:/www.space.bas.bg

Acknowledgements

I. The study was performed with the use of the base:
1. Set up under the project BG161PO003-1.2.04-0053 "Information complex for aerospace environmental monitoring" (IKAMOS), financed by the operational program "Development of the competitiveness of the Bulgarian economy "2007–2013, co-financed by the European regional development fund and from the national budget of the Republic of Bulgaria.
2. Project "Strengthening and Expansion of the Aerospace Technology Transfer Office in the Field of Protection of Citizens' Health in Disasters" - BG161PO003-1.2.02 under the Operational Program "Development of the Competitiveness of the Bulgarian Economy" 2007–2013".

II. The authors gratefully acknowledge the support of K. C. Wong Education Foundation.

HYBRID MOTOGENERATOR SYSTEM FOR ELECTRICAL PROPULSION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Petar Getsov[1,2], Ruslan Yanev[2], Wang Bo[1], Georgi Sotirov[2], Pavlin Gramatikov[2]

[1]Ningbo University of Technology – China
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: director@space.bas.bg; bo305@hotmail.com

Keywords: *Unmanned aerial vehicles – UAV, Electric propulsion, Hybrid motogenerator system (HMGS)*

Abstract: *It's examined the possibility of increasing the flight duration of electrically powered UAVs by mounting on their board of a hybrid motogenerator system. Variants of such systems driven by an internal combustion engine and a hydrogen fuel cell have been studied.*

Introduction

In the world, the use of UAVs for military and civilian purposes is growing at an increasing rates. It is expected that by 2022, the total volume of the market for complete UAV systems will reach $ 21.3 billion, with an average annual growth rate of 20 %. The UAV market for civilian use in 2015 is $ 0.5 billion. The market forecasts are that: by 2022 it will reach 1.9 billion; its share to grow from 11 % in 2015 to 15 % by 2022; the tendency of increasing demand in favor of small UAVs (weighing up to 150 kg) will intensify. At the end of 2012, almost 98% of the world's most commonly used UAVs are heavier than air, 68% are with fixed wing, and 27 % have a rotating wing. The share of lighter-than-air aircraft is below 1 %.

At the end of the last century it became possible to use electrical energy to create moving and lifting thrust in aviation. Brushless electric motors with high specific power and efficiency were developed. It became possible to supply them with electricity from lithium-polymer, lithium-sulphide and other batteries with high specific energy and low relative volume. Precise control of the parameters of these motors was achieved by light, fast-acting controllers. Initially, they were used in model aircraf and micro - UAV with a fixed wing. Later, multicopter flying platforms were developed with lifting characteristic, maneuverability, controllability, automation and robotization capabilities that are unthinkable when the propulsuion is with traditional aviation thermal engines. The development of this type of aircraft has wide perspectives. According to the latest data, in the small class of UAVs, the preferences are: 94% for multicopters, versus 6% for airplanes.

At present, a common problem for all electrically driven UAVs is their limited flight endurance with real payload on board.

Main components in electric propulsion of UAVs

Batteries

The drive power is provided by rechargeable batteries - Table 1. The most important parameters that determine the performance of the batteries are:

- specific energy – C_pE_c(Wh/kg);
- specific volume– C_pE_v(Wh/l);
- modes and rates of charge-discharge;
- number of cycles charge – discharge;
- operating temperature range.

Table 1

Parameter \ Battery	Ni-Cd	NiMH	Li-ion	Li-Po	Li-S
Specific energy (Wh/kg)	45 - 80	60 - 120	90 - 200	150 - 300	250 - 400
Specific volume (Wh/l)	100 - 220	200 - 350	300 - 420	300 - 450	350 - 500
Number of cycles	1500	1500	1000	1000	200
Nominal voltage (V)	1.25	1.25	3.3 - 3.8	3.7	2.1

Currently, the lithium-polymer (LiPo) batteries are the most suitable for propulsion of UAVs. In the last generations of these batteries, C_pE_c reaches 300 Wh/kg, with a theoretical maximum of 400 Wh/kg. They hold up to 1000 charge - discharge cycles. As the number of cycles increases, their capacity decreases. They work in the temperature range of 80^0 – 120^0C. They do not have the "memory effect". Allow accelerated modes charge - discharge. They also have drawbacks, the main one of which is their sensitivity to overcharging and overdischarging when uncontrolled temperature runaway occures. Very often this is related to self-ignition of the batteries. To be avoided, in real-life conditions, batteries are discharged to (25–30) % and charged to (70–75) % of their maximum capacity. This means that they actually work with about half of the maximum specific energy announced by the manufacturers - ie. 150 Wh/kg instead of C_pE_c – 300 Wh/kg.

The next generation in lithium batteries development are lithium-sulphide and lithium-air. It is expected their C_pE_c to reach (600–1000) Wh/kg. Now on the market there are available Li-S batteries with C_pE_c – 380 Wh/kg. However, they quickly lose their capacity and still have a small number of charge-discharge cycles.

- Electric motors

Modern UAVs are powered by brushless electric motors with an efficiency of 95–98 % and specific power 3.0–4.0 kW/kg.

- Controllers - ESC (Electronic speed controller)

They control the operation of electric motors. They have an efficiency of about 95 % and a specific weight of 0.15 kg/kW.

- Propellers

Most often, they are directly mounted on the shaft of the electric motor. They are made of modern composite materials. Have high *lift-to-drag ratio* and a specific thrust, reaching 19,0 kg/kW.

With the specified parameters of the electric propulsion of UAVs, the maximum duration of the multicomputer flight hardly reaches 1 hour, and for airplanes – up to 3 hours. The market requires at least twice as much. The main limiting factor is the specific energy of the used batteries. Their development perspectives do not indicate any significant changes in the next 5 years.

Possibilities for hybrid-electric propulsion of UAVs using hydrogen and hydrocarbons.

In the statement below will be considered the technical parameters of electrically powered UAVs(multicopers and fixed wing) with a maximum take-off weight of up to 20 kg, which are powered by a power source up to 2000 W having a total weight of up to 10 kg.

Hybrid drives convert the energy of a particular fuel into electricity - directly or indirectly. The technology is based on the high energy density of hydrogen and liquid hydrocarbons.

The calorific value of hydrogen - C_pF is 39400 Wh/kg; of liquid hydrocarbons: alcohol – 3830 Wh/kg, kerosene – 12020 Wh/kg, gasoline 12220 Wh/kg.

C_pF is a chemical energy that should be converted into electrical energy. For the scale of the UAVs under consideration, this can be done:

- Directly, in fuel cells working on hydrogen. Cells with small sizes and weights are available on the market with efficiency up to 65 %. A serious technical problem in their use for the purpose is the low hydrogen density ρ – 0.0899 kg/m^3. To place the required amount of fuel on the UAVs board, it must be compressed to a high pressure. The existing technology applications use 35 Mpa, which puts high demands on bottles, pressure pumps and other hydrogen fueling equipment.

- Indirectly, by combustion of fuel in internal combustion engines (ICE), generating mechanical energy and transforming it in electric - into driven by the ICE electric generators.

For the needs of the hybrid electric drives for UAVs, mainly ICE can be used, because on the indicators: power density and power-to-weight ratio they are superior to the other representatives of the small heat engines. The disadvantage of the considered ICE is their low efficiency and high specific fuel consumption (bcfc).

For the considered power(2000 W), the two-stroke petrol engines are the most suitable. Their specific weight, fully completed (with ignition system, exhaust and cooling system), is (1,10 1,80) kg/kW, specific power (80–110) kW/dm^3, efficiency η_{th} - (11.0 - 15.0)%, bcfc - (750.0–550.0) g/kWh.

In hybrid power plants, ICE drive power generators.

The electric generators are brushless, AC, with permanent magnets and efficiency in the range (88–92) %. Rectifier blocks consist of active, pulse rectifiers, which are developed on the most up-to-date electronic schemes, with the latest generation of semiconductor components. Their efficiency is over 90 %. Maintaining a constant voltage at the output of the motogenerator is accomplished by high-efficiency (with over – 90 %) buck/step-down DC-DC converters.

Propulsion drives in moto-electric generators can be with toothed belts or gears. The efficiency is above 95 %.

All hybrid propulsion systems include buffer batteries. They are LiPo. The energy that they provide is 80–100 Wh.

Comparison of the parameters of the UAVs electric power sources.

A comparison will be made of commercially available sources for electric propulsion of multicopters and airplanes:

- **A** - LiPo battery with: maximum C_pE_c – 300 Wh/kg; Actual specific energy taking into account the charge - discharge limits – 150 Wh/kg; weight - 10 kg. With such a battery, an electric powered multicopter with a total weight of 20 kg and a payload of 2 kg has a flight duration of 45 minutes. Fitted on an airplane, with the same total take-off weight and payload, it provides a flight duration of up to 3 hours.

- **B** - Hybrid fuel cell power plant with a rated power of 1800 W and total weight, together with a hydrogen bottle and a buffer battery (100 Wh) – 9.2 kg. It drives a multirotor with total weight of 19 kg, and a payload of 2 kg. The flight duration is 4 hours.

- **C** - Hybrid motogenerator propulsion system with two-stroke internal combustion engine with a rated output of 1800 W and a total weight including fuel and a buffer battery (80 Wh) - 8.8 kg. By it is powered a multicopter with maximum take-off weight of 19.5 kg and a payload of 2 kg. A flight duration of 4 hours is achieved.

The described hybrid drives are not mounted on flying platforms with fixed wings. By analogy with power source - **A**, they would provide a flight duration of over 8 hours.

- Comparison of the specific energy parameter - SpEc (Wh/kg)**:**

- The actual CpEc of the compared LiPo battery is 150 Wh/kg.

- The specific energy of different hybrid power plants can be determined by the following formula:

$$(1) \qquad C_pE_c = \frac{P_n \times T_{flight}}{\Sigma m_f + \Sigma m_v}$$

T_{flight} - flight duration;

P_n - total rated power of the drive;

Σm_f - the sum of the permanent masses in the installation - of the ICE and its systems, of the tank - empty, of the electric generator and its systems, of the supporting frame, etc .;

Σm_v - the sum of the variable masses in the set - the fuel, the buffer battery (if the number of cells is changed) and so on.

- If calculate the C_pE_c of the hydrogen fuel cell hybrid plant (Pn – 1800 W; Tflight – 4 hr; Σ mf + Σ mv = 9.2 kg), based on the above formula, the result will be – 782 Wh/kg.

- For the motogenerator hybrid drive (Pn –1800 W; Tflight – 4 hr; Σ mf + Σ mv = 8.8 kg), the C_pE_c is 818 Wh/kg.

The comparison of the actual energy density data of the various UAV electric drives: with a LiPo battery – **A**, a hybrid fuel cell set – **B** and an ICE – **C**, proves that the relationship between C_pE_c and flight duration is linear. For a LiPo battery only, at an optimum mass ratio for a particular multicopter and a practical C_pE_c of 150 Wh/kg, the maximum flight duration is 45 minutes. If the same multirotor is powered by a hybrid power plant with a fuel cell that has 5.2 times higher energy density, the flight duration should be 234 min. The manufacturer declares such up to 240 min. In the case of the motogenerator, which has – 5.4 times higher energy density, T_{flight} should be 243 min. In real conditions, the flight duration was 240 min.

By the specific energy indicator, leading, with almost identical data are the hybrid drives with the internal combustion engine and the hydrogen fuel cell. They have more than 5 times higher C_pE_c than the best LiPo batteries. Even with the most optimistic development of lithium batteries, over the next few years this competitive advantage of hybrid power plants is likely to remain.

- Comparison of specific volume parameter - C_pE_v (Wh/dm^3)**:**

- For the compared LiPo battery, the maximum C_pE_v is around 450 Wh/dm^3(Wh/l). Taking into account its charge-discharge limits, C_pE_v should be corrected to 225 Wh/dm^3.
- The C_pE_v of the hybrid power plants can be determined by the formula:

$$(2) \qquad C_pE_v = \frac{P_n \times T_{flight}}{V_{hd}}$$

T_{flight} - duration of flight(h);
P_n - total rated power of the drive(W);
V_{hp} - total volume of the hybrid drive (dm^3).

- The fuel cell has a total volume of 19.2 dm^3 (the cell – 7.8 dm^3 and the bottle for the compressed hydrogen - 11.4 dm^3). For P_n – 1800 W and T_{flight} – 4 h, its C_pE_v is 375 Wh/dm^3.

- The total volume of the motogenerator with the gas tank is 26 dm^3. For P_n – 1800 W and T_{flight} – 4 h, its C_pE_v is 277 Wh/dm^3.

By the specific volume indicator, the difference between the compared electric drives for UAV is not large. Hybrid power plants have a better C_pE_v, with fuel cell leading.

- Comparison of the parameter – relative price – C_pP (EUR/Wh)**:**

- For 12S LiPo batteries, with a capacity of more than 22000 mAh, C_pP averages 1.14 EUR/Wh. If we take into account that in order to avoid overheating, they actually work at half their maximum capacity, the relative price should be adjusted to C_pP - 2.28 EUR/Wh.
- For hybrid power plants, the relative price is determined by the formula:

$$(3) \qquad C_pP = \frac{P_{hd}}{P_n \times T_{flight}}$$

P_{hd} - delivery price of the propulsion system in EUR.

- The price of the compared hydrogen fuel cell – P_{hd} is 36080 EUR, its nominal power P_n – 1800 W, and T_{flight} – 4 h. Its relative price is C_pP – 4.92 EUR/Wh.

- The motogenerator unit is available from the manufacturer for 4100 EUR. For P_n - 1800 W and T_{flight} – 4 h, its relative price is C_pP – 0.57 EUR/Wh.

The relative cost of the hybrid drive with ICE is many times lower than that of competing power sources – 9 times compared to fuel cell and 4 times the LiPo battery.

- Comparison of the parameter overal efficiency – η_o (%):

The overal efficiency of the electric power source to drive UAVs – η_o in % is the ratio:

(4) $$\eta_o = \frac{E_{ex}}{E_{in}} 100\ (\%)$$

E_{in} – the energy at the source input:

- for batteries represents the electrical energy when charging;
- for hybrid power plants – the sum of fuel energy - E_f + the energy of buffer batteries - E_{bb};
- fuel energy = C_pF (fuel specific energy) x fuel quantity - W_f (kg) required to ensure T_{flight};

E_{ex} - the electrical energy at the source output;

(5) $$E_{ex} = P_n \times T_{flight}$$

- The efficiency of LiPo batteries is very high (96-98)%.
- In hybrid drives, the overall efficiency depends on: the chemical energy of the fuel and the efficiency when transforming it into electrical power to the output of the equipment.

- In the fuel cell bottle, the hydrogen is compressed to 35 MPa. The fuel density, after compression, can be determined using the Kleiperon-Mendeleev equation:

(6) $$PV = RT;\ V = \frac{RT}{P};\ \rho = \frac{m}{V};\ \rho = \frac{mP}{RT}$$

ρ - hydrogen density (kg/m^3);
P - gas pressure – 35000000 Pa;
V - volume of the gas(m^3);
R - universal gas constant – 8314 J/kg^{0}K;
T - absolute temperature – 273;
m - molar mass of hydrogen – 2 g/mol.

After compression, the density of hydrogen is 30.8 kg/m^3. With a cylinder volume of 0.011 m^3, the weight of the fuel in it - W^f is 0.338 kg. The calorific value of hydrogen - C_pF is 39400 Wh/kg, E_f = 13317 Wh. Besides this energy, the energy of the buffer battery - E_{bb}, which is 100 Wh, is also supplied at the input of the hybrid drive. E_{in} = 13417 Wh. At the output of the fuel cell, the power is 1800 W. At the maximum flight duration of the multicopter of 4 hours, it will consume energy E_{ex} - 7200 Wh. Calculated on this basis, the overal efficiency of the hybrid hydrogen cell propulsion is η_o - 54%.

Fuel cells of the type of comparison have maximal efficiency up to 65%.

- With the motogenerator hybrid unit, the UAV has a 4-hour flight with 2 kg payload, consuming 4.7 kg of gasoline (6.5 dm^3). W_f – 4.7 kg, and C_pF – 12220 Wh/kg. The energy supplied by the fuel - E_f is 57434 Wh. The buffer battery energy should be added – 80 Wh. E_{in} = 57514 Wh. Efficiency, calculated on these data – η_o is 12.5 %.

The overall efficiency of motogenerator hybrid power plant - η_{mhd}, can be represented by the expression:

(7) $$\eta_{mhd} = \eta_{he}\ \eta_{dg}\ \eta_{eg}$$

η_{he} - the ICE efficiency;
η_{dg} - drive efficiency(where fitted) – 95 %;
η_{eg} - the electric generator efficiency + the rectifying and control unit efficiency – a total of 90%.

For the compared motogenerator hybrid system, the efficiency of the internal combustion engine is 14.6 %.

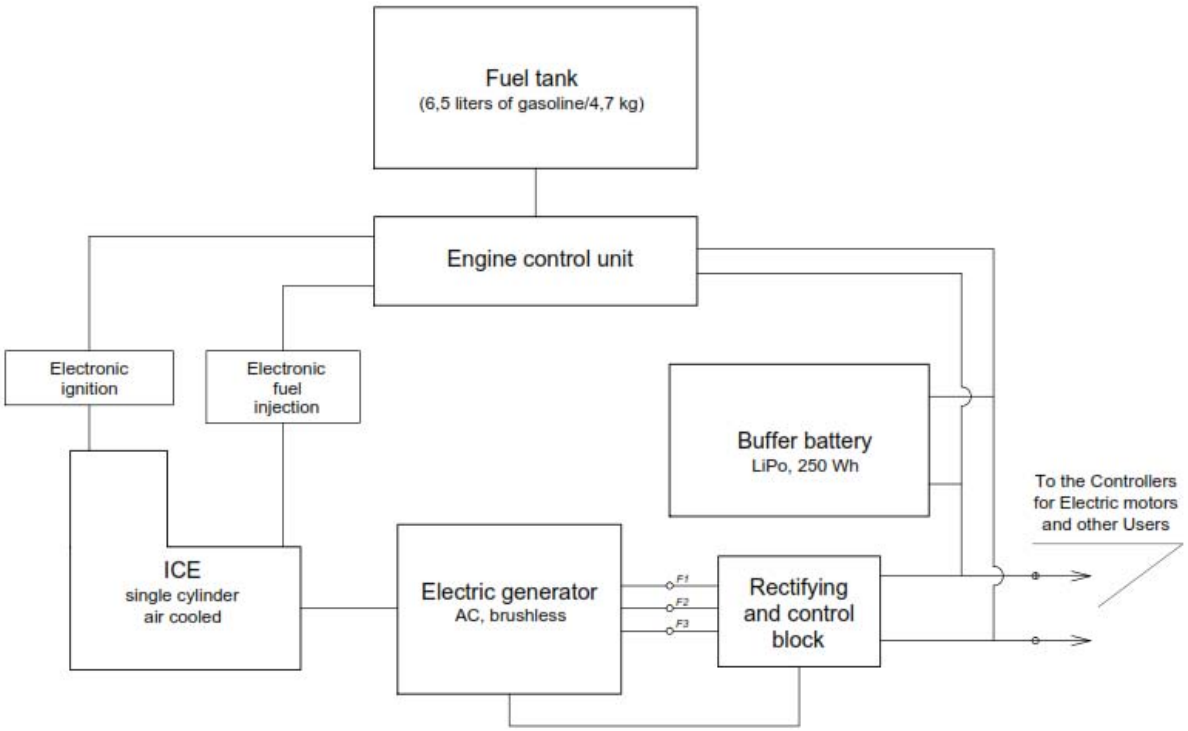
There is technical information about several similar hybrid propulsion systems. For each of them, a single-cylinder or twin-cylinder, aero-model or auto-model two-stroke petrol gasoline ICE is used. They have a standard electronic ignition and are supplied by a carburetor or electronic gasoline injection system. Start up manually or by the generator that switches to starter mode. Their efficiency is in the range (8.5–15.0) %.

The comparative analysis of the parameters of the LiPo battery, the hybrid hydrogen fuel cell propulsion and the motogenerator power plant give decisive advantage to the motogenerator. Obviously, the limiting factor in the development of this type of hybrid drives is the efficiency of the used internal combustion engines.

- Hybrid Motogenerator System (HMGS), driven by specially designed ICE for power supply of UAV.

The HMGS is built according to the following technological scheme - Fig. 1:

Fig. 1



- Two-stroke, single-cylinder, air cooled gasoline ICE. Its displacement is 50 cm^3, and its nominal power - 2.5 kW at 8000 rpm. Various technical solutions have been implemented in the engine to increase its efficiency:

- fuel injection in the crankcase of the engine;
- reed valve for air supply;
- stratified resonance scavenging;
- electronic plasma ignition with 3 spark plugs, controlled by the speed and the load of the ICE, ambient temperature and atmospheric pressure;
- resonance exhaust system.

The engine systems are controlled by an electronic block.

The engine crankcase and its head are made of aluminum alloy and are maximally lightweight. The piston is made of aluminum alloy with low coefficient of friction and thermal expansion. The cylinder is coated with a high-wear-resistant, low friction coefficient and high oil-holding properties coating. Crankshaft bearings are ceramic. The engine is designed based on the specific operating conditions of the HMGS.

The engine efficiency at nominal power of 2.5 kW is 21.5 % and its fuel consumption bcfc - below 380 g/kWh.

- Fuel tank. Made of composite material. Its capacity is 6.5 liters/4.7 kg.
- Electric generator - AC, three-phase, brushless with permanent magnets. Directly drived. Its housing is incorporate with the ICE crankcase. The bearings are ceramic. Its nominal power is 2.2 kW. When the ICE starts up, it runs as a starter.
- Rectifying and control unit. Includes: active, pulse rectifier; buck DC-DC converter down to adjust the output voltage. Switching blocks for controlling: the starter - generator modes, the voltage to the individual users on the board, charging the buffer battery.
- Buffer battery. It is 12S LiPo with a capacity of 12000 mAh. It provides energy of 250 Wh.

The total weight of the HMGS is 10 kg.

The HMGS is designed to power UAVs from the class considered above. When driving a multicopter with a maximum take-off weight of 20 kg and a payload of 2 kg, its operating parameters are:

- bcfc – 350 g/kWh;
- flight duration – T_{flight} - 6 hours
- C_pE_c – 1200 Wh/kg;
- C_pE_v – 400 Wh/dm^3;
- overall efficiency – 20.8 %;
- The battery of the unit allows an independent start up of the engine on the ground and in the air, as well as a flight for 6–10 minutes with switched off ICE.

Mounted on the board of a fixed wing wing UAV it will provide a flight duration of more than 15 hours.

Conclusion

The motogenerator hybrid system for UAVs solves the problem of their limited flight duration when are powered by batteries. Generally, it outperforms the other existing alternative for hybrid propulsion - with hydrogen fuel cells, because it has higher specific energy and is much cheaper. The parameters of the HMGS can be improved mainly by increasing the efficiency of the ICE. Researches and actual practical results in other ICE applications close to the compared allow the engine efficiency to be increased up to 25–28 %. This will make possible the C_pE_c of HMGS to exceed 2000 Wh/kg. None of the pespective battery designs have even theoretically such specific energy.

The authors gratefully acknowledge the support of K. C. Wong Education Foundation.

References:

1. Ashwin Ravi and Andrew S Arena, Jr., “UAV Power Plant Performance Evaluation”, Department of Mechanical & Aerospace Engineering Oklahoma State University, 49-th AIAA Aerospace Science Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition, 4-7 January 2011, Orlando, Florida, pp. 1–6.
2. Chad Campbell, Eric Dittman, Jenifer Mac Rae, Claudia Ehringer, Alex Stone, Kevin Lake, Spencer Haskin, R. R. Mankbadi, “Design of a Hybrid Electrical Propulsion System”, Embry-Riddle Aeronautical University and the Florida Center for Advanced Aero-Propulsion(FCAAP), Daytona Beach, 52-nd AIAA/ASME/ ASCE/AHS/ASC, Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 4–7 April 2011, Denver, Colorado, pp. 2–4.
3. Joachim Schomann, “Hybrid-Electric Propulsion System for small Unmanned Aircraft”, Technical University of Munich, Thessis, pp. 15–26.
4. Richard R. Glassock, “Design, Modelling and Measurement of Hybrid Powerplant for Unmanned Aerial Vechicles”, School of Electrical Engineering and Computer Science Queensland University of Technology, Thessis for Master of Engineering degree, pp. 9–17.
5. Set up under the project BG161PO003-1.2.04-0053 "Information complex for aerospace environmental monitoring" (IKAMOS), financed by the operational program "Development of the competitiveness of the Bulgarian economy "2007–2013, co-financed by the European regional development fund and from the national budget of the Republic of Bulgaria.
6. Project "Strengthening and Expansion of the Aerospace Technology Transfer Office in the Field of Protection of Citizens' Health in Disasters" - BG161PO003-1.2.02 under the Operational Program "Development of the Competitiveness of the Bulgarian Economy" 2007–2013".

VERTICAL TAKE-OFF AND LANDING UNMANNED AIRPLANE

Dimo Zafirov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Science
e-mail: zafirov@big97.com

Keywords: *Vertical take-off and landing (VTOL), unmanned airplane, urban air mobility (UAM)*

Abstract: *It is suggested application of Joined-wing air module in the structure of Pop.UP of Airbus instead of Rotary-wing air module. It will increase efficiency of VTOL UAV used for UAM.*

ВЕРТИКАЛНО ИЗЛИТАЩ И КАЦАЩ БЕЗПИЛОТЕН САМОЛЕТ

Димо Зафиров

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: zafirov@big97.com

Ключови думи: *вертикално излитащ и кацащ (VTOL), безпилотни самолети (UAV), градска авиационна мобилност (UAM)*

Резюме: *Предлага се в схемата Pop.UP на Airbus вместо rotary-wing air module да се използва joined-wing air module, което ще подобри значително ефективността на VTOL UAV използвани за UAM.*

Introduction

Traffic jams in the European Union cost approximately 100 billion Euros annually. It is only the material evaluation of transport systems' imperfection. More than 125,000 people pass away in transport accidents every year. Even though short distances, citizens waste several hours to move from their homes to working places. This worsens life quality so that alternative transport solutions with application of organizational and technological innovations are being sought.

Population of the world is concentrated in large cities. It is expected that 80% of 9 billion population of the world to live in urban areas in 2050 [1]. Many cities have difficulties with social and ecological problems as a result of overcrowding, poverty, pollution, and big traffic. Providing of effective mobility in urban areas is a key challenge for their future development.

Number of cars has risen with the increase of the number of roads. A radical solution for urban mobility in the future is the opportunity to be used 3D space instead of 1D space which is used at the moment. It means that flying vehicles could be applied.

Let us look at an idealistic model of urban air mobility which is based on application of personal unmanned airplanes (PUA).

Initial requirements of the model are following [2]:

- In order to achieve low operating costs, service companies have to possess and operate these vehicles. They have to provide necessary PUAs on time according to client requests anytime and in different climate condition (excluding storms);
- Door-to-door transport has to be provided within 45 minutes. It has to be comfortable and integrated whereas conditions are close to those at home or in offices;
- Flight safety has to be equal to flight safety of regular aircrafts or to be even higher;
- No pollution is allowed during the flight and the noise level has to comply with urban environment standards;
- Transport costs have to be less than costs with personal cars.

The article discusses opportunities for development of a personal unmanned aircraft that completely corresponds to Urban Air Mobility (UAM).

Urban Air Mobility Aircraft

Requirements for operation in urban areas at low operating costs can be achieved with Vertical Take-off and Landing Unmanned Airplanes (VTOL UA). These planes have a low noise level and zero level of pollution. Many VTOL UA projects have been in a process of development. Some of the projects are on the prototype testing phase. Different schemes are used: airplanes, helicopters, and multi-rotor platforms which correspond to contradictory requirements. An analysis of these platforms shows that Pop.Up platform of Airbus and Italidesign platform are the most suitable and perspective. [3] (Fig.1).

Fig. 1

During the 87th Geneva International Motor Show, Italdesign and Airbus world-premiered Pop.Up, the first modular, fully electric, zero emission concept vehicle system designed to relieve traffic congestion in crowded megacities. Pop.Up envisages a modular system for multi-modal transportation that makes full use of both ground and airspace.

Pop.Up System consists of a three layers concept:

- an Artificial Intelligence platform that, based on its user knowledge, manages the travel complexity offering alternative usage scenarios and assuring a seamless travel experience;
- a vehicle shaped as a passenger capsule designed to be coupled with two different and independent electric propelled modules (the ground module and the air module). Other public means of transportation (e.g. trains or hyperloops) could also integrate the Pop.Up capsule;
- an interface module that dialogues with users in a fully virtual environment.;

The Pop.Up system aims to give time back to commuters through a flexible, shared and adaptable new way of moving within cities introducing a new user-focused transportation system concept.

The Pop.Up vehicle combines the flexibility of a small two seater ground vehicle with the freedom and speed of a vertical take-off and landing (VTOL) air vehicle, thus bridging the automotive and aerospace domains.

POP.UP TECHNICAL SPECIFICATION

AIR MODULE

DIMENSIONS		
Length	mm	4403
Height	mm	847
Width	mm	5000
Rotors	n	4+4
Propeller diameter	mm	1780

POWERTRAIN	
Power train	Electric
Motors	8
Total power	136 kW
Motor power (each motor) (MCP)	17 kW
Range (without payload)	100 km
Charging time	15 minutes
Empty weight ratio (EW/GW)	43.90 %
Total battery(ies) energy / capacity	70.0 kWh
Disc Loading	30.4 kg/m2
Tip Speed	150 m/s
Air Mode	
Number of passengers	2
Vehicle maximum gross weight	600 kg

PERFORMANCE	Top Speed (stand-alone module)	100 km/h

GROUND MODULE

DIMENSIONS		
Length	Mm	3115
Height	Mm	681
Width (front/rear)	Mm	1848/1900
Front overhang	Mm	581
Rear overhang	Mm	534
Kerb weight	Kg	200

PERFORMANCE	Top speed	km/h	100

POWERTRAIN	
Powertrain	Electric
Motorwheels	2 (Rear)
Total Power	60 kW
Range	130 km
Charging time	15 Minutes
Total battery(ies) energy / capacity	15 kWh

CAPSULE

DIMENSIONS		
Length	mm	2647
Height	mm	1415
Width	mm	1540
Number of Passenger		2
Kerb weight	kg	200

The vehicle is divided on three modules that make it suitable and comfortable for door-to-door passenger and freight transport. This gives the opportunity to achieve a high level of thrust effectiveness whereas the energy effectiveness of air transport is not satisfactory.

Usage of a multi-rotor module does not allow achievement of maximum effectiveness of air transport because rotary-wing aircrafts possess low energy effectiveness. It turns out that the rotary-wing air module can be replaced with a fixed-wing air module which will provide higher energy effectiveness. Analysis of numerous schemes of fixed-wing aircrafts shows that the Joined Wing type is the most appropriate [4]. (Fig. 2)

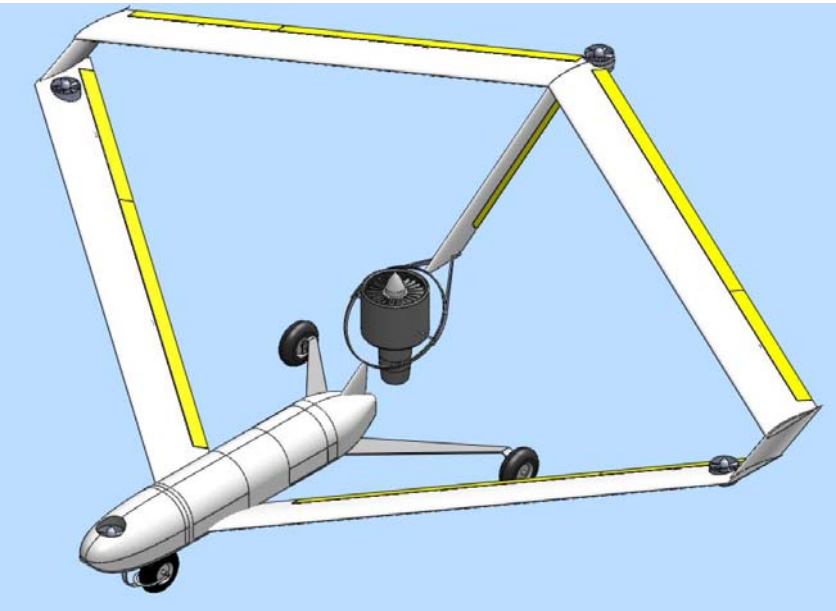


Fig. 2

Many publications [5] prove that Joined Wing aircrafts possess a high level of weight and aerodynamic effectiveness. Instead of the fuselage shown on fig.2, a passenger or cargo capsule can be assembled. Several engines can be used which are placed in a vertical position during take-off, landing and hovering stages. During the flight, engines are placed in a horizontal position. Usage of Electric Ducted Fan (EDF) propulsors is suggested because of space limitation between wings and better thrust efficiency when propeller diameters are equal.

In the joined-wing VTOL UA, shown in Fig. 2, the main EDF (propulsor) is hinged so that its thrust vector always passes through the center of mass of the airplane. Four additional EDFs are placed at the nose, the tail and the two wingtips. The system that maintains the position and the orientation of the UA, the Attitude Head Reference System (AHRS), controls the angular speed of these fans, the thrust from which generate the control moments about the three axes of the body-fixed frame. The main advantage of this layout is that the thrust of the main EDF, which is attached to the swivel hinge of the aircraft, always passes through the center of mass, and thus control during takeoff, landing and hovering can be achieved with minimal control moments.

According to pre-calculations, the joined-wing air module will possess much higher (more than 15 times) aerodynamic and energy effectiveness than the vehicle shown on Fig.1. This fact will increase flight duration, horizontal speed, and flight distance.

Conclusions

In conclusion, usage of the joined-wing air module will allow to design and develop effective UAV for urban air mobility.

Acknowledgements

The author is grateful for the financial support of SRTI-BAS ICAMOS BG161PO003-1.2.04-0053-C0001 project under OP "Development of the Competitiveness of the Bulgarian Economy" 2007-2013, Procedure BG161PO003-1.2.04 "Development of Applied Research in Research Organizations in Bulgaria

References:

1. https://www.eea.europa.eu/bg/articles/ot-gradski-prostranstva-do-gradski-ekosistemi
2. Balac, Milos and Demand Estimation for Aerial Vehicles in urban settings. ETH Zürich Research Collections, https://doi.org/10.3929/ethz-b-000274798
3. https://www.airbus.com/content/dam/corporate-topics/publications/press-release/E_PopUp%20Concept.pdf
4. Зафиров, Д**.** Вертикално излитащ и кацащ самолет със съчленено крило. Патент Рег. № 66681 B1/ 15.06.2018.
5. Панайотов, Х. Определяне на аеродинамичните характеристики на съчленено крило при предварителното проектиране на безпилотен летателен апарат, *Автореферат на дисертация за получаване на образователната и научна степен „Доктор”*, Пловдив, 2007.

VERTICAL TAKE-OFF AND LANDING PROPULSIONS

Dimo Zafirov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Science
e-mail: zafirov@big97.com

Keywords: *Vertical Take-Off and Landing (VTOL), propulsions, unmanned aerial vehicles (UAV), urban air mobility (UAM)*

Abstract: *Creating weight and energy efficient propulsors is a key issue in creating UAV-friendly UAVs. Various types of propulsors are considered and are particularly suitable for ducted fans due to low noise and high static thrust.*

ДВИЖИТЕЛИ ЗА ВЕРТИКАЛНО ИЗЛИТАНЕ И КАЦАНЕ

Димо Зафиров

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: zafirov@big97.com

Ключови думи: *вертикално излитане и кацане (VTOL), движители, безпилотни летателни апарати (UAV), градска авиационна мобилност (UAM)*

Резюме: *Създаването на теглово и енергийно ефективни движители е ключов проблем за създаването на UAV, подходящи за UAM. Разглеждат се различни видове движители и се предлагат като особено подходящи тунелните вентилатори, поради ниския шум и високата статична тяга.*

Introduction

Population of the world is concentrated in large cities. It is expected that 80% of 9 billion population of the world to live in urban areas in 2050 [1]. Many cities have difficulties with social and ecological problems as a result of overcrowding, poverty, pollution, and intensive traffic. Providing of effective mobility in urban areas is a key challenge for their future development.

Number of cars has risen with the increase of the number of roads. A radical solution for urban mobility in the future is the opportunity to be used 3D space instead of 1D space which is used at the moment. It means that flying vehicles could be applied corresponding to Urban Air Mobility [2].

The article discusses the opportunities for application of different type propulsion systems for unmanned VTOL aircraft [3, 4].

Propulsors for unmanned urban air mobility aircraft

By analyzing different unmanned VTOL aircraft projects, It has been found out that a major problem with UAM aircraft is absence of light, efficient and ecological propulsion systems, engines and energy sources with a high level of specific energy. (Fig. 1).

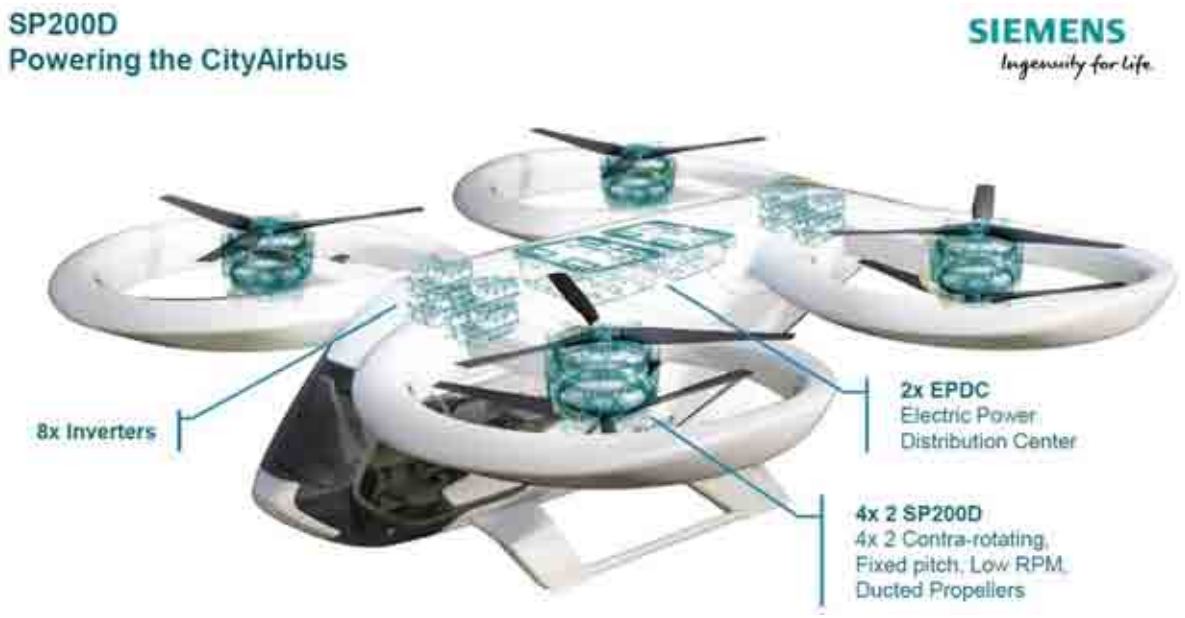


Fig. 1

With VTOL aircraft, propulsion systems with jet and aerodynamic thrust have been used so far. However, jet engines are not appropriate for urban air mobility because of noise regulations and high level of fuel consumption at low speed. Jet systems have been ruled out of this research. Propulsion systems with aerodynamic thrust can be divided into three main groups: propeller systems, systems with ducted fan modules, and systems with cross-flow fans.

Rotary wing aircraft (helicopters and multi-rotors) possess a high level of static thrust but low level of aerodynamic effectiveness so that they are suitable for short distance flights.

Propulsion systems are driven by motors, which are powered by energy sources. Motor revolutions are controlled by an auto-pilot system through a fast acting controller.

Regulations for UAM aircraft require a low level of noise and zero chemical pollution. Only vehicles with electric motors, which are powered by batteries, fuel cells, super-condensers or hybrid systems, fulfill these requirements.

Batteries (Fig. 2), which are produced by TESLA in Nevada, possess the highest level of specific energy – approximately 300 Wh/kg. They provide flight duration less than 60 minutes. After that batteries need re-charging or replacement.

Fig. 2

According to some forecasts, batteries with specific energy close to 1,200 Wh/kg will be produced by 2026. These batteries will provide flight distances up to several hundred kilometers with one charging, which is acceptable for urban mobility.

The other sources of energy do not correspond to some UAM requirements – safety, effectiveness, pollution regulations, noise regulations, and simple maintenance. They are not subject of research in this article.

Electric motors have been highly developed in the past years. They are noiseless, ecological and possess a high level of specific power up to 5.9 kW/kg (Fig.3). These motors are perspective for aircraft with a cruise speed under 0.5 M.

Fig. 3

Propulsion systems with tilt rotor /wing possess a high level of static thrust but they are not effective at horizontal flight. In addition, they have large dimensions so that they are not suitable for UAM.

Cross-flow fan systems do not have a high level of thrust so they cannot be used for aircrafts. Propulsion systems with ducted fan modules possess a higher level of static thrust than propellers at equal diameters. They provide good energy effectiveness and high cruise speeds (Fig.4). High level of static thrust at zero speed and good effectiveness at cruise speeds can be achieved by controlling the intake diameter. This system needs reduction of noise levels and improvement of energy effectiveness.

Fig. 4

Conclusions

It may be concluded that propulsion systems are the main drawback for development and application of unmanned VTOL aircrafts for urban air mobility. In this respect, researches for creating and development of appropriate propulsion systems should be accelerated. This would allow urban mobility to enter into 3D (the third dimension) during the next decade.

Acknowledgements

The author is grateful for the financial support of SRTI-BAS ICAMOS BG161PO003-1.2.04-0053-C0001 project under OP "Development of the Competitiveness of the Bulgarian Economy" 2007–2013, Procedure BG161PO003-1.2.04 "Development of Applied Research in Research Organizations in Bulgaria

References:

1. https://www.eea.europa.eu/bg/articles/ot-gradski-prostranstva-do-gradski-ekosistemi
2. https://www.airbus.com/content/dam/corporate-topics/publications/press-release/E_PopUp%20Concept.pdf
3. Зафиров, Д**.** Вертикално излитащ и кацащ самолет със съчленено крило. Патент Рег. № 66681 B1/ 15.06.2018.
4. Панайотов, Х. Определяне на аеродинамичните характеристики на съчленено крило при предварителното проектиране на безпилотен летателен апарат, *Автореферат на дисертация за получаване на образователната и научна степен „Доктор”*, Пловдив, 2007

АНАЛИЗ НА ТЕОРИЯ НА ПОЛЕТА НА ДЕЛТАПЛАНЕР ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ИЗИСКВАНИЯ И МЕТОДИ ЗА ОЦЕНКА НА ЛЕТАТЕЛНАТА ГОДНОСТ

Георги Сотиров[1], Светлозар Асенов[2], Николай Загорски[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Българско астронавтическо дружество, клон Пловдив

Ключови думи: *теория на полета, делтапланер, летателна годност*

Резюме: *Извършен е анализ на теорията на полета, което дава основа за определяне на изискванията и методите за оценка на летателна годност на делтапланерите. С тяхното широко навлизане в авиационната практика има важно практическо значение за решаване на проблемите с назначаване и провеждане на ефективни дейности по определяне на летателната годност на делтапланерите.*

ANALYSIS OF THE THEORY OF DELTAPLANER FIELDS FOR DETERMINING REQUIREMENTS AND METHODS FOR ASSESSING AIRWORTHINESS

George Sotirov[1], Svetlozar Asenov[2], Nikolay Zagorski[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Bulgarian astronautical society, Plovdiv Brunch

Keywords: *flight theory, deltaplane, airworthiness*

Abstract: *An analysis of flight theory has been carried out, which provides a basis for determining the requirements and methods for airplane airworthiness assessment. Their extensive entry into aviation practice has important practical implications for solving the problems of recruiting and conducting effective airplane flight rating activities.*

Въведение

Съвременното развитие на авиацията с общо назначение в държавите от Европейския съюз се характеризира с усилване на регулациите на ниво Общност и на национално ниво. Едно от направленията на това регулиране се явява сертификацията на въздухоплавателните средства.

Към настоящия момент в ЕС има около 50 000 моторни въздухоплавателни средства (ВС) от авиацията с общо назначение и бизнес авиация (включително около 2 800 ВС с газотурбинни двигатели), сравнени с приблизително 5 000 ВС в самолетния парк на европейските авиокомпании. Освен това, 180 000–200 000 свръхлеки (microlight) и безмоторни ВС се използват за спортни и развлекателни цели. През 2006 г. приблизително 9 % от всичките движения на ВС, регистрирани от ЕВРОКОНТРОЛ, са на авиацията с общо назначение и бизнес авиация [1, 2]. От 2003 г. насам броят на движенията на ВС в този сегмент, регистрирани от ЕВРОКОНТРОЛ, нараства с приблизително два пъти по-бързи темпове от този при останалия трафик (през 2006 г. има 22 % повече полети отколкото през 2003 г., сравнени с 14 % ръст за останалия трафик). Трябва да се отбележи, че голяма част от полетите на АОНБА не се регистрират от ЕВРОКОНТРОЛ, защото те използват неконтролираното въздушно пространство [1, 3]. Например, повечето развлекателни и спортни авиационни дейности не са обхванати от тези статистически данни.

Особено място в авиацията с общо назначение заема свръхлеката авиация. Тя започва да се развива като самостоятелно направление в развитието на авиационната техника в средата на 70-те години на XX в. след появата на съвременните конструкции делтапланери.

Същите имат проста конструкция, не са сложни за техническо обслужване и поради достъпната си цена спечелиха значителна популярност сред авиационните любители. Едно от най-значителните им достойнства е достъпността за обучение. В повечето страни на ЕС пълната програма за обучение обхваща около 50–70 часа теория и 15–25 летателни часа. Значителен интерес представляват мотоделтапланерите, които се използват не само за развлечение, обучение и спорт, но и в различни отрасли на икономиката и обществения живот.

Основните критерии, в съответствие с които въздухоплавателните средства могат да бъдат отнесени към категорията на свръхлеките въздухоплавателни средства се явяват масата на конструкцията, масата при излитане, натоварването на крилото и минималната скорост на полета.

Понастоящем широко се използват мотоделтапланери, които се явяват едни от най-масовите класове моторни свръхлеки ВС. По своята конструкция делтапланерите принципно се отличават от останалите въздухоплавателни средства, но както и тях, също подлежат на сертификация на типа (получаване на типов сертификат) от упълномощен национален или международен орган.

Поради тези причини е необходимо разработването на международни и/или национални изисквания за леталната годност и методи за оценка на съответствието- първоначална и периодична оценка на делтапланерите с установените изисквания.

Национални изисквания към летателната годност на делтапланерите и практики в различните държави в ЕС

В развитите авиационни държави, резултатите от сравнителния анализ на потенциалните опасности от различните класове ВС показват, че ниските значения на масата за излитане и минималните скорости на полета на свръхлеките ВС ограничават стойностите на тяхната кинетична енергия и ги определят като относително безопасни по отношение на трети лица и към околната среда. При това, обикновено за единица потенциална опасност се приема кинетичната енергия на тичащия човек. Потенциалната опасност при полет на делтапланер към трети лица и околната среда е сравнима с потенциалната опасност от тичащ човек, докато при леките ВС тази потенциална опасност е десетки пъти по-висока. С това преди всичко се обясняват и опростените подходи за сертифициране, допускане до полети и твърде либералните понякога правила за полети на свръхлеката авиация в редица държави от ЕС.

Процедурите за издаване на типов сертификат на свръхлеки ВС, в т.ч. и на мотоделтапланери, са регламентирани в Авиационните правила, Част 21 (АП-21), а процедурите за допускане на единични образци до летателна експлоатация се определя от националните законодателства на държавите-членки в ЕС.

Във Великобритания свръхлеките ВС са разделени на три различни групи: произведени от фирми-производители, произведени от любители и такива, които излитат с помощта на мускулната сила на краката на пилота. За тези групи са приети различни процедури за допускане до летателна експлоатация. Свръхлеките ВС, произведени от фирми, както и тези, които са произведени от любители, трябва да преминат проверка за съответствие с правилата „BCAR Section S“ (British Civil Aviation Regulation) на Британската администрация за гражданска авиация. Изискванията, заложени в „BCAR Section S“ се отнасят до всички класове свръхлеки ВС. Освен това, комбинацията „двигател + система за отвеждане на изгорелите газове + система за охлаждане + въздушно витло“ трябва да премине всички изпитания за допустимост на нивото на шума. За разлика от много други развити авиационни държави, както за големите самолети, така и за свръхлеките ВС във Великобритания изпитанията и допускането да летателна експлоатация се извършва непосредствено от авиационната администрация. Поради тази причина, произведените във Великобритания свръхлеки ВС струват по-скъпо, отколкото в другите държави в ЕС.

Счита се, че към настоящия момент в най-голяма степен са обосновани и апробирани изискванията за летателна годност на свръхлеките ВС и процедурите за тяхното допускане до летателна експлоатация, разработени и прилагани в Германия.

Федералният министър на транспорта на Германия има право по свое решение и собствено разпореждане (без съгласието на Съвета на Федерацията) да упълномощава юридически или физически лица да изпълняват задачи, свързани с използването на въздушното пространство от свръхлеки ВС. В Германия свръхлеките ВС се отнасят към категорията на спортните ВС. За допускане до летателна експлоатация на типа свръхлеко ВС, индивидуалното разрешение на ВС, подготовката на пилоти и издаването на свидетелства за пилоти се осъществява от Германския съюз на свръхлеката авиация DULV и Германския национален аероклуб DAeC. Тези организации са разработили и защитили свои норми за летателна годност за различните класове свръхлеки ВС.

Във Франция свръхлеките ВС не подлежат на сертификация, но трябва да бъдат регистрирани. Редът за регистрация е определен с документ № 7401 от 31.12.1994 г. на Главното управление на авиацията SFAST. Френските изисквания се разпростират върху всички класове свръхлеки ВС и се различават значително от Британските и от Германските изисквания със своята изключителна краткост. Свръхлеките ВС, произведени серийно, както и тези, произведени от индивидуални производители (любители), трябва да съответстват на посочените в документ № 7401 изисквания. Характерна особеност на френските правила е, че допускането на свръхлеки ВС до летателна експлоатация носи декларативен характер, за което производителя подава заявление в Главното управление на авиацията SFAST, което на основание на това заявление издава документ за регистрация и за допускане до полети. Разликата между удостоверението за типа (типовия сертификат) и удостоверението за всеки екземпляр (индивидуален сертификат) се състои в това, че първият се издава непосредствено от Централния орган на SFAST, а във втория – от регионалния орган на SFAST.

В Италия използването на свръхлеки ВС се регулира с правителствените Правила § 106, приети през.1985 г. Тези правила са изключително опростени. Липсват точно определени технически изисквания към свръхлеките ВС, както това е в Германия, Великобритания и Франция. За допускането до летателна експлоатация не се изисква представянето на технически разчети и извършването на изпитвания. Всичко това е оставено на отговорността на инженерите-конструктори. Въпреки това, тези разчети и изпитвания се извършват, като количеството на катастрофите със свръхлеки ВС в Италия поради конструктивно-производствени недостатъци не е по-високо, отколкото в другите европейски страни.

Оценка на годността на елементите от конструкцията

За решаване на задачата за оценка на годност на елементите от конструкцията, комплектуващите изделия и агрегати при делтапланерите обикновено се използва метода на аналозите. Този метод се основава на сравняване на елемента от конструкцията на изследвания за сертификация делтапланер с вече известен елемент, годността на който е потвърдена при опита от експлоатация, изпитвания или разчети, дали основание за издаване на сертификат за летателна годност. Задачата се решава на основата на анализа на особеностите, обобщенията на типовите елементи от конструкцията, материалите, комплектуващите изделия и агрегати от делтапланерите.

На фиг. 1 е представена блокова схема за оценка на годността на елементите от конструкцията на делтапланер по метода на аналозите.

Понастоящем, в 95 % от случаите за сравнение с оценяваните елементи могат да бъдат подбрани аналози, които имат абсолютно идентични размери, конструкционни материали и геометрически параметри. Номенклатурата на материалите, които се използват в конструкцията на делтапланерите, се свеждат до няколко групи традиционни материали, което значително облекчава оценката на елементите от конструкцията на ВС от дадения клас.

При различните видове натоварвания определящи се явяват различните геометрически характеристики на сечението на дадения елемент. При оценка на издръжливостта на елементите, работещи на опън, натиск, срязване и смачкване, при условие, че действащите натоварвания са еднакви, задачата се свежда до сравняване на площите на най-натоварените сечения на изследвания елемент и на аналога-еталон. Тогава условието за якост, а съответно, и условието за годност на елемента може да бъде записано във вида:

(1) $F_{i1} \leq F_{i2}$,

където: F_{i1}, F_{i2} са площите на *i*-тото сечение на оценявания елемент и този на аналога.

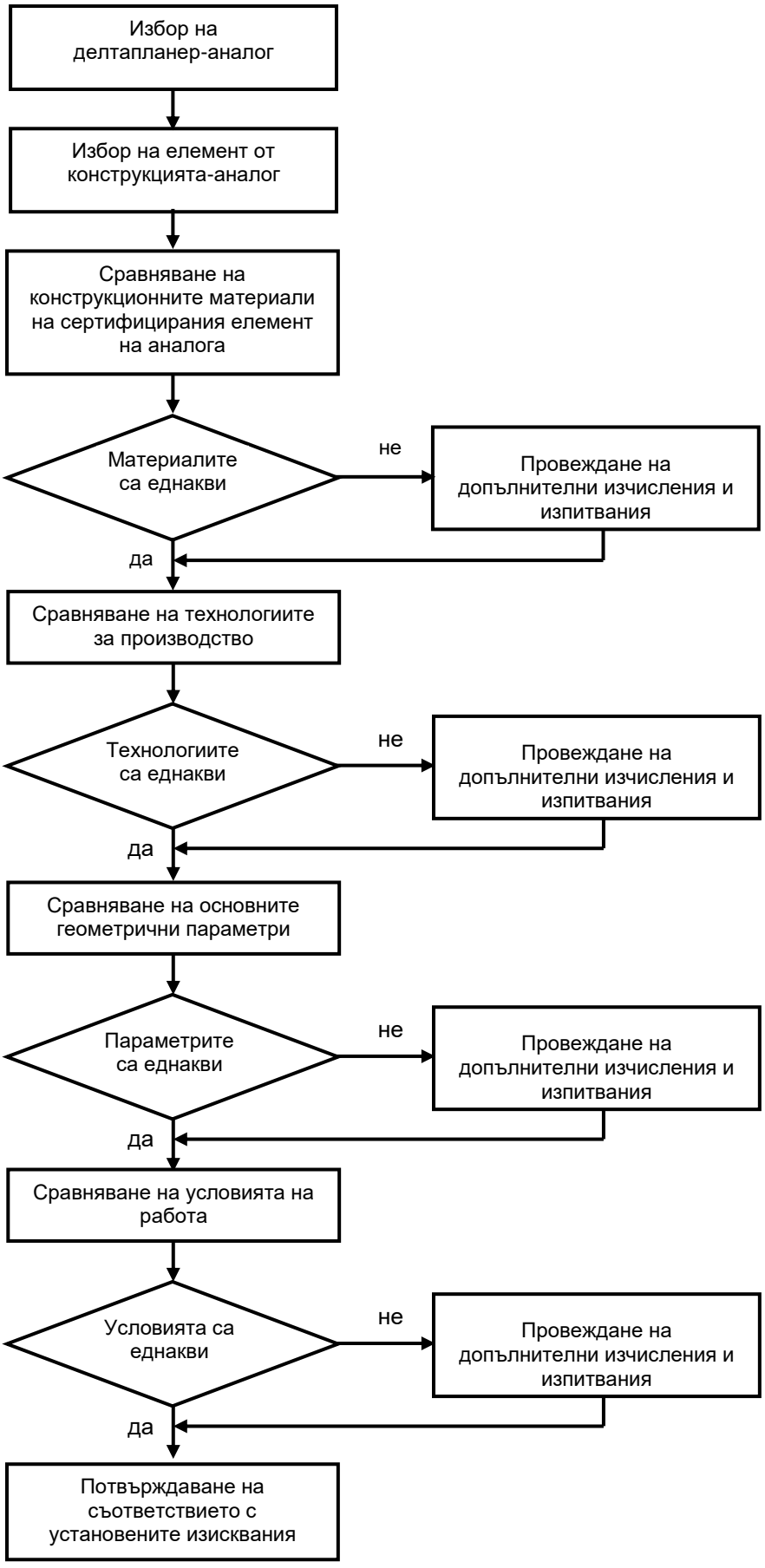
Ако оценявания делтапланер и еталонът имат различна максимална маса на излитане, то условието за якост и условието за годност на елемента може да бъде записано във вида:

(2) $G_{0\,2} / F_{i2} \leq G_{0\,1} / F_{i1}$,

където: G_{01}, G_{02} са максималните маси при излитане на оценявания делтапланер и тази на аналога.

При наличие на огъване, в съчетание с опън, натиск или срязване, определящите геометрически характеристики за якостта се явяват площта и момента на съпротивление на сечението. Оценката на якостта и годността на елементите се състои в сравняване на тези характеристики в най-натоварените сечения:

(3) $F_{i1} \leq F_{i2}$, $W_{i1} \leq W_{i2}$,



Фиг. 1. Блокова схема за оценка на годността на елементите от конструкцията на делтапланер по метода на аналозите

където: W_{i1}, W_{i2} са моментите на съпротивление на *i*-тото сечение на оценявания елемент и този на аналога.

При различна максимална маса на излитане условията за якост и условията за годност на елемента ще се определят по следния начин:

(4) $G_{0\,2}/\,F_{i2} \le G_{0\,1}/\,F_{i1}\,,\; G_{0\,2}/\,W_{i2} \le G_{0\,1}/\,W_{i1}\,.$

При надлъжно огъване за елементите от конструкцията може да бъде записано условие за якост и годност:

(5) $l_2 \le l_1\,,\; F_1 \le F_2\,,\; J_2 \le J_1\,,$

където: l_1, l_2 е дължината на сравняваните елементи на аналога и оценявания делтапланер, а J_1, J_2 са моментите на инерция на централното сечение на сравняваните елементи на аналога и оценявания делтапланер.

Ако максималните маси на излитане се различават, то условието за якост и условието за годност на елементите ще се запише по следния начин:

(6) $G_{0\,2}l_2 \le G_{0\,1}l_1\,,\; G_{0\,2}/\,F_2 \le G_{0\,1}/\,F_1\;\;,\;\; G_{0\,2}/\,J_2 \le G_{0\,1}/\,J_1\,.$

При съчетаване на натоварванията от надлъжното и страничното огъване, при еднаква максимална маса на излитане, условията за якост за такива елементи може да бъде записана в следния вид:

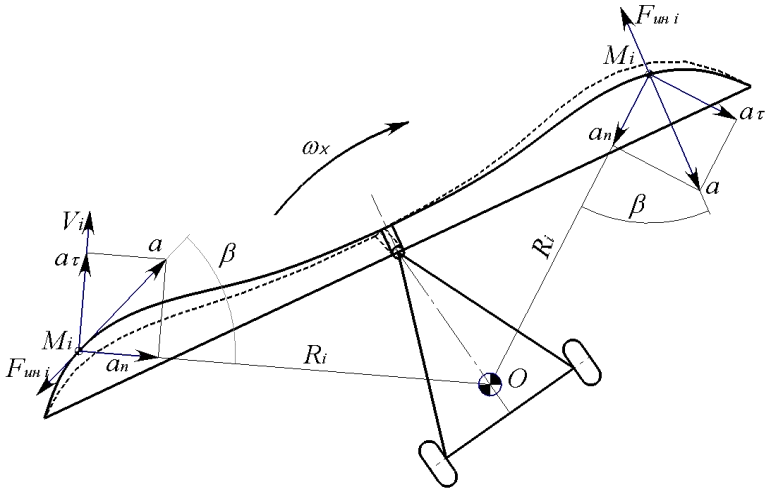
(7) $l_2 \le l_1\,,\; F_1 \le F_2\,, W_1 \le W_2\,,\; J_1 \le J_2\,.$

Ако максималните маси на излитане се различават, то условията за якост и условието за годност на гредовите елементи, едновременно натоварвани на огъване и натиск, могат да бъдат записани по следния начин:

(8) $G_{0\,2}l_2 \le G_{0\,1}l_1\,,\; G_{0\,2}/\,F_2 \le G_{0\,1}/\,F_1\;\;,\;\; G_{0\,2}/W_2 \le G_{0\,1}/\,W_1\,,\;\; G_{0\,2}/\,J_2 \le G_{0\,1}/\,J_1\,.$

Оценка на летателните характеристики, устойчивост и управляемост на делтапланерите

Посочените характеристики оказват съществено влияние върху аеродинамическите характеристики и динамиката на полета на делтапланера. В частност при ъгловото движение, при големи ъглови скорости и ускорения на делтапланера започват да действат допълнителни аероинерционни моменти, възникващи в резултат на деформацията на обшивката на крилото под въздействие на силите на инерция.



Фиг. 2. Схема на действие на силите на инерция при ускорено ъглово движение на делтапланера по крен:
——— положение на обшивката при липса на ъглово ускорение;
- - - - - - - положение на обшивката при наличие на ъглово ускорение.

Анализът на аеродинамическите характеристики показва, че стойностите на $c_{y_a max} \le 1{,}35$. Тази стойност може да бъде приета при оценка на минималната скорост на

полета на делтапланера по разчетни методи [4, 5]. На фиг. 2 е показана схема на действие на силите на инерция на елементарните участъци от обшивката на крилото при ускорено ъглово движение на делтапланера по крен.

Ускорението на елементарния участък от обшивката M_i може да бъде определен по неговите съставни: центробежното ускорение a_{τ_i}, насочено по допирателната към окръжността на въртене и нормалното ускорение a_{r_i}, насочено към центъра, разположен в т. О.

Модулът на пълното ускорение на участъка M_i ще бъде равен на:

(9) $$\alpha = R\sqrt{\left(\varepsilon^2 + \omega_\delta^4\right)},$$

където: $\varepsilon = \frac{d\omega_\delta}{dt}$ е ъгловото ускорение.

Тангенсът на ъгъл β между вектора на ускорението $\bar{a}$ и радиуса на окръжността е:

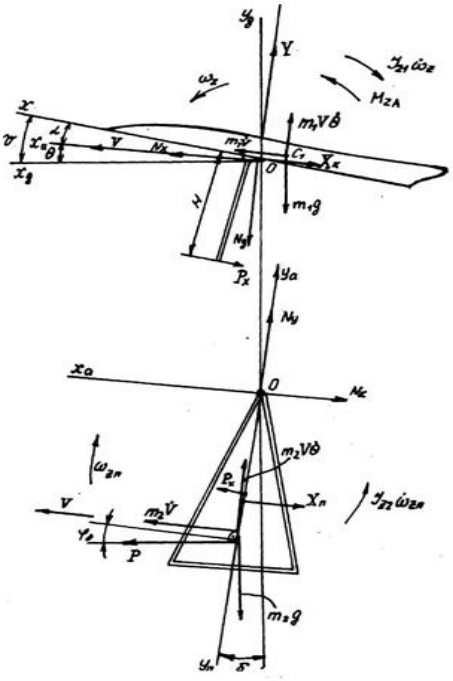
(10) $$tg\beta = \frac{\varepsilon}{\omega_\delta^2}.$$

Силата на инерцията, действаща на елементарен участък от обшивката, може да бъде определен по формулата:

(11) $$F_{\text{ин}_i} = m_i\, a_i\ ,$$

където: m_i е масата на *i*-я елементарен участък от обшивката.

След като се сумират силите на инерцията, действащи на елементарните участъци от обшивката, при ъгловото ускорение на движението на делтапланера спрямо оста Ox, може да бъде получено разпределението на натоварването по обшивката. От схемата на фиг. 2 е видно, че действието на силите на инерция ще доведе до преместване на части от обшивката във вертикална плоскост. Това преместване ще доведе до възникване на допълнителен аероинерционен момент по крен $M_{x_{\dot{\omega}_x}}$. Стойността на този момент зависи от величината на ъгловото ускорение $\dot{\omega}_x$. При увеличаване на ъгловото ускорение се увеличават силите на инерция, действащи върху обшивката, съответно се увеличават преместването на обшивката и величината на момента, който може да бъде причина за напречната динамична неустойчивост на делтапланера.



Фиг. 3. Схема на силите и моментите, действащи на крилото и на функционалния модул на делтапланера при изолирано надлъжно движение

В общият случай делтапланерът трябва да се разглежда като механическа система с осем степени на свобода за пространственото движение. Двете допълнителни степени на свобода (в сравнение със самолета) са ъгловото движение на функционалния модул спрямо

крилото в надлъжния и в напречния канал. Надлъжното движение на делтапланера се описва с обобщените координати X_g ,Y_g , ъгъла на тангаж на крилото – υ и ъгъла на тангаж на функционалния модул – δ, а самото ВС се разглежда като механическа система с четири степени на свобода [5], в общия случай. Схемата на силите и моментите, действащи върху делтапланера при неговата декомпозиция, отделно на крило и на функционален модул, е представена на фиг. 3.

Уравнението на надлъжното движение могат да бъдат получени в резултат на декомпозиция на силите и моментите, действащи на крилото и на функционалния модул. Могат да бъдат обособени три основни случая на надлъжно движение на делтапланера:

- управляващия трапец (УТ) е свободен;
- УТ е фиксиран и положението на функционалния модул спрямо крилото не се изменя;
- УТ се премества от пилота.

Във тези три случая уравненията, описващи постъпателното движение, остават неизменни:

$$m\frac{dV}{dt} = P\cos(\delta + \varphi_\partial - \Theta) - X - mg\sin\Theta,$$
$$mV\frac{d\Theta}{dt} = Y + P\sin(\delta + \varphi_\partial - \Theta) - mg\cos\Theta, \quad (12)$$

където: $m = m_1 + m_2$ е масата на делтапланера; m_1 е масата на крилото; m_2 е масата на функционалния модул; P е тягата; δ е ъгълът между оста O_{y_g} и оста $O_{y_п}$; φ_∂ е ъгълът на поставяне на силовата установка; $X_к$ е силата на съпротивление на крилото; $Y_п$ е силата на съпротивление на функционалния модул; Y е подемна сила; $X = X_к + X_п$ е сила на съпротивление на делтапланера.

Изменят се само уравненията на ъгловото движение.

1) <u>В случай, когато УТ е свободен</u>.

В този случай усилието на УТ е $P_x = 0$ и ъгловото движение на делтапланера в надлъжната плоскост ще се описва от две уравнения:

$$J_{z_1}\frac{d\omega_z}{dt} - m_1\left(ó_{c_1}\cos\alpha - õ_{c_1}\sin\alpha\right)\frac{dV}{dt} + m_1V\left(ó_{c_1}\sin\alpha + õ_{c_1}\cos\alpha\right)\frac{d\Theta}{dt} = M_{z_Л};$$

$$J_{z_1}\frac{d\omega_{z_1}}{dt} - m_2ó_{c_2}\cos(\delta - \Theta)\frac{dV}{dt} + m_2V\,ó_{ñ_2}\sin(\delta - \Theta)\frac{d\Theta}{dt} = \mathrm{P}\cos\varphi_\partial ó_p - m_2g\,ó_{c_2}\sin\delta - Õ_{ï}ó_{ðï}\cos(\delta - \Theta). \quad (13)$$

2) <u>В случай, когато УТ е фиксирана</u>.

Ако УТ не се премества спрямо функционалния модул, то ъгловите скорости на крилото и на функционалния модул съвпадат,

$$\omega_z = \omega_{zП}. \quad (14)$$

В такъв случай уравнението за ъгловото движение ще се получи от вида:

$$\left(J_{z_1} + J_{z_2}\right)\frac{d\omega_z}{dt} - \left[m_1\left(ó_{c_1}\cos\alpha - õ_{c_1}\sin\alpha\right) + m_2ó_{c_{12}}\cos(\delta - \Theta)\right]\frac{dV}{dt} + \left[m_1\left(ó_{c_1}\sin\alpha - õ_{c_1}\cos\alpha\right) + m_2ó_{c_{12}}\sin(\delta - \Theta)\right]V\frac{d\Theta}{dt} = M_{z_Л} + \mathrm{P}\cos\varphi_\partial ó_p - m_2gó_{c_2}\sin\delta - Õ_{ï}ó_{ðï}\cos(\delta - \Theta). \quad (15)$$

3) <u>В случай, когато УТ се премества от пилота</u>.

$$\left(J_{z_1}\frac{d\omega_z}{dt} + J_{z_2}\frac{d\omega_{zï}}{dt}\right) - \left[m_1\left(ó_{c_1}\cos\alpha - õ_{c_1}\sin\alpha\right) + m_2ó_{c_2}\cos(\delta - \Theta)\right]\frac{dV}{dt} + \left[m_1\left(ó_{c_1}\sin\alpha - õ_{c_1}\cos\alpha\right) + m_2ó_{c_2}\sin(\delta - \Theta)\right]V\frac{d\Theta}{dt} = M_{z_Л} + \mathrm{P}\cos\varphi_\partial ó_p - m_2gó_{c_2}\sin\delta - Õ_{ï}ó_{ðï}\cos(\delta - \Theta). \quad (16)$$

Ъгловата скорост на крилото е свързана с ъгловата скорост на функционалния модул чрез закона за преместване на УТ, който може да бъде зададен като функция от времето.В този случай уравнение (16) трябва да бъде допълнено с:

$$\frac{d\omega_z}{dt} = \frac{d^2\delta_з}{dt} + \frac{d\omega_{zï}}{dt}. \quad (17)$$

Фиг. 4. Блокова схема на математически модел на надлъжното движение на делтапланер

Като правило, УТ на делтапланера има упори, които ограничават преместването на крилото спрямо функционалния модул. Такива упори се явяват тялото на пилота и елементи от конструкцията. При изчисляване на надлъжното движение в първия и в третия случаи в момента на попадане на УТ на упор ъгловата скорост на крилото и на функционалния модул съвпадат, т.е. $\omega_z = \omega_{z\Pi}$.

За определяне на ъгловата скорост може да бъде използвана теоремата за изменение на момента на количеството на движение на механична система. С отчитането ѝ ъгловата скорост в момента на попадане на УТ на упор може да бъде определена по формулата:

(19) $$\omega_z = \frac{J_{z_1}\omega_z + J_{z_2}\omega_{z\Pi}}{J_{z_1} + J_{z_2}} .$$

Принципи за разработване на математически модел за определяне на летателната годност на делтапланер

Същността на всеки математически модел се явява математическото описание, което представлява пълна съвкупност от данните, функционалните отношения и методи за изчисление, необходими за получаване на резултата [5]. Като се използват основните принципи за динамиката на полета на въздухоплавателното средство, могат да бъдат формулирани основните изисквания към математическото описание на движението на делтапланера:

1) това описание трябва да отчита най-пълно взаимодействието на елементите в системата „делтапланер – пилот – среда“;

2) делтапланерът трябва да бъде представен като механична система, движението на която се описва от система нелинейни диференциални уравнения без пренебрегване на малките ъгли;

3) атмосферните условия трябва да бъдат задавани така, че да съществува възможност за отчитане на реалните стойности на температурата и налягането, както и на нестационарния във времето и пространството вектор на скоростта на вятъра;

4) трябва да бъдат предвидени възможности за моделиране (имитация) на отказ на двигателя, както и за грешки на пилота, които оказват влияние на динамиката на полета на делтапланера;

5) използваните изчислителни методи в различните елементи на математическото описание трябва да бъдат устойчиви, еднозначни, сходящи, като тези свойства трябва да се проявяват едновременно в тези елементи, където се прилагат.

Като се отчитат посочените принципи може да бъде разработен математически модел на динамиката на полета на делтапланер. Блоковата схема на математическия модел за надлъжното движение на делтапланер е посочена на фиг. 4.

Заключение

В заключение може да се отбележи, че анализът на теорията на полета дава основа за определяне на изискванията и методите за оценка на летателна годност на делтапланерите. С тяхното широко навлизане в авиационната практика има важно практическо значение за решаване на проблемите с назначаване и провеждане на ефективни дейности по определяне на летателната годност на делтапланерите с използването на съвременни методи на сравнителен анализ на елементите от конструкцията по метода на аналозите, разработване на основа за построяване на математически модели с висока степен на адекватност за решаване на широк кръг задачи от динамика на полета на делтапланера. Всичко това води до осигуряване на високо ниво на безопасност при провеждане на полети с делтапланери.

Литература:

1. Разширяване на задачите на Европейска агенция за авиационна безопасност: дневен ред за 2010 г., COM (2005) 578 окончателен.
2. Състояние на проекта за изграждане на европейска система от ново поколение за управление на въздушното движение (SESAR), COM (2007) 103 окончателен.
3. Приложение II към Регламент (ЕО) № 1592/2002 относно общите правила в областта на гражданското въздухоплаване и създаването на Европейска агенция за авиационна безопасност (OB L 240/1, 7.9.2002 г.
4. Клименко, А. П., Никитин И. В. Мотодельтапланы: Проектирование и теория полета.- М.: Патриот, 1992, 288 с.
5. Никитин, И. В. Особенности расчетов аэродинамических и летно-технических характеристик ВС в усложненных условиях полета. – М.: МГТУ ГА, 1996, с. 3–10.

СИСТЕМИ ЗА МОНИТОРИНГ НА ТЕХНИЧЕСКОТО СЪСТОЯНИЕ НА ВЕРТОЛЕТИТЕ

Георги Сотиров[1], Светлозар Асенов[2], Ангелина Чожгова[3], Михаил Владов[4]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Българско астронавтическо дружество – Пловдив
[3]Технически университет – София, Филиал Пловдив
[4]Молдова, Кишинев, «Comelpro» SRL
e-mail: spsbyte@space.bas.bg; asenov49fish@abv.bg; angelinachozhgova@gmail.com; Comelpro@mail.ru

Ключови думи: *Вертолет, бордова система за контрол и диагностика*

Резюме: *Разгледани са съвременните бордови системи за контрол HUMS (Health & Usage Monitoring Systems) на вертолетите. Предложени са концептуални подходи при проектиране, създаване, внедряване и развитие на системи за мониторинг на техническото състояние.*

MONITORING SYSTEMS FOR TECHNICAL CONDITION OF HELICOPTERS

Georgi Sotirov[1], Svetlozar Asenov[2], Angelina Chozhgova[3], Mihail Vladov[4]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Bulgarian Astronautical Society – Plovdiv
[3]Technical University – Sofia, Plovdiv Branch
[4]SRL «COMELPRO», Cishinev
e-mail: gsotirov@space.bas.bg; asenov49fish@abv.bg; angelinachozhgova@gmail.com; Comelpro@mail.ru

Keywords: *Helicopter, on-board control and diagnostic system*

Abstract: *Modern on-board control and diagnostic systems of helicopters are explained in this article. Conceptual approaches are proposed in the design, production, implementation and development of systems for monitoring the technical condition.*

Въведение

Създаването на системи от ново поколение за събиране на информацията и бордови системи за контрол и диагностика HUMS (Health & Usage Monitoring Systems) на вертолетите са вече реалност. Те значително подобряват ефективността на летателна и наземна експлоатация, реализират се условия за подобряване безопасността на полетите и съществено намаляват разходите за техническо обслужване и ремонт (ТОиР).

Очевиден е фактът, че в условията на интензивна експлоатация на вертолетите, използването на системи за мониторинг на техническото състояние (СМТС) – наземен и полетен бордови контрол, диагностика и прогнозистика, е пътя за постигане на голямо намаляване на експлоатационните разходи. Преминаването на вертолетите към стратегията за експлоатация по техническо състояние задължително налага окомплектоването им със системи HUMS.

Теория на метода

Идеята за създаване на системи, откриващи зараждащите се и развиващите се във времето неизправности се появява отдавна, а от 60-те години на миналия век с нарастването

на вертолетния парк и задачите за подобряване на надеждността и безопасността на полетите, тази идея е особено актуална [3].

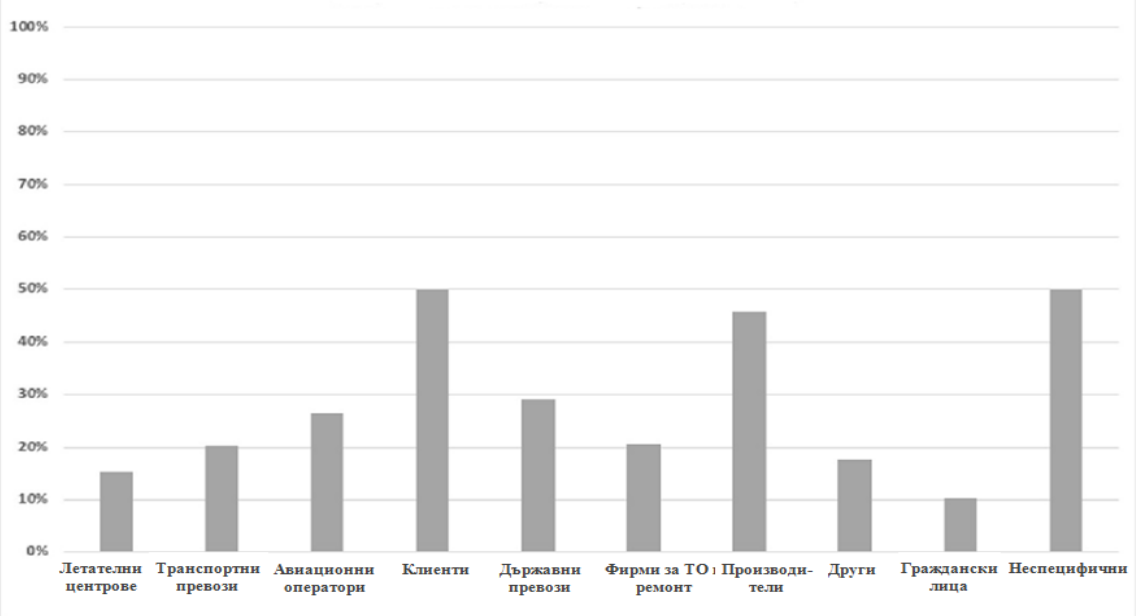
Статистическите данни показват, че най-голям е процентът на отказите и летателни произшествия (около 80%), свързани с неизправността на главния редуктор, трансмисията и носещите витла. Поради тяхната неизправност се реализират около 30 % от авариите с вертолетите [4].

В момента международната организация за гражданска авиация ICAO е въвела в действие ново приложение към Конвенцията по управление на безопасността на полетите и редакция към Ръководството по управление на безопасността на полетите. Акцентът в тях е преместен от предотвратяване в бъдеще на констатираните произшествия към превантивна работа по управление на рисковете в течение на целия жизнен цикъл на въздухоплавателното средство, включително и на етапа разработване. В настоящия момент не всички производители на вертолети, които разработват отделните елементи и датчици от системите за контрол и диагностика на състоянието на агрегатите, функционалните системи и оборудване са координирани и включени в единен системен технически интегратор.

Третото глобално изследване през 2017 г. по въпросите на безопасността на полетите, проведено от Международната група по безопасност на полетите на вертолетите (IHST), отчита нараснало участие на анкетирани, които предлагат ключови препоръки. Значителни са предложенията на авиационните компании от САЩ и Австралия, увеличили се почти два пъти в сравнение с предходното изследване. Те заедно с водещите в авиационно отношение европейски страни (Англия, Франция, Германия, Испания и др.) са производители и ползватели на СМТС на вертолетите [2]. Отчита се, че частните авиационни компании най-слабо прилагат препоръките на IHST и по тази причина остават в центъра на вниманието за осигуряване на изискванията по безопасността на полетите.

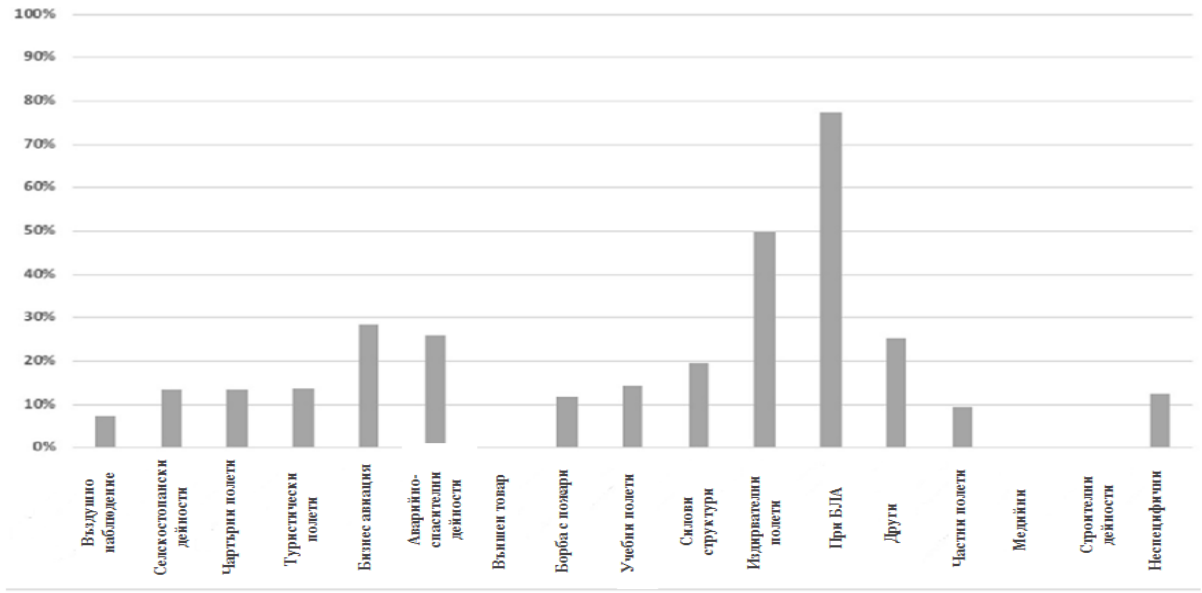
Като резултат от проведените изследвания се формира извода, че към момента все още не са постигнати задоволителни резултати за оборудване на вертолетите със СМТС. Както и преди, най-високо е нивото на прилагането им при авиокомпаниите от нефтогазовата промишленост и вертолетите от парка на ВВС.

На фиг. 1 е отразен процентният дял на използване на СМТС от авиационните оператори. Потвърждава се извода, че най-активно и пълноценно те се използват от водещите авиационни фирми, ВВС и вертолетите работещи в областта на нефтогазовата и дърводобивна промишленост.



Фиг. 1

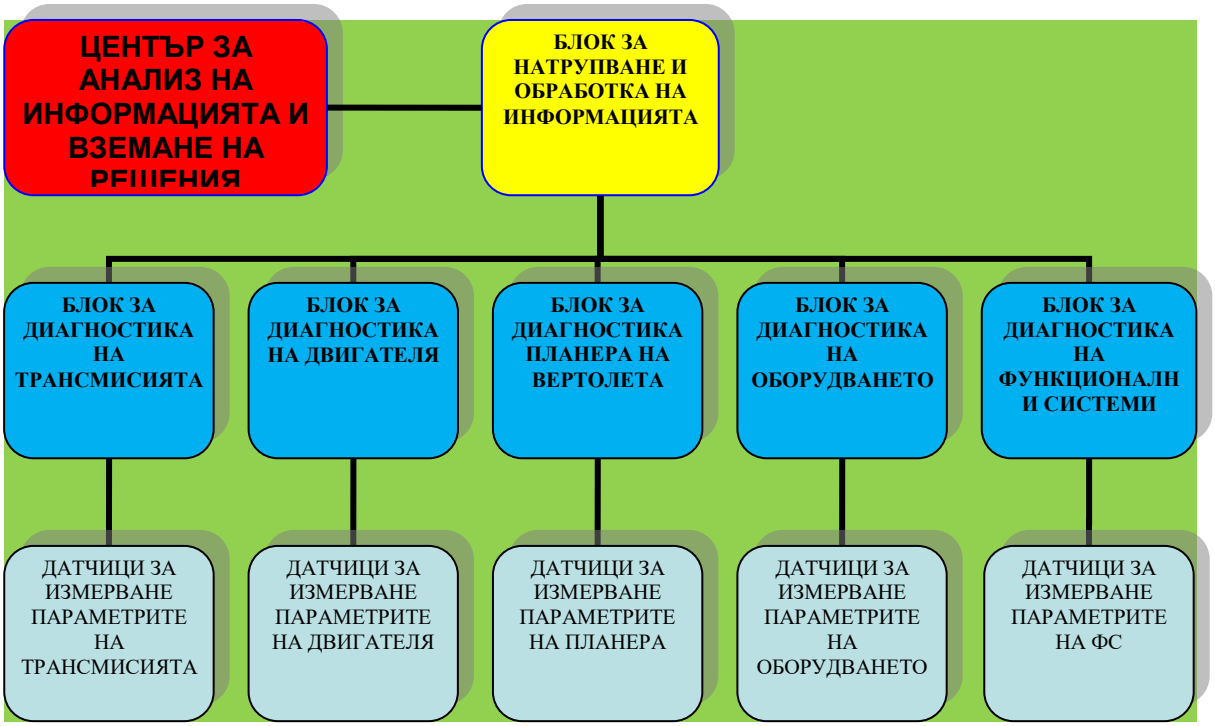
На фиг. 2 са представени резултатите от обработената статистика за използване на СМТС по видове авиационни дейности. Най-широко те се прилагат в конструкциите на проектираните вертолети за аварийно-спасителни дейности, на силовите структури, за превоз на пътници, и новопроизведени безпилотни вертолети.



Фиг. 2

Напълно автоматизираните СМТС предполагат използването на датчици разположени в критичните места в конструкцията на вертолета, които автоматично регистрират състоянието на компонентите. Системата записва параметрите на работата на елементите от конструкцията на планера и трансмисията, нивото на вибрации, информация за балансировката и съконусността на витлата, параметрите на двигателя, състоянието на въртящите се елементи. Основната ѝ задача е прогнозиране на бъдещи неизправности и откази с цел да се избегнат аварийните ситуации (фиг. 3).

Новото поколение системи за мониторинг на техническото състояние на вертолетите в момента се проектират с възможността за адаптация на оборудването към различни задачи или конкретни типове вертолети и интегриране със системите за спътникова връзка за постигане на оперативно предаване на регистрираните данни в реално време към изградените наземни центрове за контрол на безопасността на полетите.



Фиг. 3

Световните концептуални подходи при проектиране, създаване, внедряване и развитие на СМТС решават и задачи с различни противоречиви изисквания, като:

- да бъде функционална по своите възможности, чрез осигуряване на контрол на състоянието на всички критични конструктивни елементи;
- да интегрира всички различни използвани средства за контрол и диагностика;
- да осигурява оперативна адаптация към новите типове вертолети и експлоатацията им по техническо състояние.

Новите СМТС на вертолетите, като подсистема от комплекса на бордовото оборудване трябва да отговарят на изискванията и функциите за осигуряване на безопасно пилотиране, особено за недопускане на критични полетни режими и автоматичен контрол в полет на общите експлоатационни и летателни режими. Комплексирането на информацията от разнородните измервателни канали и датчици, и оперативната обработка на потока от информация в условията на реален полет на вертолета се осъществява от информационно-изчислителния модул на СМТС, чиято структурно-функционално организация е необходимо да отговаря на съвременните изисквания и стандарти.

Заключение

Практическата реализация на СМТС в перспективните проекти за създаване на вертолети е насочена към решаването на редица актуални задачи като:

- комплексиране на разнородна информация от контролираните елементи и локализация в полет на появилите се откази;
- предотвратяване на критични полетни режими чрез получаване на информация от датчиците за измерване на режимите в критичните точки на силовите елементи;
- полетен автоматичен контрол на експлоатационните и летателни ограничения , с оценка на достигането на граничните области;
- обективна диагностика и прогнозистика на развитието на критичните напрегнати-деформирани показатели на агрегатите и силовите конструктивни елементи на вертолета чрез използване на трикомпонентни вибродатчици и възможност за оптимизиране на пространствено-времевите им параметри;
- откриване на зоните с повишена уязвимост за възникване на пукнатини в конструктивните елементи на вертолетите;
- контрол на нивото на натоварванията върху колесника чрез използване на съвременни високочувствителни тензодатчици;
- диагностика и прогнозиране развитието на предотказното състояние на функционалните системи и агрегати на вертолета, реализирани чрез алгоритми на специално програмно осигуряване.

Литература:

1. Осипов, Н.Д., Анализ статистических данных по безопасности авиационной деятельности на вертолетах типа Ми-8Т и Ми-8МТВ-1(АМТ) в ГА России за период с 1994 по 2013 год., 132 ГосНИИ ГА, 2014.
2. Результаты глобального опроса IHST по безопасности: Year 2017, с. 10.
3. Goldfine, N., et al, “Eddy Current Sensor Networks for Aircraft Fatigue Monitoring.” ASNT Materials Evaluation, Aerospace Health Monitoring Vol 61, No. 7, July 2003.
4. Sarkar, S., Barndt, G., and Maley, S., “The Effects of Degraded Data on the Performance of Heath Usage Monitoring Systems (HUMS) in Rotary Wing Aircraft”, 9th Joint DoD/FAA/NASA Conference on Aging Aircraft, Atlanta, GA, March 2006Douglas, C. Giancoli General physics. Prentis hall Inc. 1984.
5. “Structural Integrity Monitoring – Acoustic Airframe Integrity Monitoring System” Product Data Sheet, Ultra Electronics Limited, Middlesex, UK, 2005.
6. White, D. and Vaughan, R., “Fleet Usage Monitoring is Essential in Improving Aging US Army Helicopter Safety, Availability, and Affordability” 9th Joint FAA/DoD/NASA Aging Aircraft Conference, Atlanta GA, March 2006.

CREATING DIGITAL EHEALTH REPOSITORY (THE NEW DIGITAL LIBRARY)

Malina Jordanova[1], Frank Lievens[2], Anton Vladzymyrskyy[3]

[1]Space Research & Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria
[2]International Society for Telemedicine & eHealth, Belgium & Switzerland
[3]Research and Practical Center of Medical Radiology, Department of Health Care of Moscow, Russia
e-mail: mjordan@bas.bg

Keywords: *Telemedicine, eHealth, digital library*

Abstract: *The paper presents in brief the launch of a free of charge digital library, focused on Telemedicine and eHealth. Its goal is to enhance the knowledge sharing by giving users access to multiple contents. With more than 1200 papers included only in the one of the sections, not mentioning hundreds of abstracts, it is definitely worth paying special attention to this library. The latter is offering an extraordinary virtual tool for all engaged in the field of Telemedicine/eHealth. The content is accessible from the Media Section of the website of the International Society for Telemedicine and eHealth (ISfTeH), https://www.isfteh.org/media.*

СЪЗДАВАНЕ НА ЦИФРОВО ХРАНИЛИЩЕ В ОБЛАСТТА НА ЕЛЕКТРОННОТО ЗДРАВЕОПАЗВАНЕ (НОВАТА ВИРТУАЛНА БИБЛИОТЕКА)

Малина Йорданова[1], Франк Ливенс[2], Антон Владимирски[3]

[1]Институт за космически изследвания и технологии, Българска академия на науките, България
[2]Международно общество за телемедицина и електронно здравеопазване, Белгия & Швейцария
[3]Изследователски и практически център по медицинска радиология, Катедра по здравеопазване на Москва, Русия
e-mail: mjordan@bas.bg

Keywords: *Телемедицина, електронно здравеопазване, цифрова библиотека*

Резюме: *Статията представя накратко стартирането на безплатна цифрова библиотека, насочена към телемедицина и електронно здравеопазване. Целта й е да помогне за обмен на знания, като даде на потребителите достъп до голямо количество информация. С повече от 1200 статии, включени само в една от секциите на библиотеката, без да се споменават стотици резюмета, определено си заслужава читателят да обърне специално внимание на тази библиотека. Тя предлага изключителен виртуален инструмент на всички ангажирани в областта на електронното здравеопазване. Съдържанието е достъпно от Медийната секция на уеб сайта на Международното дружество за телемедицина и електронно здравеопазване (ISfTeH), https://www.isfteh.org/media.*

Introduction

A digital library is: “a collection of digital resources that may have existed only in a digital form, or have been converted from another form to a digital. These resources are generally stored in a broad range of formats and can be accessed by users over a computer network” [1].

Digital libraries are the new norm in many public and academic organizations and their significance is increasing as they

- Make the information retrieval easier, i.e. give access to multiple contents with just a mouse click;
- Overcome one of the main limitation of traditional libraries – the physical space and thus can store more information;
- Can be updated, if and when needed even on a daily basis;

- Act as a repository of publications, research data, information and findings;
- Create a virtual heritage of information for the generations to come as they help solving the problem of deterioration.

Digital libraries differ in terms of size, scope and purpose. Institutions, organizations or even individuals may maintain them [1].

This paper presents in brief the launch of a new, free of charge digital library and its first sections.

Why the digital library was created

The development and launch of the digital library, focused on Telemedicine/eHealth, is in response to the ISfTeH mission to *"Facilitate the international dissemination of knowledge and experience in Telemedicine and eHealth and providing access to recognized experts in the field worldwide"*. It is also line with the constant efforts of the organization to share knowledge and expertise not only between its members but also with all interested parties.

The library was launched in 2018. It is incorporated in the website of the International Society for Telemedicine and eHealth (ISfTeH, https://www.isfteh.org). At present, two sections "Knowledge Resources" and "Telemedicine/eHealth History" are available. They are accessible from the Media part of the web https://www.isfteh.org/media (Fig. 1).

Fig. 1. Access to the digital library

The purpose of the digital library is not only to collect, store and organize information but also to strengthen communication and encourage cooperation between all interested parties.

The importance of the ISfTeH digital library is enormous. It is a blessing for many people and organizations. Users can both read the contents and download it, when required, if they have a decent internet connection and a computer or a mobile device. The access to all included texts is free of charge. What is more, the library is becoming a portal, where organizations, groups and/or individuals may publish their researches, share their expertise and gain information to enhance their work. It gives a great amount of choices and with a huge quantity of selections, it boost users to expand their horizons.

The library is enhancing the knowledge sharing by giving users access to multiple contents. Knowledge is a strategic resource. It is a significant source increasing the competitive advantage of organizations and individuals. Often is underlined that in a complex and dynamic environment, as Telemedicine / eHealth, knowledge has a pivotal role both as a resource in itself and as an integrating factor that makes other resources and capabilities effective [2].

What is available as per fall 2018?

As already mentioned, two sections are accessible at present: "Telemedicine/eHealth History" and "Knowledge Resources".

The *"Telemedicine/eHealth History"* or the history section, to name it shortly, is an important part of the digital library. There are many reasons why to study history. History provides us with valuable information, solutions and ideas. Everything that happened a second ago is already a history.

"The Past supplies the key to the Present and Future". This is an old wisdom. History tells us how we came to know what we know today. The importance of knowing history is summarized by

Marcus Tulius Cicero (106–43 BC), roman writer, politician and great orator almost 2000 years ago: “Not to know what has been transacted in former times is to be always a child. If no use is made of the labors of past times, the world must remain always in the infancy of knowledge”. These words are especially applicable to the necessity to study history of medicine. The latter is much more than the history of doctors, nurses and medical discoveries. The patients are also a major part of the broad picture. No doubt, throughout human evolution health and diseases always were matters of major concern and had a profound effect on human society, shaping it.

Yet, at present, the history of Telemedicine /eHealth is difficult to find at one place. There are many publications on the topic focused mainly on the history of telemedicine in West Europe and USA. The difference of the “Telemedicine/eHealth History” section is that it starts with a resume of telemedicine history worldwide but it also is aimed at giving a platform to different countries to present and share the history of their Telemedicine/eHealth implementation, describing all successes and failures.

Two books laid the foundation of this section. The first is the "Atlas of the Telemedicine History" [3] that illustrates the main historical stages of the telemedicine development. The second book is “A Century of Telemedicine: Curatio Sine Distantia et Tempora” by A. Vladzymyrskyy, M. Jordanova and F. Lievens [4]. This book is an overview of telemedicine implementation until the beginning of 1990s and is a result of the 10 years research. The book is not just a duplication of the previous publications. Researchers of telemedicine history will not be disappointed reading it as new facts, theories, and amazing stories from different parts of the world are included. These two books also inspired a new series of publications dedicated to a deep scientific analysis of the history of telemedicine technology worldwide named “A Century of Telemedicine - A World Wide Overview”.

The book "A Century of Telemedicine - A World Wide Overview (Part I)" [5] is the first one, committed devoted to a detailed presentation of Telemedicine and eHealth history in different countries. Each chapter is devoted to one country. The chapters provides a glimpse and summarizes the practical achievements, existing solutions and experiences in Australia, Brazil, Czech Republic, India, Nigeria and Russia. The goal of the authors was to share these experiences with international, national and regional institutions and policy makers as well as with all groups or individuals involved in healthcare. The book was launched during the international Med-e-Tel conference (April 2017, Luxembourg).

The next book from the series, "A Century of Telemedicine - A World Wide Overview (Part II)" [6] reveals the long way and the enormous efforts of Chile, Finland, Georgia, Japan, Peru and USA in wide implementation of Telemedicine/eHealth. It is worth underlining that the countries presented in each volume are chosen on basis of a random selection method.

The history section also includes the “The History of Telehealth in Rio Janeiro State Brazil” [7] and “Lessons Learned from 25 Years with Telemedicine in Northern Norway” [8].

The second section is “Knowledge Resources”. It is inspired from Med-e-Tel: The International eHealth, Telemedicine and Health ICT Forum for Education, Networking and Business. Med-e-Tel was an official annual event of ISfTeH from 2002 until 2017. It was an eHealth science, practice and market meeting place by excellence.

Med-e-Tel was the gathering place with a proven potential for Education, Networking and Business among a global audience with diverse professional backgrounds. It brought suppliers of specific equipment and service providers together with buyers, healthcare professionals, scientists, decision makers and policy makers from many countries around the globe and provided them with hands-on experience and knowledge about currently available products, technologies and applications. This was the forum where state-of-the-art products, ideas, projects, etc., were presented and discussed. Year after year Med-e-Tel was the nesting place for new international co-operations and partnerships between scientific groups and institutions, small, medium and large size enterprises, from all over the world.

Med-e-Tel was publishing Electronic Proceedings since 2006 and the series “Global Telemedicine/eHealth Updates: Knowledge Resources” since 2008. Both publications presented a collective experience of experts from different continents all over the world. Papers revealed various national and cultural points of view on how to develop and implement Telemedicine/eHealth solutions for the treatment of patients and wellbeing of citizens. Year after year the series “Global Telemedicine and eHealth Updates: Knowledge Resources” provided a glimpse and summarized the most recent practical achievements, existing solutions and experiences and ongoing projects in the area of Telemedicine/eHealth.

Both publications offered ideas and valuable knowledge to those who were, and still are, preparing to update or start introducing Telemedicine/eHealth in their regions or countries. They allowed readers to rely on the experience of others, make them aware of the benefits and problems

that encountered during or after implementation of systems or services, and as such help them to avoid mistakes and reduce potential problems.

One of the most important initiatives of Med-e-Tel was the creation of a Knowledge Database on its website. This database, available free, provided copies of all abstracts, papers and presentations made at Med-e-Tel throughout the years (2002-2017). It was a comprehensive listing, providing an overview of Telemedicine and eHealth research, technology, practical experiences and information from around the world, updated year after year with new titles and links.

After the official end of Med-e-Tel, the huge information database was lost. The creation of the sections “Knowledge Resources” and “Telemedicine/eHealth History” partially compensate this loss.

The “Knowledge Resources” page (Fig. 2, https://www.isfteh.org/media/category/knowledge_resources) includes all ten volumes of the series “Global Telemedicine and eHealth Updates: Knowledge Resources” as well as the Electronic Proceedings of Med-e-Tel, listed per year. The content of the books and proceedings is free to read and download.

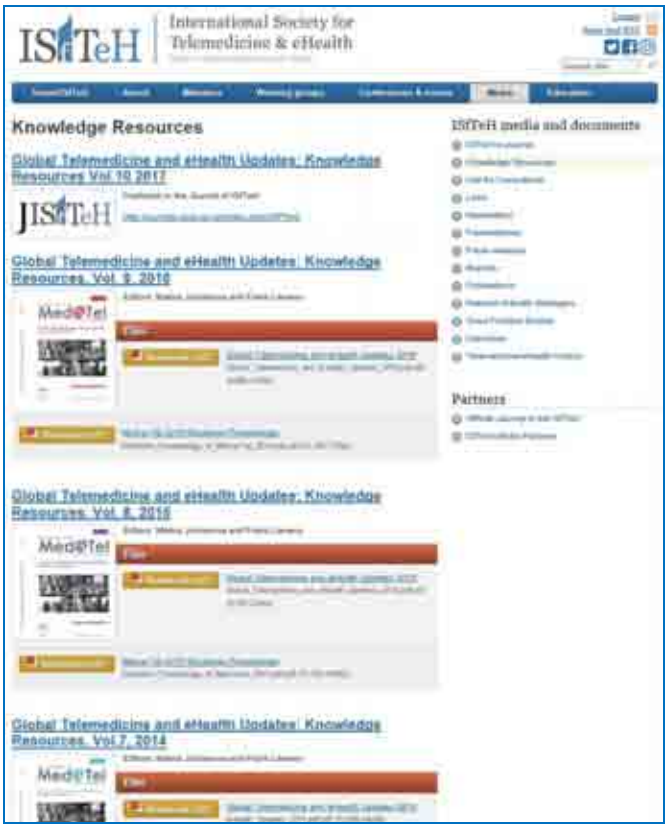


Fig. 2. Knowledge Resources section

The content of the books is divided in chapters covering various areas of Telemedicine/eHealth. The chapters, and papers in each chapter, are listed alphabetically and the original style of the authors is respected as much as possible. “How”, “Where”, “When” and especially “How Much” – are only part of the questions that authors were trying to answer.

With more than 1200 papers, only in the books, it is definitely worth paying special attention to this section of the library. The latter is offering an extraordinary virtual tool for all engaged in the field of Telemedicine/eHealth. The topics covered all areas of healthcare – audiology; cardiology; dentistry; maternal care; nursing; prevention; primary and emergency care; psychiatry; surgery and traumatology, etc. In addition, some more general topics are widely presented to mention some - disability and assistive technology; disease management and treatment adherence; eLearning; eHealth economics; ethics, law, user needs in telehealth services; international telemedicine and eHealth initiatives and developments; maritime telemedicine; mobile solutions (mHealth); cross-border healthcare, national and regional telemedicine/ehealth initiatives; space technologies applications; standards and security; open source software in healthcare, smart and assistive technologies for independent living and wellbeing, etc. Not underestimating the other topics it is necessary to focus readers’ attention to the huge amount of papers presenting evidence based research. The Evidence Based Telemedicine/Telehealth publications provide evidence of Telemedicine/Telehealth outcomes,

i.e. an insight into clinical and/or economic effectiveness and efficiency of Telemedicine/Telehealth applications.

The information included in the “Knowledge Resources” section provides directions of a wide variety of decisions, able to affect the form and functioning of the healthcare sector over the next decades. It offers clues towards the expected future of health organization at community level. The results and guidelines presented apply to all – national and local administration, individual practitioners, group practices, healthcare systems, as well as to providers of health-related services where there are Telemedicine/eHealth interactions either directly to the patient or from provider to provider for the purposes of healthcare delivery.

Conclusions

Telemedicine/eHealth technological solutions are available and ready for implementation. If carefully realized, taking into account the needs of the community, cultural frames and economic development, they are able to improve both access to and the standard of healthcare, and thus to close the gap between the demand and supply of affordable, high quality healthcare to everyone, at any time, everywhere. The ISfTeH digital library provides useful information to those who are preparing to introduce or expand Telemedicine/eHealth. They give readers the chance to rely on the experience of others, make them aware of the benefits and problems that were encountered and as such, help them to avoid re-inventing the wheel.

References:

1. Digital Library. Technopedia https://www.techopedia.com/definition/14337/digital-library, last visit 16.8.2018.
2. Omerzel, D. G. and R. E. Gulev. Knowledge Resources and Competitive Advantage, Managing Global Transitions, University of Primorska, Faculty of Management Koper, vol. 9 (4 (Winter), pp. 335–354, 2011.
3. Dumanskyy, Yu. V., A. V. Vladzymyrskyy V. M. Lobas and F. Lievens. Atlas of the Telemedicine History, Donetsk, Publishing House Knowledge, 2013 (in English and in Russian).
4. Vladzymyrskyy, A., M. Jordanova and F. Lievens F. A Century of Telemedicine Curatio Sine Distantia et Tempora, Sofia, Bulgaria, 2016, ISBN 978-619-90601-1-7
5. Vladzymyrskyy, A., M. Jordanova and F. Lievens (Eds.) A Century of Telemedicine: Curatio Sine Distantia et Tempora. A World Wide Overview, Part I, Sofia, Bulgaria, 2017, ISBN 978-619-90601-2-4
6. Jordanova, M., F. Lievens and A. Vladzymyrskyy. A Century of Telemedicine: Curatio Sine Distantia et Tempora A World Wide Overview. Part II, Sofia, Bulgaria, 2018, ISBN 978-619-90601-3-1
7. Monteiro, A. and J. Neves. A História da Telessaúde da Cidade para o Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brazil, 2015.
8. Hartvigsen, G. and S. Pedersen. Lessons learned from 25 years with telemedicine in Northern Norway, Publisher: University Hospital of North Norway, Norwegian Centre for Integrated Care and Telemedicine, P.O. Box 35, N-9038 Tromsø, Norway, 2015.

WEB-SITE OF THE BULGARIAN SPACE INSTRUMENTATION INITIATIVE

Rositsa Miteva, Mariana Zaharinova, Tatiana Belichenova, Garo Mardirossian

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

Keywords: *Bulgarian space instrumentation, spacecraft, web-site*

Abstract: *The current status of the website devoted to space payload, instrumentation and complex systems developed by Bulgarian scientists and engineers is presented. The aim of this initiative is to summarize the available information and to provide a short description for each instrument supported by a wealthy photo and video material to be accessed via a public website. The information is organized in decades, starting from 1970s to present day, by scientific programs and alphabetically by the name of the individual instrument. The website is supported by the Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Science and is freely accessible at: www.space.bas.bg/legacy*

УЕБ-САЙТ НА ИНИЦИАТИВАТА ЗА БЪЛГАРСКА КОСМИЧЕСКА АПАРАТУРА

Росица Митева, Мариана Захаринова, Татяна Беличенова, Гаро Мардиросян

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

Ключови думи: *Българска космическа апаратура, спътници, уеб-сайт*

Резюме: *Представяме настоящото съдържание на уеб-сайта, предназначен да показва космически уреди, апаратура и комплексни ситеми създадени от български учени и инженери. Целта на настоящата инициатива е да се систематизира наличната информация и да се представи кратко описание на всеки уред, заедно с богат фото и видео материал на публично достъпен уеб-сайт. Информацията е организирана по десетилетия, започващи от 70-те години на миналия век до днешни дни, по научни програчи и по името на индивидуалния уред в азбучен ред. Уеб-сайтът се поддържа от Института за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките и е със свободен достъпен на адрес: www.space.bas.bg/legacy*

Introduction

The objective of the current initiative is to create a comprehensive listing of all Bulgarian innovations for space exploration that were implemented as components, payloads, instrumentation or/and complex system aboard satellites, interplanetary missions or/and orbital stations. The background of this project and the initial stages devoted to the setting up of the web-site are described in a previous report [1]. There, the main structure of the web-site is also presented and the overall structure is still kept. In this report we present our results from gathering relevant information, structuring the contents and editing the web-site. We used currently available to us materials, such as: books [2–6], conference proceedings books [7,8], description of payloads [9], concise reviews on specific missions [10], different popular newspapers articles, as well as numerous external links (for brevity, web-links are not listed here but are given at the appropriate places in the web-site). The focus here is on the first two decades of instrumentation, 1970s and 1980s.

Web-site

The website of the initiative of the Bulgarian Space Instrumentation can be accessed at the following address: www.space.bas.bg/legacy

Screen views of the home page in English and in Bulgarian are shown in Fig. 1 and Fig. 2, respectively. Video materials are to be hosted at an external web-pages in order to facilitate the viewing of the various video formats and to provide alternative access to them.

Fig. 1. Screen-view from the web-site home page in English

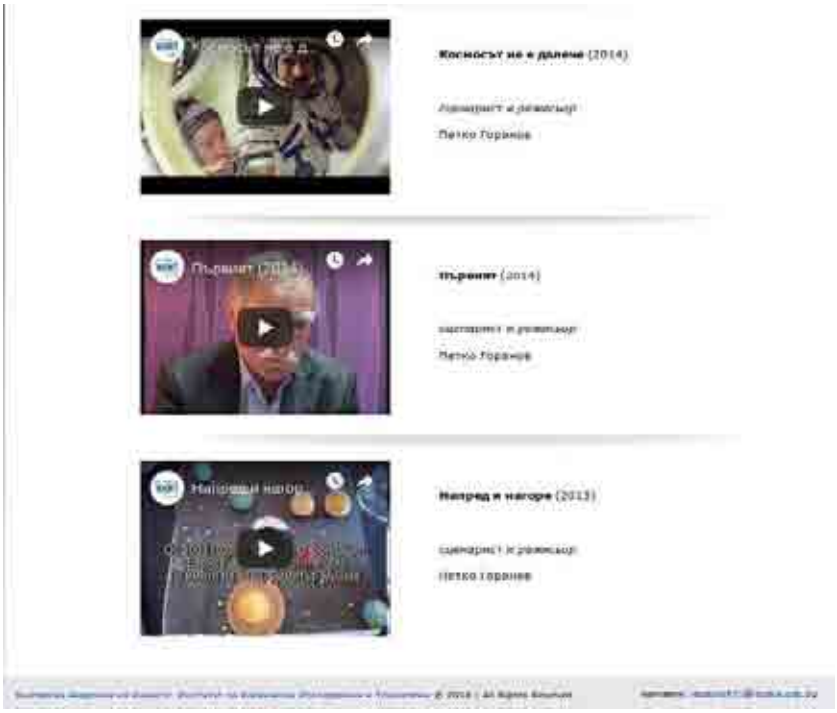


Fig. 2. Screen-view from the lower part of the home page in Bulgarian

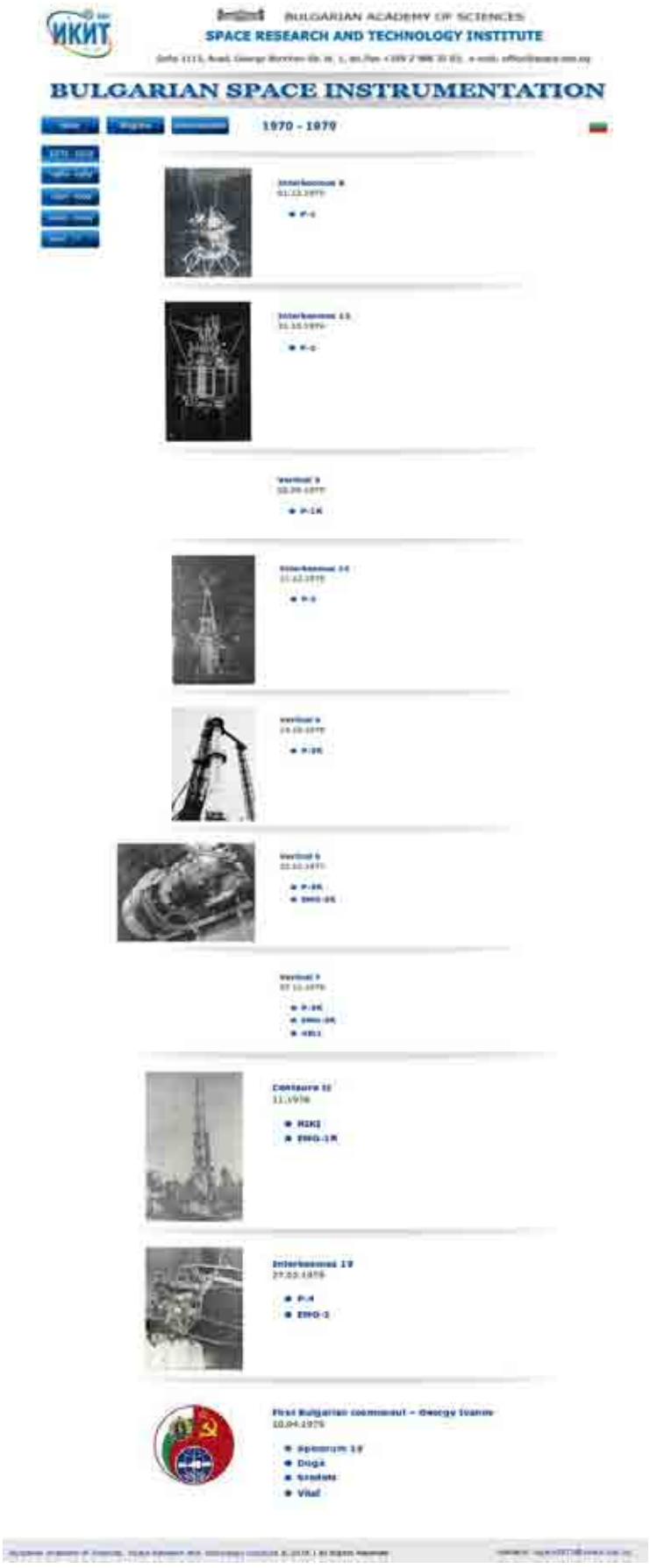


Fig. 3. Screen-view from the 1970s instrumentation

Concise description of the 1970s instrumentation

The current list of instrumentation launched at space vehicles in the 1970s (1970–1979) is shown in Fig. 3. In total 10 different missions were identified that carried about 17 different instruments (or their improved versions) aboard.

This decade is the starting point for the Bulgarian space efforts, both in terms of launching equipment (in 1972, ranking 18th among the space nations) and sending an astronaut to a near Earth orbit (in 1979 and thus ranking at 6th position).

The payload of the series P and P-R (for 'pribor') were build, tested and used at several missions of the *Interkosmos* satellite series and *Vertical* heavy vertical rockets. In addition, the first Bulgarian electro-photometer (EMO) and the first in the world four-electrode ion trap (4ELI) were designed and took part in launches during the latter half of the decade.

The 1970s end with the narrow escape of a failed mission to the orbital station *Salyut-6*, when an engine failure of *Soyuz-33* cancels the docking and puts the team, Nikolai Rukavishnikov and Georgi Ivanov, into a life hazard situation. This is the first safe landing over a ballistic orbit for a space crew. All scientific experiments planned during this mission were successfully performed by the next mission crews at *Salyut-6*. Georgi Ivanov is Bulgaria's first astronaut and with his flight (on 10.04.1979) Bulgaria achieves the sixth position among all astronaut countries.

Concise description of the 1980s instrumentation

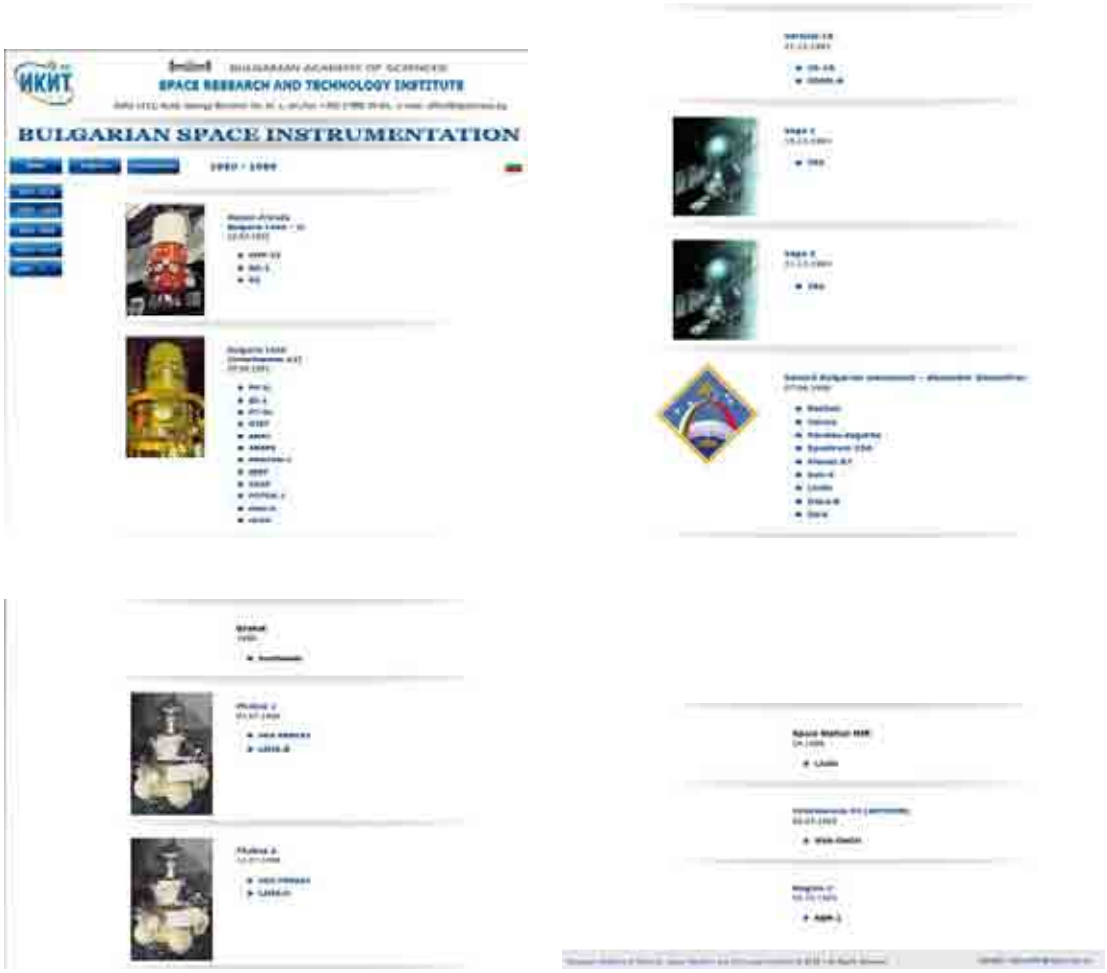


Fig. 4. Panel of screen-views from the 1980s instrumentation

The 1980s (1980–1989) set of instrumentation contains one of the major achievements for the Bulgarian space efforts, namely the initiation and successful completion of two science programs consisting only of Bulgarian payload (see in Fig. 4). These are the *Bulgaria-1300 I* and *II* (*Meteor-Priroda*) missions. Both programs were launched on soviet satellites of different series, *Interkosmos* and *Meteor*, respectively. First chronologically, *Meteor-Priroda* contains only three Bulgarian instruments

aboard, whereas during the *Bulgaria-1300 I* a total of 12 different instruments [10] were designed and implemented for space measurements.

Among the other international space participations during the 1980s, we note the Bulgarian contribution to *Phobos 1* and *2* interplanetary spacecraft, both of which failed to reach their goals. Images of the Martian satellite Phobos from the Bulgarian video-spectrometric system Fregat were the few successful outcomes of this dual mission.

Another highlight from the 1980s is the flight of the second Bulgarian astronaut Alexander Alexandrov on 07.06.1988 together with Anatoly Solovyev and Victor Savinykh. Alexander Alexandrov is the first Bulgarian astronaut to visit an orbital station (*MIR*). During this mission, various experiments from a comprehensive scientific program *Shipka* were performed based on nine different instruments. With the successful mission of a second astronaut, Bulgaria takes at present the ninth place among all astronaut nations.

Outlook

The web-site is currently under development. The main description of the instrumentation from 1990, 2000 and 2010-decade is under completion. The web-site contents will be enriched with information, photos, videos and publication materials as soon as they become known or/and are provided to the developing team.

Acknowledgements

This initiative is supported by the Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Science, also hosting the web-site. The authors are grateful to the following contributors (listed alphabetically) who provided us with descriptions, archive materials, private photos and videos (as of end-October 2018): Alexander Bochev, Anna Buzekova, Tsvetan Dachev, Ivan Dimitrov, Lachezar Filchev, Petar Getsov, Petko Goranov, Zoya Hubenova, Rositza Koleva, Alexandar Krumov, Jordanka Semkova, Aleksei Stoev, Yordan Tassev, Dimitar Teodosiev, and Valeri Vassev. We apologize for any omissions from this list.

References:

1. Miteva, R., T. Belichenova, M. Zagarinova, G. Mardirossian and P. Getsov. Bulgarian Space Instrumentation. Tenth Workshop ‘Solar Influences on the Magnetisphere, Ionosphere and Atmosphere’, 2018, proceedings of the conference held 4–8 June 2018 in Primorsko, Bulgaria, edts. K. Georgieva, B. Kirov and D. Danov, ISSN 2367-7570, pp. 139–143.
2. Serafimov, K. Space research in Bulgaria (in Russian). Bulgarian academy of sciences pulb., Sofia, 1979.
3. Serafimov, K. Bulgaria and the cosmos (in Bulgarian). Narodna mladezh publ., Sofia, 1979.
4. Ivanova, T. And V. Stoyanov. Greenhous under the sky (in Bulgarian). VST publ., Sofia, 2002.
5. Mishev, D. Space research in Bulgaria (in Bulgarian). Acadmic publisher ‘Marin Drinov’, Sofia, 2004.
6. Mardirossian, G. Introduction in astronoutics (in Bulgarian). Acadmic publisher ‘Marin Drinov’, Sofia, 2012.
7. Conference proceedings book: 10 years space project ‘Shipka’. SRI-BAS, Sofia, 1998.
8. Third International Scientific Conference “Space, Education, Innovation”, Vol. I, Shumen, Bulgaria, 21–23 May, 2014.
9. Chapkunov, S, T. Ivanova, M. Petrunova. Bulgarian space paylods for investigation of near-Earth plasma, 1977, Radio, television and electrotechnics, Vol. 11, pp. 9–11.
10. Ivanova, T. 30 Years "Bulgaria-1300" Satellites, 2011, Proceeding of the Seventh scientific conference with international participation (SES 2011), 29 November–1 December 2011, Sofia, Bulgaria, ISSN 1313–3888, pp. 9–16.

ПОВИШАВАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА НА СИЛИЦИЕВИ ФОТОЕЛЕМЕНТИ ЧРЕЗ ОБЛЪЧВАНЕ С ЛАЗЕРНО ЛЪЧЕНИЕ КАТО ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ЕНЕРГИЙНО ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ НА ИЗКУСТВЕНИ СПЪТНИЦИ НА ЗЕМЯТА

Милен Замфиров

Софийски университет «Св. Климент Охридски»
e-mail: m.zamfirov@fppse.uni-sofia.bg

Ключови думи: *Лазерни системи, силициеви фотоелементи, спътници*

Резюме: *Лазерните системи могат да се разглеждат като най-добрата перспектива за предаване на енергия между космическите апарати. Така сателитите могат да бъдат спасени с лазерна енергия само за няколко седмици работа. По този начин могат да бъдат реализирани допълнителни печалби от инжектираните сателити с лазерна енергия от порядъка на милиони долари. В настоящия доклад се представят експериментални данни, свързани с преобразуването на енергия от слънчево-енергийна система - /лазер на метални пари и CO2-лазер – фотоволтаичен панел/.*

INCREASING EFFECTIVENESS OF SILICON PHOTO ELEMENTS BY IRRADIATION WITH LASER AS AN OPTION FOR ENERGETIC RECOVERY OF THE EARTH'S ARTIFICIAL SATELITES

Milen Zamfirov

Sofia University St. Kliment Ohridski
e-mail: m.zamfirov@fppse.uni-sofia.bg

Keywords: *Laser systems, silicon photo elements, artificial satelites*

Abstract: *Laser systems may be viewed as the best perspective for energy transimision between cosmic apparatus. This way, they can be saved with laser energy only for several weeks work. This is how some additional benefits can be realized by the injected with laser energy satelites in the range of millions of dollars. In this report some experimental data is presented related to the transformation of energy from the solar-energy system - /laser of metal steam and CO2-laser – photo voltaic panel/.*

Въведение

Излъчването на енергия от лазер към фотоволтаичната система (ФВС) на ИСЗ е технология от съществен интерес за много приложения.

Излъчването на лазерна енергия може да достави енергия на съществуващи сателити в края или близо до края на живота си, дължащо се на деградацията на енергийната система. Така излъчената лазерна енергия може да има голяма комерсиална стойност. С всички проектирани системи геосателитите имат живот по – дълъг от консумацията на гориво, което е около 10–15 години. Като резултат този период определя края на живота за повечето комерсиални комуникационни спътници (Замфиров и Гецов, 2004).

Примерен случай е този на геокомуникационен спътник близо до края на живота си, поради радиационна повреда на Слънчевата Многоелементна Система (СМЕС) или изчерпване на батериите. От друга страна геосинхронните орбитални сателити са главно комерсиални, като всички сателити понастоящем в геостационарен режим са захранвани от СМЕС.

Система Лазер на пари на меден бромид – Фотоволтаичен генератор (15 V)

Лазер с пари на меден бромид

При използване на буферен газ неон лазера генерира на две атомни линии на медта – 510.6 nm и 578.2 nm при продължителност на лазерния импулс (при основата) – 50 ns.

При използване на буферен газ хелий лазера освен на двете атомни медни линии лазера генерира и на инфрачервена медна йонна линия с дължина на вълната 780.8 nm при продължителност на лазерния импулс (при основата) – около 15 μs.

На отделните линии на генерация са измерени следните мощности на лазера:

На линията 510.6 nm Рз = 0.500 W

На линията 578.2 nm Рж = 0.280 W

На линията 780.8 nm Рич = 0.125 W

Слънчев панел

Модел 685-SP-120-12 V;Voltage – 12 V; Current Voc – 120 μA; Voltage (MAX) Voc – 16 V; Current (MAX) Isc; Size 15.9 x 27.8 x 1.7 cm

Слънчевият панел се състои от 36 фотоелемента, свързани последователно с цел повишаване на изходното напрежение.

Използвани съпротивления:R1 = 33 кΩ; R2 = 77 кΩ; R3 = 143 кΩ;R4 = 308 кΩ; R5 = 406 Ω; R6 = 503 кΩ; R0 = 0; R = ∞

Метод

Слънчевият панел се облъчва със смесени линии на лазер на пари на меден бромид, като разходимостта на лъча се променя с леща, поставена между лазера и панела. Към веригата е включено съпротивление, както и амперметър и волтметър.

Измерване на характеристики на Фотоволтаичен генератор (15 V), преработващ лазерна енергия от CO2 лазер

Слънчевият панел се облъчва от CO2 – лазера, като мощността му се променя чрез компютър, а разходимостта на лъча е увеличена чрез леща. Към веригата са включени амперметър, волтметър и съпротивления.

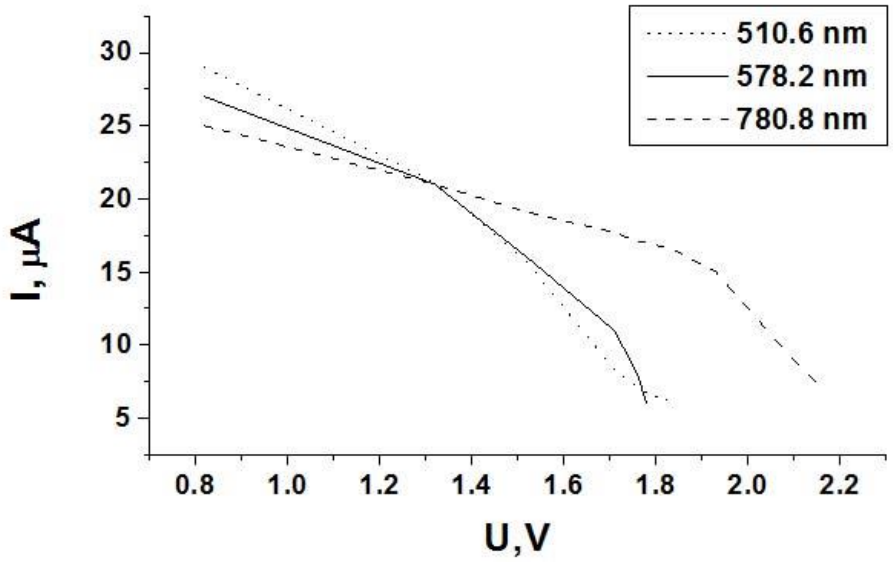
Използваният лазер е бързопроточен CO2 - лазер с = 1060 nm.

Model L 1000; изходна мощност /по паспорт/ - 1000 watts; типични граници на мощността 0–1150 watts; време за загряване – 10 минути; лазерна среда – въглероден двуокис; мод – TEM01; диаметър на изходящия лъч – 15 mm; разходимост – 2 mRad; честота - 10 kHz; поляризиция на лъча – кръгова.

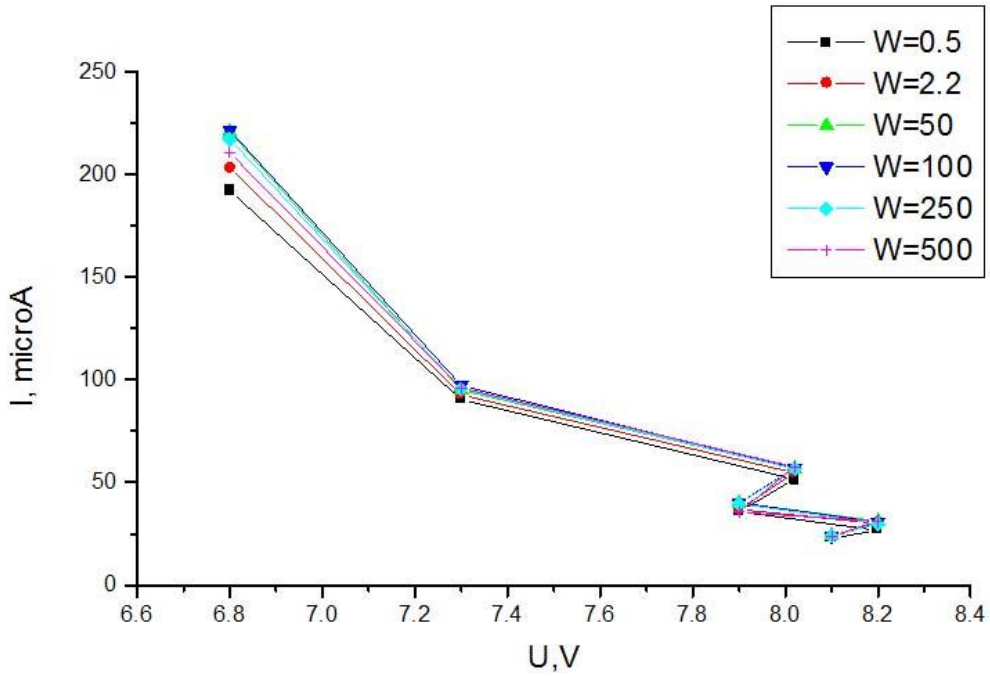
Слънчевият панел и съпротивлениета са същите като при облъчването на фотоелемента с лазера с пари на меден бромид.

Резултати

Могат да се въведат следните величини, характеризиращи свойството на панела да преобразува лазерната светлина в електрическа в зависимост от диаметъра на лазерното петно и мощността на облъчващото лазерно лъчение. Това е отношението на напрежението “на празен ход” към мощността на лазера U0/Рл и получавания ток при късо съединение I0/Рл. При лазерно облъчване с мощност 0,5 W напрежението на празен ход за 25 cm петно е 3,6 пъти по-голямо, отколкото за петно с диаметър 5 cm. Стойностите за тока на късо при петно от 25 cm са малко над 7 пъти по-големи. При увеличаване мощността на лазера напрежението на празен ход и токът на късо не се увеличават чувствително – 36 V и 7 mA за 25 cm и 12 V и 1 mA за 5 cm при мощности от 0,5 до 500 W.

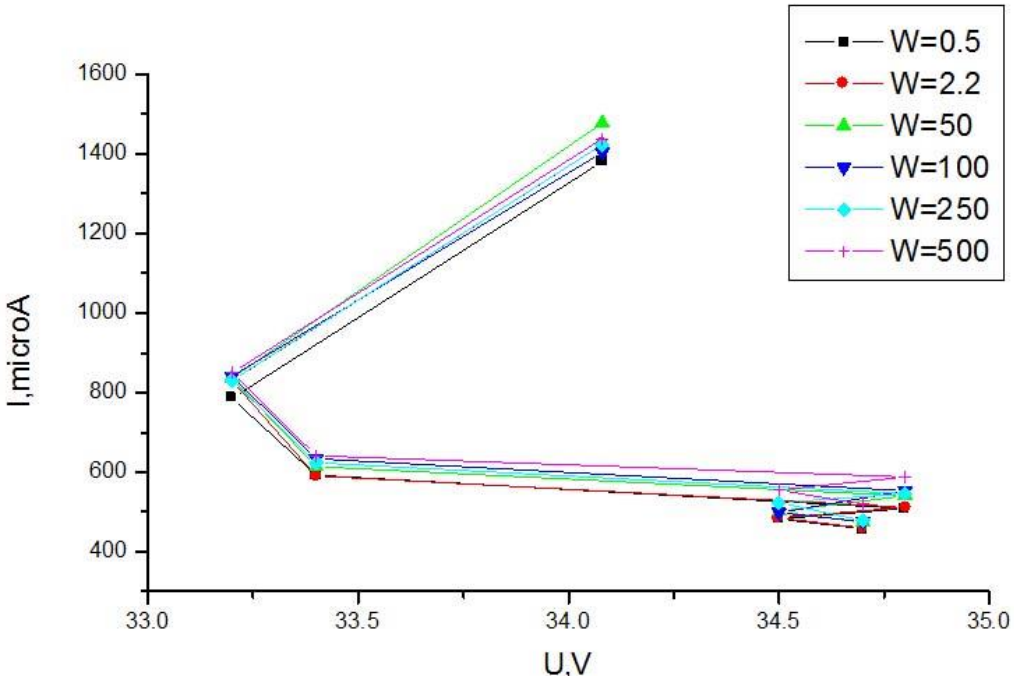


Фиг. 1. Волт-амперни характеристики (при използване на различните съпротивления) за трите дължини на облъчващото лазерно лъчение при лазер с пари на меден бромид



Фиг. 2. Волт-амперни характеристики при диаметър 5 cm и различна мощност на CO2 -лазера

Стойностите на електрическата мощност на слънчевия панел при облъчване с 0,5 W са повече от 38 пъти по-големи при диаметър 25 cm на лазерното петно, отколкото при 5 cm, за съпротивление R = 33 kΩ . Разликата между електрическата мощност, давана при 5 и 25 cm се увеличава с увеличаването на съпротивленията, за да стигне 85 пъти по-голяма електрическа мощност при R= 503 kΩ. Това съотношение (Рел5cm/Рел25cm), с малки отклонения, се запазва при всяка мощност на лазера.



Фиг. 3. Волт-амперни характеристики при диаметър 25 cm и различна мощност на CO2 -лазера

Получените резултати показват, че възможността за инжектиране на заглъхнали сателити с помощта на лазерна енергия е подходяща при правилно преценена разходимост на лазерния лъч, понеже при фокусировка на лъча 2 cm, осветяването е върху една батерия от фотоелемента и получените ток и напрежение са изключително ниски. Това се дължи на факта, че елементите на панела са свързани последователно заради увеличаване на изходното напрежение. Този начин на свързване е и единственият, който се използва в космическите апарати. С увеличаване на лазерното петно се увеличават и стойностите на тока и напрежение. Резултатите показват, че повишени стойности на ток и напрежение могат да се отбележат при по-голямо покритие на панела от лазерния лъч, независимо от това, че специфичната мощност на лазера при облъчването намалява (Zamfirov, 2006).

Резултатите показват, че значение за по-високото изходно напрежение и ток на слънчевия панел има не толкова специфичната мощност на лазера, колкото диаметъра на петното, което с увеличаването си, увеличава и мощността на слънчевия панел. Това показва, че увеличаването на разходимостта на лазера, което е неизбежно при разстояния от порядъка на километри, може да изиграе само положителна роля за инжектирането на заглъхнали сателити.

Коефициентът на полезно действие, която е най-важната характеристика на изследваната система, се движи от 8,98 % за 25 cm петно към 0,2 % за 5 cm петно при R = 33 kΩ, като постепенно кпд пада с увеличаването на съпротивленията за да стигне 3,02 % за 25 cm и 0,03 % за 5 cm.

С постепенното увеличаване на мощността на лазера от 0,5 W до 500 W се увеличава и електрическата мощност на фотопреобразувателя с около 3 mW, но същевременно спада КПД. Най-ниските стойности на КПД на фотопреобразувателя се отчитат при най-високата мощност на лазерното лъчение.

Волт-амперната характеристика на фотоелемента при лазерно петно 5 cm показва относителна нелинейност, като известно насищане се наблюдава при по-високите стойности на напрежението. ВАХ при 25 cm има разтеглена S-образна форма, като насищането е отново при по-ниските стойности на тока и по-високите на напрежението. Нелинейността вероятно се дължи на повишената температура на селективното покритие, която предизвика отделяне на топлина, като така се увеличава съпротивлението и токът вече не намалява линейно, а се задържа около едни стойности.

Заключение

В заключение можем да отбележим, че разгледания метод има следните съществени предимства, които са представени в настоящия доклад чрез експериментални данни. Те са свързани с преобразуването на енергия от фотоволтаичен панел посредством лазерно излъчване. Анализът на КСЕ и свързаните с тях закономерности представляват актуална проблематика в полето на съвременните космически изследвания (Zamfirov, 2003). Слънчевата енергия може да бъде използвана не само за поддържане на бордовата система на космическите апарати. Тя може да удовлетвори нарастващото енергопотребление на Земята и в космоса. Този път е свързан със създаването на системи от нов тип – свръхмощни космически станции - Космически слънчеви енергостанции (КСЕ). Тези проекти се обсъждат на страниците на специализирани списания и на много форуми, посветени на проблемите по енергетиката и усвояването на космическото пространство.

Литература:

1.Замфиров, М., П. Гецов. Изследване характеристиките на силициев фотоелемент при облъчване с лазер с пари на меден бромид. Юбилейна научна сесия “90 години авиационно образование в България, Долна митрополия, 2004.

2. Zamfirov, M. Research of the Characteristics of a Solar Panel Radiated with CO2 Laser, as Means for for Injection on Fading Satellites, European Journal of Scientific Research European Journal of Scientific Research, Vol 14, No 3, July, 2006.

3. Zamfirov, M. Problems and concepts of the development of Solar Power Satellite, Aerospace research in Bulgaria, vol.17, 2003.

УСТОЙЧИВОСТ НА РАДИОВЗРИВАТЕЛИТЕ СРЕЩУ СМУЩЕНИЯ

Пламен Трендафилов

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

Keywords: radio proximity fuse, radio disturbances

Abstract: In the paper are discussed the reactions of signal processing algorithms to the effects of various disturbances. It has been shown that a large supression of their impact is achieved through digital processing.

Освен изискването за стабилизация на височината на задействане към съвременните радиовзриватели се предявява изискване за устойчивост срещу смущения. Смущенията могат да предизвикат задействане на недопустимо по-голяма от оптималната височина, което води до ниска бойна ефективност. Смущенията са пасивни или активни, също така те са неорганизирани или организирани.

Пасивните смущения се предизвикват от различни по характер отразяващи радиосигналите обекти, като облаци, дъжд, снеговалеж, образования или предмети върху грунда. Те не излъчват радиосигнали, а отразяват сондиращия сигнал на СБРЛ и водят до промяна в характера на изходния сигнал на радиосензора. Активните смущения се предизвикват от източници, които излъчват електромагнитни вълни. Неорганизираните активни смущения могат да се предизвикат от гръмотевична дейност, битови или промишлени устройства.

Организираните пасивни смущения могат да се създадат от нарочно поставени върху терена отражатели. Те действат като предизвикват значителни по интензитет отразени сигнали или като водят до появата на многолъчево приемане. Целта е да се получи задействане на СБРЛ на големи височини. От своя страна организираните активни смущения се предизвикват от системите за радиоелектронна борба на противника. Те могат да са заградителни (широколентови) или прицелни (върху работната честота на радиосензора). Особено опасни са имитиращите прицелни смущения. Те създават сигнал, който е аналогичен на сигнала от целта и могат да предизвикат задействане на системата на значителни височини. Тяхната организация изисква наличието на доста сложна система за активна радиоелектронна борба. Към прицелните смущения могат да се причислят тези, които се създават от отражатели или крупни предмети (в това число и бойна техника), разположени върху терена. Те са особено опасни за СБРЛ без модулация на сондиращия сигнал.

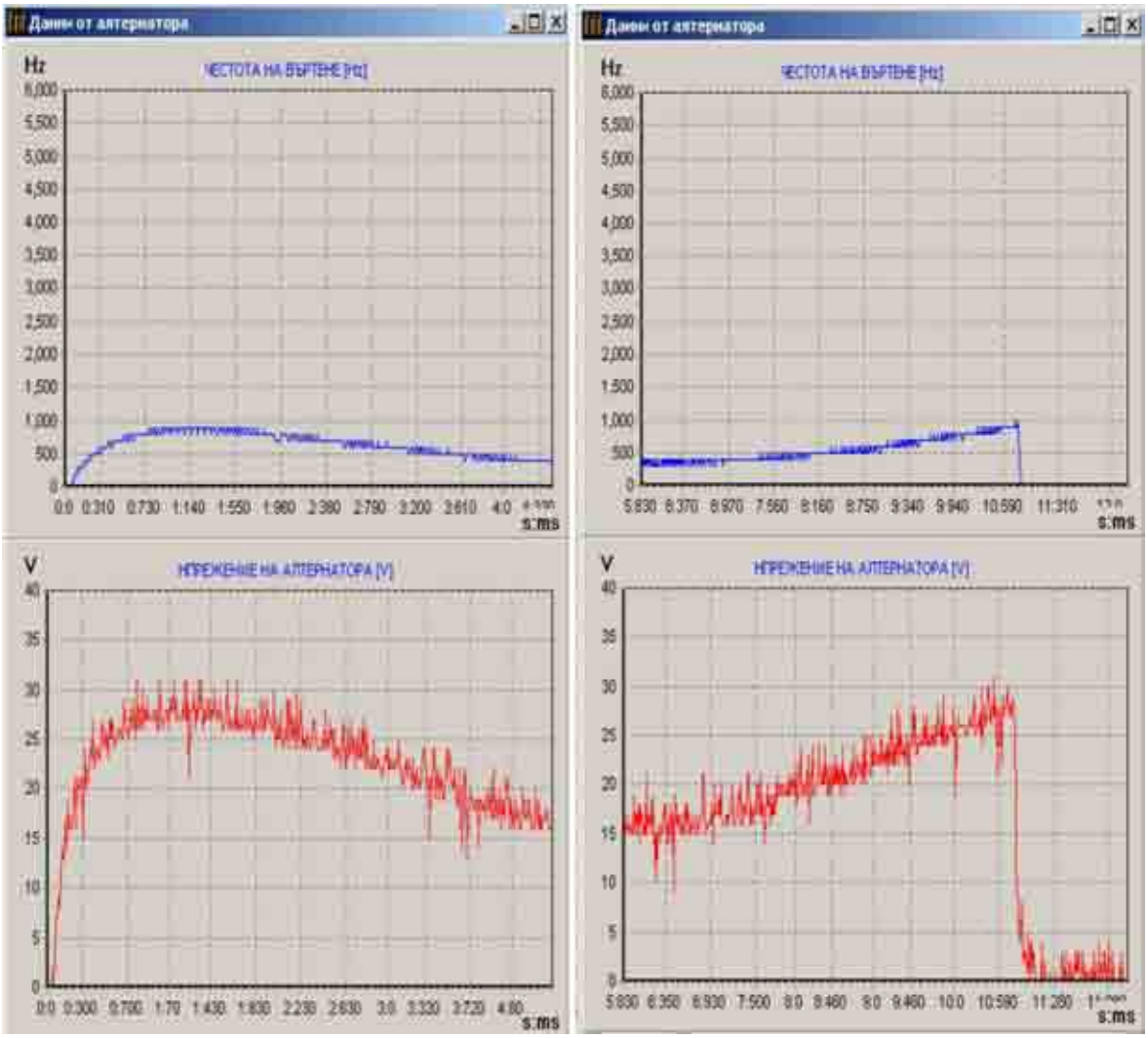
За борба срещу организираните (и част от неорганизираните) смущения преди всичко се прави така, че радиосензорът да се активизира максимално близко до целта. Това най-вече затруднява откриването и анализирането на сигналите на СБРЛ от страна на противника. Освен това веднага след включването на сензора се дава отрязък от време за „ослушване”, през което ако се появи изходен сигнал, това ще е следствие на смущения и неконтактното задействане на системата се забранява.

Включването на радиосензора в подходящ момент може да се организира чрез въвеждане на данни за време преди изстрела, но това усложнява изделието и неговото обслужване. Включването може да е автоматично, например при използване на алтернатор в качеството на захранващ токоизточник. Алтернаторът служи и като датчик на скоростта на движение .

Турбината се завърта от преминалия през входното устройство въздушен поток. Принципно при липса на насищане алтернаторът генерира променливо електродвижещо напрежение, чиято амплитуда U и честота F са пропорционални на скоростта на въртене (оборотите) на турбината. От своя страна въртенето на турбината зависи от скоростта на въздушния поток, т.е. от скоростта на движение на носителя. При по-големи ъгли на стрелба и

по-слаби заряди е възможно преди апогея на траекторията турбината да спре и след това в низходящия участък отново да се завърти. Това може да създаде проблеми в работата на СБРЛ.

На Фиг.1 е показан запис, направен при реален полет при $\theta = 45°$ и $v_o = 67\ m/s$. Вижда се, че след изстрела оборотите на турбината бързо нарастват, добиват някаква максимална стойност, след това до апогея намалват и след него наново растат.

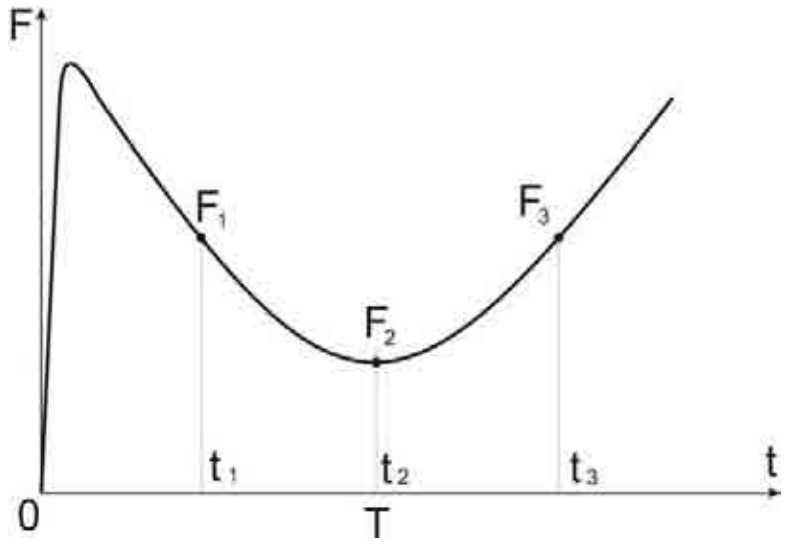


Фиг. 1. Реален запис на сигнала от изхода на алтернатор

Осигуряване включването на радиосензора колкото е възможно по-близо до целта е важна задача, която системата трябва да реши. Това може да стане автоматично ако по някакъв начин системата успее да оцени кога носителят наближава края на траекторията. Принципно има два подхода :

1. Да се открие моментът на преминаване през апогея и по измереното време $t_2 = T$ да се предвиди кога ще настъпи търсената близост ;

2. Да се измери честотата F_1 на генерираното захранващо напрежение след определен временен интервал t_1 от началото на полета и след непрекъснато следене на F да се предвиди кога ще настъпи търсената близост. На Фиг.2 върху една примерна траекторна зависимост $F(t)$ са илюстрирани двата подхода. При първия подход времето за включване на радиосензора $t_3 = t_{VRF} = (1 + m)t_2$, а при втория t_{VRF} съответства на $F_3 = kF_1$. Числата m и k се избират по целесъобразност.



Фиг. 2. Зависимост на честотата на алтернатор от траекторията на полета

Първият подход изисква спазване на условието работата на алтернатора да не прекъсва по цялата траектория. Както бе установено, последното не винаги е изпълнимо. Освен това при малки стойности на θ билото на траекторията е почти плоско и намирането на T чрез оценка на $F(t)$ става с недостатъчна точност. По втория подход задачата може да се реши както аналогово, така и цифрово. Освен това той работи и при наличие на прекъсване на захранването, възможно при работа с малки начални скорости на носителя и по-големи стойности на ъгъла на излитане.

На Фиг. 3 е показана типична блокова схема на радиовзривател. Срещу действието на смущенията основна роля има блокът за обработка на сигналите (БОС). Той работи по зададен алгоритъм. В елементарния вариант БОС реагира само на амплитудата на сигнала от сензора по твърдо зададен праг. Този вариант е най-уязвим от смущения, макар че още се използва. Значително по-добра защита срещу широколентови смущения може да се постигне, ако в БОС работи паралелен на основния канал с лента извън лентата на доплеровите сигнали. При поява на такъв (по високочестотен) сигнал дистанционното задействане се забранява.

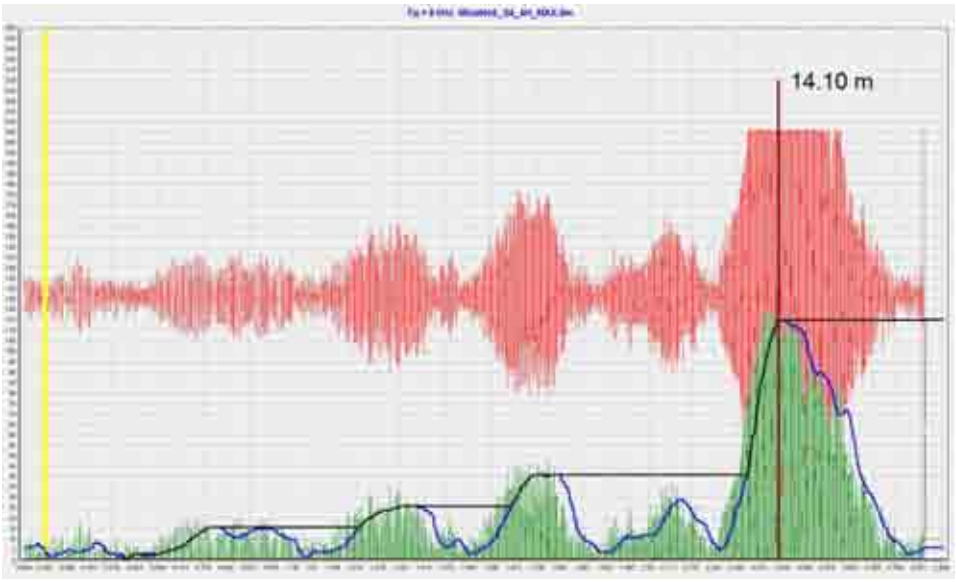
Фиг. 3. Блокова схема на радиовзривател с модулация

Ако БОС извършва цифрова обработка на сигналите, защитата от смущения значително се увеличава. Предлагат се два варианта на алгоритъм за цифрова обработка на сигналите с основна задача за стабилизиране на височината на задействане.

Единият алгоритъм [2] е предназначен за системи без модулация на сондиращия сигнал. Алгоритъмът непрекъснато следи амплитудата на сигнала от радиосензора, като сравнява две стойности, получени при височини с зададена разлика ΔH. Височинната разлика се измерва чрез преброяване на периодите на доплеровия сигнал. При огледална отразяваща повърхност се постига търсената стабилност на височината на задействане.

Вторият алгоритъм [3] е предназначен за системи с честотна модулация на сондиращия сигнал. Той открива главния лист на функцията, която отразява зависимостта на амплитудата на сигнала от височината. Алгоритъмът работи като запаметява поредния максимум на амплитудата на сигнала и го сравнява със следващите стойности. След достигане на зададена

относителна амплитудна разлика, получавана при достигане на главния лист, се взема решение за задействане на системата. Това става с много слаба зависимост от отражателните свойства на целта. На Фиг. 4 е илюстрирана работата на алгоритъма с обработка на реален сигнал. Задействането на системата е при 14 метра височина, която е подходяща за крупнокалабрени артилерийски боеприпаси и за авиобомби.



Фиг. 4. Алгоритъм за обработка на честотно модулиран сондиращ сигнал

За проверка на устойчивостта на алгоритмите срещу смущения е направен мащабен експеримент.

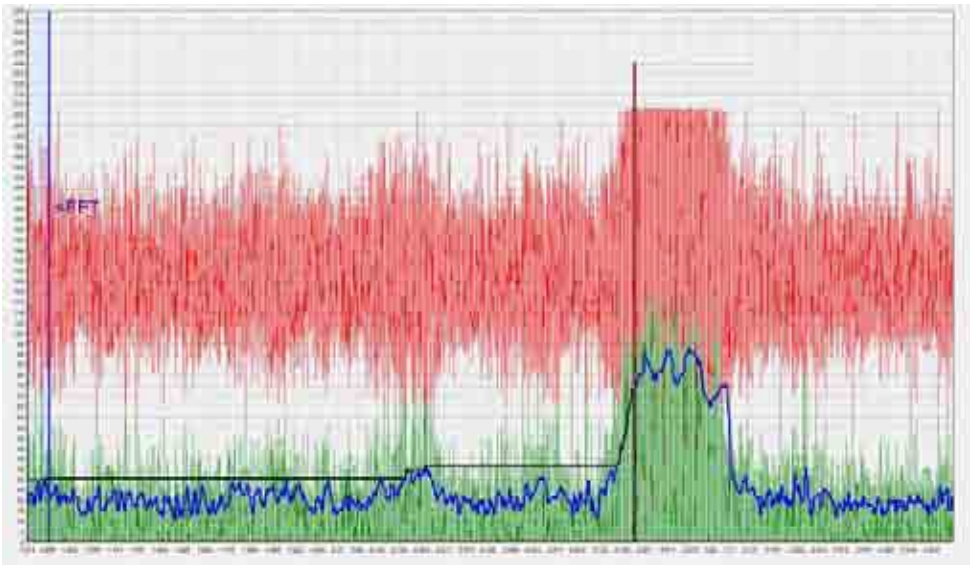
Имитирани са най-характерните смущаващи сигнали:

1. Шум без модулация
2. Синусоида с честота в диапазона на доплер с трионобразна модулация по амплитуда
3. Синусоида с честота в диапазона на доплер без модулация

Както се очакваше алгоритъмът с твърд праг се оказа беззащитен с изключение на случая на широколентово смущение и наличие на паралелен канал.

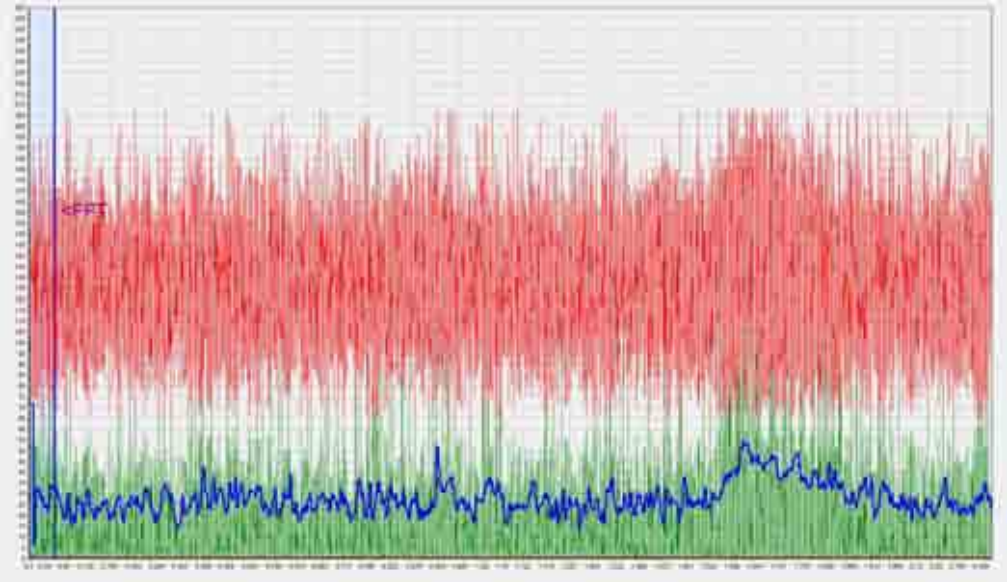
Най-добри резултати относно устойчивостта срещу смущения показа алгоритъм [3].

На фиг. 5 е показан запис на сигнала виж фиг. 4) с шумово смущение и не много висока амплитуда. В случая системата се задейства правилно в началото на главния лист на сигнала.



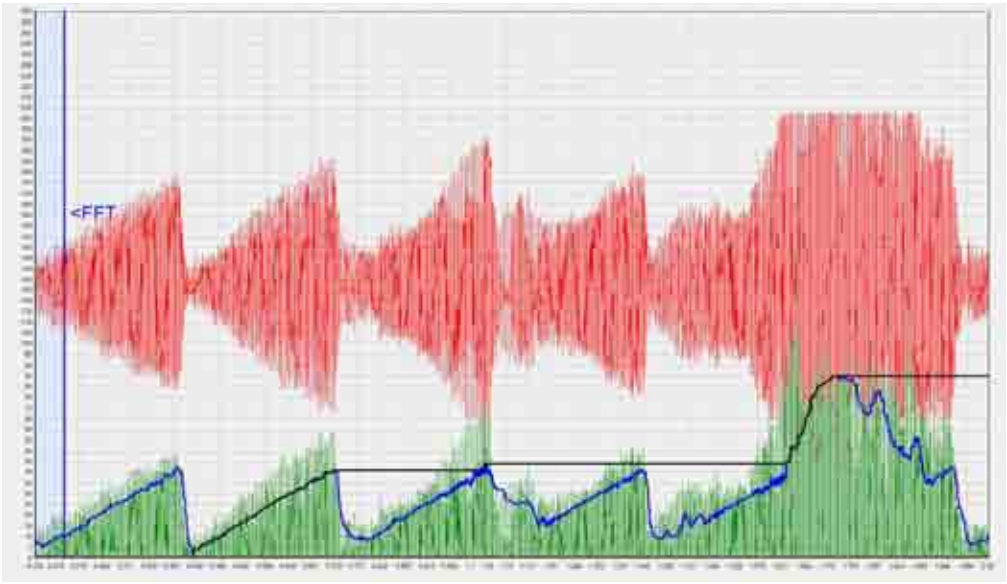
Фиг. 5. Сигнал с шум

При повишаване силата на смущението (фиг. 6) системата не се задейства и взривяването остава да работи в режим на контактно действие.



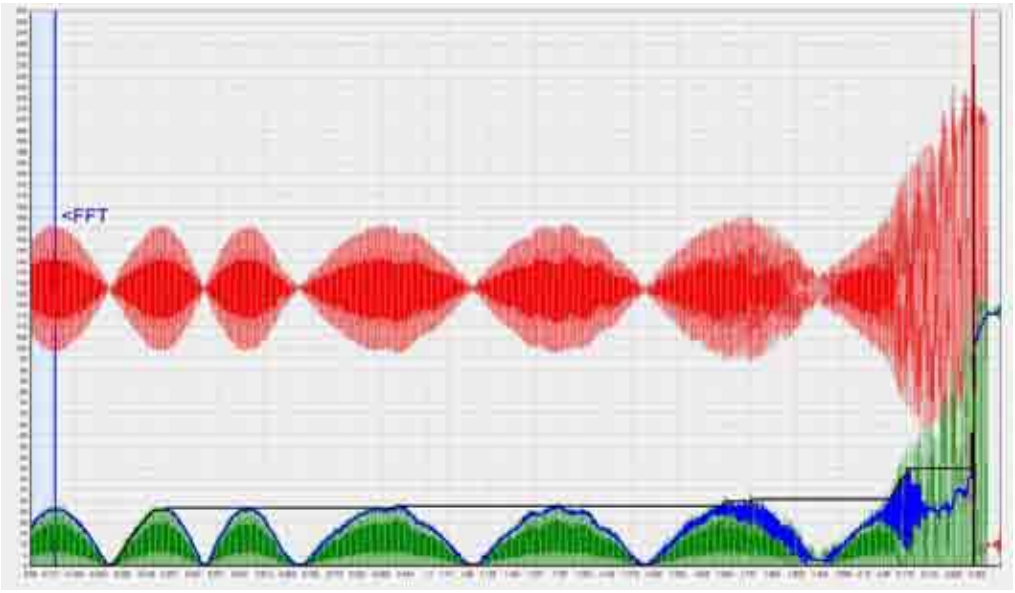
Фиг. 6. Сигнал с голяма амплитуда на смущенията

При смущаващ сигнал с трионообразна модулация по амплитуда алгоритъмът не се задейства при по-силни смущаващи сигнали (фиг. 7) и остава да работи контактно.



Фиг. 7

Ако алгоритъмът се използва за обработка на нулева хармонична, системата може да се задейства при много ниски височини, което е приемливо – фиг. 8.



Фиг. 8. Сигнал без модулация на сондиращия сигнал

Извод: Посредством цифрова обработка се постига силно противодействие на смущенията.

Литература:

1. Коган, И. М.. Ближняя радиолокация – теоритические основы. М . “Соф. Радио”. 1973.
2. Трендафилов, Пл., С. Танев, П. Генов. Метод за стабилизиране на височината на разривите при радиовзривателите. Юбилейна научна конференция ”100 години авиационно образование в България”. Д. Митрополия, 2014.
3. Трендафилов, Пл., С. Танев. Адаптивен метод и алгоритъм за обработка на сигналите в един клас системи на близка радиолокация. Научна конференция “Съвременни тенденции в авиационното обучение”. Д.Митрополия . 18 и 19 май 2017 г.

ОТНОСНО РАБОТАТА НА ЧЕСТОТНО МОДУЛИРАНИТЕ ТРАНЗИСТОРНИ АВТОДИНИ

Пламен Трендафилов

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

Ключови думи: *autodyne, modulation of signals*

Резюме: *The operation of transistor's frequency modulated autodine has been explored. Practically, the static modulation characteristics of the proposed transistor's autodine have been described. Conclusions and recommendations were made for the design and build-in in the short range radiolocation systems.*

Автодинът намира широко приложение в системите за близка радиолокация (СБРЛ) преди всичко поради това, че представлява най-простото съвместяване на радиопредавателно и радиоприемно устройство.Той по същество е самоосцилираща система , която е достатъчно силно свързана с антена и така реагира на промените в околната среда. На практика широко приложение намират относително прости схемни решения.

Теоритично (според квазилинейната теория) установените трептения на авто-генераторите се дефинират от т.нар. уравнения за „баланса на амплитудите" и за „баланса на фазите". Първото дефинира амплитудата на трептенията, а второто – тяхната честота. Практически всяка промяна в параметрите на трептящата система води до промяна, както на амплитудата, така и на честотата на генерираните трептения. За разлика от т.нар. „задаващи генератори", където се цели стабилност на параметрите на трептенията в условията на променяищи се околна и вътрешна среда, при автодините целта е те ефективто да реагират на тези промени. Това се постига, както посредством подходящо построяване на трептящата система (включване на антена), така и чрез подбиране на съответен работен режим. Детаилната нелинейна теория на автодините в условията на тяхното приложение е изключително сложна и непрегледна за практически цели.

Принципно погледнато е ясно, че при осъществяване на каквато и да е модулация в автогенераторите неминуемо се получава управление както на амплитудата, така и на честотата на генерираните трептения. Тук още трябва да се има предвид и това, че автогенераторите са инерционна нелинейна система и при управление на режима им реагират с определено закъснение.

Така се очертават важни въпроси , на които конструкторът да търси решение с възможностите на разполагаемата апаратура и данните за използваните прибори:

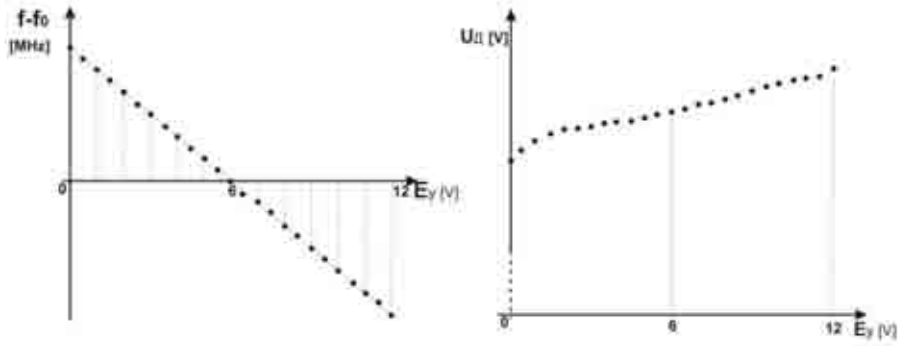
- избор на схемно решение и на работен режим, в който автодинът, използван като сензор на системата да е едовременно устойчив и достатъчно чувствителен;
- какъв е характерът на сигналите от автодинния сензор и какви способи трябва да се използват при тяхната обработка ?

На първия въпрос отговорът е сравнително ясен и лесен, т.к. опира преди всичко до схемотехнически проблеми. На втория въпрос отговорът зависи от това по какъв начин ще се използва радиосензорът. В настоящата работа се търси практически приложим отговор на втория въпрос при работа на автодинния сензор с честотно модулиран сондиращ сигнал.

В теорията на близката радиолокация [1] е разгледано приложението на честотно модулираните сондиращи сигнали в идеализирани условия, които на практика трудно се постигат, особенно при работа с автодинни сензори. В [2] с използване на символическите окъсени уравнения е представен анализ на честотно модулиран автодин , който води до изводи относно оптималния работен режим и до характера на изходния сигнал. Направените изводи са важни за проектирането на системата, но изискват по-конкретно практическо изясняване.

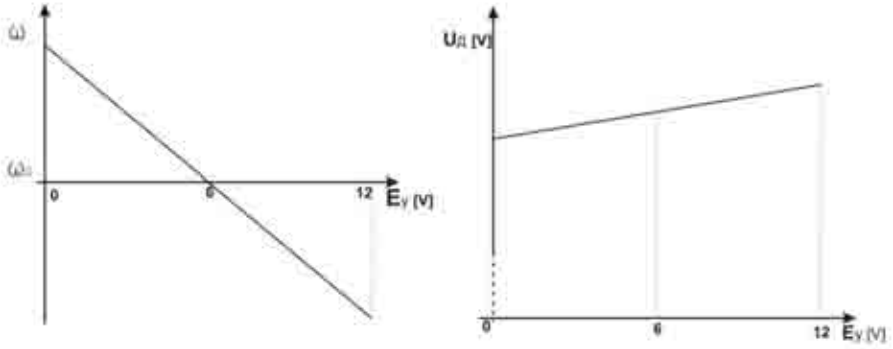
С наличната лабораторна апаратура могат да се изследват статичните модулационни характеристики на автодина при извършване на честотна модулация. На Фиг.1 са показани

експериментално снети статични модулационни характеристики (СМХ) на транзистовен автодин, в който честотната модулация се извършва с варикап, а изходният сигнал се получава след амплитудно детектиране на генерираните трептения. На фигурата E_Y е управляващо напрежение, подавано на варикапа, f е честота на генеринрните трептения, $U_Д$ напрежение на изхода на детектора.



Фиг.1. Експериментална СМХ

На фиг. 2 са начертани идеализираните СМХ .



Фиг. 2. Идеализирани СМХ

Съгласно фигурата, ако в качеството на модулиращ сигнал се използва синусоида със честота Ω_M , то:

- честотата на генерираните трептения ще се изменя по закона

(1) $$\omega = \omega_0 + \Delta\omega \sin \omega_M t ,$$

като ω_0 е честотата при $E_0 = E_{YO}$, а $\Delta\omega$ е девиация ;

- амплитудата на генерираните (опорните) трептения ще се изменя по закона

(2) $$U_{ОП} = U_{ОПО}\left(1 + m_U \sin \Omega_M t\right),$$

като $U_{ОПО}$ е амплитуда при $E_Y = E_{YO}$, а m_U е коефициент на паразитната амплитудна модулация (ПАМ) по опорно напрежение.

От изхода на детектора се получава сигнал, отговарящ на (2).

Той е значително по-голям от полезния сигнал. В реалния случай поради това, че управляващият сигнал не може да е идеална синусоида и поради определена нелинейност на СМХ, в спектъра на $U_Д(t)$ винаги ще са налице компоненти с честоти, кратни на Ω_M . Освен

това, поради действието на ПАМ шумовете на управляващия сигнал се пренасят към изхода на автодина по целия спектър от честоти, кратни на Ω_M. Последното е особено важно и трябва да се отчита при построяването на СБРЛ.

Когато е налице отразен сигнал с амплитуда U_C, изходният сигнал се получава от смесването на опорния и приетия отразен сигнал:

(3) $$U_{ИЗХСМ}(t) = \beta(t) U_{ОПО} U_{СО} (1 + m_U \sin \Omega_M t)[1 + m_U \sin \Omega_M (t - \tau)].$$

$$.\sin\left(\omega_O t + \frac{\Delta\omega}{\Omega_M} \sin \Omega_M t \right) \sin\left[\omega_O (t - \tau) + \frac{\Delta\omega}{\Omega_M} \sin \Omega_M (t - \tau) \right].$$

Тук:

$\beta(t)$ – обобщена величина, свързана с чувствителността на автодина,

$U_{СО}$ – приведена амплитуда на отразения сигнал при $E_Y = E_{YO}$,

$\tau = \frac{2r}{c}$ – време на закъснение на отразения сигнал ,

r – разстояние до целта ,

c – скорост на светлината .

Тъй като $\tau << T_M = \frac{2\pi}{\Omega_M}$, за $m_U << 1$ може от (3) да се получи следният опростен израз :

(4) $$\frac{U_{ИЗХСМ}(t)}{\beta(t) U_{ОПО} U_{СО}} \approx (1 + 2m_U \sin \Omega_M t) a(t)$$

Съответно

(5) $$a(t) = \sin\left(\omega_O t + \frac{\Delta\omega}{\Omega_M} \sin \Omega_M t \right) \sin\left[\omega_O (t - \tau) + \frac{\Delta\omega}{\Omega_M} \sin \Omega_M (t - \tau) \right]$$

По такъв начин се оказва, че в случая полезният сигнал има две основни съставни:

(6) $$U_{ИЗХСМ}(t) \approx \beta_O U_{ОПО} U_{СО} [a(t) + b(t)],$$

като $\beta(t) = (2m_U \sin \Omega_M t) a(t)$.

Първата съставна отразява работата на автодина без ПАМ, а втората дава представа за влиянието на ПАМ върху спектъра на сигнала.

Спектърът на $a(t)$ е известен от [1] и при изменение на разстоянието до целта със скорост V се представя с израза:

$$a(t) = J_O(x) \cos(\Omega_Д t - \omega_O \tau_O) -$$
$$- J_1(x) \{ \sin[(\Omega_M - \Omega_Д) t + \omega_O \tau_O] - \sin[(\Omega_M + \Omega_Д) t - \omega_O \tau_O] \} +$$

$$+J_2(x)\left\{\cos\left[\left(2\Omega_M-\Omega_Д\right)t+\omega_O\tau_O\right]+\cos\left[\left(2\Omega_M+\Omega_Д\right)t-\omega_O\tau_O\right]\right\}-$$
$$-J_2(x)\left\{\cos\left[\left(3\Omega_M-\Omega_Д\right)t+\omega_O\tau_O\right]+\cos\left[\left(3\Omega_M+\Omega_Д\right)t-\omega_O\tau_O\right]\right\}.$$
$$-J_n(x)\left\{\cos\left[\left(n\Omega_M-\Omega_Д\right)t+\omega_O\tau_O\right]+\cos\left[\left(n\Omega_M+\Omega_Д\right)t-\omega_O\tau_O\right]\right\}$$

Съответно:

$$x=\frac{2\Delta\omega}{\Omega_M}\sin\left[\Omega_M\frac{\tau}{2}\right]\approx\Delta\omega\tau,\quad r=r_O-Vt,$$

$$\tau=\frac{r_O}{c}r_O-2\frac{Vt}{c}=\tau_O-2\frac{Vt}{c},$$

$J_O, J_1, J_2 \ldots J_n$ – функции на Бесел от първи род с аргумент x,

$\Omega_Д=\frac{2\omega_O V}{c}$ – Доплерова честота.

Спектърът на $b(t)$ по състав съвпада със спектъра на $a(t)$, но отделните му компоненти зависят от r значително по-сложно. Аналитичното представяне на $b(t)$ при $V\neq 0$ е тежко и ненагледно.

От направените до тук разсъждения може да се направят следните по-важни изводи и препоръки :

1. В спектъра на изходния сигнал присъства много силна паразитна компонента с модулационната честота Ω_M, което налага вземане на сериозни мерки за нейното филтриране преди входа на усилвателя на полезния сигнал.

2. За честоти $n\Omega_M$, където $n=2,3,4,\ldots..$, също се появяват паразитни компоненти, които са пренесени от спектъра на управляващия сигнал или са следствие на нелинейни процеси в автодина. Тези компоненти са особено вредни, т.к. директно внасят шум от източника на управляващия сигнал, а при голяма собствена амплитуда могат да подавят полезния сигнал. Налага се използването на модулиращ източник с минимално ниво на хармоничните и нисък собствен шум.

3. Амплитудата на полезния доплеров сигнал, спектрално разположен около честотите $n\Omega_M$, зависи от разстоянието до целта по сложен закон, който се определя от едновременното действие на няколко Беселови функции.

Литература:

1. Коган, И.М.. Ближняя радиолокация (теор.основы) . М. „Сов. радио”, 1973.
2. Смольский, С.М. Некоторые вопросы теории и расчета частотно-модурованных автодинных систем ближней радиолокации. (доклад ЦИНТИ) .

DRIVING A CAD MODEL BY HARDWARE IN THE LOOP

Konstantin Metodiev

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

Keywords: *Autopilot Ardupilot Mega v.2, Autodesk Inventor, RC Engine MK-16, MPXV7002DP Static Pressure Transducer, Hardware in the Loop*

Abstract: *In the paper hereby, a test study has been carried out as to whether semi-realistic experiments involving a 3D CAD model and a real sensor are feasible or not. For this purpose, a reputable CAD development environment is used to prepare the model. On the other side of the experimental setup, a static pressure transducer is mounted. The interfacing device is an autopilot widely used by hobbyists.*

The targeted 3D model is a small-scale internal combustion engine intended for remotely controlled airplanes. The autopilot adjusts the blade pitch depending upon shaft revolutions and indicated airspeed (IAS). The former quantity is set in advance whilst the latter one (IAS) is derived by reading the static pressure transducer output through a 10-bit analog to digital converter.

The work sequence described this way lets developer adjust and validate a real control system parameters in terms of the 3D CAD model simulated response.

ПРОГРАМНО-АПАРАТНО УПРАВЛЕНИЕ НА CAD МОДЕЛ

Константин Методиев

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

Ключови думи: *Автопилот Ardupilot Mega v.2, Autodesk Inventor, двигател MK-16, преобразувател на статично налягане MPXV7002DP, програмно-апаратно (полунатурно) моделиране*

Резюме: *В настоящия доклад е описан експеримент, за да се установи дали полунатурното моделиране с използване на 3D CAD модел и реален сензор е правдоподобно или не. За тази цел е използвана известна развойна CAD среда, с помощта на която е създаден модела. От другата страна на експерименталната установка е монтиран преобразувател на статично налягане. Свързващото устройство е автопилот, масово използван в авиомоделизма.*

Целевият 3D модел е двигател с вътрешно горене, предназначен за безпилотни летателни апарати. Автопилотът настройва стъпката на витлото в зависимост от оборотите на вала и индикаторната въздушна скорост. Оборотите са предварително зададени, докато въздушната скорост се получава от преобразувателя на статично налягане и 10-битов аналого-цифров преобразувател.

Работната последователност, описана по този начин, позволява на разработчика да настройва и валидира параметрите на реална система за управление въз основа на реакцията на 3D CAD модел в симулатора.

Introduction

Hardware-in-the-loop simulation is an alternative way of testing and validating complex real-time embedded systems which are extensively used in automotive systems, robotics, radar, power systems, etc., [1], [2]. Among all advantages that simulation provides, following might be outlined: reduced cost, enhanced safety, repeatability, meeting tight deadlines during design stage, and others.

Broadly speaking, it is only appropriate to run a simulation if carrying out an equivalent real experiment is either too expensive or impossible. What motivates making the presented study, however, is implementing a genuine algorithm of a semi-realistic simulation by means of Autodesk®

Inventor. The widely renowned CAD software is an integrated development environment which provides support to engineers and technicians during the process of machine design. Notwithstanding that a variety of standards, design modules, and simulation tools are available within it, Autodesk® Inventor lacks an electric simulation capability, probably on purpose. A hardware in the loop simulation might presumably evade this shortage which is yet another purpose of the presented study case.

The paper hereby gives a detailed explanation of how to perform a test of both an embedded system (sensor and autopilot) and a plant (CAD model) in real time. It does not serve as a conclusive evidence of utilizing the mentioned equipment. Instead, an exemplary way of working out a solution to the assigned task is thoroughly described including schematics, references to movies, and source codes. An alternative description done with care and much detail, in author's humble opinion, would be difficult to encounter elsewhere.

Materials and methods

Hardware in the loop

The experimental setup is outlined in Fig. 1. It consists of NXP Semiconductors MPXV7002DP static pressure transducer @ ±2 kPa full scale and autopilot Ardupilot Mega v.2.0. The analog to digital converter turns sensor analog output into quantization levels. The autopilot sends result further to a PC through the serial UART to USB converter.

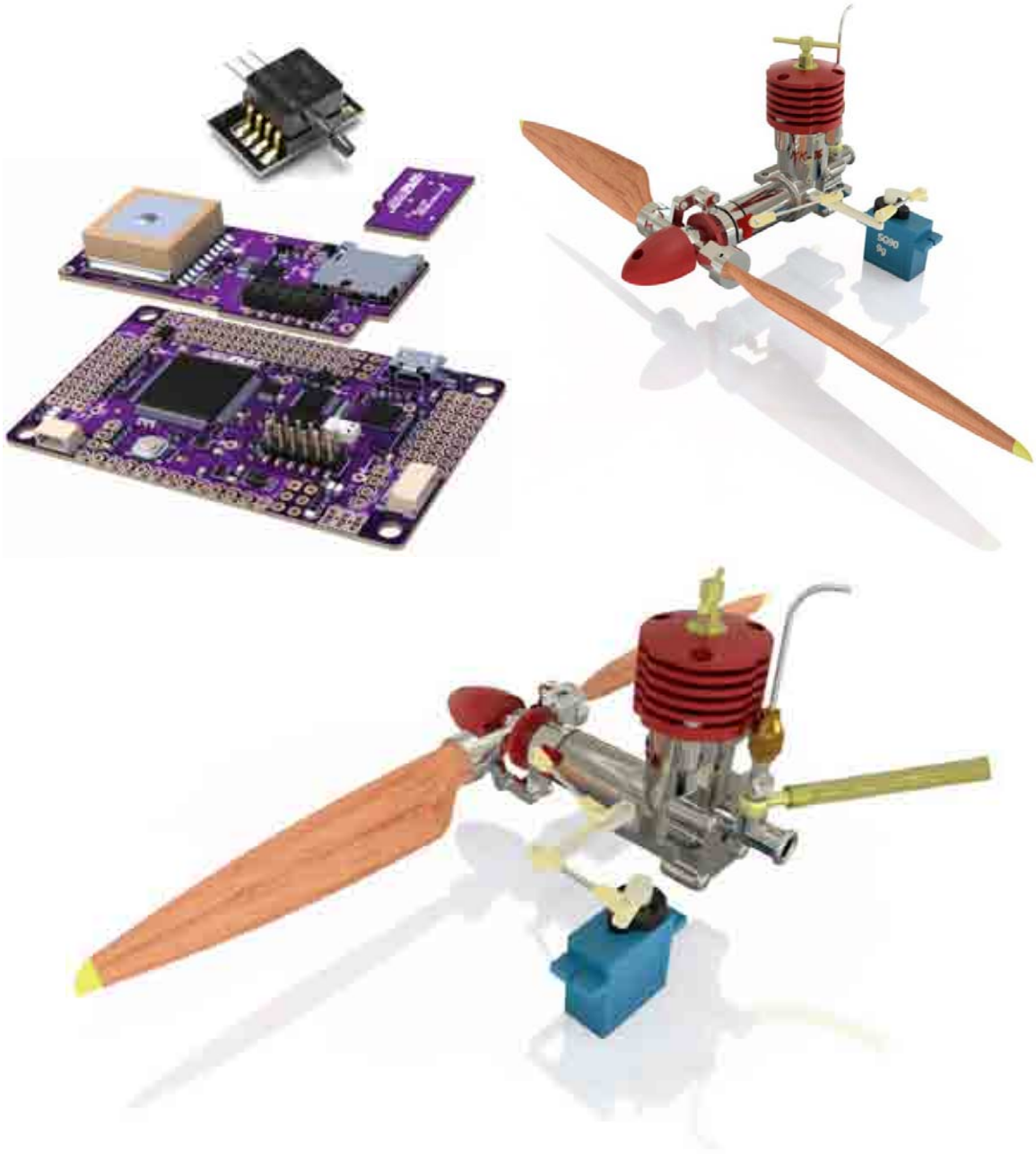


Fig. 1. Hardware used in the loop and targeted 3D model

CAD model

In addition, Autodesk® Inventor has been used to prepare a 3D model and develop an iLogic rule. The model is Russian MK-16 internal combustion engine which is shown in Fig. 1. The engine is upgraded with a variable blade pitch device which is solely designed by the author. The other engine parts are authentic. A second-class lever is mounted between the servo motor and the pitch altering mechanism in order to provide the servo with mechanical advantage and ensure mechanism stability and irreversibility at high pitch values as well. The iLogic rule reads the serial port within a timeout interval and adjusts the blade pitch according to shaft angular speed and indicated airspeed.

Code snippets

In order to put the CAD model in motion, two source code snippets had to be developed. These are shown in the Appendix section. The source code intended for the autopilot is developed by means of Arduino IDE. The driving iLogic rule is developed by means of iLogic editor within Inventor IDE employing Visual Basic for Applications syntax. Both the PC and the autopilot exchange information through the serial port.

The main functions of the iLogic rule are to scan the serial port within a timeout interval, update the mechanism status, and refresh the display. Upon successful opening the serial port, it is advisable to encompass the main program flow by a finite loop in order to let the program reach the "Close-Serial-Port" method at end of the snippet. The rule reads the serial port within a try/catch block in order to conceivably process a timeout exception. Both source codes (Ardupilot and iLogic) are self-explanatory and might be found in the Appendix.

Calibration

The MPXV7002DP static pressure transducer outputs a single voltage depending upon the pressure difference at sensor's ports. The sensor output signal relative to pressure input might be found in product datasheet [3] and Fig 3. The working media is dry air only.

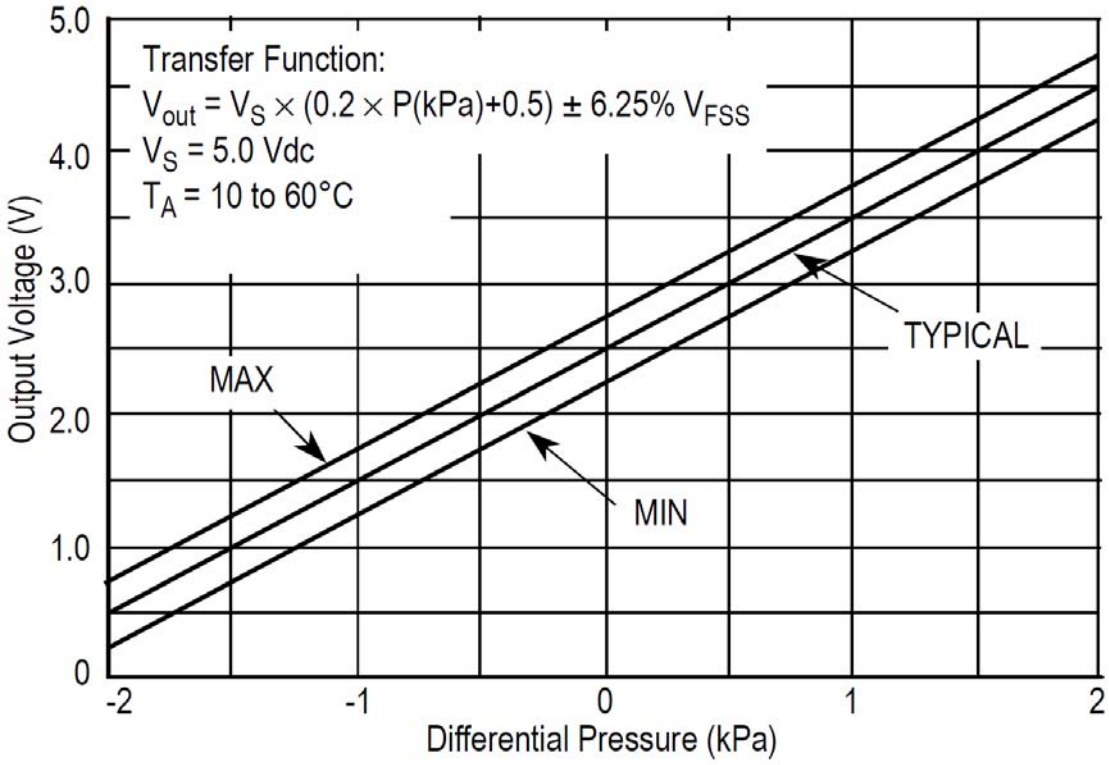


Fig. 2. Transducer MPXV7002 response [3]

Blade pitch

An automatic pitch device adjust the blade so as to align the airfoil chord with hypotenuse of the so-called velocity right triangle, Fig. 3. The triangle catheti are formed by forward velocity and peripheral velocity vectors. The forward velocity is equal to the measured airspeed whilst the peripheral velocity depends on blade section radii and shaft angular velocity. The assembly consists of linkages that alter the blade pitch. Simultaneously, the entire assembly rotates alongside the engine

shaft. The only exception is the stator which connects the mechanism to the actuating servo motor. The mechanism is antisymmetric in relation to the engine shaft, Fig. 3.

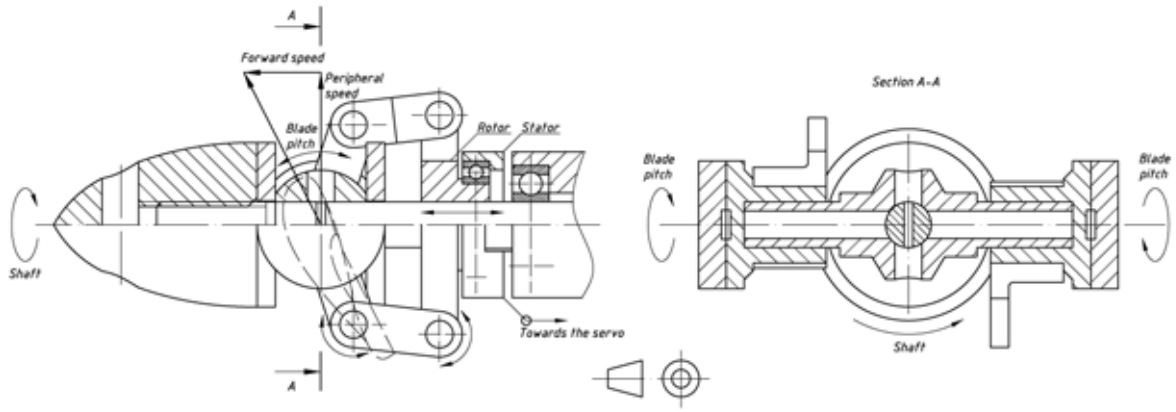


Fig. 3. Basic understanding of the proposed blade pitch altering device

Putting it all together

The indicated airspeed might be derived in terms of a difference between total (stagnation) pressure and static pressure values. In this case, both quantities are taken by a Pitot tube which in turn delivers these pressures to the sensor input orifices. The static pressure transducer provides a single voltage output depending on the pressure difference. In order to compute the airspeed, following formula is used for incompressible fluids:

$$u = \sqrt{\frac{2(p_t - p_s)}{\rho}} \quad (1)$$

where p_t is the stagnation pressure, p_s is the static pressure, kg/(m.s^2); ρ is the fluid density, kg/m^3; and u is the fluid velocity, m/s.

The autopilot sends integers from 0 to 1023 through the serial port. The iLogic rule processes these values in order to restore the airspeed. Having had the full scale output and zero offset, the developer may convert the quantization levels back to voltage. Finally, the calibration curve given in [3] might be used in order to restore the pressure difference $p_t - p_s$. The fluid density adopted in this case is 1.2 kg/m^3.

Results

A brief demonstration of the project might be watched by following both links [4] and [5] in the References section. A baud rate of 9600 bps is quite enough to make the CAD model react to sensor stimuli in a timely manner. The experiment itself is shown in Fig. 4.

Fig. 4. A picture taken during semi-realistic simulation

As it was already mention before, the pitch altering leverage mechanism is antisymmetric in relation to engine crankshaft. Therefore, the mechanism is not balanced statically. This in turn may introduce additional vibrations at high angular speeds. Same is true for the propeller itself. In order to verify the aforementioned assumption, a dynamic simulation was carried out in addition. A torque of 0.5 N.mm was applied to the engine shaft and the gravity vector was set. A prominent point was selected to measure the ongoing accelerations with. The results are shown in Fig. 5. The graph shows total linear acceleration values that the designated point undergoes during the test run. No significant vibrations could be discerned.

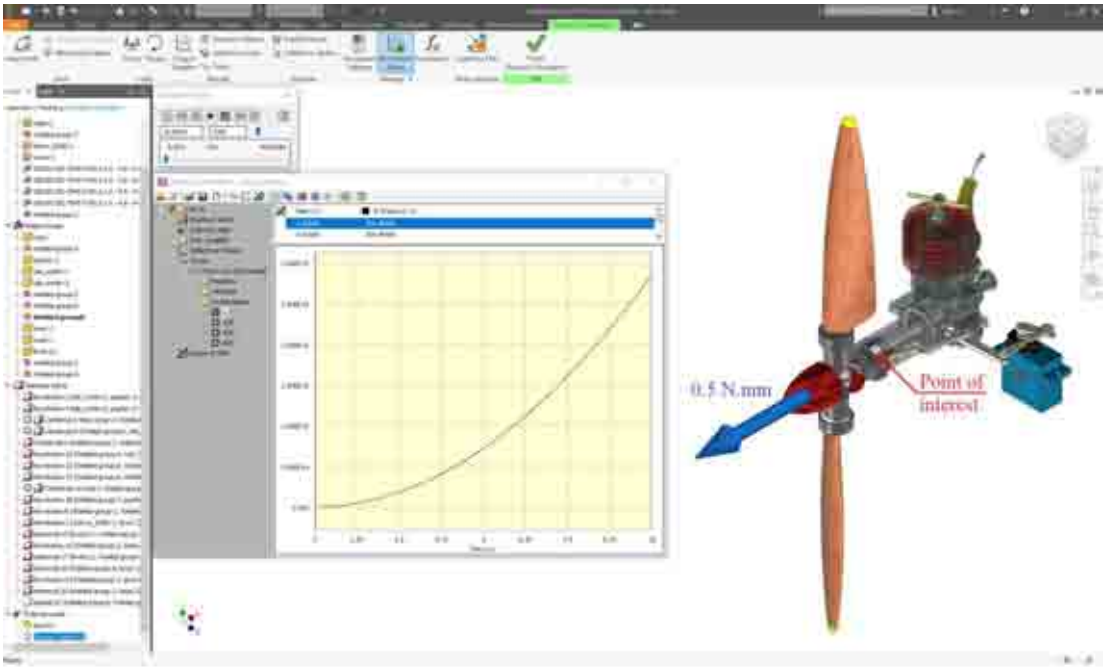


Fig. 5. The engine assembly put to the test in the Dynamic Simulation module

Discussion

The presented project is merely demonstrative. It aims at showing yet another feature of Inventor that hasn't been used on a large scale yet. Contemporary machines are equipped with numerous electronic parts. Unfortunately, Autodesk Inventor does not provide an ability to simulate electrical equipment operation of any kind. The presented project suggests a workaround. In addition to the proposed blade pitch altering device, the semi-realistic simulation could be run alongside a large variety of designs, such as robotic arms, radar, power, offshore systems, [1]. In the presented study, the developer is able to attune the controlling embedded system with reference to the 3D CAD model response.

The presented iLogic rule might be developed further by triggering an interrupt service routine whenever serial data are available. The current solution scans the port on a regular basis employing the so-called "polling" technique which is less effective, yet it is easier for programming contrariwise.

It is also worth mentioning that using sensors with digital output (I^2C, SPI, etc.) might facilitate carrying out the experiment to a large extent. In this case, the skill demanding calibration stage is redundant. The sensor parameters such as precision, accuracy, zero shift, etc. depend mostly on the manufacturer. The user only needs to read and interpret available data.

Arduino offers a free version of a C/C++ compiler, so does Autodesk with regard to Inventor, i.e. a 30-days fully functional trial copy which was used in the presented study.

The MK-16 engine model is available for download at the author's page in GrabCAD [6].

References:

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Hardware-in-the-loop_simulation
2. Kleijn, C., Introduction to Hardware-in-the-Loop Simulation, Controllab Products B.V., the Netherlands.
3. MPXV7002 Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated, and Calibrated, NXP Semiconductors, Data Sheet, Document Number: MPXV7002, Rev 4, 03/2017, p. 6.
4. https://www.youtube.com/watch?v=8-HqrnOJYwY
5. https://www.youtube.com/watch?v=RffqRiiP2Mo
6. https://grabcad.com/library/an-internal-combustion-engine-1

Appendix

A.1. Source code for Ardupilot Mega v.2.0

```
int sensorPin = A0;
int sensorValue, offset = 0;

void setup() {

int i;

for (i = 0; i < 10; i++) {
sensorValue = analogRead(sensorPin) -
              512;
offset += sensorValue;
} // for_i
offset /= 10;

Serial.begin(9600, SERIAL_8N1);

} // setup

float Vout = 0.;
void loop() {

sensorValue = analogRead(sensorPin) -
              offset;

Serial.println(String(sensorValue,
DEC));
delay(125);

} // loop
```

A.2. Source code for iLogic rule

```
Sub Main()
Dim myComPort As IO.Ports.SerialPort = Nothing
Dim temp As Double = 0

dist = 1
rot = 0

myComPort =
My.Computer.Ports.OpenSerialPort("COM4", _
9600, 0, 8, 1)
myComPort.ReadTimeout = 250
MessageBox.Show("Press OK to start logging", _
"ReadCOM")

For i = 1 To 300
rot -= 10
temp = CDblAny(GetSerialData(myComPort))
If IsNumeric(temp) Then dist = Round(temp / _
1024 * 5, 1)
RefreshScreen()
Next i

dist = 1
rot = 0

myComPort.Close()
End Sub

Sub Delay_ms(msec)
System.Threading.Thread.CurrentThread.Sleep(msec)
End Sub

Sub RefreshScreen()
RuleParametersOutput()
InventorVb.DocumentUpdate()
ThisApplication.ActiveView.Update()
End Sub

Function GetSerialData(ByRef theComPort As _
IO.Ports.SerialPort) As Double
Dim returnStr As String = ""
Dim returnVal As Double = 0
Try
returnStr = theComPort.ReadLine()
If returnStr Is Nothing Then
MessageBox.Show("Empty string", "Read Com")
Else
Double.TryParse(returnStr, returnVal)
End If
Catch ex As TimeoutException
returnStr = "Error: Serial Port read timed out"
Finally
End Try
Return ReturnVal
End Function
```

СИТУАЦИОНЕН АНАЛИЗ НА ЕРГАТИЧНИ СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА МОБИЛНИ ОБЕКТИ

Зоя Хубенова

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

Ключови думи: *ергатични системи, човешки фактор, ситуационен анализ, управление*

Резюме: *В статията се разглеждат проблемите, свързани със автоматизацията на ергатичните системи (ЕС), които се основават на оптималното разпределение на функциите между човека-оператор и автоматиката. Анализирана е йерархията на функционалните задачи на ЕС и възможностите за тяхната декомпозиция въз основа на концепцията за ситуационно-целево управление. Ситуационното управление се базира на ситуационните модели, даващи формално описание на света с помощта на ситуации, в които се предполага, че работи дадената ЕС. В тези модели се отчитат фактори, които най-силно влияят на различните ситуации, Като пример е предложено ситуационно моделиране на база мрежите на Петри.*

SITUATION ANALYSIS OF ERGATIC SYSTEMS FOR MANAGEMENT OF MOBILE OBJECTS

Zoya Hubenova

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

Keywords: *Ergadic System, Human Factor, Situation Analysis, Control*

Abstract: *The paper discusses problems related to the automation of ergatic systems (ES), based on the optimal distribution of functions between the operator and the automation. The hierarchy of ES functional tasks is analyzed, so are possibilities of their decomposition based on the concept of situational and target control. Situation control is based on situational models that give a formal description of the world through situations which the ES is supposed to work in. As an example, a situational modeling based on Petri's networks is proposed.*

Въведение

В съвременното техногенно общество важна роля играят ергатичните системи (ЕС) за управление на мобилни обекти, или т.н.системи «човек–машина–среда» [1]. В такъв род системи човекът-оператор (ЧО) си взаимодейства с техническите средства и изпълнява целенасочени функции за управление на движещи се обекти в ръчен и полуавтоматичен или супервайзорен режими. Такива са автоматизираните системи са управляемите от човек автомобили, железопътни, водни и въздушни транспортни средства, а също системите за дистанционно управление, манипулационните роботи, радиолокационите станции, системите за телеуправление и пр.

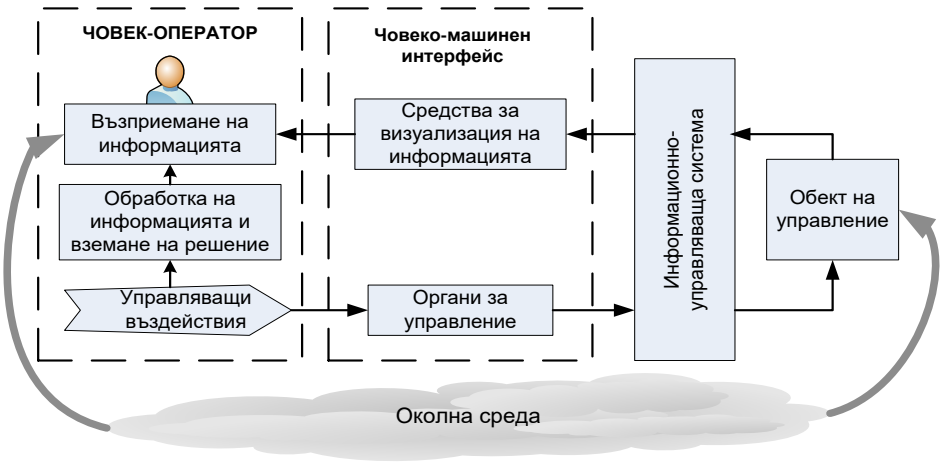
Общата тенденция за развитие на ЕС се характеризира с различни фактори, като: нарастване на степента на сложност на задачите за управление, повишаване степента на потенциална опасност на външната/околната среда, голям обем на обработвана информация, съкращаване времето за вземане на решения, нарастване цената на грешките, правилни и качествено взети оперативни решения и др. Работата на оператора в тези условия изисква повишени сензорни, емоционални и интелектуални натоварвания [2, 3]. В статията се

разглеждат проблемите, свързани със автоматизацията на ЕС, които се основават на оптималното разпределение на функциите между човека-оператор и автоматиката.

Структура, режими и организация на ЕС за управление на мобилни обекти

Информационното описание на ЕС се провежда в три направления: състав, структура и свойства. Аналогична диференциация може да се направи и в друг аспект: подсистеми; информационни възли (генератори и потребители на информация) и канали за връзка (хора, машини, алгоритми). Под информационен състав се разбира съставът на йерархията на целите, типа цели, а също качествените форми на проява на информацията и формите на нейното преобразуване. Към информационната структура се отнасят структурите за предаване, преработка и преобразуване на информацията в цялата система, вътре във възлите за управление и структурата на алгоритъма на отделния преобразовател на информация, а също различните форми на отношения между подсистемите и вътре в подсистемите, включвайки и отношенията между членовете на колектива, влизащ във възлите на управление, и отношенията между човека и машината. Към информационните свойства се отнасят: оценки, като неорганизираност на функционирането на системата по отношение на зададените цели; ценност на информацията, циркулираща в системата; преобразуващите свойства на алгоритмите, използвани в преобразуващата информация; динамичните характеристики на процесите на преобразуване на информацията

Схематично функционалната структура на ЕС за управление на мобилни обекти е представена на фиг. 1, където информационно-управляващата система (ИУС) реализира процеса за обработка на информацията, контрола и управлението. ЧО възприема и преработва информацията за околната среда, получена от апаратурата (дисплеи, индикатори и сензори и пр.), както и сензорната информация (получена от рецепторите на органите на чувства). Човеко-машинния интерфейс (ЧМИ), образуван от системата за визуализиране на информацията (СВИ) и органите за управление (ОУ), осигуряват взаимодействието на оператора и автоматиката. При своята дейност ЧО изпълнява следните функции: сензорни – приемане на информацията, интелектуални – възприятие, оценка и преработка на информацията, волеви – вземане на решение, ефекторни – реализация на взетите решения. Психиката и психическите процеси са регулатори на дейността, посредством които операторът направлява, контролира и коригира своите действия в съответствие с поставената цел.



Фиг. 1. Функционалната структура на ЕС за управление

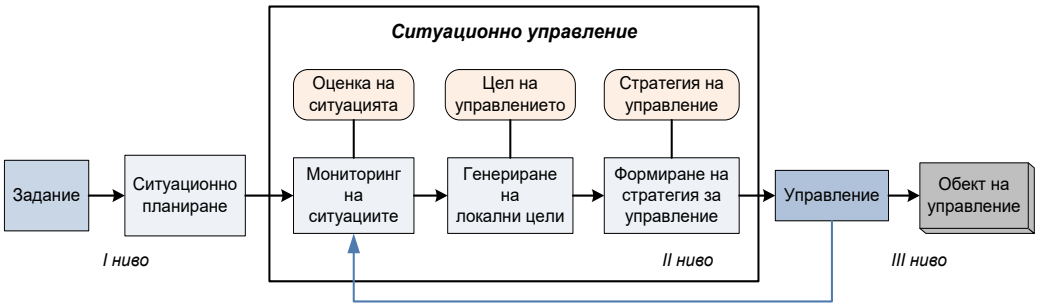
Важно свойство на такъв род ЕС е многорежимността. В зависимост от степента на автоматизация са възможни различни режими на управление на движението: ръчно (осъществявано непосредствено от оператора), полуавтоматично (осъществявано от автоматиката с участието на оператора), автоматично (осъществявано от автоматиката без участието на оператора). В условията на компютъризацията на ЕС е необходимо и да се отчитат и другите два способа на участие на ЧО в процеса на автоматизираното управление - диалогов (интерактивен) и супервайзорен режими: в първият случай се осъществява непосредствено взаимодействие на оператора и автоматиката, а във второто - операторът осъществява наблюдение на работата на автоматиката и се ограничава само с оперативно вмешателство с цел корекции.

Функционални задачи в ЕС за управление и особености на ситуационното управление (СУ)

По определение ЕС се отнасят към класа на сложните системи, които представляват съвкупност от голям брой йерархично зависими сложни подсистеми, обхващащи колективи от хора и технически средства, притежаващи определена степен на организираност и автономност, обединени помежду си в съответствие с действащата йерархия на целите чрез средствата за организация. В общия случай това са енергийни материални и информационни връзки, които осигуряват целенасочено функциониране на цялата система като единно цяло.

На фиг. 2 е представена структура на ЕС за управление на три нива [5, 6]. На първото ниво се планира сценария за изпълнение на заданието, на средното ниво се осъществяват функциите на ситуационно-целевото управление, а на третото – са конкретните управляващи въздействия на обекта.

Функционирането на ЕС се подчинява на конкретно задание, което определя оперативната цел на системата. При изпълнение на заданието ЧО се ръководи от даден оперативен план за действия, който в случая трябва да се отнесе към *сценарийното планиране* – разработка на алтернативни сценарии на бъдещето и създаването на тяхна основа гъвкави оперативни планове за действие [7]. Под сценарий се разбира подредена последователност от сцени, които се определят от типови/стереотипни ситуации, настъпили вследствие на някакъв набор от събития, както и от действията в дадената ситуация. Сценарий се реализира в процеса на функциониране на системата, като всички алтернативни сценарии се формират на основа изследване на околната среда (например наличие рискови елементи, различни неопределености и техни комбинации). При сценарийното планиране се разглеждат всички сценарии, като еднакво възможни в бъдеще, като при това подпомагат управлението, помагайки да се съкрати времето за реагиране на измененията в ситуациите.



Фиг. 2. Йерархия на функционалните задачи

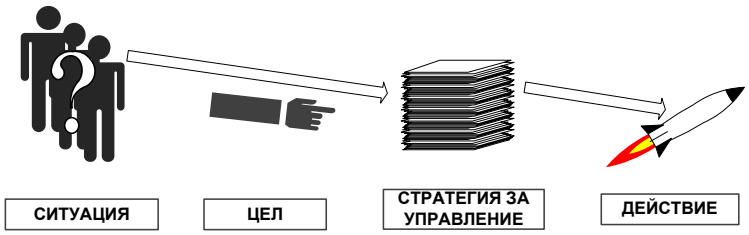
Планът се осъществява на база ситуационно-целевото управления, който се реализира алгоритмично (в резултат човеко-машинното взаимодействие) и се свежда до последователно изпълнение на три функции: мониторинг на ситуациите; генериране на локална цел на управление; формиране на стратегии за управление. Тук базисно е понятието ситуация – конкретен набор от събития, обстоятелства и условия, които влияят на системата в даден момент. Така тези три задачи на СУ довеждат до осъществяване на сценария – решението на задачите са съответствено диагноза за текущата ситуация, нова локална цел за управление (в случай на изменение на ситуацията) и стратегия за управление, насочена към нейното достигане. Нивото за управление на подвижния обект е най-ниското ниво на функционалната йерархия в ЕС и реализира стратегията за управление, сформирана на горните нива, в автоматичен или автоматизиран (диалогов или супервизорен) режим.

Ситуационната методология е ново направление, получило в настояще време широко разпространение в различни научни сфери и области като техника, социология, психология, педагогика и др. Основно значение на ситуационния подход в науката се състои в опита теоретически да се сформират, емпирично да се проверят и накрая практически да се препоръчат различни решения приложени към всяка от типовите ситуации. Диагностиката на ситуацията и нейното решение позволява да се определят алтернативните алгоритми, а отчитането на реалните субективни и обективни фактори, влияещи на ситуацията, дават възможност да се избере оптималния път за решаването ѝ.

Ситуационният подход зависи в голяма степен от точното определение на най-значимите фактори, влияещи на процеса на управление. Класическото ситуационно управление се подчинява на схемата «ситуация– действие», понеже алгоритъмът на управление не се задава явно, а се реализира на база ситуационна мрежа. Под ситуационна

мрежа се разбира ориентиран граф на преходи по еталонна ситуация, определящ изходната и целева ситуации. Дъгата на графа отразява смяната на ситуацията и предизвиканите от нея информационно-управляващи процеси.

За разлика от класическия ситуационен подход с две нива на схемата «ситуация–действие», в случая на разглежданата функционална структура на ергатичната система е удачно нивата да са четири: «ситуация – цел – стратегия за управление – действие» (фиг. 3). Компютърната поддръжка на оператора изисква разработката на формални модели на функционирането на ЕС. В работата си операторът осъзнава целта на своите действия във всяка конкретна ситуация, познава способите за достигане на целите и предвижда резултата. Доколкото всяка ситуация поражда определена локална цел, то глобалната цел на функциониране на ЕС се достига, като се отработват непрекъснато възникващите локални цели. На тази база при СУ е прието да се решава следната последователност от задачи: мониторинг на ситуациите; генерация на локалните цели; формиране на план за действие; изпълнение на планираните действия [8, 9].



Фиг. 3. Функционална структура от четири нива: <ситуация – цел – план – действие>

Ситуационно-целевото управление се базира на *ситуационния модел*, даващ формално описание на света с помощта на ситуациите, в които трябва да работи ЕС. В модела се отчитат факторите, които действително влияят на развитие на ситуациите. Такива могат да са релевантните характеристики на обекта и в околната среда - пространственото положение, режима и условията на движение на обекта, неговото техническо и динамично състояние.

Ситуацията се разглежда, не като е съвкупност от променливи състояния на обекта и външната среда, а идентифицира някаква област на локализация на динамични променливи (например при малки нарушения в текущия динамичен режим се изменя състоянието на системата, но ситуацията остава същата). Всяка ситуация поражда локална (работна) цел на управление, за достигането, на която се формира стратегия за управление. Могат да се използват класификационни схеми за ситуациите в това число и за определяне на критичните (предаварийни и аварийни) ситуации. На тази основа се осъществява ситуационен мониторинг. Дадената трактовка на ситуацията позволява да се характеризират и анализират динамичните процеси в обекта, като се отчитат различните фактори на неопределеността в динамиката на обекта и свойствата на околната среда.

Ситуационное моделирование на база мрежи на Петри

Един из възможните варианти за реализиране на ситуационния подход е формализацията на динамичните ситуационни модели посредством мрежите на Петри.

Формално Мрежата на Петри се определя като множество [10]:

(1) $PN = (P, T, I, O)$,

където $T = \{t_1, t_2, ..., t_n\}$ е подмножество на върховете, наречени преходи (*transitions)*; $P = \{p_1, p_2, ..., p_m\}$ е подмножество на местата (*places)*; входната I и изходна O функции, които свързват преходите и местата. Входните функции $I(t_j)$ са множество от всички места, входни за прехода t_i. Изходните функция $O(t_j)$ са съответно множество, съдържащо всички места, изходни за прехода t_j. Графично мрежите се представят като графоподобна структура – ориентиран мултиграф $G(V, A)$ с множество на върховете $V = \{P, T\}$ и множество от насочени ребра A. Ребрата могат да свързват само различни по тип върхове съгласно функциите I и O.

Динамичният модел на системата се получава като се интерпретират позициите p като ситуации, а преходите t като събития, предизвикващи изменения в ситуациите.

Моделът на операциите включва граф с мрежи на Петри с последователността от действия (операции), извършвани от оператора. На практика разработването на ситуационния модел предхожда разработването на модела за операциите и те се създават независимо един

от друг. Мрежите на Петри дават достатъчно универсални възможности за описание, като позволяват да се отразят различни събития и роли – на оператора (умора, недостиг на времето, необходимо за извършването на дадената операция, намаляването на работоспособността на оператора и пр.), на обекта за управление (технически параметри, аварии), събития в околната среда и т.н.

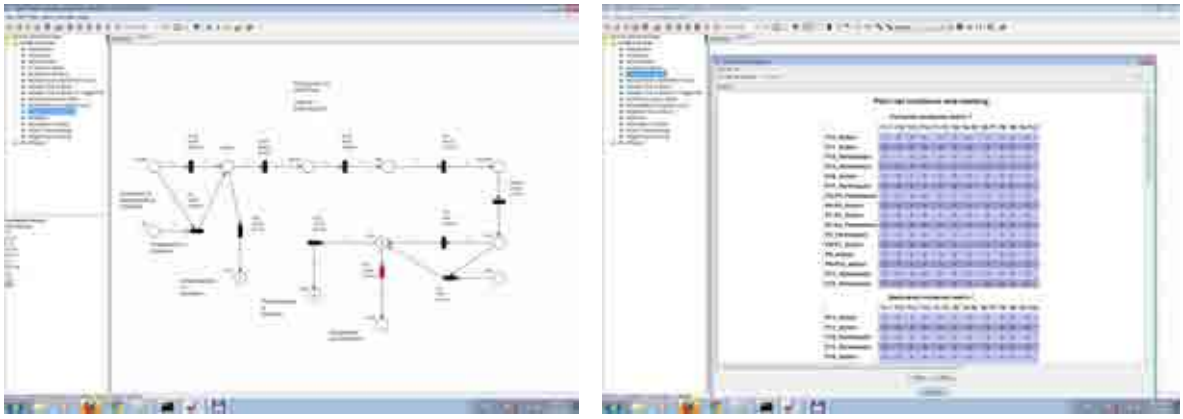
За да се моделират целенасочените действия на оператора, изпълнявани по правила и съответстващи на инструкциите (например процедура на излитане и кацане на БЛА), се разглежда модел на дейността на човека или т.нар. модел на действията, което се описва с помощта на различни алгоритми [11]. Отчитайки особеностите на специфичната дейност на ЧО на БЛА като сложна динамика по наблюдение на непрекъснати параметри и логически елементи, може да се каже, че значение преобладават интелектуалните задачи пред перцептивните и моторните. Известно е, че определянето на задачите на оператора в такъв род автоматизирани системи за управление се свежда практически до следното: своевременно да открие неспособността на автоматизираната система да се справи с възникващите нарушения в хода на процеса, да определи причините за неизправността и да компенсира последствията от тях

На фиг. 4 е показана процедура на излитане и кацане с граф на операциите, като има два вида ядра – за фактическото изпълнение и ядра, свързани със искане на разрешение или потвърждение за изпълнение. Методологията за моделиране започва с дефинирането на целите и се състои от следните етапи:

– формиране на целите;

– построяване на формалното графично описание на сценария за достигането на целите;

– преобразуване на сценария в структурен модел на системата с мрежи на Петри и моделиране на процесите в нея.



Фиг. 4. Граф на операциите и анализ на резултатите

Продуктите за моделиране на мрежи на Петри дават възможност и за задаване на стойностите на показателите за всяка процедура при конкретен БЛА. Сумирането на времената за процедурите дава общото време за изпълнение на задачата, което не трябва да превишава предварително зададена максимална стойност. Умората на оператора може да се отрази с рационално число и също се натрупва в хода на изпълнение на процедурите. При обобщена статистика на показателите може да се даде оценка за изпълнение на задачата като цяло. При изпълнение на повече последователни процедури стойностите на показателите за дадена процедура са начални за следващата.

Заключение

Ситуационният подход е възникнал през 60-те години на XX в., като в настоящо време получава развитие и в областта на управлението на техническите обекти. Сега системите за ситуационно управление широко се използват в различни сфери на човешката дейност и в частност при вземането на решения в условия на частична или пълна неопределеност.

Ситуационната осведоменост е разбирането на оператора за състоянието на технологичното оборудване в даден момент и се обуславя от неговите професионални качества и когнитивни способности. Правилната ситуационна осведоменост е изключително важна при бързи и правилно взети решения в такива комплексни области, като авиация, транспорт, енергетика и пр. Операторите с добра ситуационна осведоменост са по-успешни при

анализа на информацията, при определянето на критични моменти и предприемане на правилни действия за предотвратяване на нежелателни последствия.

Представеният подход позволява да се реализира управление, основано на краен брой базови ситуации и може да бъде използван в системите за подпомагане вземане на решения, в автоматизираните и роботизирани системи.

Литература:

1. Deborah, M. Licht and Donald J. Polzella. Human Factors, Ergonomics, and Human Factors Engineering: An Analysis of Definitions, CSERIAC, 2008.
2. Salvendy Gavriel (Editor), Handbook of Human Factors and Ergonomics, Purdue University, 2006, Canada.
3. Попов, В., П. Гецов, Кр. Стоянов. Човекът като управляваща система - системологичен анализ, Юбилейна научна сесия “30 години Институт за космически изследвания”, 1999, стр. 256–258.
4. Хубенова, З., В. Гергов, Ф. Илиев, А. Андонов. Моделиране и оптимизация на дейността на оператора при управление на БЛА чрез мрежи на Петри, Годишник ВУТП, том II, 2015, стр. 31.
5. Поспелов, Д. А. Ситуационное управление. Теория и практика. -М.: Наука, 1986.
6. Теряев, Е. Д., Петрин К.В., Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б. Проблема интеллектуальной поддержки оператора в эргатических системах управления / Труды "Проблемы управления и моделирования в сложных системах", 2010, с.18.
7. Lindgren, M., H. Bandhold, Scenario Planning: The Link Between Future and Strategy, Springer, 2003.
8. Albers, S. Using a simulation model to represent the time dependence of human reliability // Proc. 5-th. EuRe Data Conf. -Berlin, 1986. -P.445-453.
9. McCarthy, J. Situations, Actions and Causal Laws // Stanford Artificial Intelligence. Technical report: Memo Stanford University, 1963.
10. Peterson, J. Petri Net Theory and the Modeling of Systems, Prentice Hall, 1981.
11. Хубенова, З., В. Гергов, Ф. Илиев, А. Андонов. Моделиране и оптимизация на дейността на оператора при управление на БЛА чрез мрежи на Петри, Годишник ВУТП, том II, 2015, стр. 31.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОМПОЗИТНИ СЪСТАВИ ЗА СОПЛОВИ БЛОК НА ЕКОЛОГИЧНО ЧИСТИ РАКЕТНИ ДВИГАТЕЛИ

Христофор Скандалиев[1], Калин Крумов[1,2], Нели Сивева[1,2], Олег Панайотов[2], Силвия Венкова[2]

[1]Клуб за аерокосмически технологии "Зодиак" – Кюстендил
[2]Химикотехнологичен и металургичен университет – София
e-mail: fori2ivanov@yahoo.com; kkrumov@uctm.edu

Ключови думи: *Експериментални изследователски ракети, ракетни двигатели, композитни материали, аерокосмически технологии, чисти технологии, екология*

Резюме: *Проведено е експериментално изследване за подбор на подходящ композитен състав за соплови блок в двигателите на ракети с гражданско приложение. Описани са първоначални резултати от тестовете на няколко различни разновидности композитни материали, съставени от минерални вещества и якостни добавки. Изследваните технологични решения са свързани със създаването на ново поколение екологично чисти твърдогоривни ракетни двигатели, напълно разградими в природна среда.*

RESEARCH OF THE COMPOSITES FOR NOZZLES OF GREEN ROCKET MOTORS

Hristofor Skandaliev[1], Kalin Krumov[1,2], Neli Siveva[1,2], Oleg Panayotov[2], Silvia Venkova[2]

[1]Club of aerospace technologies "Zodiac" – Kyustendil
[2]University of Chemical Technology and Metallurgy – Sofia
e-mail: fori2ivanov@yahoo.com; kkrumov@uctm.edu

Keywords: *Experimental sounding rockets, rocket motors, composites, aerospace technologies, green technologies, ecology*

Abstract: *An experimental research to select a suitable composite composition for the nozzles of rocket motors for civilian use has been conducted. Initial test results for several different varieties of composite materials composed of mineral substances and strength additives are described. The research solutions are related to the creation of a new generation of environmentally friendly solid-fuel rocket engines, completely degradable in a natural environment.*

Въведение

Двигателите на ракетите с твърдо гориво представляват в най-общия случай затворена камера от термоустойчив материал, в която изгаря заряд с определена форма при точно зададени параметри. При това контролирано изгаряне се отделя голямо количество газове, които излизайки през соплото на двигателя, осигуряват задвижващата тяга на ракетата. Определящ параметър за работата на тази система е налягането в камерата на ракетния двигател. Работното налягане е функция от геометрията на твърдогоривния заряд, неговата открита за горене повърхност и отвора на соплото, наречен критичен диаметър. В зависимост от използвания материал, критичният диаметър може да остава постоянен по време на цялата работа на двигателя, или да се променя чрез аблация, като по този начин се изменя и зависимостта *налягане - тяга*.

Във военната и космическата техника за изработка на сопла се използват множество различни топлоустойчиви материали с висока якост – високотопими метали, графити, високотемпературна керамика, композитни състави от типа въглерод-въглерод и др.

В гражданския сектор, от съображения за сигурност и икономичност, предпочитани са сопла от пресована глина и минерали в пиротехниката, фенолни сопла при противоградовите, експерименталните и любителските ракети, комбинации от метал и графит при изследователските и метеорологичните ракети.

Основни цели на проведеното изследване:

Основните задачи са свързани с предварителен подбор на съставни компоненти, технология на изработка и подходяща геометрия на соплови блок за ракети с цивилно приложение, най-вече противоградови, изследователски и любителски. Целта е да се постигне комбинация от безопасност и минимално ниво на вредно екологично въздействие при производство и употреба, ниска цена, опростена технология и високи експлоатационни параметри.

За постигане на така формулираната задача се преминава през няколко последователни етапи:

- избор на концепция за структурата на сопловия блок;
- подбор на подходящи леснодостъпни и евтини високотопими материали;
- създаване на технология за конструктивно оформяне на соплото;
- изпитания на образци от създадените материали;
- разработка на прототипи на действащи соплови блокове за двигатели;
- окончателни тестове в работна среда - наземни и полетни;
- обработка на получените данни и заключения за функционалността.

Експериментална работа

Проведени са експериментални изследвания на конструктивни материали, базирани на алкално активирани алумино-силикатни материали, познати в някои публикации като геополимери [1, 2, 3]. Изборът на подобен подход е продиктуван от ниската цена и достъпност на влаганите компоненти, опростена технология за формоване на необходимите детайли, екологична безопасност на съставките и готовите изделия и възможността за естественото им разграждане в природна среда след употреба. Първата фаза от необходимите изследвания се състои в избор на възможни градивни съставки и технологична схема за оформяне на детайли.

От първостепенна важност е изделията, създадени по такава технология, да имат необходимите механични и якостни характеристики, да издържат високите работни температури и налягания, да имат достатъчна за еднократна употреба износоустойчивост от изтичащия през соплото поток от газове и кондензирани частици. Всички тези изисквания за работоспособност и надежност са предмет на следващи етапи, предвидени в изследването.

Принципът за получаване на алкално активирани материали (AAM) се състои във взаимодействие между алкални разтвори и прахообразни алумино-силикатни пълнители [6]. В конкретния случай за активатори са използвани водни разтвори на натриев силикат Na_2SiO_3 40% и натриев хидроксид NaOH 20%, а прахообразни прекурсори са магнезиев оксид (MgO), смляна въглищна сгурия/сгуропепел от бобовдолски въглища и воластонит ($Ca_3(Si_3O_9)$). Сгурията, получавана при изгаряне на въглища от Бобов дол, има приблизителен състав [5], както следва:

(1) SiO_2 - 60%, Al_2O_3 - 23%, Fe_2O_3 - 9%, CaO - 4%, MgO - 1,4%, Na_2O - 0,6%, K_2O - 2%

Всички тези прекурсори са високотопими вещества, или смес от оксиди, с температури на топене над 1500°C. Механизмът на гелообразуване и последващо втвърдяване на такива системи е подробно разглеждан от много автори [4] и не е предмет на настоящата работа.

Физико-механичните и якостните им качества зависят от процентното съотношение на съставките, концентрацията на активиращия алкален воден разтвор и от условията при фазата на химична реакция и втвърдяване - температура и влажност. Водата от алкалния разтвор не участва в химичните реакции на полимеризация и не е част от пространствената химическа структура на получения материал. За синтеза на геополимера определящи са катионите на Al , Si , Ca и Mg, което е определящо при избора на така посочените прахообразни вещества.

За целите на изследването са изработени тестови образци ГП1-ГП6 със следните съотношения на алкалните разтвори и прахообразните прекурсори в тегловни проценти в границите:

№ на образец	Сгуропепел	MgO	Воластонит	Na_2SiO_3 р-р	NaOH р-р
	%	%	%	%	%
ГП1	-	60–75	-	25–40	-
ГП2	30–40	20–35	-	25–40	-
ГП3	60–75	-	-	25–40	-
ГП4	48–57	-	-	20–35	8–17
ГП5	25–35	25–35	10–20	25–35	8–17
ГП6	35–50	5–20	1–15	20–35	8–17

Образците са изготвяни чрез смесване на компонентите при стайна температура в калъпи с цилиндрична форма и последващо втвърдяване при температура 65°C и относителна влажност на въздуха 70 %. Не е използвано пресоване при формоване на гелообразната маса, а само вибрационно уплътняване за няколко минути. При така посочените съотношения на отделните мостри, са направени разновидности от тях, различаващи се по диаметъра на цилиндъра, а именно 40 mm, 50 mm и 60 mm.

Изчислена е обемната плътност на различните тестови образци, която е посочена в следващата таблица и сравнена с плътността на графита, който масово се използва за сопла:

№ на образец	Обемна плътност
	g/sm^3
ГП1	2,20
ГП2	1,96
ГП3	1,82
ГП4	1,76
ГП5	2,05
ГП6	1,90
Графит	2,00 до 2,23

Плътността на всичките образци е съизмерима или по-ниска от тази на графита, което се дължи освен на използваните вещества, така и на порообразуването при изпаряване на водното съдържание от алкалните разтвори. Доколко това обстоятелство ще оказва влияние върху топлинните характеристики, механичните и якостните качества на образците предстои да бъде изследвано в следващите етапи на работата.

Проведени са тестове за механична обработка на мострите чрез струговане и пробиване на критичен диаметър с конкретни размери на сопла, подготвени за огневи експерименти в тестов моделен ракетен двигател. Образците се обработват лесно и запазват

желаните геометрични форми. Без трудности се осъществява монтаж и укрепване на сопловия елемент в камерата на тестови двигател.

Изводи

1. Направени са успешни експерименти за получаване на детайли за соплови блок на моделен ракетен двигател чрез технология за алкално активиране на сухи прахообразни прекурсори, съдържащи алумино-силикати и високотопими оксиди.

2. Приготвени са тестови образци с добра обемна плътност, позволяващи лесна механична обработка и монтаж в леглото на двигателя.

3. Предстоят изпитания на образците за охарактеризиране на тяхната топлоустойчивост, механична издръжливост и якостни характеристики в работни условия.

Литература:

1. Provis, J. L., J. S. J. van Deventer. Geopolymers Structure, processing, properties and industrial application. Oxford : Woodhead ; Boca Raton, FL: CRC Press, 2009.
2. Usha, S., D. G. Nair, S. Vishnudas, GEOPOLYMER BINDER FROM INDUSTRIAL WASTES: A REVIEW. IJCIET, Volume 5, Issue 12, December 2014, pp. 219–225.
3. Джамбазов, С., А. Йолева. Специални керамични материали. ХТМУ, София, 2011.
4. Фиговский, О. Л., П. Г. Кудрявцев. Жидкое стекло и водные растворы силикатов, как перспективная основа технологических процессов получения новых нанокомпозиционных материалов. Йерусалим, 2014.
5. Тодоров, К., Състав на сгуропепелните смеси от утайниците на българските термоелектроцентрали. БАН, София, 1983.
6. Bumanis, G., D. Bajare, J. Locs. The Effect of Activator on the Properties of Low-Calcium Alkali-Activated Mortars. Riga, Latvia, 2014.

S E S 2 0 1 8
Fourteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
7 – 9 November 2018, Sofia, Bulgaria

ВТОРИЧНА ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАЩА СИСТЕМА ЗА БЕЗПИЛОТЕН ЛЕТАТЕЛЕН АПАРАТ

Павлин Граматиков

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

Ключови думи: *Вторични източници за захранване, проектиране на вторични системи за захранване, ефективност на електрозахранващите източници, електрозахранващи системи.*

Резюме: *Представена е електрозахранваща система, като нейните схемни и структурни решения са изпитвани и реализирани във вторичната електрозахранваща система на безпилотен летателен апарат, самолетен тип с тегло до 70 kg и бензинов двигател за задвижване на витлото.*

SECONDARY POWER SUPPLY SYSTEM FOR UNMANNED AIRCRAFT

Pavlin Gramatikov

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

Keywords: *secondary power supplies, switching power supply design, power supplies efficiency, power systems.*

Abstract: *A power supply system is presented and its circuit and structural solutions are tested and realized in the secondary power supply system of an unmanned aircraft.*

Въведение

В бордната служебна и научна апаратура на един безпилотен летателен апарат (БЛА) задължителен функционален елемент се явяват вторичните електрозахранващи източници (ВЕИ) и вторичните електрозахранващи системи (ВЕС). Настоящето изложение обхваща проектната дейност, реализацията и изследванията на ВЕС за БЛА-60. Ориентировъчните параметри за проектиране на разглеждания по-долу вариант за БЛА-60 са: стартова маса до 70 *kg*; планер и двигател до 19 *kg;* гориво до 25 *l*; система за електрозахранване до 2,5 *kg*; полезно натоварване до 15 *kg*; система за управление до *8 kg.*

Фиг. 1. Бордна система за навигация и управление на БЛА-60

Фиг. 2. ВЕС на „БЛА-60”

Съставът на БЛА-60 е даден на фиг. 1. Двигателят е на БЛА-60 е двутактов, бензинов, с електронно запалване, с обем *106 cm³,* мощност *8 kW* и ресурс *3000 h*. Бордният комплекс за навигация, управление и видеонаблюдение включва: инерциална навигационна система, приемник за спътникова навигационна система GPS, автопилот с 1000 програмируеми точки, датчик по азимут и вертикала, оперативно изменение на програмата на маршрута по време на полет, запис на 40 параметъра на полета и съхраняване на достатъчен обем от данни за следполетна диагностика, анализ и обучение. При загуба на GPS бордният комплекс преминава от автоматично към автономно инерциално изчисляване на координатите, чрез използване на магнитен компас и други датчици. Това осигурява продължаване на изпълнението на задачата, автономно завръщане и кацане. Височината на БЛА-60 е *550 mm,* площта на крилото е *2,35 m²,* общата носеща площ на самолета е *3,8 m².* Специален режим на камерите осигурява прибиране (заключване) на камерите преди кацане. Полетната и видеоинформацията на БЛА-60 се съхранява в цифров вид на борда и в наземната станция. Предвиден е обмен на цифрови данни през сателитна комуникация. При захващане на обект (стационарен или мобилен) с камерите може да се използва режим на полета, в който БЛА-60 се управлява чрез камерата така, че наблюдаваният обект да остане в нейното полезрение. Сензорите за оценка на състоянието на атмосферата осигуряват измерване на концентрацията на общо 11 вида газове (серен оксид, натриев оксид, хлор и др.), както и на радиацията. Горивото, което е използва БЛА-60 е бензин А-98. При добри метеорологични условия, полетът има продължителност до *23 h*, но при вятър или силен дъжд, тя е до *18 h*. Самолетът се движи на автопилот или комбинирано - с намеса на оператор. Необходимото оборудване и корпусите на два самолета се побират в микробус, който е и мобилна базова станция.

Експериментална част

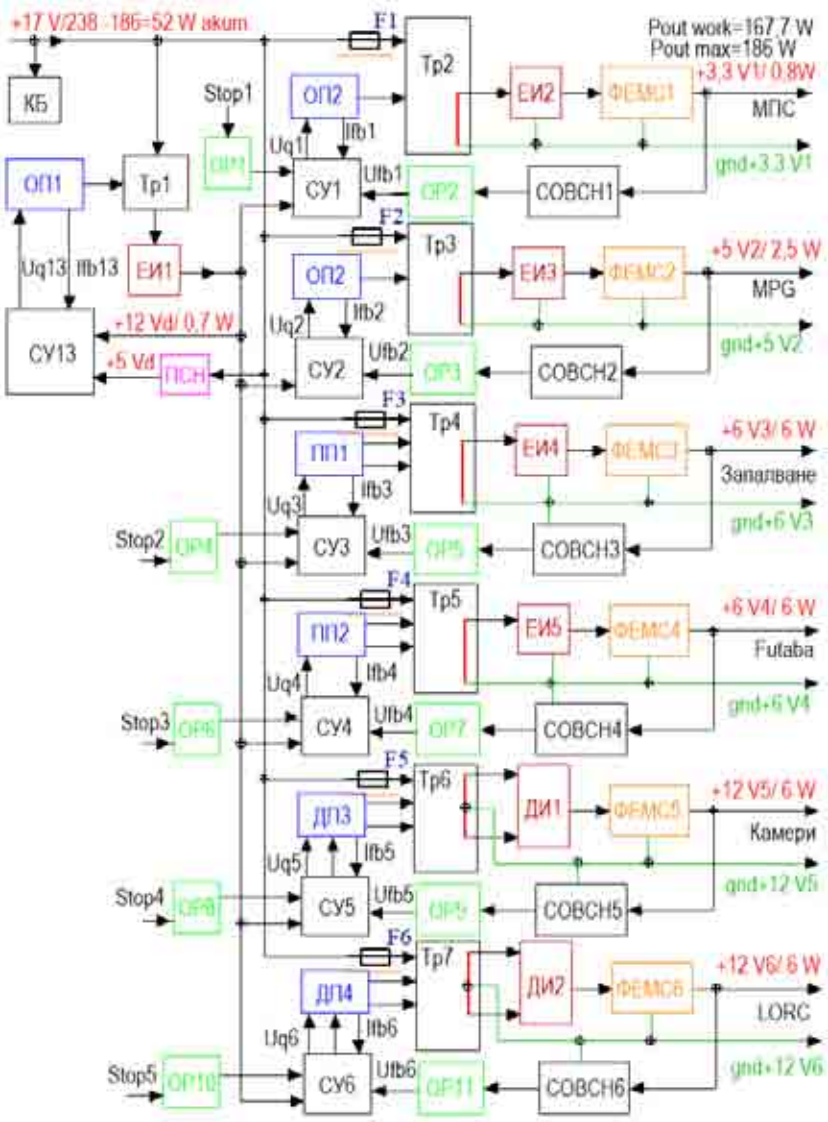
Първичната електрозахранваща система [1] на БЛА-60 стабилизира зарядния ток на и зарядната напрежение на акумулаторната батерия при диапазон на изменение на напрежението на четири литиево-полимерни клетки от 10,8 *V* до 17,4 *V*, когато входното трифазно нестабилно напрежение от електрогенератора се изменя от 15 *Vac* до 100 *Vac*, т.е. при изменение на оборотите на двигателя от празен ход до пълен форсаж от 1200 до 7500 *RPM*.

Вторичната електрозахранваща система на БЛА-60 (ВЕС БЛА-60) е предназначена да осигури бордно вторично електрозахранване на всички потребители на БЛА-60. Тя стабилизира и галванично развързва 13 напрежения при изменение на бордното напрежение +Vb в границите 10,8–17,4 *V*. Решено е всеки ВЕИ да се разрешава чрез оптрони с цел предполетен анализ или икономия на електроенергия в полетен режим (нормален и авариен). В таблицата са дадени вторичните напрежения и пиковите консумации на всички потребители: МПС - микропроцесорна система; MPG - автопилот; З - електронно запалване за двигателя; F – радиоприемник „Futaba“; Кам. - две телевизионни камери; Lorc - инерциална система; БК - бордов компютър; S.L - серво машинки от ляв борд; S.R - серво машинки от десен борд; SATR - сателитен радиотракт; Long - радиотракт за далечна видеовръзка; Tr – транспондер, BL- бордна лампа. За научна апаратура се считат Кам. и SATR, а всички останали - бордна служебна апаратура, обезпечаваща управлението на полета. Конструктивно ВЕС БЛА-60 е изградена от: една платка за дежурен режим, наречена ВЕС-1W-3W-6W, до пет платки ВЕС-6W-30W; дънна платка и кутия от композитни материали. Платката за дежурен режим обезпечава напреженията: +9 *V*/1 *W* за захранване за всички управления на петте силови платки ВЕС-6W-30W; +5 V / 3 W за захранване на MPG и +6 *V* / 6 *W* за захранване на радиоприемника на ръчното управление. Според нужната конфигурация може да се свържат до пет платки ВЕС-6W-30W, захранващи съответната БАА. Общата максимална пикова изходна мощност на ВЕС-АБ, съгласно таблицата е 287,9 *W*, като средната (топлинна) мощност е около 140 *W*. Синтезираната структура дава гъвкавост в теглото на ВЕС, при промяна на броя и мощностите на потребителите. Постигнато е съотношение 5,14 *cm³/W*. Параметрите на блока за електронно запалване са:

- Работно напрежение: 6 *V* –7,4 *V*
- Консумация на празен ход: 0,1 *W*;
- Консумация при съответните обороти: 0,15 *W* при 0 *RPM*; 0,78 *W* при 1000 *RPM*; 6 *W* при 6000 *RPM*; 7,8 *W* при 10000 *RPM*.

Табл.1. Вторични напрежения и мощности на потребителите на БЛА-60

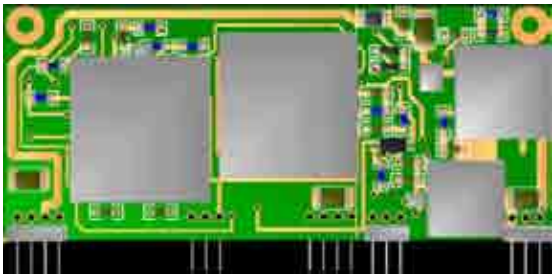
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
У-во	МПС	MPG	З.	F.	Кам.	Lorc	БК	S.L	S.R	SATR	Long	Tr.	BL
U [V]	+3,3	+5	+6	+6	+12	+12	+12	+6	+6	+12	+12	+12	+12
P *[W]*	0,8	2,5	6	6	6	6	14,4	30	30	30	30	6	1



Фиг. 3. Първа половина от BEC БЛА-60

Фиг. 4. BEC-1W-3W-6W на БЛА-60

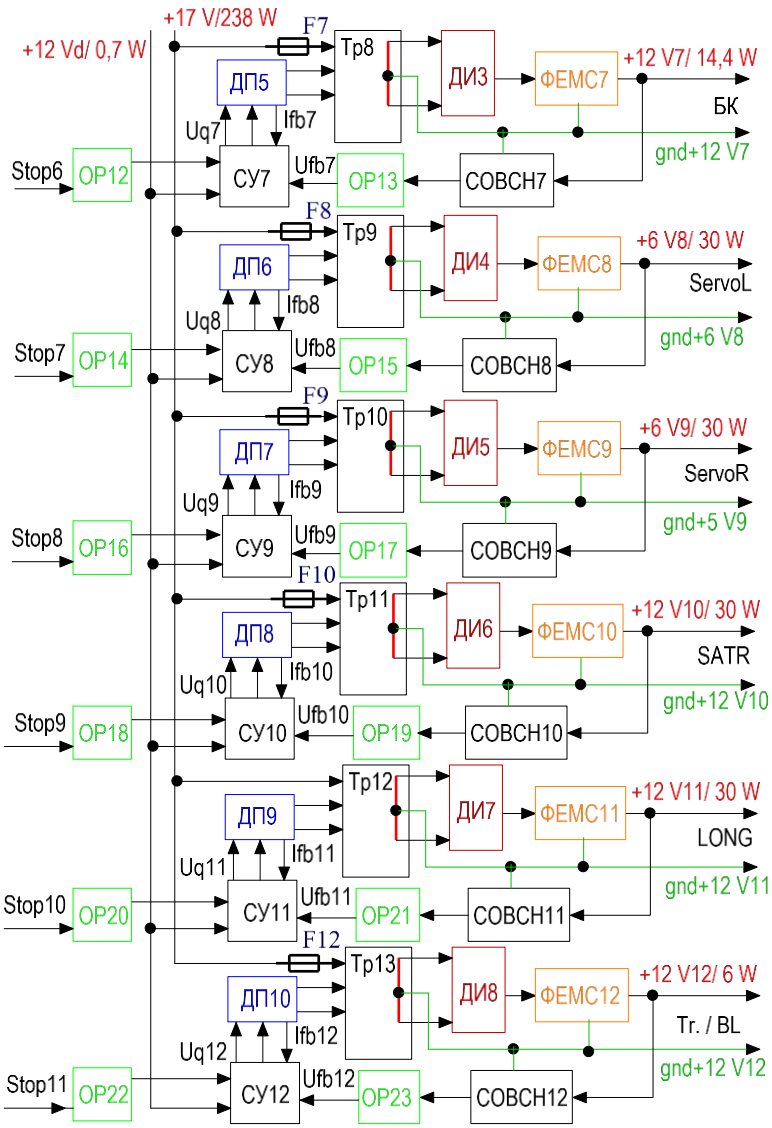
Фиг. 5. BEC-6W-30W от BEC БЛА-60



Фиг. 6. 3-D модел на BEC-6W-30W

На Фиг. 3 и Фиг. 7 е дадена функционалната схема на BEC БЛА-60, състоящ се (Фиг. 2) от дънна платка и шест модула: един брой дежурен модул BEC-1W-3W-6W и пет силови модула BEC-6W-30 W от BEC БЛА-60. Модул 1 това е BEC-1W-3W-6W (Фиг. 2 - отляво), изграден с три обратни преобразувателя: 1 W (изграден от ЕИ1, ОП1, ПСН, СУ13 и Тр1) за дежурно напрежение +12 Vd, захранващо СУ1-СУ12; 3 W (СУ2, Тр3 и др.) захранващ MPG; 6 W (СУ4, Тр5 и др.) за радиоприемник FUTABA. Модул 2 (BEC1-6W-30W) съдържа два преобразувателя: 6 W (СУ1, Тр2 и др.) за МПС; 30 W, (СУ8, Тр9 и др.) за сервомашинки от ляв борд. Модул 3 (BEC2-6W-30W) има два преобразувателя: 6 W (СУ3, Тр4 и др.) за блок „Запалване“ на двигателя; 30 W (СУ9, Тр10 и

др.) за сервомашинки от десен борд. Модул 4 (BEC3-6W-30W) има два преобразувателя: 6 W (СУ5, Тр6 и др.) за две телевизионни камери; 30 W (СУ10, Тр11 и др.) за SATR. Модул 5 (BEC4-6W-30W) има два преобразувателя: 6 W (СУ6, Тр7 и др.) за Lorc; 30 W (СУ7, Тр8 и др.) за БК. Модул 6 (BEC5-6W-30W) има два преобразувателя: 6 W (СУ6, Тр7 и др.) за Lorc; 30 W (СУ7, Тр8 и др.) за Tr. и BL.



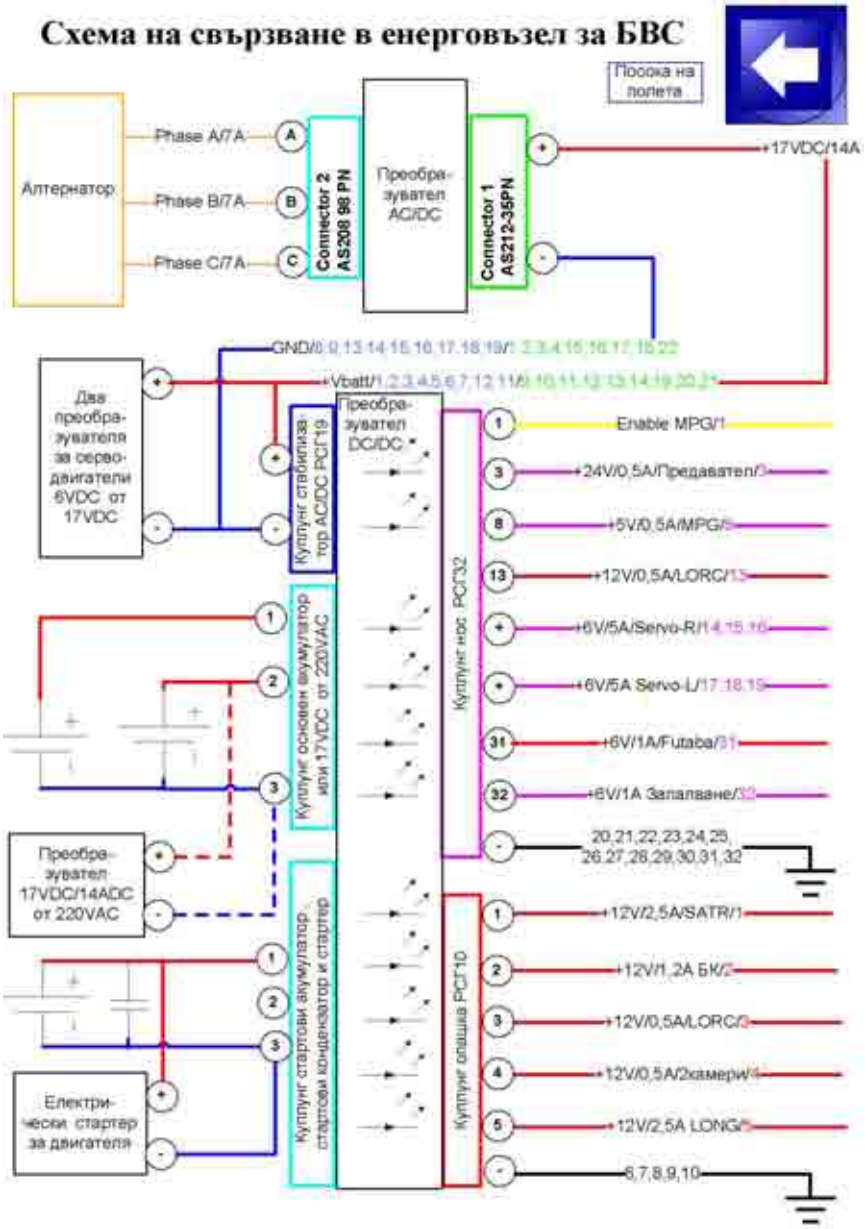
Фиг. 7. Втора половина от BEC БЛА-60

Списък на означенията: ДИ - двутактен изправител; ДП - двутактен преобразувател; КБ - кондензаторна батерия; ОП - обратен преобразувател; ОР - оптронна развръзка; ПСН - последователен стабилизатор на напрежение; СОВСН - схема на обратна връзка за стабилизация на напрежението; СУ - схема за управление; Тр – трансформатор; ФЕМС - филтър за електромагнитна съвместимост.

На Фиг. 8 е дадена схема на свързване на първично и вторично захранване на „БЛА-60” с бордните устройства: алтернатор, серво машинки, акумулатор, стартови кондензатор, стартер на двигателя.

Заключение

Синтезирана е BEC на модулен принцип с гъвкава структура и тегло според използваното за конкретен полет бордно оборудване. Разработеното схемно и конструктивно решение е изпитвано и проверено в условията на производство и полет на българския БЛА-60. Изготвени са два летателни екземпляра (ЛК-1 и ЛК-2) на BEC за БЛА-60, които са проверени в различни конфигурации на бордното оборудване.



Фиг. 8. Схема на първично и вторично захранване на „БЛА-60”

Литература:

1. Граматиков, П., Б. Бойчев Първични електрозахранващи източници за безпилотен летателен апарат, Международна научна конференция по "Авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии", Транспортен факултет, БулТранс 2014, гр.Созопол, 17–19 септември 2014 г.
2. Граматиков, П., К. Калагирева, Вторичен източник за захранване на жироскоп за безпилотни летателни апарати, Международна научна конференция по „Авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии“, Транспортен факултет, БулТранс 2014, Созопол, 17–19 септември, 2014 г.
3. Граматиков, П., П. Гецов, Б. Бойчев, Г. Сотиров. Вторични електрозахранващи източници и системи на безпилотни летателни апарати, Университетска научна конференция, Национален военен университет „Васил Левски” - гр. Велико Търново, 3–4 юли 2014 г.
4. Gramatikov, P. Electric motorgenerators for UAF Aerospace Research in Bulgaria, № 29, 2017, ISSN: 1313-0927, pp. 120–132.
5. Getsov, P., Wang Bo, D. Zafirov, G. Sotirov, St. Nachev, R. Yanev, P. Gramatikov, V. Atanassov, H. Lukarski, S. Zabunov. AN UNMANNED AERIAL SURVEILLANCE SYSTEM IN URBAN ENVIRONMENTS, Aerospace Research in Bulgaria, № 29, 2017, ISSN: 1313-0927, pp. 94–110.
6. Граматиков, П., П. Гецов. Електронно управление на мотор-генератори за безпилотни летателни апарати. 6 International scientic and technical conference, ‘‘Engineering, technologies, education, security’’, 2018, Veliko Tarnovo, pp. 122–125.

ВТОРИЧНА ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАЩА СИСТЕМА ЗА МНОГОКАНАЛНА СПЕКТРОМЕТРИЧНА СИСТЕМА „СПЕКТЪР-256“

Павлин Граматиков

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

Ключови думи: *Вторични източници за захранване, проектиране на ключови източници за захранване, вторични електрозахранващи системи, ефективност на електрозахранващите източници,*

Резюме: *Представена е вторична електрозахранваща система за многоканална спектрометрична система "Спектър-256". Тя работи в спектрален диапазон 480 – 810 nm. Приборът е разработен от учени от ИКИТ-БАН за полета на втория български космонавт и е използван на борда на орбиталната станция "Мир" в научни експерименти повече от 12 години при дистанционни изследвания на спектралното отразяване на естествени земни формации и продукти от различни физични и химични процеси. Реализирано е ново решение в схемата за ограничаване на пусковия ток на прибора. Използва се ново схемно решение за ограничаване на динамиката на тока на мощен двигател за фотоапарат. Използвани са Power MOSFET транзистори, с цел висока надеждност. Проучени са технически решения за повишаване на ефективността в различни режими в схема на Flyback конвертор.*

SECONDARY POWER SUPPLY SYSTEM FOR MULTICHANNEL SPECTROMETRIC SYSTEM „SPECTRUM -256“

Pavlin Gramatikov

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

Keywords: *secondary power sources, switching power supply design, secondary power supply systems, power supply efficiency.*

Abstract: *Secondary power supply system for space device "Spectrum-256 " was presented. Multichannel spectrometer delivers data in spectral range 480–810 nm. The instrument was developed by scientists from SRI-BAS for the flight of the second Bulgarian cosmonaut and was used on the board of Manned orbital station "Mir" in scientific experiments for more than 12 years in remote sensing of the spectral reflection of natural earth Formations and products of different physical and chemical processes. A new solution is realized in the scheme for limiting the starting current of the instrument. A new circuit design solution is used to limit the current performance of a powerful camera engine. Used are Power MOSFET transistors in order to high reliability. Technical solutions are studied to increase the efficiency in different modes in the scheme of Flyback Converter*

Въведение

По програма „Шипка” [1] в модул „Природа”, на борда на орбитална станция „Мир” и по програмата "Георесурс" с многоканалната спектрометрична система „Спектър-256” се осъществяват научни експерименти в областта на дистанционните изследвания на Земята, извършвани на три нива: от космическа орбита; аерофотоснимки от самолетна лаборатория и измервания от наземна лаборатория. Със „Спектър-256” се изследват спектралните отражателни характеристики на природни и антропогенни образувания на земната повърхност във видимата и близката инфрачервена област на светлината в диапазона 450–830 *nm*.

Спектрометърът се закрепва към илюминаторите на ОС „Мир”. Системата работи в два режима с брой на спектралните канали 256 и 128 със спектрална разделителна способност

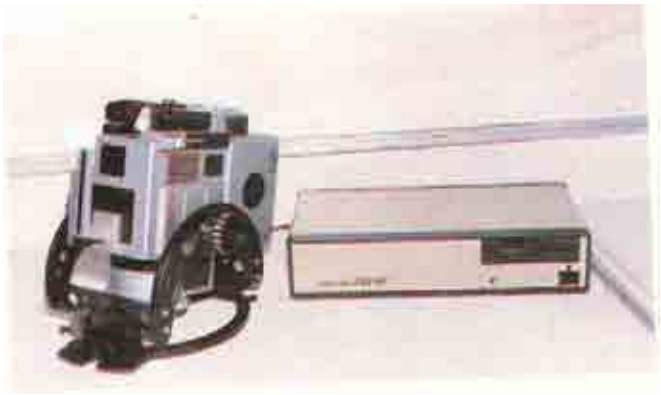
съответно 1.3 и 2.6 *nm*, при общ спектрален диапазон 450–830 *nm* [11]. Реалната пространствена разделителна способност при височина на орбитата H = 300 *km* е 210 × 210 *m*. Блокът за регистрация е създаден на базата на 16 битова компютърна система. Приборът се използва за изучаване на природни и селскостопански обекти на земната повърхност, както и за проучване на характеристиките на земната атмосфера и влиянието им върху процеса на дистанционно изследване на обектите.

Подготовката на втория българо-съветски космически полет започва след подписване на двустранно споразумение през февруари 1986 г. През февруари 1987 г. космическият проект “Шипка” [2, 3] е утвърден като научно-техническа програма и дейност по подготовка и провеждане на втория българо-съветски космически полет, който продължава от 7 до 17 юни 1988 г. на борда на ОС „Мир”. Апаратурата по програма „Шипка” е доставена с товарен кораб „Прогрес” на орбита през май 1988 г.

ОС „Мир” е успешен космически проект от миналия век. Основният модул на ОС „Мир” е изведен в околоземна орбита на 20 февруари 1986 г. с ракета „Протон”. Впоследствие са добавени модулите: „Квант-1”; „Квант-2”; „Кристал”; „Спектър” и „Природа”. В тази конфигурация ОС „Мир” съществува до 23 март 2001 г., когато е свалена от орбита и потопена в Тихия океан. На 26 април 1996 г. завършва изграждането на ОС „Мир. Полетът на „Союз ТМ-30”от 4 април 2000 г. е последният пилотиран полет към ОС „Мир”.

На борда на ОС „Мир” за дистанционни изследвания паралелно се използват три прибора: „КАТЭ-140”; преносима камера „Хаселблад”; „Спектър-256” и калориметър „Цвет-1А”. Спектрометрирането се извършва по праволинейни участъци, началото и края на които се заснемат с вградения в „Спектрометър-256” фотоапарат, като един фотокадър покрива земна повърхност с размер 25 x 25 *km*.

Многоканалната спектрометрична система „Спектър-256" е по-нататъшно развитие на спектрометричните системи „Спектър-15" и „Спектър15М", работили на орбиталните станции „Салют-6" и „Салют-7". Служи за изучаване на оптическите свойства на атмосферата и илюминаторите на ОС „Мир", през които се извършват наблюденията, и за сравняване обективната и субективната оценка на различните цветове от космонавт-изследователя [5]. Състои се от два отделни блока: оптико-електронен и блок за регистриране на данните Фиг. 1. Първият се закрепва към илюминатора на ОС „Мир”. За Блок за регистриране на данните се използва българска микрокомпютърна система МИК-16. За формиране на оптическия спектър се използува холографска решетка. Оптическият сигнал се преобразува в електрически от диодна линейна матрица с 256 елемента, работеща в режим на натрупване на електронно сканиране. Времето за натрупване може да се променя. В блока за регистрация сигналът се запомня в осем битов двоичен код върху магнитен диск [5].



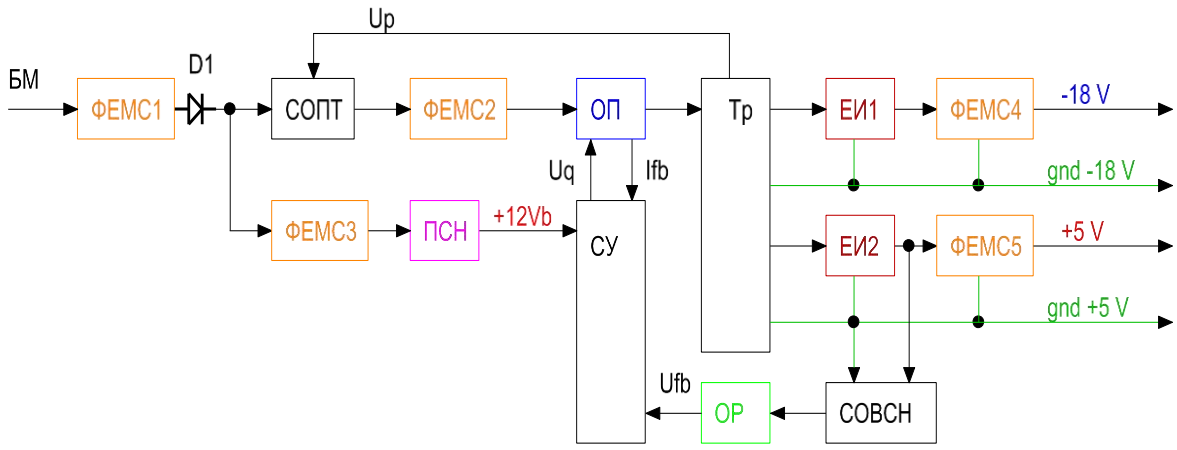
Фиг. 1. Прибор „Спектрометър-256”, оптико-електронен и блок за регистриране на данните [11]

Фиг. 2. Оптико-електронен блок на „Спектър-256" [11]

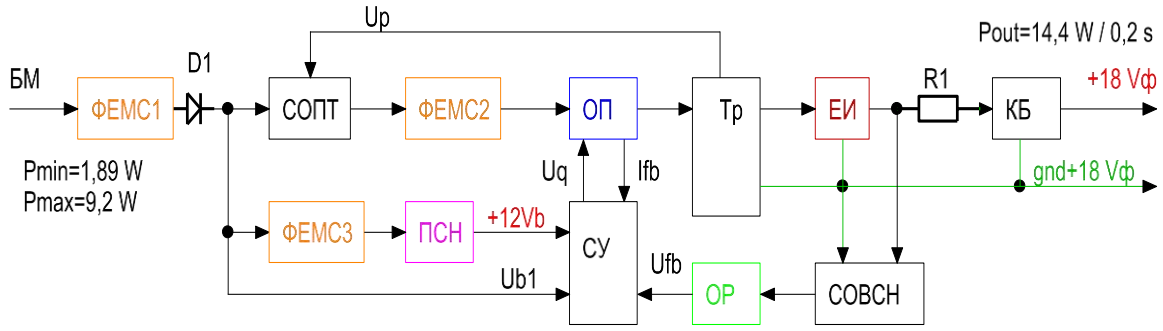
Експериментална част

В прибора за светлочувствителен елемент е избрана ПЗС матрица, която се захранва от ВЕС-ПЗС, показан на фиг. 3. Избрано е да се следи и стабилизира цифровото вторично напрежение +5 V, което е натоварено с по-голяма мощност от другото напрежение (–18 V). Шумовете в БМ се филтрират от ФЕМС1, ФЕМС2 и ФЕМС3, а във вторичната страна - от ФЕМС4 и ФЕМС5. От блоковете СУ, ОП, Тр, ЕИ1, ЕИ2, СОВСН и ОП е изграден преобразувател тип „Flyback“. Схемата СОПТ ограничава пусковия ток в два момента от време - при зареждане на първичните, а след това и на вторичните кондензатори [6]. Последователният стабилизатор на

напрежение ПСН захранва с +12 Vb схемата на СУ. Напрежението Up служи за плавен старт на транзистора в СОПТ.



Фиг. 3. Функционална схема на ВЕС-ПЗС на „ Спектър-256”



Фиг. 4. Функционална схема на ВЕИ-Ф на „ Спектър-256”

ВЕИ-Ф захранва двигателя на фотоапарата, (Фиг. 2 - отляво, черен на цвят) за изтегляне на фотолентата от кадър към кадър, което е с продължителност 0,2 s. Напрежението на вторичната страна трябва да бъде от +16 *V* до +18 *V*, при големина на тока е от 0 до 0,8 *A*. Двигателят е постояннотоков, колекторен и при работата си не трябва да смущава работата на космическата апаратура. Съгласно [6] ВЕИ-Ф е нужно да обезпечи галванична развръзка между първичната и вторичната страна на захранването, като вторичните проводници трябва да са изолирани от корпус. Функционалната схема на ВЕИ-Ф е дадена на фиг. 4. Използвана е схема на обратен преобразувател, изграден от СУ, ОП, Тр и ЕИ. За филтрация са използвани ФЕМС1, ФЕМС2 и ФЕМС3, R1 и КБ [6]. Схемата СОВСН, заедно със схемата ОР образуват контура за отрицателна обратна връзка, който стабилизира напрежението +18 Vф. Диодът D1 предпазва от обратно включване на БМ. Схемата СУ следи напрежението Ub1 и реализира защита от ниско напрежение и отрицателна обратна връзка по входно напрежение. Реализираната с елементите R1 и КБ времеконстанта от τ = 290 *ms* позволява при импулсно натоварване в изхода с големина 14,4 *W* за време 0,2 *s* от БМ да се консумира пикова мощност (в режим на разреждане на КБ) само 9,2–1,89 = 7,31 *W*. В израза 1,89 *W* е консумацията на ВЕИ-Ф в дежурен режим. Голямата времеконстанта τ = 290 *ms* и продължителното зареждане на голямата КБ изискват задаване на време за плавен старт в СУ минимум 7 *s*. Филтърните свойства на R1 и КБ са достатъчни за подтискане на токовите пулсации на двигателя с период от няколко милисекунди.

Означения във фиг. 3 и фиг. 4:

БМ - бордна мрежа, ЕИ - еднопътен изправител, КБ - кондензаторна батерия, ОП - обратен преобразувател, ПЗС - прибор със зарядна връзка, ПСН - последователен стабилизатор на напрежение, СОПТ - схема за ограничаване на пусковия ток, СУ - схема за

управление, Тр - трансформатор, СОВСН - схема на обратна връзка за стабилизация на напрежението, ФЕМС - филтър за електромагнитна съвместимост.

Заключение

В сравнение с ВЕС СУ ВСК и ВЕС ВЗУ ВСК от проекта ВСК „Фрегат“, където се използват само биполярни транзистори за силови ключови елементи, във ВЕИ-Ф и ВЕС-ПЗС се използват MOSFET транзистори, което подобрява КПД на ВЕИ. При използване на MOS транзистори в двете ВЕС са намалени топлинните загуби в ключовите транзистори и в схемата за управление. Научно-приложните резултати са следните:

- Синтезирана е температурно компенсирана схема на обратната връзка.
- Синтезиран е блок за ограничаване на пусковия ток на ВЕС и филтър за подтискане на пулсациите на двигател.
- Апробацията на „Спектър-256” е повече от 12 години на борда на ОС „Мир” [4].

Литература:

1. Мишев, Д., Ст. Ковачев, Т. Янев, Д. Крежова. Многоканална спектрометрична система „Спектър-256” на борда на станцията „Мир”. В: 10 години космически проект „Шипка”.С., Институт за космически изследвания , 1999, с. 104–110.
2. Гецов, П. Научно-техническа програма на втория българо-руски космически полет Проект „Шипка”-основни цели, задачи и резултати. В: 10 години космически проект „Шипка”. С., ИКИ-БАН, 1999, с. 15–22.
3. Йорданов, Д. Космическият проект „Шипка” в цифри и работещ график. В: 10 години космически проект „Шипка”.С., ИКИ-БАН, 1999, с. 23–28.
4. Крежова, Д. Разпознаване на природни обекти по трасе от земната повърхност по спектрални отражателни характеристики и фотоизображения, 50 години Минно-геоложки университет “Св. Иван Рилски” Годишник, том 46, свитък I, Геология и геофизика, София, 2003, с. 375–379. http://www.mgu.bg/sessions/03/1/dkrejova.pdf
5. Списание Космос 8 брой, 1988. http://haripetrov.com/chitanka/gogomir/PDF_DjVu/1988%2008.pdf
6. Дунаев, А. И. Аппаратура научная, Общие технические требования, ОТТ-87, Главкосмос, М.,1987, 92 с.
7. Крежова, Д., К. Величкова, С. Приставова. Спектрални отражателни характеристики на магмени и метаморфни скали във видимата и близката инфрачервена области, 50 години Минно-геоложки университет “Св. Иван Рилски” Годишник, том 46, свитък I, Геология и геофизика, София, 2003, с. 381–386. http://www.mgu.bg/annual/public_html/2003/bg/svityk1/dokladi_pdf/Krejova_bg.pdf
8. Mishev, D., S. Kovachev. 1988. Multichannel Spectrometric System “Spectrum 256” on Board of “Mir” Station. - 39th Congress IAF, India, Bangalore, IAF, 88-115, c. 1–4.
9. Mishev, D., S. Kovachev, D. Krezhova, Yu. Uzunov. 1989. Images and analysis of data obtained by Spectrum 256’ Under the Program ‘Georesource’. – 40th Congress IAF, Malaga, IAF, 89-167, c. 1–5.
10. Mishev, D. N., S. T. Kovachev, D. D. Krezhova. 1990. New Generation of Space Multichannel Spectrometric Systems. – Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci., 43, 1, c. 53–56.
11. http://space.bas.bg/legacy/1980_1989/1988_II-cosmonaut/1988_II-cosmonaut_Spectrum256.html
12. Крежова, Д. Д. (2002). *Изследване на природни обекти с многоканалната спектрометрична система "Спектър 256": Дис.* София: БАН. Централна лаборатория по слънчево-земни въздействия. 199 с. Автореф. 41 с.
13. Krezhova, D., T..Yanev, S., Pristavova, P. Pavlova. Discrimination of rock types and main rock-forming components in Bulgarian territories through spectral reflectance characteristics, Advances in Space Research, Volume 39, Issue 1, 2007, pp. 179–184.
14. Мардиросян, Г. Въведение в космонавтиката. Акад. Издат. „Проф. Марин Дринов“, София, 2012, 261 с.
15. https://doi.org/10.1016/j.asr.2006.02.044
16. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273117706000792

МАНИПУЛАЦИИ ЗА СМЕТКА НА ТЕХНОЛОГИЧНИЯ ПРОГРЕС: ПРИМЕРИ В ОБЛАСТТА НА СПЪТНИКОВИТЕ КОМУНИКАЦИИ

Елисавета Александрова

Българско астронавтическо дружество
e-mail: e_alexandr@mail.bg

***Ключови думи**: честотно-орбитални ресурси, Международен далекосъобщителен съюз, Сектор Радиосъобщения (ITU-R), геостационарна орбита (ГСО)*

***Резюме:** В резултат на технологичния прогрес се освобождават ресурси, намаляват се разходи за суровини и материали, енергия, работна ръка, от една страна, но от друга страна – изоставащите правила, норми, стандарти, закони, поради бюрократичната им природа, създават условия за облагодетелстване на притежателите на лицензирани права върху използването на източници на ресурси, поради по-високите изисквания, заложени в тях. Представени са примери за използването на честотно-орбиталните ресурси за спътникови далекосъобщения и участието на членове на секция «Космически съобщения» към БАД в инициативи за промени в Радиорегламент на Международния съюз по далекосъобщения, Сектор Радиосъобщения (ITU-R), които да отразят прогреса в технологиите в спътниковите далекосъобщения и да подобрят съвместното използване на честотно-орбиталните ресурси за спътникови системи и мрежи, които промени ще предоставят възможности и на нови спътникови оператори да развиват свои спътникови мрежи.*

MANIPULATIONS AT THE EXPENCE OF THE PROGRESS OF TECHNOLOGIES: EXAMPLES IN THE AREA OF SATELLITE COMMUNICATIONS

Elisaveta Alexandrova

Bulgarian Astronautic Society
e-mail: e_alexandr@mail.bg

***Keywords:** frequency-orbital resources, International Telecommunication Union, Sector Radiocommunication (ITU-R), geostationary orbit (GSO), BSS networks*

***Abstract:** As a result of technological progress, raw materials and energy, labor, are released on the one hand, but the lagging rules, norms, standards, laws, due to their bureaucratic nature, create conditions for holders of licensed rights to benefit of using of the committed resources, taking advantage of the higher requirements set forth by the limits for the already outdated technologies. Examples are presented of manipulations directed to keep the use of more of frequency-orbital resources for satellite communications than required and specially for BSS networks. The members of the Space Communications Section of Bulgarian Astronautic Society participate in initiatives for revision of the Radio Regulations of Radiocommunication Sector of International Telecommunication Union, (ITU-R), that reflect the progress of technologies in satellite communications to improve the shared use of the frequency-orbital resources for satellite systems and networks and allow new satellite operators to bring into use their own satellite networks.*

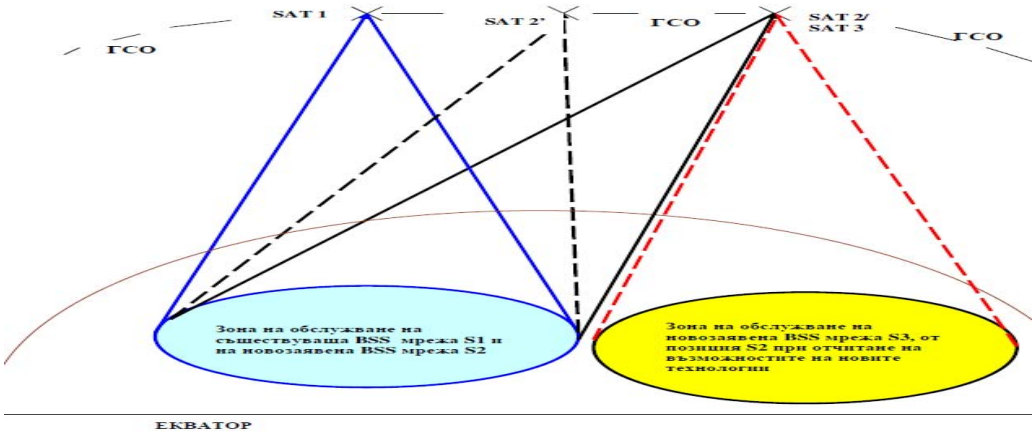
Предисловие

Идеята за този доклад се породи от наблюдаваните, особено в последно време, действия от страна на утвърдилите се вече на международно, а още повече и на глобално ниво спътникови оператори, които за да запазят извоюваните си позиции се опитват със средствата на манипулацията, често чрез квазинаучни аргументи или недоказани, а само подхвърлени подозрения за възможни нежелани последствия, да задържат промени в правила и критерии, съответстващи на все по-успешното навлизане в реалните спътникови системи на нови ефективни технологии и по този начин съществено да се подобри споделеното използване на честотно-орбиталните ресурси. Тези спътникови оператори, обаче, предпочитат да запазят

освободените ресурси, резултат от прилагане на новите технологии, за развитие на техните собствени системи/мрежи, а не да дават възможност за навлизане на нови спътникови оператори на пазара за спътникови услуги, пребрегвайки основни принципни положения на Радиорегламента и Конституцията на Международния съюз по далекосъобщения (ITU) за осигуряване на равноправен достъп до честотно-орбиталните ресурси, сътрудничество и съдействие за въвеждане в действие на спътникови системи на други страни, особено на развиващите се и слабо развитите страни. Да, тези спътникови оператори са особено ентусиазирани да предоставят платени по различни международни програми услуги на последните, но не и да съдействат на нови спътникови оператори да въвеждат свои мрежи.

Представяне на примери в областта на спътниковите услуги

В дневния ред на Световната радиоконференция (WRC-19) има доста въпроси, чието решение зависи от преодоляване на съпротивата на установили се вече оператори с глобални спътникови мрежи, които нямат интерес от промяна на правилата за съвместно използване на честотно-орбиталните ресурси в съответствие с възможностите, които предоставят новите технологии, тъй като това ще означава, че ще се ограничат техните възможности за бъдещо развитие без преминаване през процедурите в Международния радиорегламент (РР), установени за целта, и ще се допусне предоставяне на услуги от нови спътникови оператори, които могат да се възползват от освободените ресурси, резултат от прилагане на нови по-гъвкави технологии и по този начин се задържа умишлено прогресът в подобряването на съвместното използване на честотно-орбиталните ресурси.



Фиг. 1. При по-близко разположени позиции на ГСО, по-добро съвместно използване на честотно-орбиталните ресурси

Разбиване на монопол върху орбитални позиции

На Световната административна радиоконференция през 1977 г. (WARC-77), на която за първи път се приема План за разпределение на позиции на геостационарната орбита (ГСО) и по 5 канала по 27 MHz за аналогова спътникова телевизия (BSS) в честотния обхват 11.7–12.5 GHz за страните от Район 1 (Европа и Африка) и Район 3 (Азия и Австралия), беше съгласувано (фиг.1) да се използват само определени орбитални сектори в частта от ГСО между 37.2° з.д. и 10° и.д., а останалите да не се използват, с цел осигуряване на защитата на все още маломощните цифрови излъчвания в обхвата 11.7–12.2 GHz за неподвижната спътникова радиослужба (FSS) от спътникови системи на Район 2 (Северна и Южна Америка) от смущения от мощните аналогови ТВ сигнали към Район 1 или както е формулирано, осигуряване на „баланс" между двете радиослужби към двата района в използвания на споделена основа честотен обхват [1]. След 23 години на Световната радиоконференция през 2000 г. (WRC-2000), на която се приема нов цифров BSS План за Райони 1 и 3 с по 10 ТВ спътникови канала на страна, има предложения [2] за отпадане на ограниченията за използване на забранените позиции за BSS системи за Район 1 с резултати от проучвания, чрез които се доказва, че при използване на цифрови технологии за BSS излъчвания съвместимостта с FSS излъчванията към Район 2 в обхвата 11.7–12.2 GHz може да се постигне дори при близко разположение на позициите на съответните BSS и FSS спътникови системи на ГСО чрез прилагане на същите критерии за координация между спътниковите системи на позиции извън този орбитален сектор.

Таблица 1 (в Анекс 7 към Приложение 30 на РР)

Орбитални позиции	37.2° W до 36° W	33.5°W до 32.5° W	30° W до 29° W	26° W до 24° W	20° W до 18° W	14° W до 12° W	8° W до 6° W	4° W	2° W до 0°	4° E до 6° E	9° E

На WRC-2000 администрациите от Район 2 и спътниковите оператори като Интелсат, не приеха предложението за отпадане на ограниченията за използване на забранените сектори за BSS системи към Район 1 (Европа и Африка), изтъквайки аргументи като нарушаване на „баланса" между двете радиослужби в двата района, което е първата манипулация по отношение запазването на преимуществото за FSS спътникови мрежи за Район 2 в този обхват въпреки доказателствата във френския документ [2] за техническите възможности за съвместното използване на този обхват от двете радиослужби и в този орбитален сектор. По стечение на обстоятелствата поради невъзможността за използване на плановата позиция 1.2° з.д. за България в BSS Плана, още през 2011 г. беше подета кампания от българска страна за извоюване правото на нова позиция, от която да е възможно използване на 10 планови BSS канала. След обстойни и задълбочени проучвания такава се оказа позиция 1.9°и.д., попадаща в забранен орбитален сектор и кампанията завърши с предоставяне на WRC-12 само за България на изключителното право да ползва тази позиция, обаче, при доста неизгодни условия, описано подробно в [3]. Но, забраната за използване за BSS към Район 1 остана за всички останали позиции в неразрешените ГСО сектори (Таблица 1).

С течение на времето спътниковите оператори на FSS спътникови мрежи за Район 2 решиха, че е много по-изгодно за тях да използват обхвата 11.7-12.2 GHz не само за FSS, но и за BSS услуги, тъй като спектрите на излъчванията не се различават, а навлизането на все по-устойчиви на смущения цифрови технологии за обработка на сигналите улеснява координацията им и позволява от една и съща позиция да се предават FSS и BSS излъчвания, разчитайки само на пространствено разделяне, затова дори беше въведена съответна забележка в Член 5 на РР, разрешаваща такова използване. Но, използването на FSS излъчвания за BSS услуги само за Район 2 за спътниковите оператори от Район 2 не беше достатъчно удовлетворително за тях, затова през 2014 г. експерти от Район 2 представиха резултати от проучвания, с които да докажат, че ограниченията за използване на изключените от Таблица 1 орбитални сектори за BSS мрежи към Район 1 не са повече необходими и координацията с FSS спътникови мрежи към Район 2 е възможна при същите условия, приложими за BSS мрежи към Район 1 на позиции в разрешените орбитални сектори [4, 5]. Но, в края на 2014 г., когато на основата на резултатите от проучванията на експертите от Район 2 беше подготвен документ [6] за включване на този въпрос в Дневния ред на поредната Световна радиоконференция (WRC-15), спътникови оператори на BSS спътникови мрежи в Район 1, окупирали позиции в разрешените орбитални сектори и честотен ресурс в обхвата 11.7–12.2 GHz провалиха предложението чрез изключително манипулативен документ [7], в който не са представени проучвания, а само твърдения и инсинуации, като:

1. Твърдението, че отстоянието от 6° между орбиталните позиции е типично в този орбитален сектор (37.2°W ÷ 10°E), позволило създаването на BSS Плана за Райони 1 и 3, както и разработката на нови BSS мрежи в тази част от ГСО и затова само този растер позволява ефективна работа на BSS спътниковите мрежи;
2. Твърдението, че отмяната на ограничението за използване на забранените орбитални позиции за BSS мрежи за Район 1 (Таблица 1) ще се отрази неблагоприятно на BSS мрежите в Плана и Списъка в Африка, Близкия Изток и Европа;
3. Инсинуацията, че отпадането на ограниченията в този орбитален сектор по някакъв начин ще доведе до различни характеристики на FSS излъчванията в BSS мрежите във връзка със специалната забележка 5.492 към Таблицата за разпределението на честотните обхвати по радиослужби (Член 5 на РР), че се разрешава такова използване в BSS мрежите при условие, че характеристиките на FSS излъчванията не излизат извън обвиващата на характеристиките на BSS излъчванията.

Тези твърдения и инсинуации бяха оборени в българския документ [8], представен на Подготвителното съвещание за конференцията (СРМ15-2), основно с това, че техните опасения би следвало да се отнасят за целия орбитален сектор над Райони 1 и 3, а не само до тази част, в която има забранени позиции за използване на BSS за Район 1, тъй като FSS и BSS излъчванията не се различават по своите характеристики, независимо от коя позиция се излъчват. Реакцията на манипулаторите беше съвсем типична за подобни случаи, наблюдавани в различни житейски сфери, когато като няма никакви доказателства, се излиза с взето решение на определена голяма група поддръжници, които по една или друга причина са се солидаризирали с тази група, в случая Групата на СЕРТ (Конференцията на европейските

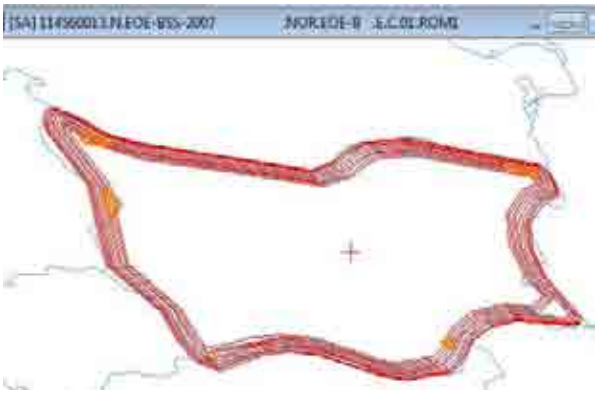
пощи и телекомуникации) за подготовка на WRC-15, към която принадлежи и българската администрация и затова всякакви аргументи против не са приемливи. Българската администрация продължи и след CPM15-2 да настоява за отмяна на ограничението в Анекс 7 на Приложение 30, представяйки документи с аргументи в подкрепа на тази отмяна на съвещанията на WP4A и на Групите на CEPT и успя с подкрепата на водещ представител на Район 2 да обърне решението в рамките на CEPT в посока към съгласие за придвижване на разглеждането на тази отмяна на Световната радиоконференция през 2019 г. (WRC-19) [9, 10, 11, 12]. На WRC-15 включването на проучвания за ревизиране на Анекс 7 от Приложение 30 в рамките на точка 1.4 от Дневния ред на WRC-19 беше постигнато с компромис за осигуряване защитата на действащи и планови BSS мрежи в Район 1 от новозаявени BSS мрежи на позиции в забранените орбитални сектори, предмет на Резолюция 557 (WRC-15), с необходимостта от която се спекулираше, особено в началото на периода. Но, представени резултати от проучвания [13, 14], доказаха, че само в някои случаи действащи BSS мрежи към Район 1 на позиции в разрешените сектори могат да изпитват по-високо ниво смущения при отпадане на забраната, включително при използване на по-малки от 60 cm приемни антени. В края на изследователския период бяха формулирани 2 решения: без промяна или отпадане на ограниченията с приемане на специална резолюция, дефинираща защита на влезли в действие BSS мрежи в Район 1 с по-малки приемни антени от новозаявени BSS мрежи на позиции в освободените от забрана сектори само, ако условията на защита се променят. За съжаление се появи нова манипулация, която всъщност означава да се продължи за неизвестен период от време в бъдещето ограничението за използване на забранените сектори, дори при решение на WRC-19 да отпаднат ограниченията. Появи се предложение от група страни от Африка [15], че в случай на решение на WRC-19 да отпаднат ограниченията, да се използват с приоритет освободените от забраната орбитални сектори в дъгата 37.2° W–10° E за предоставянето на нови позиции за техните планови BSS мрежи, които са в невъзможност да бъдат реализирани, тъй като поради незаинтересованост по една или друга причини, включително политически, както и специалисти в областта на спътниковите комуникации в продължение на години, техните планови BSS мрежи не са били координирани с новозаявени BSS мрежи за допълнително използване на BSS обхвата, което е довело до твърде ниски нива на защитните отношения в граничните точки на зоните им на обслужване. Това предложение не е подкрепено с никакви предварителни проучвания за възможностите за осъществяването му и средствата, необходими за това. Не е оценен дори броят на страните, които влизат в тази категория, както и това, че не само африкански страни имат проблеми с плановите им BSS мрежи, а в подобно положение са и страни в Азия и в Европа, както и че има и други причини, не позволяващи реализирането на планови BSS мрежи. Пример е ситуацията на българската планова BSS мрежа, поради което на WRC-12 беше предоставена нова позиция за България, но в резултат на предварителни проучвания и доказване на множество форуми, че от предлаганата позиция е възможно да бъде предоставен честотен ресурс за България, който да замени плановия без да засяга недопустимо действащи и заявени FSS мрежи в Район 2 и BSS мрежи в Район 1 [3]. Решаване на подобен проблем за голям брой страни ще изисква дългосрочни проучвания с неопределен резултат. Затова не е приемливо да се използва като претекст да се продължи във времето ограничението върху орбитални сектори в дъгата 37.2°W÷10°E за използване на равноправна основа за BSS мрежи към Район 1. Проблемът с нереализуемите планови BSS мрежи за страни в Райони 1 и 3 е най-рационално да се реши с пълно или частично препланиране на BSS мрежите и фидерните линии за подаване на сигналите към спътниковите станции, след актуализиране в съответствие с възможностите на новите цифрови технологии на еталонните стойности на основните параметри на излъчванията в Приложения 30 и 30A на РР, които са от съществено значение за изхода от препланирането като: координационни критерии, защитни отношения, еталонни диаграми и др., както и въвеждане на някои нови правила, с които да се гарантира запазването на плановите BSS мрежи реализуеми в дългосрочен план. Появата на африканското предложение в последния момент при оформяне на възможните решения за разглеждане на Подготвителното съвещание (CPM19-2) за конференцията WRC-19, по въпроса за отпадане на монопола върху част от ГСО, изискваше включването му CPM Текста по този въпрос по възможно най-приемлив начин, позволяващ провеждане на проучвания в оставащия период до WRC-19 за изясняване на всички неизвестни обстоятелства, за да се оценят възможностите за решения [16]. За съжаление тук отново се намесиха манипулаторите, които аргументирайки се с нарушени права и с лозунги в защита на развиващите се страни, в което няма рационалност по отношение на техническата страна на въпроса, настояваха да се даде приоритет на това предложение и едва ли не да се ангажира целият капацитет на Бюрото по радиосъобщения към ITU-R за провеждане на проучвания за намиране на решение, което може единствено конференцията да разпореди, пренебрегвайки

обстоятелството, че предложението на африканските страни излиза от обхвата на съответната точка 1.4 от дневния ред на WRC-19, очакваща решение от конференцията и може да попречи за вземане на коректното решение поради агресивния подход на това предложение [16], което би следвало да се разглежда като обект за решаване на следваща конференция. За целта на СРМ19-2 следва да се представят резултати от проучвания за:

1. Броят на страните не само в Африка, а в ITU-R Райони 1 и 3, чиито планови BSS мрежи са нереализуеми по една или друга причина;
2. Възможностите, които предоставят евентуално освободените от забрана за използване орбитални сектори по т.1.4 и частично или пълно препланиране;
3. Промяна на еталонни стойности на параметри, съществени за препланирането.
4. Предложение за включване на решение на проблема с нереализуемите планови BSS мрежи в Райони 1 и 3 в дневния ред на следващата конференция WRC-23.

Запазване на възможности за въвеждане в действие на BSS мрежи

На Световната радиоконференция през 2000 г. (WRC-2000), на която се приема новия цифров План за BSS мрежи за страните в Райони 1 и 3, след продължителни дискусии се приема процедура, която позволява при непреодолимо координационно несъгласие за BSS мрежа, заявена за допълнително използване на BSS обхвата, тя да бъде включена в Списъка, т.е. в Международния честотен регистър, ако се докаже чрез измервания при едновременно действие с BSS мрежата, причина за несъгласието, че не внася недопустими смущения към нея. Тази процедура е изключително прогресивна, тъй като отчита, че с напредъка на технологиите, дефинираните еталонни стойности на параметрите на BSS мрежите и критериите за установяване на необходимостта от координация с новозаявени BSS мрежи за допълнително използване на обхвата, ще съответстват все по-малко на реалните параметри на BSS мрежите и това обстоятелство ще води до неефективно споделено използване на честотно-орбиталните ресурси. Недостатък на процедурата е, че не са дефинирани прецизно отделните етапи на прилагането й. Поради тази причина се създават условия за възможни инсинуации и подозрения, че с тази процедура може да се спекулира. Именно такива се появяват след началото на предходната Световна радиоконференция WRC-15 в документ на Норвегия [17], което се допуска само в краен случай. Това закъсняло подаване на документа от инициаторите идва след като те са се опитали да отнесат до Бюрото по радиорегулации (РРБ) предложение за генериране на правило, което да включва отпадането й, но РРБ отказва, тъй като искането е в противоречие с основен принцип всяко предложение за промени на регулации в РР да бъде предварително проучено в съответна работна група на ITU-R, след което да бъде представено на съответна радиоконференция за вземане на решение, освен ако няма „форс мажорни" обстоятелства, а случаят с това предложение не отговаря на това условие. Единствената мотивация в случая е интересът на съответната администрация да не загуби позициите си на пазара за спътникови комуникационни услуги при прилагане на тази процедура, която позволява да се преодолее координационното й несъгласие за съответната BSS мрежа. И поводът е българската заявка за BSS мрежа от позиция 1.9°и.д., докато норвежките заявки са основно от позиция 0.8° з.д., някои от които с глобални зони на покритие от спътниците и като куриоз една от заявките е със зона на обслужване точно по контурите на територията на България (фиг. 2):



Фиг. 2. Контурите на лъча на заявената и нотифицирана норвежка BSS мрежа EOE-BSS-2007 за „допълнително използване" от номинална позиция 0.8° з.д. върху територията на РБългария, изрязан по границите й, е пример за т.н. "paper filings", т.е. невъзможен за изпълнение, но блокира нежелани заявки

Заключение

И в двата случая, представени по-горе, противодействието на позитивния ефект от навлизане на по-съвършенните съвременни технологии в BSS мрежите имаше подкрепата на администрациите от CEPT [18], поради силната позиция на администрациите, заинтересовани от запазване на европейските пазари за спътникови услуги, а и извън тях, за своите спътникови оператори, прикривайки се зад опасения за недопустими смущения към техни BSS мрежи и съмнения за некоректно прилагане на процедури.

Българската позиция, изразявана на форуми за техническата подготовка на решения по въпроси от дневния ред на WRC-19 и по-специално на разгледаните два казуса, е за доказване на несъстоятелността на аргументите против признаване на подобряването на условията за съвместно използване на честотно-орбиталните ресурси с навлизане на по-съвършенните технологии за обработка на сигналите, което позволява:

- отпадане на ограниченията за BSS мрежи и съответно заявяване на по-висока мощност за BSS излъчванията от позиция 1.9° и.д. в лентата 11.7–12.2 GHz и прекратяване на съществуващия ненужен вече монопол върху сумарно 32° в дъгата 37° з.д. до 10° и.д. от ГСО;
- запазване и подобряването на процедурата за вписване в Международния честотен регистър на BSS мрежи с непреодолимо координационна несъгласие при условия на отсъствие на смущения при едновременна работа с мрежата, обект на смущенията.

За целта българската администрация следва да подкрепи на CPM19-2 и на WRC-19 с документи решения, които са в полза на новите спътникови оператори, давайки им възможности да излязат на пазара на спътникови услуги напълно в съответствие с основните принципи в Радиорегламента и Конституцията на ITU-R.

Литература:

1. Radio Regulations, Appendices.
2. Document 37-E, 18.04.2000, France, Proposals for the work of the conference, Proposed updated sharing criteria between FSS, BSS and terrestrial services in the 11.7–12.7 GHz band, (WRC-2000, Istanbul, 08.05–02.06.2000).
3. Александрова Е., „Осигуряване на честотно-орбиталните ресурси за телекомуникационния спътник България САТ-1”, сп.”Наука”, бр.1, 2018 г., с. 25–29.
4. Document 4A/376-E, 28.01.2014, USA, Working document towards a Preliminary Draft New [Report/Recommendation] ITU-R S.[FSS/BSS], (WP4A, Geneva, 05-13.02.2014) .
5. Document 4A/540-E, 25.06.2014, USA, Review of the inter-regional provisions contained in Annex 7 to RR Appendix 30, (WP4A, Geneva, 02–10.07.2014).
6. Document SC/38-E, 26.11.2014, USA, Draft CPM text on WRC-15 Agenda Item 7, Review of the orbital position limitations in Annex 7 to RR Appendix 30 (ISSUE [X]), (Special Committee WG-2, Geneva, 01–05.12.2014).
7. Document SC/32-E, 25.11.2014, Norway, WRC-15 Agenda Item 7, ISSUE [X], (Special Committee WG-2, Geneva, 01–05.12.2014).
8. Document CPM15-2/125-E, 11.03.2015, Bulgaria (Republic of), WRC-12 Agenda Item 7 (Chapter 5 of the Draft CPM Report), FSS/BSS interregional sharing in Appendix 30 (The limits in Section A3 of Annex 7 of Appendix 30), (CPM15-2, Geneva, 23.03–02.04.2015).
9. Document 4A/625-E, 09.06.2015, Bulgaria (Republic of), FSS/BSS Interregional sharing in RR Appendix 30 (The limits in Section A3 of Annex 7 of RR Appendix 30), (WP4A, Geneva, 17–25.06.2015).
10. Document CPG15(15)036, 18.05.2015, Bulgaria (Republic of), WRC-15 Agenda Item 10: Proposal on revision of Annex 7 of Appendix 30, (CPG15-7, Porto, Portugal, 02–05.06.2015).
11. Document CPG-PTA(15), 08.07.2015, Bulgaria (Republic of), Draft ECP on WRC-15 Agenda Item 10: Revision of Section A3 of RR APP30 Annex 7 to be included in the Agenda for WRC-19, (CPG15 PT-A 8, Catania, Sicily 21–24.07. 2015).
12. Document CPG15(15)082, 04.09.2015, Bulgaria (Republic of), Bulgarian position on some WRC-15 Agenda Items (second set ECPs), (CPG15-8, Norway, Bergen, 14-18.09.2015).
13. Document 4A/342-E, 27 April 2017, Russian Federation, Estimation of allowable interference level produced by frequency assignments located in the allowable orbital arc portions and being in compliance with PFD limits of Annex 1 (Section 1) to RR Appendix 30 for stations using smaller than 60 cm antenna, (WP4A, Geneva, 03–12.05.2017).
14. Document 4A/442-E, 10 October 2017, Russian Federation, Estimation of the protection level of the earth station with antenna smaller than 60 cm provided by the presence of forbidden arc positions, (WP4A, Geneva, 17–27.10.2017).
15. Document 4A/770-E, 27 June 2018, Proposal on Draft CPM Text for WRC-19 Agenda Item 1.4 from 16 African countries, (WP4A, Geneva, 04–13.07.2018).
16. Annex 27 to Document 4A/826-E, 26 July 2018, Annex 27 to Working Party 4A Chairman’s Report, Draft CPM Text for WRC-19 Agenda Item 1.4, (WP4A, Geneva, 04–13.07.2018).
17. Document R15-WRC15-C-0169-E, 04 November 2015, Norway, Proposals for the work of the Conference, Agenda Item 7, (WRC-15, Geneva, 02–27.11.2015).
18. Document ECC/CPG15(15)084 Annex IV-22, (13.09.2015), Minutes CPG15-8, CEPT Briefs on Agenda Item 7, (CPG15-8, Bergen, 14-18.09.2015).

Session 3

Remote Sensing and Geoinformation Systems

Chairman: Assoc. Prof. Lachezar Filchev
Secretary: Assoc. Prof. Denitsa Borisova

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОТЕЛЕСКОПА РТ-13 ИПА РАН

Радик Мартиросян[1], Альберт Гулян[2], Гамлет Пирумян[2], Маргар Адибекян[3]

[1]Президент Национальной Академии Наук Армении – Армения
[2]Институт Радиофизики и Электроники НАН Армении – Армения
[3]Региональная служба сейсмической защиты " ГНО МЧС Республика Армения – Армения
e-mail: adibekyan@yahoo.com

Ключевые слова: *радиоисточник, радиотелескоп, антенна, лепесток, температура.*

Абстракт: *приведены результаты фокусировки и измерений характеристик радиотелескопа РТ-13 ИПА РАН на пункте назначения, в диапазонах S, X, Ka по эталонному космическому радиоисточнику "Кассиопея - А", по разработанной в ИРФЭ программой/методикой. для высокоточного и оперативного обеспечения системы ГЛОНАСС данными о координатах полюса и Всемирном времени и для связи с международной РСДБ-сетью и другими международными службами.*

1. Введение

Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) разработана по заказу Министерства обороны СССР/РФ, в рамках федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы» и является одной из двух функционирующих на сегодня систем глобальной спутниковой навигации. ГЛОНАСС предназначена для оперативного навигационно-временного обеспечения неограниченного числа пользователей наземного, морского, воздушного и космического базирования. Доступ к гражданским сигналам ГЛОНАСС в любой точке земного шара, предоставляется российским и иностранным потребителям на безвозмездной основе и без ограничений.

Основой системы должны являться 24 спутника, движущихся над поверхностью Земли в трёх орбитальных плоскостях с наклоном орбитальных плоскостей 64,8° и высотой 19100 км. Принцип измерения аналогичен американской системе навигации NAVSTAR GPS. Основное отличие от системы GPS в том, что спутники ГЛОНАСС в своём орбитальном движении не имеют резонанса (синхронности) с вращением Земли, что обеспечивает им большую стабильность. Таким образом, группировка КА ГЛОНАСС не требует дополнительных корректировок в течение всего срока активного существования.

Целью выполнения работы является разработка программы/методики для фокусировки и исследования характеристик радиотелескопа РТ-13 ИПА РАН (Санкт Петербург, РФ) а так же проведение измерений на пунктах назначений.

Объектом исследования является построенный по двухзеркальной схеме с кольцевым первичным фокусом трехдиапазонный радиотелескоп РТ-13 ИПА РАН, на котором установлена радиоастрономическая приемная система (РПС) с криостатируемым трехдиапазонным облучателем и малошумящими усилителями (МШУ). Рабочие диапазоны частот радиотелескопов: S – (2,2–2,6) ГГц, X – (7,0–9,5) ГГц и Ka – (28–34) ГГц.

1. Программа и методика определения оптимального положения контррефлектора (фокусировка)

Оптимальное положение контррефлектора радиотелескопа (фокусировка) и величины смещения фазовых центров облучателя в S, X и Ka-диапазонах волн относительно оптимального положения контррефлектора ($\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0$) определялись на программе слежения космического радиоисточника, путем выбора положения контррефлектора,

обеспечивающего соответствие формы ДН расчетной (достижением максимального приращения выходного сигнала). Фокусировка проводилась при угле места 45°. Исследование характеристик радиотелескопа проводились после его фокусировки. В таб.1 приведены усредненные по всем диапазон поправки от отсчетного ($\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0$) положения контррефлектора.

Табл. 1.

Название характеристик	Ед. изм.	Величина
Смещение от отсчетного ($\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0$) положения контррефлектора	мм	
$\Delta\bar{x}$	мм	0,7
$\Delta\bar{y}$	мм	1
$\Delta\bar{z}$	мм	1,7

2. Программа исследования характеристик радиотелескопа РТ-13 ИПА РАН

Измерения проводились в обсерватории ИПА РАН «Бадары» при слабой облачности и средней температуре –20^{0}С, в период с 26.11.2014 по 06.12.2014 г.г. по эталонному радиоисточнику “Кассиопея - А” со следующими характеристиками:

- прямое восхождение $\alpha_{1950,0} = 23^h\ 21^m\ 10\overset{s}{,}\ 2$
-склонение $\delta_{1950,0} = 58^0\ 32'\ 40\overset{''}{,}\ 5$ (1)

Значения экваториальных координат для данной эпохи М вычисляются по формулам [1]:

$$\alpha_{2014} = \alpha_{1950,0} + (2014 - 1950) \times 2\overset{s}{,}\ 70$$
$$\delta_{2014} = \delta_{1950,0} + (2014 - 1950) \times 19\overset{''}{,}\ 761 \quad (2)$$

значения плотности потока для данной эпохи вычисляются по формулам [2]:

$$\log F_{1980,0} = 5{,}745 - 0{,}770 \log f \quad (3)$$
$$F_{2014} = F_{1980,0}[1 - (0{,}0097 - 0{,}0003 \log f)]^{2014-1980}$$

где f - частота в гигагерцах.

В табл. 2 представлены значения плотностей потоков на работчих частотных диапазонов.

Табл. 2.

Диапазон	S	X_1	X_2	X_3	Ka_1	Ka_2	Ka_3
ГГц	2,4	7,0	8,25	9,5	28,0	31,0	34,0
$F_{2014}10^{-26}$ вт/м^2	950	430	380	340	150	141	128

3. Определение шумовой температуры антенны по всему угловому разрезу с шагом Δh = 10°

3.1. Записываем выходной уровень при отключенной радиоприемной системе (РПС) .
3.2. Включаем РПС и записываем выходной уровень $T_{ША}$.
3.3. Включаем ГШ, и записываем выходной уровень $T_{ША} + T_{ГШ}$.
3.4. По показанием 3.1, 3.2 и 3.3 определяем $T_{ША}$.
3.5. П.п. 3.1–3.4 выполняем в S, X, Ka-диапазонах.

Результаты измерений приведены в (Табл. 3).

Табл. 3

Диапазон S								
h(грд)	80º	70º	60 º	50 º	40 º	30 º	20 º	10 º
$T_{ША}(K^o)$	67	79	92	107	122	137	147	157

Диапазон X								
h(грд)	80º	70º	60º	50 º	40 º	30 º	20 º	10º
$T_{ША}(K^o)$	63	78	98	123	143	163	173	183

Диапазон Ka								
h(грд)	80º	70º	60 º	50 º	40 º	30 º	20 º	10º
$T_{ША}(K^o)$	196	204	216	218	231	241	256	273

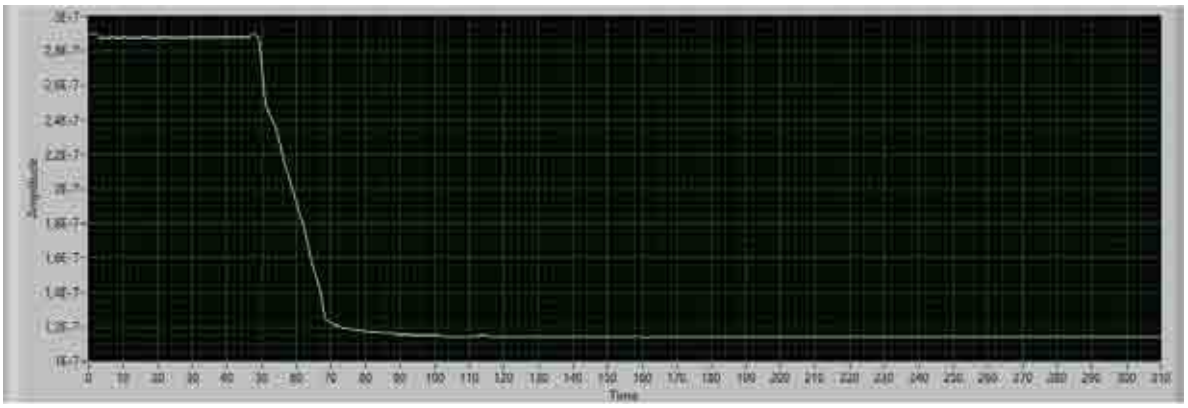


Рис. 1. Разрез атмосферы в диапазоне X

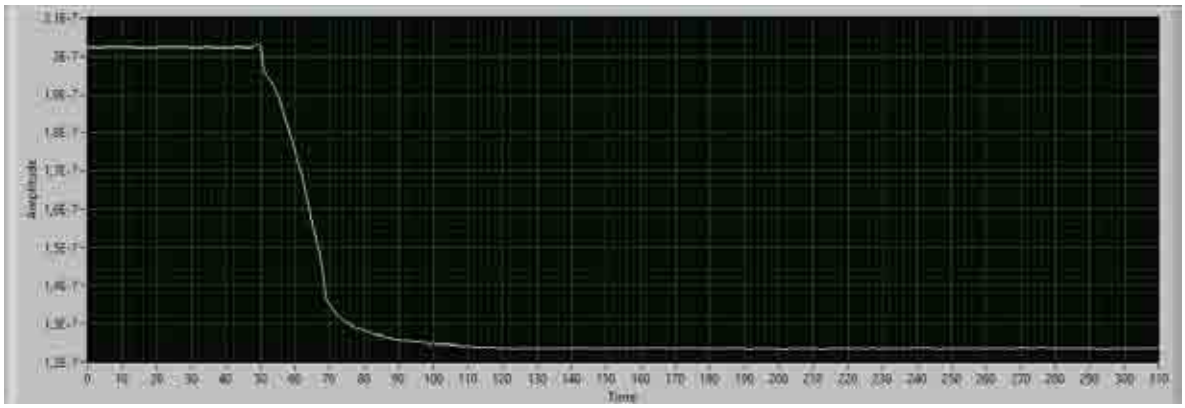


Рис. 2. Разрез атмосферы в диапазоне Ka

4. Измерение смещений электрической оси антенны от геометрической по всему угловому разрезу с шагом Δh = 10º

4.1. Выставляем антенну на программу слежения источника “Кассиопея А” с нулевыми поправками по углу и по азимуту.

4.2. С изменением программных величин азимута и угла места добиваемся максимального приращения выходного сигнала источника.
4.3. П.п. 4.1–4.2. выполняем в S, X, Ka-диапазонах.

Результаты измеренн приведены в (Табл. 4).

Табл. 4

диапазон S	диапазон X	диапазон Ka
$\Delta h_S = 30'$	$\Delta h_X = 26'$	$\Delta h_{Ka} = 20'$
$\Delta A_S = -14'$	$\Delta A_X = -10'$	$\Delta A_{Ka} = -15'$

5. Измерений ширин диаграмм направленности антенны, их зависимость от угла места ($\Delta h = 10^o$) в S, X, Ka диапазонах

5.1. Радиотелескоп установим на программу слежения траектории источника “Кассиопея А”, с учетом поправок ΔA, Δh и рефракции достигнувь максимального уровня выходного сигнала.
5.2. Остановим движение антенны по азимуту, определяем временной отрезок между значениями выходных сигналов $T_{ист.макс.}$ и $0{,}5T_{ист.макс}$ в единицах времени ($\Delta t_{0,5)}$ и находим половину ширины кривой прохождения по формуле:

$$\varphi_{0,5\ изм} = 15 * \Delta t_{0,5} * \cos\delta_m.$$

Ширину диаграммы направленности в азимутальной плоскости вычислить по формуле:

$$\varphi_{0,5} = 2\sqrt{\varphi^2_{0,5\ изм} - 2(\ln 2)R^2}$$

5.3. С учетом п. 5.1., остановить движение антенны по угломестной координате и определить временной отрезок между значениями выходных сигналов $T_{ист.макс.}$ и $0{,}5T_{ист.макс}$ в единицах времени ($\Delta t_{0,5)}$ и найти половину ширины кривой прохождения по формуле:

$$\theta_{0,5\ изм} = \Delta t_{0,5}\ 15\cos\delta_m.$$

Ширину диаграммы направленности в угломестной плоскости вычислить по формуле:

$$\theta_{0,5} = 2\sqrt{\varphi^2_{0,5\ изм} - 2(\ln 2)R^2},$$

где $\delta_m = \delta_{1950,0} + (\mathrm{M} - 1950) \times 19'' 761 = 58^0\ 53'\ 40''$

$R = 2'15''$ – радиус диска радиоисточника “ Кассиопея - А”.

5.4. П.п. 5.1–5.3. выполняем в S, X, Ka-диапазонах.

Результаты измерений приведены в (Табл. 5).

Табл. 5

Диапазон S								
h	80º	70º	60º	50º	40º	30º	20º	10º
$\theta_{0,5}$	31' 50"	32' 00"	32' 05"	32' 15"	32' 20"	32' 25"	32' 25"	32' 30"
$\varphi_{0,5}$	31' 20"	31' 25"	31' 32"	31' 36"	31' 40"	31' 50"	31' 55"	32' 00"

Диапазон X								
h	80º	70º	60º	50º	40º	30º	20	10º
$\theta_{0,5}$	9'04" 7' 42" 6' 41"	9'08" 7' 44" 6' 47"	9'10" 7' 50" 6' 52"	9'12" 7' 54" 6' 55"	9'15" 7' 58" 7' 00"	9'25" 8' 00" 7' 05"	9'26" 8'0 4" 7' 10"	9'28" 8' 10" 7' 15"
$\varphi_{0,5}$	9' 03" 7' 35" 6' 37"	9' 08" 7' 39" 6' 40"	9' 12" 7' 43" 6' 43"	9' 15" 7' 48" 6' 47"	9' 20" 7' 51" 6' 50"	9' 24" 7' 55" 6' 55"	9' 28" 7' 58" 6' 58"	9' 30" 8' 00" 7' 00"

Диапазон Ka								
h	80º	70º	60º	50º	40º	30º	20º	10º
$\theta_{0,5}$	2' 17" 2' 0 3" 1' 52"	2' 19" 2' 0 5" 1' 53"	2' 20" 2' 08" 1' 55"	2' 23" 2' 11" 1' 58"	2' 25" 2' 14" 2' 00"	2' 28" 2' 17" 2' 03"	2' 30" 2' 0 3" 2' 05"	2' 30" 2' 20" 2' 08"
$\varphi_{0,5}$	2' 16" 2' 03" 1' 45"	2' 18" 2' 05" 1' 46"	2' 19" 2' 08" 1' 47"	2' 22" 2' 11" 1' 50"	2' 24" 2' 14" 1' 52"	2' 25" 2' 16" 1' 54"	2' 27" 2' 17" 1' 56"	2' 28" 2' 18" 1' 58"

6. Измерение эффективной площади антенны

6.1. Включаем РПС, выбраем требуемый частотный диапазон и антенну направляем на “холодное” небо, близ возможно высокой угломестной координаты траектории радиоисточника.
6.2. Включаем ГШК и измеряен величину выходного сигнала АС ($T_{гшк}$).
6.3. Выходим на программу радиоисточника с учетом поправок контррефлектора, ΔA, Δh и измеряем величину выходного сигнала АС ($T_{ист}$).

6.5. Эффективная площадь вводится следующей формулой [3] :

$$A_{эфф.} = g\,\frac{2KT_{ист.}}{F},$$

где $A_{эфф.}$- эффективная площадь антенны,

К=1,38.10^{-23} Дж/град – постоянная Больцмана,

F - спектральная плотность потока излучения радиоисточника (Вт/м^2 Гц).

g - безразмерная величина, которая учитывает соизмеримость угловых размеров источника и ширины диаграммы направленности антенны и вычисляется из выражения.

$$g = \left\{\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{R}{0{,}6\theta_{0,5}}\right)^2 + \frac{1}{6}\left(\frac{R}{0{,}6\theta_{0,5}}\right)^4\right]\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{R}{0{,}6\varphi_{0,5}}\right)^2 + \frac{1}{6}\left(\frac{R}{0{,}6\varphi_{0,5}}\right)^4\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$$

КИП=$A_{эфф.}/A_{геом.}$, SEFD= 2КТсист/Аэфф

Величины коэффициента использования поверхности (КИП) и эквивалентной плотности потока приемной системы (SEFD) от угла места во всех диапазонах приведены в (Табл. 6).

Табл. 6

Диапазон S								
h	80º	70º	60º	50º	40º	30º	20º	10º
$A_{эфф.}$	90	89	87	87	86	85	84	84
КИП	0,68	0,67	0,65	0,65	0,65	0,64	0,63	0,63
SEFD	1983	2371	2844	3305	3767	4294	4680	4998

Диапазон X								
h	80º	70º	60º	50º	40º	30º	20º	10º
$A_{эфф.}$	86	85	85	84	83	82	81	80
КИП	0,70	0,69	0,69	0,67	0,67	0,66	0,66	0,65
SEFD	1940	2262	2842	3673	4270	4941	5244	5632

Диапазон Ka								
h	80º	70º	60º	50º	40º	30º	20º	10º
$A_{эфф.}$	68	67	66	66	65	63	61	60
КИП	0,51	0,5	0,5	0,5	0,49	0,47	0,46	0,45
SEFD	7686	8160	8640	8720	9429	10255	11130	12044

7. Измерения уровней ближних боковых лепестков

7.1**.** Радиотелескоп с учетом всеми поправками установим на программу слежения траектории радиоисточника с временным опережением не менее шестикратной ширины главного лепестка, обеспечивающий прохождение источника через главный и ближайшие боковые лепестки диаграммы направленности.

7.2. Остановим АС по обеим координатам и измеряем величину выходного сигнала АС ($T_{ш.сист.}$).

7.3. При прохождении радиоисточника через боковые лепестки диаграммы направленности, при необходимости, с учетом динамического диапазона АС выбираем необходимое усиление и измерятем величины выходных сигналов АС ($T_{бок.\ макс.л}$,$T_{бок.\ макс.п.}$).

7.4. По выходным значениям $T_{бок.\ макс.л.}$, $T_{бок.\ макс.п.}$ и $T_{ист.\ макс.}$ (Рис.3) определяем уровни боковых лепестков.

7.5. Производим операции по п.п 7.1. – 7.4. для частотных диапазонов “X” и “Ka”.

Результаты измереннн приведены в (Табл. 7).

Табл. 7

Диапазон S								
h	80º	70º	60º	50º	40º	30º	20º	10º
Бок.л. дБ	25	24	23,5	23	22,5	22	22	21
Бок.п. дБ	19	18,8	18,5	18	17,4	17	16,5	16

Диапазон X								
h	80º	70º	60º	50º	40º	30º	20º	10º
Бок.л. дБ	24	23	22,5	22	21,5	21	20	19
Бок.п. дБ	17,5	17,3	17	16,5	16,1	15,7	15,2	15

Диапазон Ka								
h	80º	70º	60º	50º	40º	30º	20º	10º
Бок.л. дБ	21	20,5	20	20	19	18,5	18	17
Бок.п. дБ	16	16,7	16,2	16	15,5	15	14,5	14

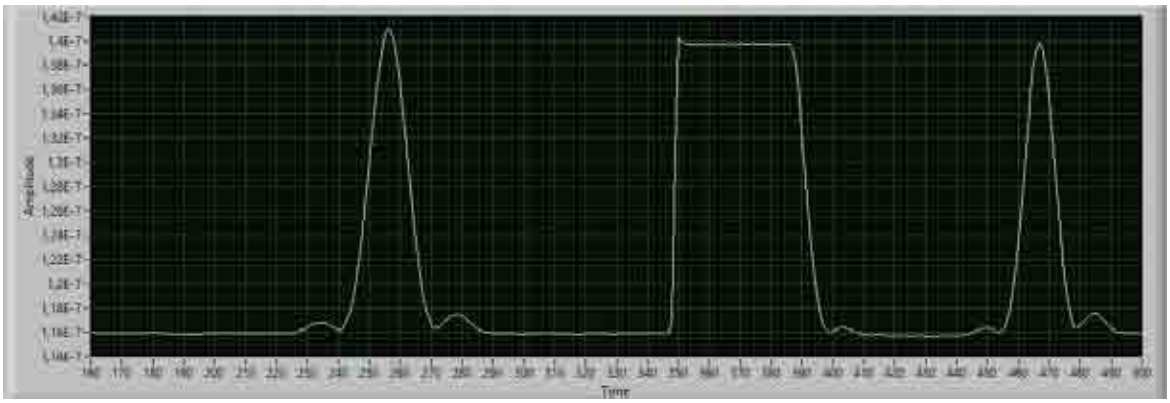


Рис. 3. Сканирование источника “Кассиопея-А”

9. Выводы

- Значения измеренных характеристик РТ-13 в основном соответствуют ожидаемым.

- Параметры РТ-13 измерялись в дневное время суток и при температурах окружающей среды -20^0C и ниже. С целью уменьшения воздействия солнечного излучения, желательно измерения повторить при умеренных температурах и в ночное время суток.

Литература:

1. Астрономический ежегодник (постоянная часть).
2. Baars, J. W., R. Genzel, I. I. K. Payting- Toth, A. Witzel. Astrophys., 1977, v. 61, p. 99.
3. Цейтлин, Х. М. Антенная техника в радиоастрономии. М., “Сов. радио“, 1976.

ВИДОВЕ ДРОНОВЕ

Георги Желев

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

Ключови думи: *Дронове, Мултироторн, Класификация*

Резюме: *Направен е опит да се систематизират и класифицира разнообразието на най-широко разпространените видове дронове. Направената класификация е на основата, както на физическите параметри на дроновете, така и на тяхното приложение. Основно са разгледани дроновете в цивилния сектор, а дроновете във военния сектор само са споменати. Направена е съпоставка на сфери на приложение на дроновете в зависимост от техния размера и обхват на летене.*

TYPES OF DRONES

Georgi Jelev

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

Keywords: *Drones, Multirotor, Classification*

Abstract: *An attempt is made for systematization and classification of the most common types of drones. The presented classification takes into account the physical parameters of the drones and their area of application. More emphasis is given to the civil drones while these within the military domain are only mentioned. Discussed are the areas of application as a function of the size and the flight distance.*

История

Думата „дрон“ е чуждица и произлиза от старата английска дума drān, drǣn „drone“ и има няколко различни значения, но в превод означава търтей (мъжка пчела). Когато говорим за дрон като електрическо устройство си мислим за ракета или дистанционно управляем безпилотен самолет. Така че, основното определение за дрон е „безпилотен самолет или кораб, който може да се движи автономно, без човешки контрол и без пряка видимост“ (Dictionary.com). В различните речници често срещано определение е: „Дрон е безпилотен летателен апарат (БЛА) управлявана дистанционно или от бордови компютър“ (Oxford Dict., Cambridge Dict.). Това име се дава на БЛА поради характерния „жужащ“ звук от роторните мотори.

Първоначално дроновете са разработени след края на Първата световна война, като защита от използваните по това време цепелини. В последствие са развити и използвани в американската армия за изпълнение на редица опасни за пилоти мисии. (https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_unmanned_aerial_vehicles). През 2006 г. Американската федерална авиационна администрация издава първите разрешителни за използване на БЛА за търговски цели в гражданския сектор. През 2010 г. се появяват на пазара първите напълно сглобени дронове. (https://www.digitaltrends.com/cool-tech/history-of-drones) За последните осем години дроновете станаха атрактивни и бързо навлизат в живота и работата на хората.

Възможността за модифициране определя широкия кръг на приложения в много различни сфери. Това обуславя и тяхното разнообразие като видове. Друг фактор е възможността всеки сам да си сглоби дрон, в зависимост от това за какво иска да го използва.

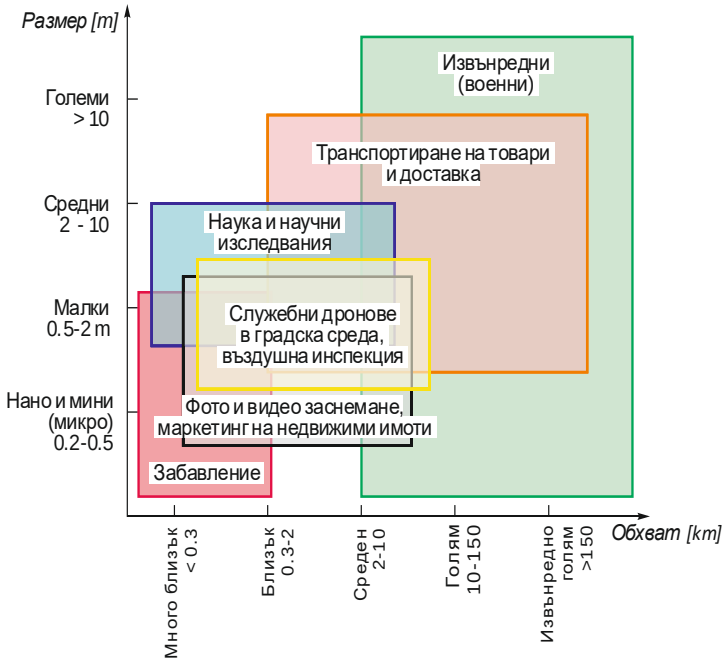
На фиг. 1. е показано основните сфери на приложение на дроновете в зависимост от размера и обхвата на летене.

Дроновете, използвани за защита или военни операции се различават много от използваните в гражданския сектор, както по отношение на способностите и качеството на хардуера така и по отношение на надеждността на системата и механизмите (Сотиров, Г.С. 2005.).

Целта на настоящата работа е да се направи единна класификационна схема на голямото разнообразие на дронове.

Като основна задача се явява обобщаването на различни класификации от различна източници – статии и книги, интернет страници, сайтове за продажба на дронове и др.

Направената класификация е на основата, както на физическите параметри на дроновете, така и на тяхното приложение.



Фиг. 1. Сфери на приложение на дроновете в зависимост от размера и обхвата на летене

Класификация

1. В зависимост от конструкцията и начина на летене

Дроновете не летят по един и същ начин. Използват се различни методи на летене и конструктивни решения в зависимост от търсения ефект. Конструкцията и начина на летене са различни, но са една от основните характеристики на всеки дрон и поради това те определят основната класификация на дроновете – роторни, с фиксирано (делтовиндо) крило и хибридни.

a. Роторни: 1, 2, 3, 4, 6, 8 и повече роторни дронове

Всички дронове, които имат един и повече двигатели (ротори) и не са с фиксирани (делтовидни) крила се класифицират под общото название – роторни дронове или мултироторни дронове. Най-разпространените дронове влизат в тази категория, което я прави най-голямата и основна категория.

Основното предимство на роторните дронове е възможността да останат в стабилна позиция на едно място във въздуха за дълго време, те са най-лесният и най-евтиният вариант за получаване на „поглед от горе“, така че те са популярен избор за въздушна фотография и видео заснемане и наблюдение. Друго важно предимство е възможността за вертикално излитане и кацане – VTOL (Vertical take off and landing).

Недостатъкът на роторните дронове е тяхната зависимост от издръжливост на батериите и малката скорост, което ги прави неподходящи за широкомащабно картографиране на въздуха, дългосрочно наблюдение и инспекция на дълги разстояния, като тръбопроводи, пътища и електропроводи.

Роторите, макар и непрекъснато да се развиват и усъвършенстват са неефективни и изискват много енергия, само за да се борят срещу гравитацията и с влиянието на вятъра. С настоящата технология на батериите (литиево-йонни) полета на тези дронове е ограничен до около 20-50 минути, когато носят лек товар като камерата. Мултироторните дронове могат да носят и по-големи тежести, но в замяна на много по-кратки полети.

Необходимостта от прецизна и бърза реакция в работата на дроселната клапа, прави непрактично използването на флуиден (газов, бензинов и др.) двигател за задвижване на роторите, така че дроновете са ограничени до използването на електродвигатели.

Появата на нов източник на енергия и развитието на батериите може в бъдеще да удължи полетното време на дроновете от тази категория.

В зависимост от броя на роторите, дроновете се разделят на:

Монокоптери, хеликоптери (дронове с единичен ротор)

Към тази категория попадат дронове с един двигател плюс по-малък ротор в близост до опашката за контролиране на посоката (Фиг. 2). Хеликоптерите са много популярни в авиацията с пилоти, но за сега запълват малка ниша в света на дроновете.

Flying Mini RC

T-Rex 550E 3G Combo

Фиг. 2. Представители на монокоптерни дронове (хеликоптери)

Голямо предимство на дроновете с един ротор е възможността да използват газ вместо електричество като източник на енергия. Те могат да летят на по-големи височини от мултироторните. Витлата (перките) на хеликоптерите могат да бъдат много по-големи и това ги прави по-ефективни поради общото правило в аеродинамиката, че колкото по-голям е диаметъра на роторното витло и колкото по-бавно се върти, толкова по-ефективно е (Аронин, Г.С. 1962). Това прави тези дронове предпочитани за по-тежък полезен товар, като LIDAR (лазерен скенер) камери.

Основните недостатъци са тяхната сложност, висока цена, силни вибрации и опасността от големите им въртящи се витла. При сблъсък, дългите остри витла на един хеликоптерите могат да причинят сериозни наранявания и щети.

Като сложност за ползване и трудност при работа, хеликоптерите са между мултироторните дронове и самолетите с фиксирано крило.

Бикоптери

Тези слабо разпространени дронове имат два двигателя които се движат в срещуположни посоки. Поради наличието само на два ротора, тези дронове имат малка товароподемност и е трудно поддържането на стабилност по време на полет (Фиг. 3).

Фиг. 3. Представител на бикоптерите

Трикоптери

Трикоптер представлява дрон за движението и контрола, на който се използват три ротора. Те са разположени в краищата на триъгълна рамка на 120° един от друг (Y образна форма). Има обаче и трикоптери с T-образна форма (Фиг. 4). Трите ротора се въртят в една посока.

Основни предимства на трикоптерите е, че трите витла винаги са в една равнина и това ги прави много гъвкави и маневрени. Друго предимство е по-ниската консумация на енергия. Като недостатък се отчита, че при срив на един от роторите, машината ще се падне бързо, а при излитане – липсва стабилност.

Chengxing Scorpion S-Max RTF 3D *YI Erida*

Фиг. 4. Представители на дронове с три ротора (трикоптери)

Квадрокоптери, хексакоптери, октокоптери (Фиг. 5)

Квадрокоптера е дрон с четири ротори. Характерното за тях е, че те използват две двойки летателни витла, като едната двойка са върти в една посока, а другата двойка – в обратна. Имат две основни конфигурации на роторите – „X“ образна и „+“ образна. По-рядко има и „H“ образна конфигурация на роторите. Друга характерна конфигурация е разположението на двойка ротори един под друг, въртящи се в противоположни посоки, т.нар. коаксиални ротори (https://oscarliang.com/types-of-multicopter/).

Маневрирането става посредством различната скорост на въртене на всяко витло. Заради своята сравнително ниска цена, лесно управление и сглобяване тези дронове са най-предпочитаните от роторните и са най-разпространени. Често се прикачват камери, смартфони и други електронни устройства към тях. Заради своя стабилен полет и по голям обхват на полета те са предпочитани и от военните за транспортиране на малки доставки (Wikipedia).

Хексакоптерите, октокоптерите и дроновете с повече ротори, по подобие на квадрокоптерите имат съответно шест, осем и повече ротори разположени в кръг около основното тяло.

Предимството е, че повечето ротори дава по-голяма мощност на дрона и съответна по-голяма товароподемност. Повечето ротори дават по-голяма сигурност и надеждност по време на полет. Ако има отказ на един или два ротора при хексакоптерите и три до четири при октокоптерите, дрона ще се приземи без повреди. Възможността да летят ниско над земята и да се преобръщат по време на полет също е предимство.

Като недостатък може да се изтъкне, че повечето ротори консумират повече енергия и като резултат тези дронове са силно зависими от мощността на батериите, както и по-високите цени.

Фиг. 5. Представители на квадрокоптери, хексакоптери и октокоптери

Съществуват дронове с повече от осем ротора, (Г. Мардиросян и др., 2015; P.Getsov et al, 2017).

b. Дронове с делтовидни, фиксирани крила

Другият основен дизайн на дроновете имитира стила и конструкцията на самолетите и се нарича делтовидно или фиксирано крило. Наличието на крила като при самолетите ги прави по-ефикасни от роторните дронове. Те лесно се задържат във въздуха като използват енергията само да се движат напред по зададен маршрут. Поради това те могат да покрият по-големи разстояния и имат по-дълъг полет. За подобряване на тяхната ефективност е възможно да се използват и газови двигатели, но като цяло се движат много по-бързо от роторните дронове. Най-разпространената конфигурация при тях е с един хоризонтален ротор отпред или отзад на тялото. По-рядко са тези с два и повече ротори, разположени под крилата.

Основните недостатъци на дроновете с фиксирани криле и невъзможността да се задържат на едно място по време на полет, летене само напред, както и сложността при излитане и кацане. Изстрелването изисква специфични умения и се извършва от установка или от ръка (Фиг. 6). Поради това е необходима дълга полоса и свободно пространство. Полетът им е автономен и наподобява аерофото заснемане и поради това са предпочитани за дистанционни изследвания на земната повърхност. Те могат да носят различни камери и да заснемат хиляди снимки.

Фиг. 6. Представители на дронове с делтовидни, фиксирани крила

c. Хибридни дронове (с алтернативно задвижване)

Хибридни са тези дронове, които съчетават горните две технологии или използват алтернативни източници на захранване. Това е обуславяно от идеята да се съчетаят предимствата на различните технологии. Хибридните дронове са проектирани и имат широк спектър от уникални възможности (P.Getsov et al, 2017). Те лесно се контролира от таблет, лаптоп или друго свързано с интернет устройство. Могат да излитат и да кацат почти навсякъде и да го правят напълно автономно (Фиг.7.).

а) б) в)

Фиг. 7. Представители на хибридни дронове:
а) DeltaQuad Pro с фиксирано крило с вертикално излитане (VTOL); б) Walkera QL 1200 бензиново-електрически хибрид; в) Foxtech GAIA-160 бензиново-електрически хибрид

Основен недостатък на хибридните дронове е по-сложното управление и високата цена.

На пазара има малко хибридни дронове, но можете да се очаква те да станат много по-популярен вариант през следващите години.

2. В зависимост от размера

Размерът на дроновете варира значително и зависи от няколко фактора, свързани с неговото представяне (фиг.8). Ето класификацията според размера:

a. Нано и мини (микро) дронове (20–50 cm)

В тази категория попадат най-малките дронове. Те са известни като нано или микро дронове и обикновено се използват за провеждане на биологична война или за шпиониране на хора. Технически те са по-маневрени, пригодени за работа в затворени пространства. Нано дроновете са най-малки и обикновено имат големина на насекомо. От друга страна мини дроновете могат да достигнат 20–50 cm дължина и имат по-мощни мотори и по-добри характеристики от нано дроновете. Като цяло, моделите от двете категории се използват от военните за шпионаж. Те са леки, имат много малък обхват на летене (50 до 1000 m) и време на полет не повече от няколко до 20 минути (Фиг. 8).

Основното предимство на тази категория дронове е тяхната цена и те са подходящи при обучение за пилотиране поради наличието на всички необходими контролни функции както при другите по-големи дронове. Поради малките размери са подходящи за използване в затворени пространства.

Основен недостатък е малката мощност и силното влияние от атмосферните условия. Малката продължителност на полета и по-слабите характеристики на хардуера (камери и др.).

а) б) в)

Фиг. 8. Представители на нано и мини (микро) дронове а) Black Hornet - нано хеликоптер;
б) HorizonFaze; в) Hubsan X4 H107L;

b. Малки дронове (50 cm–2 m)

Дроновете от тази категория са по-големи от микродроновете, но все още са съвсем малки. Те имат размери между 20–50 cm и 1–2 m. Много са популярни поради сравнително ниската си цена и много по-добрите технически характеристики. Имат обхват на летене от 500 m до 4–5 km и полетно време от 15 до 40 минути. Поради своите характеристики тези дронове се използват за професионална работа и научни изследвания (Фиг. 9).

а) б)

Фиг. 9. Представители от категория малки дронове
а) DJI Inspire 1 V2 - квадрокоптер; б) eBee Ag - с фиксирано крило

c. Средни дронове (2–10 m)

В тази категория попадат дронове с размах на крилата между 2-3 и 10 m. Обикновено те трябва да се носят от двама души и могат да тежат до 200 kg. Тези дронове могат да пренасят до 200 kg полезен твар, имат мощни двигатели и обикновено се използват за превоз на стоки на отдалечени места и при военните. Те са по-малки и по-леки от леките самолети (Фиг. 10). Имат обхват на летене до 50 km, а времето за полет може да продължи до 6 часа.

Фиг. 10. Представители от категория „средни дронове“ - Shadow RQ-7

d. Големи дронове (> 10 m)

Тези дронове са с размер на малък самолет с размах на крилата по-голям от 10 m, продължителност на полета - 10–12 часа до един ден, максимална височина - 9–10 до 20 km. Военните често използват тези дронове и ги изпращат в зони с висок риск вместо бойни самолети, управлявани от пилоти. Те се използват за разузнаване и наблюдение от въздуха на големи територии, поради наличието на мощни фотографски системи.

Повечето дронове от тази категория са оборудвани с оръжейни системи, така че те се използват при тактически атаки или когато има висок риск за пилотите (Фиг. 11.).

Фиг. 11. Представители от категория „големи дронове“ - Grey Eagle и Global Hawk на НАСА

3. В зависимост от обхвата на летене (работния диапазон)

Обхвата на летене на дроновете е от съществено значение поради факта, че това е площта която може да покрие при заснемане и далечината и височината, до която може да се достигне при изпълнение на съответните задачи.

a. Много близък обхват (< 300 m)

В тази категория попадат всички микро- и нанодронове. Те основно се използван за развлечение и фото заснемане.

b. Близък обхват (300 m – 10 km)

В тази категория попадат дроновете с малък размер. Тези дронове имат среден обхват от около 5 km и могат да останат във въздуха за 20 минути до един час.

c. Среден обхват (10 – 150 km)

Те могат да бъдат контролирани от големи разстояния от потребителя. Мощна батерия им позволява да останат във въздуха до 6 часа. Тези дронове най-често са използвани от военните.

d. Голям обхват (> 150 km)

В тази категория попадат дронове, които могат да се управляват до разстояние 650 km. Те са високоскоростни безпилотни самолети и покриват огромни площи, летят да 9 000 m надморска височина и могат да останат във въздуха за повече от 36 часа. Тези дронове основно се използват от военните, но могат да се използват и за събиране на метеорологични данни.

4. В зависимост от оборудването

Според оборудването, дроновете могат да се поделят на:

a. С камера (фотоапарат)

В тази категория попадат почти всички дронове използване за наблюдение, за да заснемат класически снимки в трудни места. Филмовата индустрия ги използва често за филмови кадри. В последно време тези дронове поевтиняха и станаха много достъпни за купувачите. Ценовия диапазон е от $50 – $100 до $1000 – $2000. Има голяма разнообразие на камери, които се произвеждат със специални възможности (множество преходници) за монтиране към различни дронове.

b. С FPV First Personing Viewing

FPV или „Поглед от първо лице“ – все по-често срещана възможност на дронове, способни да записват неща, които зрителите ги гледат в реално време. Контрола става или с помощта на портативен монитор или през специални очила. Тези дронове обикновено се използват във филмовата индустрия и за нуждите снимане лице в лице.

c. С GPS

Вече почти всички дронове са снабдени с GPS и показват своето местоположение в движение. Те изпълняват своята задача на определено фиксирано място или по зададен маршрут. Тези дронове са връщат автоматична от мястото от където са пуснати. Има три типа GPS системи, използвани за контрол на дронове:

- стандартна GPS: използва един чип GNSS приемник: с точност до 1 m или два; използвани на повечето потребители на безпилотни машини;
- дублираща GPS: използва 2 или повече допълнителни GNSS приемника, обикновено стандартен GPS плюс GLONASS приемник; това е добър избор, ако се използва за полен над населени райони или всякъде, където загубата на позициониране може да бъде катастрофална;
- паралелна GPS: два или повече GNSS приемника, работещи заедно, за постигане на висока точност (под 1 m); много е полезна, когато се изисква прецизна точност на позиционирането на дрона, като при заснимане на спортни събития на стадиони и др.

d. Със стабилизатор

В днешно време почти всички дронове имат вграден жироскопичен стабилизатор, за подобряване на дистанционно наблюдение на земната повърхност. За стабилно видео и фото заснемане. Това улеснява многократно и възможности при навигацията.

е. С военно оборудване

Военното оборудване зависи от конкретните задачи, които те трябва да се изпълнят в конкретни военни операции. Основно, това е камери или фотоапарати с добри оптически системи за наблюдение и разузнаване, както и различни оръжейни системи.

5. В зависимост от приложението

Развитието на дроновете през последните години спомогна за навлизането им във все повече области на човешката дейност (Study Analysing the…). Спрямо приложения, дроновете се поделят на:

а. С гражданско приложение

Дронове за работа и научни изследвания

Дроновете трайно навлизат в изследователска дейност на учените, за дистанционно наблюдение на различни явления в околната среда (за документиране на археологически разкопки, при определяне на последствията от природни бедствия и катастрофи, при наблюдение на ледници, в селското и горско стопанство, в архитектурата и строителството и др.). Много сектори се възползват от използването на дронове - търговски, природозащитни или екологични и др. В много отрасли, като минното дело и кариерите, те спестяват време и още по-важно, те са по-безопасен начин за проучване на структури, сгради и др.

- За земеделски изследвания, Прецизно земеделие

Има много публикации за използването на дронове в селскостопанския и горския сектор (Сотиров, Г.С. и др. 2005, Филипов, А., 2011, Jannoura R. et al, 2015, Желев, Г. и др., 2016; Duana, T., et al 2017, Yue, J. et al, 2018 E-agriculture in Action, 2018 и др.). Тяхното използване е при картографиране с висока пространствена разделителна способност и мониторинг на земеделските култури, NDVI анализ на състоянието на растенията, въздушно проучване за проектиране на напоителни системи, хербицидно третиране, изследвания в областта на здравето на растенията чрез използващи мултиспектрални камери и топлинно заснемане, документиране за застрахователни загуби и редица др. В тази категория попадат професионални дронове снабдени с различни видове камери. Те са малки или средни по размери с близък до среден обхват на полета (Фиг. 12).

Фиг. 12. Използване на дронове в селското и горско стопанство

- За архитектура, геодезия и строителството

Дроновете предлагат голяма помощ при геодезични заснемания, предоставят богата визуална информация за създаване на цифрови карти и 3D модели повърхността и различни обекти и сгради (Фиг.13). Независимо, че тази технология измества някои по-стари геодезични техники, все още са необходими специалисти при обработката и анализа на данните (Ц. Атанасова, 2016).

а) б)

Фиг. 13. Заснимане с дрон за а) 3D моделиране на статуята „Христос Изкупител“;
б) Проследяване за напредъка в строителството на обекти

- За събиране на географски данни и картографиране

Дроновете предоставят уникалната възможност да се създават ортофото мозайки при заснемане на земната повърхност, а от там и за генериране на ортофото карти с много висока пространствена разделителна способност (около 3–5 cm). За създаване на пълни 3D модели на повърхността (DSM) и на терена (DTM) (Фиг. 14). Това дава възможност за създаване на много точни цифрови карти с възможност за пространствени изчисления и компютърно моделиране и анализ.

а)

б)

Фиг. 14. Използване на дронове за а) събиране на географски данни и б) картографиране

- За професионално фото и видео заснемане

Снимки и видео от „птичи поглед“ (Фиг. 15) предлагат уникална гледна точка и незабравими гледки. Добрата фотография е да покаже на хората поглед за света, който те не могат да видят. Развитието на съвременната снимачна техника (фотоапарати и видеокамери), както и възможността за пренос на HD и 4K видео чрез безжична технология към интелигентни устройства дава възможност да получат професионални въздушни снимки и видео заснемане. Днес се използват дронове за целите на висококачествената кинематография във филмовата индустрия, професионалното фото заснемане, както и за целите на маркетинг на имоти и реклама. Моделите с по-висок клас могат да заснемат 4k видео при 120 кадъра в секунда и HDR (с висок динамичен обхват) изображения.

а)

б)

Фиг. 15. Снимки с дрон на а) Телевизионната кула на Копитото; б) Ларгото, София, *http://fotozona.bg/drone*

- За транспортиране на товари и доставки

Използването на дронове за пренос на пратки и доставки се радва на все по-голям успех (Фиг. 16). То стартира през 2013 с вкарването на големи инвестиции от компании като Amazon, Workhorse, Google и др. Дронове транспортират лекарства и ваксини и извличат медицински проби до и от отдалечени или по друг начин недостъпни региони. Все по-често се използват дронове за доставка на храна и напитки, като например веригата пицарии Домино. Наред с доставката на медицински, пощенски и търговски пратки се използван дронове и за незаконни доставки (като наркотици и GSM-и в затворите).

Фиг. 16. Използване на дронове за доставки и транспорт на товари

- Служебни дронове в градска среда, въздушна инспекция (наблюдение на движението, комунални услуги и др.)

Дроновете дават възможност да се използват за по-евтина и по-бърза инспекция на труднодостъпни съоръжения и инфраструктурни обекти, като мостове, кули, ветрогенератори, електропроводи, комини, пътната и ЖП мрежа, фотоволтаичните централи и др. (Фиг. 17). Дроновете са оборудвани с професионални, както видео, така и термални и спектрални камери.

Фиг. 17. Използване на дронове за инспекция различни съоръжения

Дронове за забавление

Наред с дроновете за професионална употреба, многобройни са дроновете използвани за забавление. Много от тези дронове имат технологията „Следвай ме“, GPS, 4K камери и отлична стабилизация. Това позволява заснемане на висококачествени снимки видеа.

- Аматьорски и полупрофесионални дронове от тип „Готови за полет“ - RTF (Ready-to-Fly)

Много от дроновете за забавления са точно такива – готови за ползване, слагаш батерията, свързваш ги към мобилното устройство и ги пускаш да летят и снимат. Това са предимно малки, нано и мини дронове (Фиг. 18). Подходящи са за начинаещи поради ниската си цена и малки разходи.

а) б) в)

Фиг. 18. Дронове от тип „Готови за полет“:
а) Ултра портативен AMAFi Parrot дрон; б) DJI Mavic PRO Platinum; в) Spedix s250

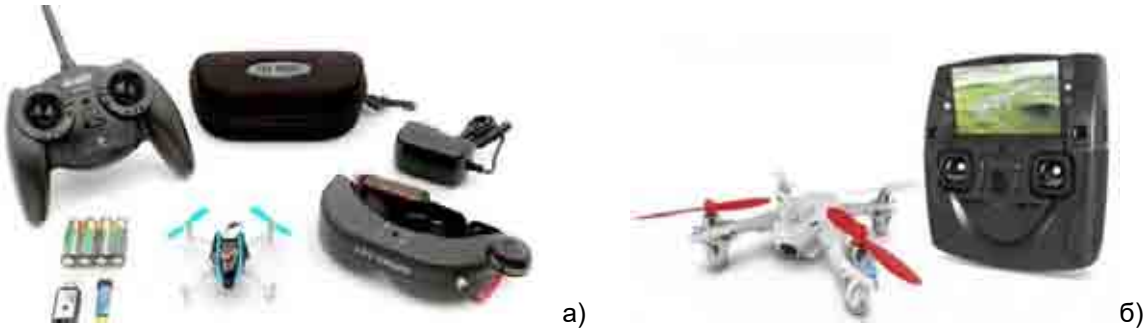
- За филмиране на спортове на открито (екстремни спортове, сърф, ски, колоездене, спускане с лодки и др.)

Тези дронове са най-подходящи за заснемане на спортни и други дейности на открито. Те са снабдени с модерни GPS системи, автопилоти и режими за позициониране на камерата, които я държат фокусирана върху действието (Фиг. 19). много често тези дронове имат технологията „Следвай ме“.

Фиг. 19. Дронове за забавление в режим „Следвай ме“

- Микро дронове за затворени помещения и за обучение

Микро дроновете са малки, супер леки дронове, подходящи за използване на закрито и при лек вятър. Като цяло това квадрокоптери и са перфектни са за обучение, подарък или просто забавление. Често са с включени очила за FPV. Те са сравнително евтини, имат много малко полетна време 4–10 минути.



а) б)

Фиг. 20. Микро дронове за затворени помещения и за обучение:
а) Flade Blade FPV Nano QX; б) Hubsan H107D X4

- За семейни снимки и видео

Тези дронове са RTF - напълно сглобени и готови за ползване. Те са лесно преносими, използват се с лекота от всички, надеждни са и професионални функции. Не на последно място те са по-евтини. Като размери, това са ноно или микро дронове. Те често имат опцията FPV и предават видео в реално време (Фиг. 21).

Фиг. 21. Дронове за забавление в режим „Следвай ме“

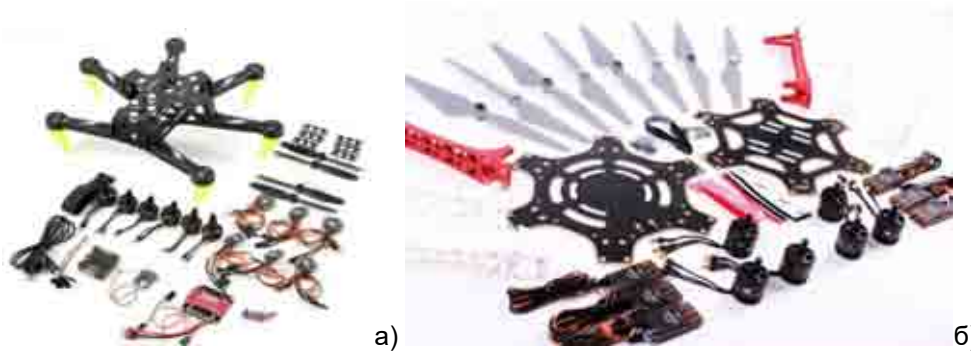
- Състезателни дронове

Какво е необходимо в едно състезание? – здрави, бързи и маневрени дронове. В тази категория попадат дронове с поликарбонатен щит върху корпус от фибростъкло, прости, лесни за сглобяване и заменяеми, закалени компоненти и не на последно място високонадеждни и мощни ротори за бързо ускоряване и многоклетъчни литиево-полимерни (LiPo) батерии.

Фиг. 22. Състезателен дрон DRL Racer3

- Дронове като хоби за професионалисти

В тази категория попадат различни по размер дронове, но основното е, че те са на части или „Почти готов за полет“ (ARF – Almost-Ready-to-Fly). Повечето от тези комплекти съдържат ръководства за сглобяването им стъпка по стъпка (Фиг. 23).



а) б)

Фиг. 23. Комплекти на ARF дронове: а) Spedix S250 Hex FPV Racer; б) DJI F550 Hexa ARF

b. С военно приложение, военни дронове

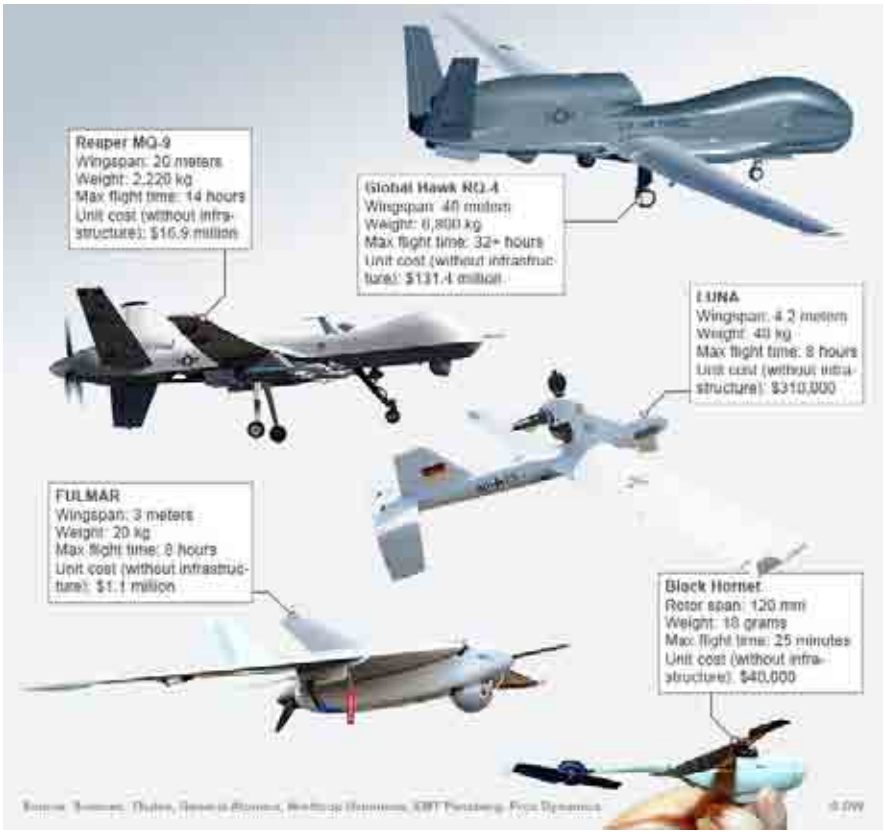
Категориите военни дроновете са доста различна от тази за дроновете с гражданско приложение. Те се категоризират въз основа на тяхното тегло, обхват, скорост, както и техните специфични възможности. Класификацията е използвана от групите на НАТО и е според Министерството на отбраната на САЩ (Eyes of the Army, 2010; J. Calvo, et al. 2014):

КЛАС I (< 150 kg): МАЛКИ – в този клас попадат микро, мини или малки дронове с основно предназначени разузнаване, наблюдение и прицелване. Често те са с фиксирано крило със средно тегло около 20-100 kg, максимална скорост – 100 km/h и височина на полета до 4 km. Основно приложение е за шпионаж.

КЛАС II (150–600 kg): ТАКТИЧЕСКИ – попадат дронове с размери и възможности на малки самолети. Отличават се с комбинация от гъвкавост, издръжливост и здравина и се използват за наблюдение и мониторинг при изготвяне на анализи и оценки на нанесените щети, за гранично наблюдение, разузнаване и реагиране при извънредни ситуации.

КЛАС III (> 600 kg): СТРАТЕГИЧЕСКИ – в тази категория попадат дронове с размери на самолети. Имат широк спектър от приложения, като се използват за определяне на позицията на врага или на придвижването на определени цели. Техните технически характеристики са впечатляващи.

На Фиг. 24 са показани представители на различните класове военни дронове с някои основни техни технически характеристики.



Фиг. 24. Представители на военните дронове

Въз основа на конкретната роля, които те трябва да играят в определена военна операция, военните дронове с поделят на целеви и примамващи, разузнавателни, атакуващи и за научноизследователска и развойна дейност. Те да се прилагат и ще продължават да се прилагат в различни военни операции поради голямото им удобство за намаляване на загубите и осигуряване на възможност за изпълнение на тясно профилни и рискови мисии. Дронове се използват и при осигуряване на сигурността по граничите и брегова охрана. Бъдещето е във все по-пълната автономия и повечето иновации на военните безпилотни авиационни системи - военните дронове.

6. В зависимост от себестойността (цената)

Цената на дроновете зависи много от тяхното предназначение, големина и възможността на добавяне на допълнителни аксесоари. Тази класификация се отнася за дронове с гражданско приложение. Не са разгледани военните дронове, чиито цени, поради специфичния си характер, са доста по-различни.

a. Евтини дронове (€ 20 – € 150)

Това са най-евтините дронове. Те са предимно играчки, използвани за развлекателни цели като състезания и всичко останало. Нямат специално оборудване и нямат място за допълнителни аксесоари Най-често са от типа RTF и FPV (Фиг. 25.).

b. Средно скъпи дронове (€ 150 – € 1000)

Това са дронове, които се използват както за развлекателни, така и за професионални цели. Те са малко по-големи по размер и имат повече аксесоари за тях. Те могат да бъдат използвани за специални задачи, като събиране на данни, инспекция на съоръжения и картографиране от въздуха. Използват се за любителско и професионално видео и фото заснемане. Те също са напълно окомплектовани и са типа RTF (Фиг. 25).

c. Скъпи дронове (€ 1000 – € 10000)

Това са дронове, които най-често се купуват за определени цели. Те имат специален дизайн и към тях могат да се добавят различни аксесоари и надстройки. Те се използват най-вече за наблюдение или други специализирани цели. Те са скъпи и тяхното закупуване е оправдано при необходимост от използването им за решавате на определени задачи. Те също са напълно готови за работа, имат възможност за смяна на камерите, добавяне на допълнителни памети, имат няколко резервни батерии и често са окомплектовани в специални куфари или раници (Фиг. 25).

d. Много скъпи дронове (> € 10000)

Те се използват главно за заснемане на отделни сцени в филмовата индустрия. Могат да се използват и от компании или от организации, извършващи географско картографиране, принос но товари или за други специализирани цели. Те са със шест и повече ротори за по-висока мощност и стабилност, леки и здрави корпуси и специализирано оборудване (Фиг. 25).

а) Cheerwing Syma X5SW-V3 с цена $ 35

б) DJI Phantom P3-STANDARD с цена $ 840

в) DJI Mavic PRO с цена $ 1300

г) Freefly ALTA 8 с цена $ 17495

Фиг. 25. Видови дронове в зависимост то себестойността (цената):
а) Евтини; б) Средно скъпи; в) Скъпи; г) Много скъпи

Заключение

Технологията на дроновете е базирана на използване иновационно съчетаване на GPS системата, жироскопична система, бордова система (автопилот), аеродинамиката и множество различни сензори и камери (Цекова, В.Т. и др. 2005, Dobrov D., et al. 2012) . Поради това дроновете навлизат масово в дейността и живота на хората, като предлагат обещаваща алтернатива на стандартните самолети по отношение на гъвкавостта на времето и способността да летят на много ниски височини, като по този начин придобиват изображения с много висока пространствена разделителна способност. От моделирането на ледниците и мониторинг на природни бедствия до преброяването на животните и идентификацията на видовете, от професионалната употреба през забавлението и развлечението до военното приложение, списъкът на сферите на приложение, за които се използват дронове, е дълъг и продължава да расте. Някои от научните направления, където все повече се използват дронове са:

- ✓ Управление и опазване на животинските видове, където се включват: проследяване на миграцията, управление на местообитанията, идентификация на видовете, преброяване на животни, дейности срещу бракониерството и др.
- ✓ Запазване на растителните видове, където се включват: анализ на почвата и влажността, Мониторинг на растежа/покритието, анализ на състоянието на растенията / стреса, класификация на видовете, оценка на биомасата, изброяване на растения / дървета и др.
- ✓ Опазване на горите с: изготвяне на горски карти, оценка на биомасата, пожароизвестяване и проследяване, здравен анализ на растителността, оценка на щетите от природни бедствия, залесяване и планиране на кампании за залесяване, обезлесяване/незаконно изсичане и др.
- ✓ Мониторинг на изменението в околната среда – определяне на щетите от бури, пожари, наводнения и свлачища, мониторинг на крайбрежната ерозия и абразия, проследяване на деградация на горите, ледникова динамика и др.
- ✓ Теренно моделиране на: куполи на вулкани, главни характеристики на релефа, речни долини, морфоложки структури, плажове и др.

Анализ на Европейската комисия за развитие на сектора безпилотни авиационни системи и в частност дроновете до 2020 г. показва, че гражданския пазарен дял ще изпревари военния в близко бъдеще (Study Analysing the…).

Военните дронове са със специфични функции, технически характеристики и цени и трудно могат да се впишат в тази класификационна схема.

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:

Аронин, Г.С. 1962. Практическая аэродинамика, военное изд. М., 384 с.

Атанасова, Ц. 2016. Приложение на БЛА (безпилотни летателни апарати) в архитектурната фотограметрия, Годишник на УАСГ, том 49, бр. 4, с. 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

Мардиросян, Г., С. Забунов. 2015. Мултироторен хеликоптер, Патент № 112131/17.12.2015, Патентно Ведомство на Република България.

Сотиров, Г. С. 2005. Анализ и оценка ефективността на активни средства за радиоелектронно противодействие, използвани от безпилотни летателни апарати. Сборник от доклади на Юбилейна научна сесия – т. 2 “120 години от Съединението” 21-22 април 2005 г., Д. Митрополия, с.144–147.

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, с.127–131.

Филипов, А., 2011. Използване на безпилотни летателни системи (БЛС) като платформи за дистанционни изследвания, Геомедия. С. онлайн портал - https://www.geomedia.bg/geodezia.

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

Цекова, В.Т., Г.С.Сотиров, Ф.Х.Филипов, 2005. Комбинирана система за управление и стабилизация на безпилотни летателни апарати. Сборник доклади от Юбилейна Научна Конференция, «10-години Тракийски Университет, Стара Загора, 29.09.2005 г. ISSN 1312–1723, с.131–135.

Calvo, J., A. Escoda, C. Blanco, G. Serra, 2014. Military Drones, The Videogame War with Real Victims, Raport n. 23, Centre Delàs d’Estudis per la Pau · Justícia i Pau, Barcelona, pp 46, ISSN: 2013-80322, http://www.centredelas.org/images/informe23_eng_red.pdf

Dobrov D., G. Sotirov, M. Vladov, An Autopilot to Control Unmanned Aerial Vehicles on Base Micromechanics IMEMS Sensors. Proceedings of International Conference – Hemus 2012 , Plovdiv 30 May - 02 June 2012, pp. 168–173.

Duana, T., S. Chapmana, Y. Guob, B. Zhenga, 2017. Dynamic monitoring of NDVI in wheat agronomy and breeding trials usingan unmanned aerial vehicle, Field Crops Research, Volume 210, 15 August 2017, pp. 71–80 https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.05.025

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

Eyes of the Army U.S. Army Roadmap for UAS 2010-2035, U.S. Army UAS Center of Excellence, pp 140, http://www.rucker.army.mil/usaace/uas/US%20Army%20UAS%20RoadMap%202010%202035.pdf

Getsov, P., W. Bo, S. Zabunov, G. Mardirossian, 2017. Innovations in the Area of Unmanned Aerial Vehicles. Aerospace Research in Bulgaria, SRTI, 29, pp. 111–119.

Hoffmann, G. M., H. Huang, S. L. Waslander, C. J. Tomlin. 2011. Precision flight control for a multi-vehicle quadrotor helicopter testbed. Control Engineering Practice 19 (2011) 1023–1036, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967066111000712?via%3Dihub

Jannoura R., K. Brinkmann, D. Uteau, Ch. Bruns, R.Joergensen, 2015. Monitoring of crop biomass using true colour aerial photographs taken from a remote controlled hexacopter, Biosystems Engineering, Volume 129, January 2015, Pages 341-351, https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.11.007

Study Analysing the Current Activities in the Field of UAV, 2007. European Commission Enterprise and Industry Directorate-General, ENTR/2007/065, t.1-2, pp 172 https://ec.europa.eu/home-affairs/sites/homeaffairs/files/e-library/documents/policies/security/pdf/uav_study_element_1._en.pdf

Vergouw B., H. Nagel, G. Bondt and B. Custers, 2016. Chapter 2, Drone Technology: Types, Payloads, Applications, Frequency Spectrum Issues and Future Developments in The Future of Drone Use Opportunities and Threats from Ethical and Legal Perspectives, Bart Custers Editor, Published by t.m.c. asser press, The Hague, The Netherlands, p. 394, ISBN 978-94-6265-132-6 (eBook), DOI 10.1007/978-94-6265-132-6,

Yue, J., H. Feng, X. Jin, H. Yuan, Zh. Li, Ch. Zhou, G. Yang and Q. Tian, 2018. A Comparison of Crop Parameters Estimation Using Images from UAV-Mounted Snapshot Hyperspectral Sensor and High-Definition Digital Camera, Remote Sens, 10(7), 1138; https://doi.org/10.3390/rs10071138

Използвани интернет източници

https://en.oxforddictionaries.com/definition/uav – Oxford English Dictionary
https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/uav – Cambridge English Dictionary
https://www.dictionary.com/ – Dictionary.com
https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_unmanned_aerial_vehicles – History of unmanned aerial vehicles, Wikipedia
https://www.digitaltrends.com/cool-tech/history-of-drones/ - The history of drones in 10 milestones, Digital Trends Newsletter
https://www.atlasdynamics.eu/ – Atlas Dynamics
https://bg.wikipedia.org/wiki/Дрон – Дрон, Wikipedia
https://bg.wikipedia.org/wiki/Квадрокоптер – Квадрокоптер, Wikipedia
https://oscarliang.com/types-of-multicopter – Types of Multirotor
https://www.dronezon.com/ – DroneZon
https://www.auav.com.au/ – Australian UAV
https://www.dronethusiast.com/agricultural-drones/ – Най-добрите земеделски дрони на 2017 - Рецензии и спецификации
http://www.walkera.com/index.php/Goods/info/id/49.html – Walkera

http://fotozona.bg/drone/ - Фото зона
https://expertphotography.com/the-complete-guide-to-drone-photography-73-tips/ – The Complete Guide To Drone Photography
https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?node=8037720011 – Home page Amazon Prime Air
https://en.wikipedia.org/wiki/Delivery_drone#cite_note-TED201311-7 – Дронове за доставка
https://www.spatialsource.com.au/latest-news/optimised-ebee-ag-drone-for-precision-agriculture – Optimised eBee Ag drone for precision agriculture
http://www.metrisys.com/ebee-sq/ – Metrisys, eBee Ag
https://www.aeryon.com/ – Aeryon
https://leica-geosystems.com/products/uav-systems/solutions/aibot-cx – Leica geosystems
https://www.military.com/equipment/drones - Military, Home page
https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_2362.html - NASA
https://bestdroneforthejob.com – Best drone for the job, Home page
https://www.cnydrones.org – Cnydrones, Home page
https://www.65drones.com/products/spedix-s250-hex-racer-fpv-racer-drone-assembled-lowest-price-almost-ready-to-fly-set– 65drones, Home page
https://rotorbuilds.com/build/4017 – Rotorbuilds, Home page
https://www.dronethusiast.com/drone-buying-guide – Dronethusiast, Home page
https://store.freeflysystems.com/products/freefly-alta8?variant=18143789127 – Freefly ALTA 8
https://www.e-education.psu.edu/geog892/node/5 – Classification of the Unmanned Aerial Systems
http://mydronelab.com/blog/types-of-military-drones.html - dronelab, Home page
https://geodetics.com/product/geo-mms/ – Geodetics Incorprrated, Home page

ИЗБОР НА СПЪТНИКОВИ ДАННИ ЗА РЕГИСТРИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПЯСЪЧНИ БУРИ ОТ АФРИКА, НАСОЧЕНИ КЪМ БАЛКАНСКИЯ ПОЛУОСТРОВ

Мария Димитрова, Деян Гочев, Пламен Тренчев

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

Ключови думи: *атмосферно замърсяване, пясъчни бури, дистанционни изследвания*

Резюме*: В работата са разгледани критериите за подбор на спътникови данни за регистриране на пясъчни бури от Африка, които се явяват източник на прахови замърсявания над тери торията на Балканския полуостров. Сравнени са данните от различни източници като инструментите MODIS, OMI, OMPS и GOME-2, както и различните типове данни – оптични изображения, AOD, AAI и др. Направени са изводи за възможните резултати от използването им.*

CHOICE OF SATELLITE DATA FOR THE REGISTRATION AND INVESTIGATION OF SAND STORMS FROM AFRICA DIRECTED TO BALKANS

Maria Dimitrova, Deyan Gochev, Plamen Trenchev

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

Keywords: *atmospheric pollution, sandstorms, remote sensing*

Abstract: *The work explores criteria for the selection of satellite data for detection of sand storms from Africa, which are a source of dust pollution over Balkans. Data from different sources such as MODIS, OMI, OMPS and GOME-2, as well as various types of data - optical images, AOD, AAI, etc. are compared. Conclusions are made on the possible results of their use*

Въведение

Пясъчните бури представляват издигане на пясъчни частици в атмосферата над пустинята и тяхното пренасяне на големи разстояния [1]. Бурите от Африка, които пренасят пясък над морето, са един от основните причинители на замърсяване на въздуха над южна и Европа. Праховите частици намаляват прозрачността на атмосферата, запрашават листата на растенията и влизат в дихателната система на хората [2, 3].

Тяхното регистриране и изследване както по честота и интензивност, така и по минерален състав е важно от екологична гледна точка [4].

Дистанционните методи са един от основните източници на информация за явления от такъв пространствен мащаб. В тази връзка е важен и правилният подбор на данни.

Пясъчните частици от своя страна се явяват ядра за кондензиране на водните пари в атмосферата. По този начин, в атмосфера с по-висока влажност и наличие на прах се образува по-плътна облачност [5].

За нашата територия основен проблем за регистрирането на пясъчните бури чрез дистанционни методи представлява високата степен на облачност и чести валежи в резултат на тях.

Критерии за избор на данните

Пясъчните бури са глобално явление. От тази гледна точка, сателитни данни с нискажпространствена разделителна способност и широк пространствен прозорец са най-подходящи.

Времевите изменения от друга, доколкото са непосредствено свързани с движението на въздушните потоци, са бързи. За пълно изследване на такива процеси са необходими данни с времева разделителна способност от порядъка на час. Спътникови данни с такава висока времева разделителна способност рядко са достъпни. По тази причина е удачно данните от сателити да се съчетават с моделни изследвания (модели за движение на въздушните маси и разпространение на замърсители в тях).

За изследване на състава на пясъчните и прахови потоци е необходима голяма спектрална разделителна способност. От друга страна – минералният състав на пясъка от един източник е практически еднакъв във времето. Затова по-удачно е той да бъде изследван посредством проби и други наземни методи.

За изследване на поведението във времето и сезонните изменения е необходимо наличие на данни от един и същи източник за дълъг период от време (от порядъка на десетки години).

При избора на тип спътникови данни са на лице няколко съображения. От една страна – оптичните данни (например данните от MODIS [6]) дават много добра визуална представа. Те могат добре да разграничават типа замърсител и неговия източник. При наличие на облачна покривка, обаче, те не могат да бъдат използвани. Данните от метеоролигични спътници като MetOP, NOAA или сензора OMI [7], дават данни за оптичната дебелина AOD (aerosol optical depth) и/или AAI (aerosol absorption index), посредством които можем да поучим както визуална, така и количествена представа за наличните в атмосферата прахови частици. Те не дават добра представа за типа замърсител [8]. Те дават много добра оценка на количеството пренасян замърсител, каквато оптичните изображения не могат да предоставят.

От всичко казано до тук можем да направим извода, че за регистрирането на пясъчни бури, тяхната количествена оценка и изследване на сезонната естота е най-удачно да се използват данни за оптичната плътност на атмосферата, които могат да се съчетаят при нужда с данни във видимия диапазон.

За изследване на бързите промени в поведението във времето (в рамките на една буря например) е необходимо съчетаването на спътникови данни с метеорологични модели.

Сравнение на данните от различни източници

Сравнението на спътникови данни от различен тип и източници е направено на базата на данни в оптичния диапазон от инструмента MODIS (спътници Terra и Aqua) данни за AOD от същите спътници и данни за AAI от инструментите GOME-2 (спътници MetOp A и B), OMPS (спътници NOAA) и OMI (спътник Aura).

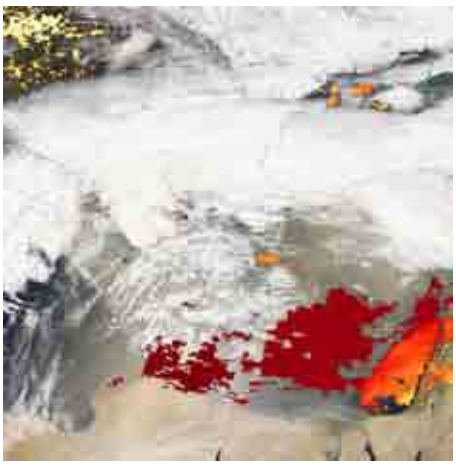
На фигури 1 и 3 са представени изображения в оптичния диапазон съответно от спътниците Terra и Aqua за 22.03.2018 г. Тази дата е избрана, т.к. пясъчния поток е силен и ясно разграничим както на оптичните, така и на метеорологичните данни. В същото време над България и Балканския полуостров има плътна облачност, която не позволява от същите изображения да се определи какво се случна с пясъчния поток над тази територия

Както се вижда, в атмосферата от брега на Африка се носи плътен пясъчен поток, насочен към Балканите. Изображенията от фиг. 1 и фиг. 3 са с разлика във времето 2 часа и ясно се вижда промяната в пространственото разпределение за това време.

На фигури 2 и 4 са представени същите изображения с нанесена върху тях AOD по данни от същите моменти и източници. Както се вижда, AOD дава добра представа за плътността на пясъчния поток, но не покрива цялата засегната област. Последното твърдение ясно отчетливо се вижда при сравнение на фиг. 3 и фиг. 4, където AOD не покрива дори най-плътната струя пясък.

На фиг. 5 и фиг. 6 са представени данни за AAI от инструментите GOME-2 и OMPS за същия ден. Сивата ивица на фиг. 5 представлява участък без наличие на данни. И на двете изображения се вижда, че данни за AAI са налични и за участъците с плътна облачност, като от сравнението с фиг. 1 и фиг. 3 се вижда, че величината на AAI съответства на плътността на пясъчния поток и AOD в участъците без облачна покривка.

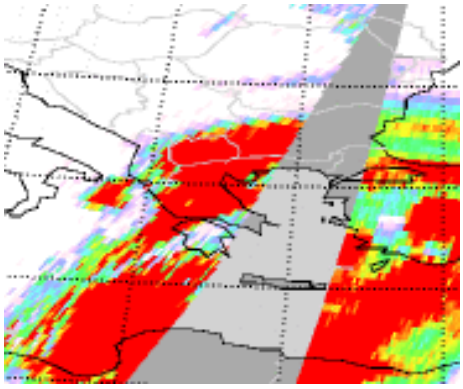
Фиг. 1. Изображение от Terra MODIS в канали 143 за 22.03.2018



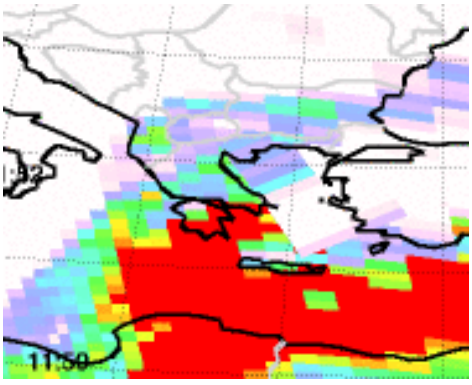
Фиг. 2. Изображение от Terra MODIS в канали 143 и AOD (10x10 km) за 22.03.2018

Фиг. 3. Изображение от Aquaa MODIS в канали 143 за 22.03.2018

Фиг. 4. Изображение от Aqua MODIS в канали 143 и AOD (10x10 km) за 22.03.2018



Фиг. 5. Изображение от AAI от GOME-2 (спътник MetOp B) за 22.03.2018

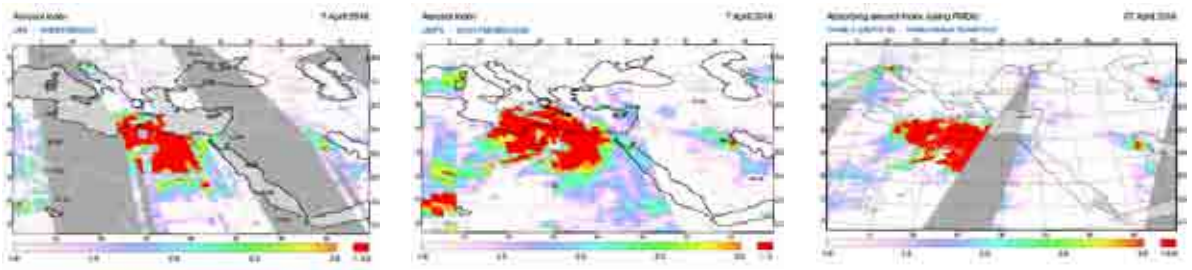


Фиг. 6. Изображение от AAI от OMPS (спътници NOAA) за 22.03.2018

По-доброто пространствено покритие на данните за AAI от тези за AOD се дължи на това, че аерозолният индекс, като всички индекси в дистанционните изследвания, се определя посредством сравнение на регистрираното отражение в два различни спектрални канала, докато AOD се определя от сравнението на данните от един канал с теоретично определена стойност. При плътна облачност отражението от наситена с аерозолни замърсители атмосфера не може да се разграничи надеждно от наличието на облачност.

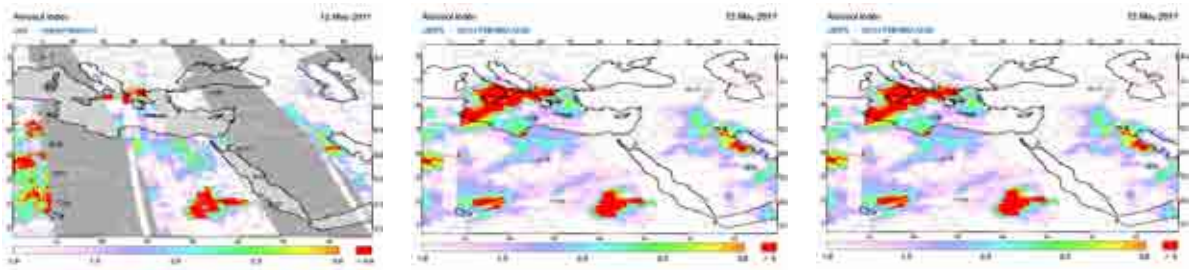
За сравнение между данните за AAI от различните източници на фиг. 7 и фиг. 8 са представени такива съответно от инструментите OMI, OMPS и GOME-2 съответно за датите

7.04.2016 г. и 12.05.2017 г. Избрани са дни, когато има данни за AAI и от трите инструмента за две различни години.



a) OMI b) OMPS c) GOME-2

Фиг. 7. Изображение от AAI за 7.04.2016



a) OMI b) OMPS c) GOME-2

Фиг. 8. Изображение от AAI за 12.05.2017

Както се вижда от изображенията, използването на различен инструмент води до различни, макар и подобни резултати. Това донякъде се дължи на различното време на снемане на данните, но, в по-голяма степен, на разликите в сензорите. За просто регистриране на събитие може да се използва комбинация от различни инструменти. За количествена оценка на явленията и нейната динамика във времето следва да се придържаме към данни от един или няколко еднакви инструмента.

Данни от тези инструменти са избрани, т.к. тяхното комбиниране дава една продължителна във времето картина (от 2004 г. до сега от OMI, 2007 до сега от GOME-2 и от 2012 до сега за OMPS) на явлението. Инструментите са със сходни параметри. Данни от всеки един от тях има по веднъж за светлата част на денонощието. Пространствената разделителна способност е 40x40 km за OMI и GOME-2 и 50x50 km за OMPS. Данните от OMI, обаче, не са надеждни в последно време поради остаряване на инструмента. Това ясно се вижда от сравнението на фиг. 7 а) и 8 а). Данните от този инструмент стават все по-разпокъсани. Поради по-добрата пространствена разделителна способност и по-дългия времеви период, данните от GOME-2 са най-логичният избор.

Заключение

За регистрирането, изследването на сезонното и дълговременно поведение и количествена оценка на плътността на пясъчни бури над територии с честа висока облачност е най-подходящо да бъдат използвани данни за AAI. Комбинирането им с изображения в оптичния диапазон и моделиране на движението на въздушните маси дава възможност за по-детайлна оценка на кратковременната динамика на явлението.

Използването на AAI дава възможност освен за регистриране на наличието на пясъчна буря, да бъдат направени оценки на количествово прахови частици пренасяни в атмосфетара, т.к. тази величина дава е мярка за интегралното количеството частици в колоната над дадена точка.

За изследване на минералния състав е най-удачно да бъдат използвани наземни методи.

Комплексният подход по този начин се явява единствено решение за пълното описание на явлението и оценката на екологичното му въздействие.

Литература:

1. Emin OZSOY, "Aerosols in the Mediterranean, their origin and climatic effects", Advanced Course: CLIMATE CHANGE IN THE MEDITERRANEAN REGION PART I: PHYSICAL ASPECTS (12 - 16 March 2001), Middle East Technical UniversityInstitute of Marine Sciences, Turkey, http://indico.ictp.it/event/a0114/material/2/4.pdf
2. Goudie, A. S., N. J. Middleton, Saharan dust storms: nature and consequences, Earth-Science Reviews 56 2001 179–204.
3. Pericleous, K. A., S. Plainiotis , BEA Fisher, AIRBORNE TRANSPORT OF SAHARAN DUST TO THE MEDITERRANEAN AND TO THE ATLANTIC, Proceedings of second LASTER International Conference ENVIRONMENTAL MODELLING ANG SIMULATION, 2006, 54-59, Virgin Islands US, ISBN 0-88986-671-1
4. Blanco, A., F. De Tomasi, E. Filippo, D. Manno, M. R. Perrone, A. Serra, A. M. Tafuro, and A. Tepore, Characterization of African dust over southern Italy, Atmos. Chem. Phys., 3, 2147–2159, 2003, 2147–2159.
5. Kenneth Sassen, Paul J. DeMott, Joseph M. Prospero and Michael R. Poellot, Saharan dust storms and indirect aerosol effects on clouds: CRYSTAL-FACE results, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, Vol. 30, No. 12, 1633, doi:10.1029/2003GL017371, 2003.
6. https://worldview.earthdata.nasa.gov/
7. http://www.temis.nl/index.php
8. Martin de Graaf, Olaf Tuinder, ALGORITHM THEORETICAL BASIS DOCUMENT ATBD for the GOME-2 Aerosol products, 2015, O3MSAF/KNMI/ATBD/002, http://www.temis.nl/airpollution/absaai/doc/O3MSAF_ARS_ATBD_v2.36_20150706.pdf

СРАВНЯВАНЕ НА МОДЕЛИ ЗА ВРЪЗКИТЕ МЕЖДУ AAI(AOD) И $PM_{2.5}$, PM_{10}

Деян Гочев, Мария Димитрова, Пламен Тренчев

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

Ключови думи: *атмосферно замърсяване, регресионен модел, AAI, AOD, $PM_{2.5}$, PM_{10}*

Резюме: *За анализ на връзките между AOD И PM10 се използва многопараметрична линейна регресия. Метеорологичните параметри, височината на планетарния граничен слой, сезонни и географски характеристики на областта могат да влияят на пространствено- временните промени на връзките между данните за AOD И PM10. За избор на оптимални параметри за модел резултатите са статистически оценени с реални данни.*

A COMPARISON OF MODELS FOR THE RELATIONS BETWEEN AAI(AOD) AND $PM_{2.5}$, PM_{10}

Deyan Gochev, Maria Dimitrova, Plamen Trenchev

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

Keywords: *atmospheric pollution, regression model, AAI, AOD, $PM_{2.5}$, PM_{10}*

Abstract: *A multi-parameter linear regression was used for the analysis of a relations between AOD and PM10. Meteorological parameters, planetary boundary layer height, season and geographical characteristics of area can affect the spatial and temporal variation of relationship between PM10 and AOD data. In order to choose optimal parameters for a model, the results are statistically compared with real data.*

Въведение

Изследване на количественото, териториално и темпорално разпределение на замърсяването с фини прахови частици е актуален екологичен проблем, пряко свързан с човешкото здраве.

Атмосферните замърсявания са динамично явление, което възниква и се размива в рамките на минути до часове.

Градското замърсяване на въздуха по мащаби е локално. То обаче се разглежда самостоятелно, защото градовете представляват области на локални максимуми на замърсяване на въздуха поради голямата концентрация на автомобили, на промишлени, битови и други източници. Замърсяването на въздуха в градовете е един от най-важните съвременни проблеми, особено за силно урбанизирани континенти като Европа [1].

Проблемите от регионален и континентален мащаб са резултат от специфични метеорологични условия или от нарастващи емисии, а често и от двете едновременно.

Промишлените предприятия и открития добив на полезни изкопаеми са източник на такива замърсявания.

Има два основни типа източници на информация за качеството на атмосферния въздух – наземни измервателни станции и сателитни данни. Двата вида данни имат принципни съществени различия и са взаимно допълващи се. Наземните измервателни станции дават точни измервания с висока времева разделителна способност, но са точкови и верни единствено за мястото, на което се намират. Спътниковите данни са глобални, имат добро

пространствено разпределение, но сравнително ниска пространствена и времева разделителна способност.

Особено важно е да бъде изследвана AOD за прогнозиране на PM2.5 концентрации, която има регионална и сезонна изменчивост и е чувствителна спрямо облачност. Зависимостта е различна според мащаба на процеса и разрешителната способност на спътниковите изображения. Обикновено се ползват регионални модели, вместо обобщени регрсионни зависимости. Освен спътниково базирани пасивни сензори MODIS, MISR, SeaWiFS and OMI, за намаляване в моделите на неопределеностите на параметризация се ползват и лидарни измервания. От значение са метеопраметри вятър, влажност, температура, височина на ПГС, орографски особености, също и информация за времевата цикличност на аерозолното замърсяване в градовете [2].

Модели за връзката AOD – PM

За минимизиране на споменатите погрешности се използват различни уравнения пресметнато PM2.5=(моделна наземна аерозолна концентрация/моделnol AOD) x (измерено AOD) [3]

Пресмятането на PM_{10} е усложнено от различни трудности, породени от специфичните химическа реактивност и размери на компонентите на аерозолната смес.

За едно-параметричен регресионен модел се ползва

$$[PM10] = \alpha 0 + \alpha AOD(AOD)$$

За много-параметричен модел

$$[PM10] = \alpha 0 + \alpha T(T) + \alpha W(W) + \alpha Dir(Dir) + \alpha RH(RH) + \alpha AOD(AOD) + \alpha PBLH(PBLH)$$

където:
T - температура,
W - скорост на вятъра,
Dir - посока на вятъра,
RH - относителна влажност,
(ПГС) - височина на PBL,
$\alpha 0$ е свободният член на общото уравнение и αis са съответните регресионни коефициенти.

Реално коментираните зависимости са нелинейни, което дава свобода за експериментиране, но и ограничава приложимостта на всеки модел, например

$$[PM10] = (e\alpha 0+\alpha T(T)+\alpha Dir(Dir)) \times (e\alpha RH(RH))(AOD\alpha AOD)(PBLH\alpha PBLH) \times (W\alpha W),$$

който се ползва като

$$Ln([PM10]) = \alpha 0 + \alpha T(T) + \alpha Dir(Dir) + \alpha RH(RH) + \alpha AODLn(AOD) + \alpha PBLHLn(PBLH) + \alpha W \times Ln(W)$$

За изясняване приложимостта на моделите се ползват различни статистически оценки. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4172787/

Изследване на възможността за прилагане на линеен модел AAI – PM за големите градове на територията на България

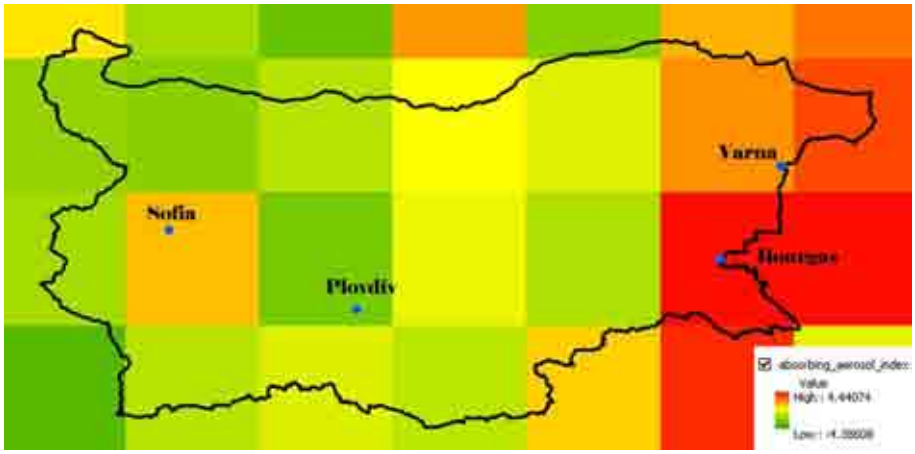
За изследване на възможностите за прилагане на линеен модел за връзката между сателитните и наземни данни за замърсяването с фини прахови частици са избрани:

1. Наземни данни за PM2.5 и PM10 за градовете София, Пловдив, Варна и Бургас [4]
2. Sпътникови данни от GOME-2 (спътник MetOp B) [5].

На фиг. 1 е показано разположението на използваните наземни станции и вида на предоставяните данни.

Фиг. 1. Разположението на използваните наземни станции и вида на предоставяните данни

На фиг. 2 е представена илюстрация за разпределението на AAI над територията на България и избраните градове.



Фиг. 2. Разпределението на AAI над територията на България по данни от GOME-2 за 12.10.2018

Използвани са наземни данни за периода 12.10.–31.10.2018 от следните наземни станции:

1. София – Хиподрума, Надежда, Дружба и Павлово
2. Пловдив – Каменица, Тракия
3. Варна – СОУ „Ангел Кънчев“
4. Бургас – Долно езерово, Меден рудник

Всички станции ежечасно предоставят данни за PM_{10}. За $PM_{2.5}$ данни предоставят единствено станциите Хиподрума (София) и станцията в град Варна.

При наличие на повече от една наземна измервателна станция в даден град, се използва осреднената стойност между всичките им измервания. Използват се наземни данни от най-близкия час до прелитането на сателите над съответния регион.

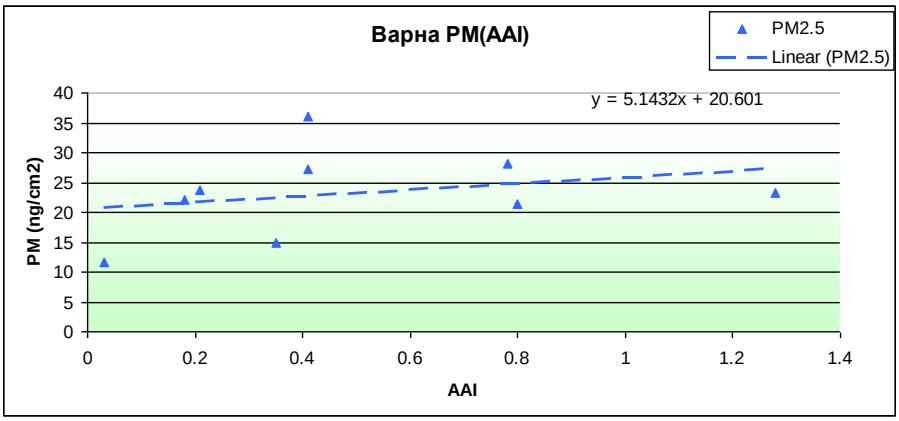
За разглеждания период сравнително слаби покачвания на аерозолния индекс са наблюдавани единствено в района на градовете Варна и Бургас за дните 12 и 22.10.2018 и в района южно от град Пловдив на 14 и 17.10.2018. Максималната регистрирана стойност на AAI е 1.35, което е твърде малко за наличие на съществено замърсяване с фини прахови частици.

На фиг. 3 и фиг. 4 са илюстрирани получените предварителни зависимости между AAI и $PM_{2.5}$ за Варна, PM_{10} за Бургас.

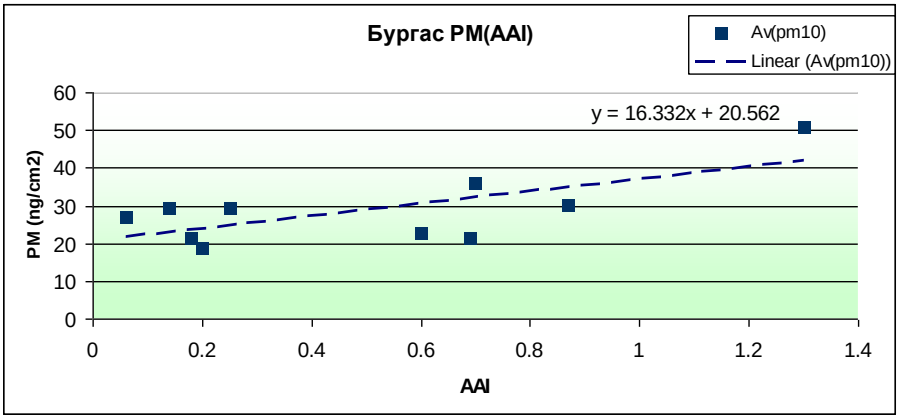
Получените резултати бяха сравнени с тези от прогностичния модел ENSEMBLE [6]

Проучено бе и влиянието на метеорологичната обстановка по реални метеостойности от [7, 8, 9].

За изследвания период метеорологичната обстановка показваше слаби вариации, което не даде възможност да се изследва прилагането на модел, различен от линейния.



Фиг. 3. Зависимост между AAI и $PM_{2.5}$



Фиг. 4. Зависимост между AAI и PM_{10}

Изводи и заключение

Целта на представената работа е да проверим валидността на споменатите в обзора предположения, които бяха потвърдени в своята общност. Проблем бе липсата на явления с високи замърсявания за периода и районите. Въпреки това, особено сравняването с резултатите (прогностични за 4 дни с реални за съответния период) от ENSEMBLE, както и с други модели, еднозначно показаха чувствителност на пресмятанията при начало и край на промени в метеоусловията. Използването на атмосферен аерозолен индекс (AAI) вместо атмосферна оптична дебелина (AOD) дава по-достоверни резултати.

Литература:

1. Андреев, Васил, Веселин Александров, Екатерина Бъчварова, Актуални рискови явления в атмосферата, София, Деметра, 2010.
2. Aaron van Donkelaar, Randall V. Martin, Rokjin J. Park, Estimating ground-level PM2.5 with aerosol optical depth determined from satellite remote sensing, https://www.sciencedirect.com /science/article/pii/S1352231014009583
3. HJing Li, Barbara E. Carlson, Andrew A. Lacis, How well do satellite AOD observations represent the spatial and temporal variability of PM2.5 concentration for the United States?, Atmospheric Environment 102 (2015) 260e273, http://acmg.seas.harvard.edu/publications/2005/Donkelaar_jgr_2005.pdf
4. European Anvironment Agency – Air Quality Index, https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index
5. Air quality satellite data from GOME-2, http://www.temis.nl/airpollution/absaai/
6. http://macc-raq-op.meteo.fr/index.php?category=ensemble&subensemble=hourly_ensemble&date=LAST&calculation-model=ENSEMBLE&species=o3&level=SFC&offset=000
7. https://www.wunderground.com/weather/bg/sofia
8. https://www.wunderground.com/weather/bg/plovdiv
9. https://www.wunderground.com/weather/bg/varna

РАЗВИТИЕ И УСТАНОВЯВАНЕ НА ТЕНДЕНЦИИ В ТЕМПЕРАТУРНИТЕ ПРОМЕНИ НА АТМОСФЕРАТА В РАЙОНА НА ГРАД СТАРА ЗАГОРА

Веселин Ташев[1], Ролф Вернер[1], Ангел Манев[1], Димитър Вълев[1], Мариана Горанова[2], Ана Шишкова[3]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Технически университет София, Факултет по компютърни системи и управление
[3]НИМХ – Филиал Пловдив, България
e-mail: veselinlt@abv.bg;

Ключови думи: *Температура на въздуха, слънчева енергия, метеорологични измервания.*

Резюме: *Развитието и установяването на тенденции в температурните промени на атмосферата в района на град Стара Загора са проследени за последните 8 години от 2011 г. насам. За да се проследи изменението на температурата се използват данните, получени от сензорите на автоматичната метеорологична станция Vantage Pro 2 Plus. Целта на изследването е да се провери доколко голяма е повторяемостта на температурните стойности през различните периоди и дали има локално затопляне. Събраните данни от сензорите са обработени, осреднени и подредени по часове, дни, месеци и години. Получените резултати са оформени в графичен и табличен вид. В настоящата разработка се изследва температурната динамиката без да се има в предвид приноса на отделните фактори за загряване и охлаждане на атмосферата.*

DEVELOPMENT AND ESTABLISHMENT OF TRENDS IN THE TEMPERATURE CHANGES OF THE ATMOSPHERE IN THE REGION OF STARA ZAGORA

Veselin Tashev[1], Rolf Werner[1], Angel Manev[1], Dimitar Valev[1], Mariana Goranova[2], Ana Shishkova

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Technical University Sofia, Faculty of Computer Systems and Control
[3]NIMH – Plovdiv Department, Bulgaria
e-mail: veselilt@abv.bg

Keywords: *Air Temperature, solar energy, measurement of meteorological parameters*

Abstract : *The development and establishment of trends in the temperature changes of the atmosphere in the region of Stara Zagora have been followed for the last 7 years since 2011. To trace the climate temperature use data obtained from sensors of the automatic meteorological Vantage station Pro 2 Plus. The purpose of the study is to check the extent to which the repeatability of temperature values during different periods and whether there is local warming. The data collected by the sensors is processed, average and ordered by hours, days, months and years. The resulting results are shaped in graphical and tabular form. The current development explores the temperature dynamics without taking into account the contribution of the individual factors for heating and cooling the atmosphere.*

1. Въведение

Когато количеството топлина, което загрява въздуха е по-голямо от количеството топлина, което охлажда въздуха, температурата на атмосферата се покачва и обратно. Топлината, която загрява въздуха зависи от температурата на земната повърхност и от погълнатата слънчева радиация. Топлината, която охлажда въздуха зависи от адиабатното изстиване, излъчване на топлина и предаване на топлина при контакт с по-студена повърхност. Съвременните методи за измерване на температура изискват отчитането да става на колкото може по-кратки периоди. След това тези измервания се осредняват за по-дълги периоди.

Поради тази причина измерванията са извършени на всеки 15 минути. Натрупаните и обработени данни за 8 години са в размер на около 280 000 записа.

2. Теория и изследване на температурната динамика

Известно е, че слънчевата радиация и температурата на земната повърхност са по-високи през летните месеци отколкото през зимните. Това се отнася и за дневните периоди. Слънчевата радиация и температурата на земната повърхност са по-високи през дневния период отколкото през през нощния. Логично е да се очаква, че именно тези фактори ще определят динамиката на температурата на атмосферата през съответните периоди. В този смисъл са проследени промените на температурата в дневни, месечни и годишни цикли.

Както отбелязохме, температурата на атмосферата зависи от действителното количество топлина погълната от въздуха. Действителното количество топлина се определя като разлика между топлината, която нагрява въздуха и топлината, която охлажда въздуха.

2.1. Основните фактори за предаване на топлината от почвата на въздуха са:

- Топлинната конвекция представлява термически обусловен вертикален обмен на въздуха. В досег с нагрятата повърхност на земята, въздухът се затопля, става по-лек и се издига нагоре. На негово място странично идва нов по-тежък и по-хладен въздух, който също се нагрява и т.н.

- Топлинната адвекция представлява хоризонтално движение на въздушни маси, при което в нашите гоеграфски ширини става пренос на топлина от субтропика.

- Турбулентността представлява безпорядъчни вихрови движения на въздуха в различни посоки вътре в общото въздушно течение. В зависимост от пораждащите я причини тя бива динамична и термична:

• Динамичната турбулентност възниква от триенето на въздуха със земната повърхност и от обтичането на въздушния поток по неравностите (дървета, храсти, хълмове, сгради и др.). Тя е по-силно изразена в пресечени местности.

• Термичната турбулентност възниква от нееднородното нагряване на отделни места от повърхността – различия в цвета и влажността на почвата, различия в изложението и т.н. При това се проявява температурна нееднородност на въздуха – над по-нагрети повърхности той се издига по-високо и обратно. По този начин в непосредствена близост възникват възходящи и низходящи въздушни струи, които предизвикват характерно трептене на въздуха (забелязват се при слънчево време над асфалтови пътища, угари и т.н.).

- Излъчването на земната повърхност също допринася за нагряването на въздуха. Атмосферата е слабо прозрачна за дълговълновата радиация и поглъща значителна част от нея.

- Изпарението и по-точно водните пари, които попадат в атмосферата, също са източник на скрита топлина, която се освобождава при кондензацията на водните пари и отива за нагряване на въздуха

Изстиването на въздуха става по няколко причини.

2.2. Основните фактори за отнемане на топлината от въздуха са:

- Адиабатното изстиване е основна причина. С издигане на въздуха на височина той попада в условия на по-ниско атмосферно налягане и се разширява. Разширяването на въздуха става за сметка на съдържащата се в него топлинна енергия.

- Други, по-маловажни, причини са:

• Излъчване на топлина;

• Предаване на топлина при съприкосновение с по-студена повърхност.

3. Изследване на часовия и дневния ход на температурата

На фиг. 1 са показани с жълти ленти средните стойности на температурата на атмосферата за всеки час, а с червени линии минималните и максимални отклонения от тези стойности. Те са измерени за всеки час на всеки 15 юли в продължение на 8 години. Средата на месец юли, т. е. 15 юли е избран, защото статистически температурите са най-високи.

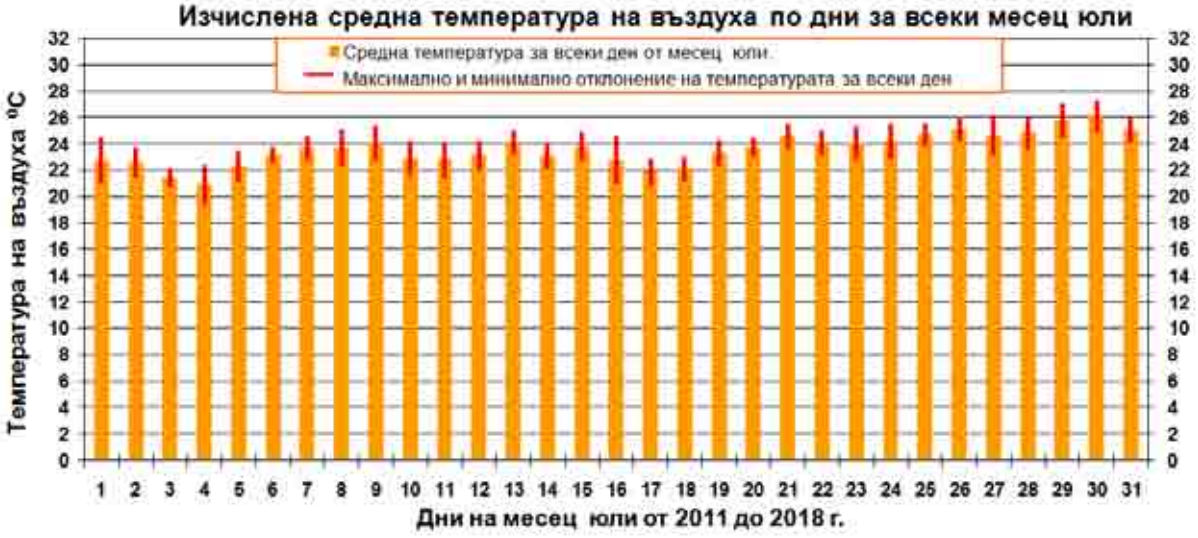
На тази графика ясно се вижда, че средните температури са най-високи от 15 до 18 часа с максимална динамика, а най-ниска от 4 до 6 часа с минимална динамика. Следователно – когато температурата е най-висока, тогава и промяната в нейните стойности е най-голяма. Обратно - когато температурата е най-ниска, тогава и промяната в нейните стойности е най-малка.

В същото време слънчевата радиация е най-висока от 11 до 14 часа, а през нощта е практически нула. Това фазово отместване от 4–5 часа между двата екстремума се дължи на времето необходимо на слънцето да загрее земята, а тя от своя страна въздуха. С този факт се потвърждава теорията, че земята е основния фактор за загряване на атмосферата, а слънчевата радиация вторичен.

Фиг. 1. Средна температура измерена за всеки час на 15 юли 2011–2018 г.

В обществото, обаче съществува мнение, че температурите са най-високи по обяд между 12 и 15 часа. Това мнение е погрешно и хората, които имат здравословни проблеми трябва да се съобразят с научните изследвания.

На фиг. 2 са показани с жълти ленти средните стойности на температурата за всеки ден от месеците юли в продължение на 8 години, т.е. на 1 юли 2011 г., 2 юли 2012 г. и т.н. температурните отклонения от средната стойност са означени с червени линии.



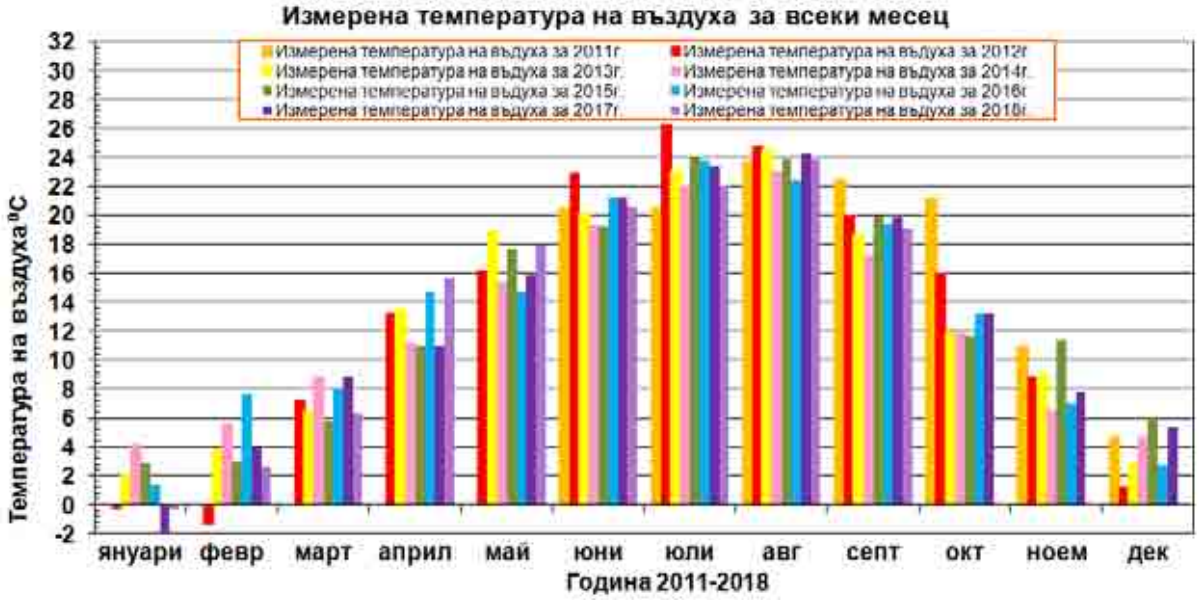
Фиг. 2. Средна температура измерена за всеки ден от юли от 2011 до 2018 г.

На тази графика ясно се вижда, че динамичните промени са много по-малки от тези за всеки час, тъй като се получава усредняване в рамките на всеки един ден. Освен това наблюдаваме, че максимумите и минимумите на средните температури имат статистически порядък. Това се дължи на прякото и непряко въздействие на слънчевата радиация, която пък зависи от наличието на прах, влага, газови съставки и други компоненти в състава на атмосферата. Към казаното дотук трябва да се добави и факта, че фазовото отместване

между максимумите и минимумите съответно на слънчевата радиация и тепературата са минимални. От това пък следва, че средните дневни стойности на температурата в значителна степен зависят от слънчевата радиация и само косвенно от температурата на земята.

4. Изследване на месечния ход на температурата

На фиг. 3 са показани измерените температури за всеки едноименен месец от 2011 до 2018 г.



Фиг. 3. Средно измерените температури за всеки едноименен месец от 2011 до 2018 г.

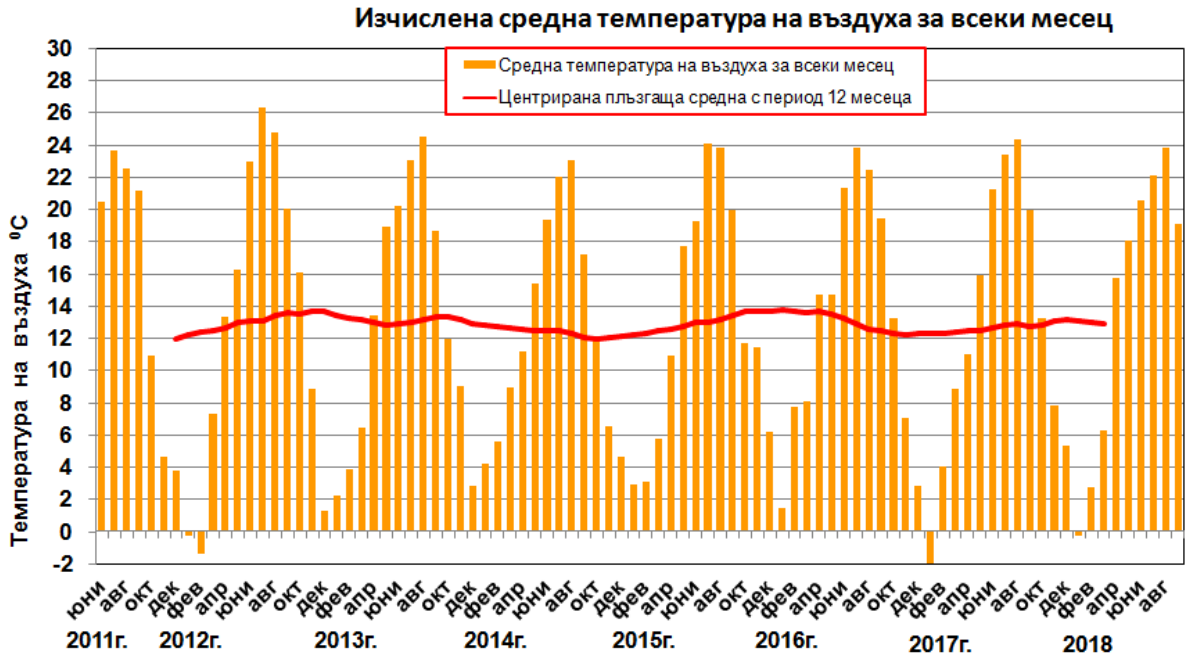
За всяка година лентите са оцветени с различен цвят. От графиката се вижда, че най-високи са температурите през месец юли и август, а най-ниски през месеците януари и февруари. Тук основна роля вече играе количеството на слънчева радиация и съвсем малко земната повърхност. В този случай динамиката на температурата е по-малка от дневната и се дължи на инертноста, която внася земната повърхност. С по-голяма динамика се отличават месеците октомври, и февруари, а с по-малка месеците август и септември на фиг. 3.

Фиг. 4. Средно изчисленна температура за всеки месец

На фиг. 4 са показани с жълти ленти изчислените средни стойности на температурата за всеки едноименен месец в продължение на 8 години. Температурните отклонения от средната стойност са означени с червени линии. Тук още по-ясно се вижда динамиката на температурата за една астрономическа година.

Най-малки са отклоненията през месеците март и август през осемте години, а най-големи през месеците февруари и октомври. Данните за слънчева радиация показват, че има известни отклонения в динамиката между месеците с най – ниска и месеците с най-висока температура. Следователно съществуват и други фактори, които оказват влияние върху температурата на въздуха. Определено може да се каже, че тези фактори са същите както при слънчевата радиация, но има и други за които може да се обобщи, че са свързани с дижението на въздуха, както споменаахме в теоретичната част.

На фиг. 5 са показани центрирана математическа средна със средна стойност на температурата във вид на червена линия, както и средно месечната температура с жълти ленти.



Фиг. 5. Центрирана плъзгаща средна с период от 12 месеца в продължение на 7 години

Математическата средна е с период от 12 месеца съответства на една година в продължение на 8 години. От графиката се вижда, че стойността на математическата средна е почти постоянна, защото промяната и е около от 2 ^{0}C. Динамиката на годишната средна стойност или математическата средна е много по-малка от месечната и не се наблюдава ясно изразена тенденция за повишение или понижение на температурата. Разбира се това твърдение не може да бъде категорично, защото става въпрос за твърде кратък период от време.

Въпреки, че измерените температури през едноименните месеците си приличат много, има и някои изключения. Например само месеците януари и февруари 2012 година и месец януари 2017 година имат отрицателна средна температура видно както от фиг. 5 така и от таблица 1.

В таблица 1 са показани измерените и изчислени средни стойности за всички месеци в периода от юни 2011г. до септември 2018 г. В графа “Максимална разлика” е изчислена разликата между максималната и минималната стойност на температурата за едноименните месеци на този период. Най-големи разлики в температурата на едниманните месеци е през месец февруари 9,05 ^{o}C и октомври 9,51 ^{o}C. Тези разлики имат статистически характер. Същото може да се отбележи и за минималните разлики в температурата. Например за месец август е 2,35 ^{o}C, а през месец март 3,11^o C. В същото време годишното отклонение, както отбелязахме е около 2 ^{o}C Следователно средно годишните отклонения са значително по-малки от средно месечните на едноименните месеци. Движещата се средна нарочно е избрана с период 12 месеца за да съответства на период от една година. Въпреки, че температурата варира в

диапазон от 2° С в рамката на 8 години, то от графиката на фиг.5 се вижда, че от година до следващата година разликата е не повече от 0.5 °С.

Както от графиката на фиг. 4 така и от таблица 1 ясно се вижда месечния ход на температурата на въздуха. Най-висока е температурата през месец август със средна стойност 23.79 °С, а най-ниска през месец януари със средна стойност 1.10 °С.

От таблица 1 се вижда, че месечните стандартни отклонения на температурата се колебаят от 0,73 °С за месец август до 3,18 °С за месц октомври. Не се наблюдава някаква зависимост на стандартното отклонение от сезона, както е например при слънчевото греене. Основната причина за това е инертността на земята, защото въздуха се нагрява предимно от земята и това е главния фактор, който определя температурата на въздуха. Следователно земята оказва усреднително действие на температурата на въздуха за по-дългосрочните периоди, а за краткосрочни тя е фактора, който определя моментната температура. Освен земята, обаче съществуват и други факторите, които влияят на нагряването на въздуха и имат случаен характер. С течение на времето за по-дълги периоди те взаимно се компенсират и осредняват.

Табл. 1. Разпределение на температурата на въздуха по едноименни месеци

Месец / Стойности	Янри	Фев	Март	Апр	Май	Юни	Юли	Авг	Септ	Окт	Ноем	Дек
2011 г. [°C]						20.48	20.48	23.67	22.49	21.17	10.94	4.64
2012г. [°C]	-0.25	-1.36	7.30	13.29	16.23	22.91	26.29	24.76	20.04	16.05	8.83	1.28
2013г. [°C]	2.17	3.82	6.45	13.44	18.93	20.17	23.03	24.50	18.68	11.96	9.05	2.78
2014г. [°C]	4.22	5.59	8.89	11.19	15.37	19.31	21.98	23.00	17.22	11.91	6.54	4.66
2015г. [°C]	2.90	3.04	5.77	10.93	17.67	19.26	24.06	23.82	19.92	11.66	11.39	6.16
2016г. [°C]	1.41	7.70	8.10	14.71	14.71	21.28	23.79	22.41	19,42	13,21	7,01	2,79
2017г. [°C]	-2,54	4	8,88	10,96	15,93	21,24	23,41	24,32	19,00	13,26	7,84	5,34
2018г. [°C]	-0,25	2,71	6,28	15,76	18,00	20,54	20,05	23,82	19,07			
Средна стойност [°C]	1,10	3,64	7,38	12,90	16,70	20,65	23,14	23,79	19,59	14,17	8,80	3,95
Максимална разлика [°C]	6,76	9,05	3,12	4,83	4,21	3,65	5,80	2,35	5,27	9,52	4,84	4,88
Стандартно Отклонен.[°C]	2,11	2,58	1,18	1,79	1,42	1,11	1,61	0,73	1,40	3,18	1,71	1,59
Относителен спад [%]	192,20	70,87	15,98	13,89	8,51	5,34	6,97	3,07	7,15	22,41	19,47	40,17

В последния ред на таблицата е изчислен относителния спад. За студения месец януари той е 192,20 %, а за топлия месец август само 3,07 %. Тази значителна стойност на относителния спад за януари се дължи не на промяната в температурата, а на ниската стойност на средната температура. Средната стойност на температурата за месец януари е 1,10 °С, а за месец август 23,79 °С. В този смисъл величината „Относителин спад" не ни носи информаци за промяната на температурата, която е предмет на това изчисление. Това се дължи на спецификата на целзиевата скала, която има освен положителни така и отрицателни величини.

Друг интересен извод, който може да се направи е, че измерената средно годишна температура за период от осем години е почти една и съща. Резултатите от тези разчети са дадени в табл. 2.

Табл. 2. Разпределение на температурата на въздуха по години

Години	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Средна температур [°C]	13,80	12,95	12,91	12,49	13,05	13,05	12,64	12,91

Изчислената средна годишна температура от тази таблица е 12,97 °C. Максималната разлика $T_{разл}$ е между 13,80 °C за 2011 г. и 12,49 °C за 2014 г. и е равна на:

(1) $$T_{разл} = 13.80 - 12.49 = 1.31°C ,$$

В проценти:

(2) $$T_{разл}\% = \frac{1.31}{12.97} = 10.10\% ,$$

където: 12,97 °C е средно годишна температура
1,31 °C е максималната разлика.

От друга страна, ако направим същите изчисления за месечните отклонения с данни за месец юли (таблица 1), където стандартното отклонение е средно голямо ще получим следните резултати:

(3) $$T_{разл}\% = \frac{5.8}{23.14} = 34.6\% ,$$

където: 23,14 °C е средната стойност за месец юли
5,8 °C е максималното отклонение за месец юли

От сравнение на резултатите във формула (2) и формула (3) се вижда, че месечните отклонения са по-големи от годишните. От по-горе в текста също установихме, че месечните отклонения са по-големи от годишните. Следователно отново се налага извода, че колкото е по-голям периода на усредняване, толкова разликите и прогнозите са по-точни.

От фиг. 5 виждаме, че средната стойност на центрираната движеща средна е 13 °C. С данни от таблица 2 изчислихме, че годишната средна стойност на температурата е 12,97 °C Тъй като тези 2 числа са много близки се налага извода, че центрираната движеща средна върху месечните данни може успешно да се използва за намиране на средните годишни стойности на температурата.

5. Заключение

От теоретична гледна точка споменахме много фактори, които оказват съществено влияние върху загряването и охлаждане въздуха, респективно върху неговата температурата. От направените изследвания се оказа, че средната температура на атмосферата при краткосрочните периоди, като часове и дни зависи повече от температурата на земята отколкото от слънчевата радиация. При дългосрочните, като месец и година по-силно влияние оказва слънчевата радиация отколкото температурата на земята. Това се дължи на факта, че слънчевата радиация загрява първо земята, а тя от своя страна атмосферата. Другия важен извод е, че средната годишна температура се променя много слабо и не се наблюдава тенденция за трайно повишение или понижение.

Натрупаната база данни е все още сравнително малка за да се направят категорични научни заключения, но се надяваме, че бъдещите изследвания ще потвърдят направените в този доклад първоначални констатации. Резултатите от това изследване могат да послужат като важен ориентир, за да се изчисли предварително очакваната температура в дългосрочен план за определен географски регион, както и очакваните температурни промени.

Литература:

1. Davis Instruments Corp. *Vantage Pro2 Plus*. Reference. Guide.
2. Събев, Л., Св. Станев. 1963, Климатичните райони на България и техния климат, Земиздат, София.
3. Димитров, Д., 1979. Климатология на България, Наука и изкуство, София.
4. Лингова, С., 1981. Радиационен и светлинен режим на България, Изд. на БАН, София.
5. Векилска, Б., 2004. Обща климатология, Унив. изд., София.
6. Велев, Ст., 1990. Климатът на България, Народна просвета, София.
7. Такучев, Н. 2003. Климатология, Хидрология и Агрометеорология, Изд. “Шибилев” Ст. Загора.

ГРАФИЧНО ИЗОБРАЖЕНИЕ НА КОЛИЧЕСТВОТО СЛЪНЧЕВА ЕНЕРГИЯ ПАДАЩА НА ЗЕМЯТА ЗА РАЗЛИЧНИ ВРЕМЕВИ ПЕРИОДИ

Веселин Ташев[1], Ролф Вернер[1], Ангел Манев[1], Димитър Вълев[1], Мариана Горанова[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Технически университет София, Факултет по компютърни системи и управление
e-mail: veselinlt@abv.bg;

Ключови думи: *Слънчева радиация, слънчева енергия, метеорологични измервания.*

Резюме: *Данните за слънчевия енергиен добив са измерени и акумулирани с помощта на автоматичната метеорологична станция Vantage Pro2 Plus. Слънчевия енергиен добив представлява полученото количество енергия за определен период от време от единица площ на земната повърхност. Директно получените данни от сензора на метеостанцията за слънчева радиация са интегрирани и преизчислени за да се получат резултати за акумулираната слънчева енергия. Най-късия период на измерване е 15 минути. Обработката на тези данни дава възможност да се проследи изменението на енергийните слънчеви характеристики през различните периоди от време. Измерванията са извършени за период от 8 години. Най-голяма повторяемост се наблюдава при дългосрочните периоди, каквито са годишните.*

GRAPHICAL REPRESENTATION OF THE AMOUNT OF SOLAR ENERGY FALLING ON THE GROUND FOR DIFFERENT TIME PERIODS

Veselin Tashev[1], Rolf Werner[1], Angel Manev[1], Dimitar Valev, Mariana Goranova[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Technical University Sofia, Faculty of Computer Systems and Control
e-mail: veselilt@abv.bg

Keywords: *Solar radiation, solar energy, measurement of meteorological parameters*

Abstract: *Data on solar energy flux are measured and accumulated using the automatic meteorological Vantage Pro2 Plus. The solar energy flux represents the amount of energy received over a given period of time per unit area of the earth's surface. Directly received data from the solar radiation sensor are integrated and recalculated to produce results for the accumulated solar energy. The shortest measurement period is 15 minutes. The processing of these data makes it possible to trace the change of the solar energy characteristics during the different time periods. The measurements were performed over a period of 8 years. The highest repeatability is observed for long-term periods, such as annual ones.*

1. Въведение

За измерване и събиране на данни за слънчевата радиация и енергия бе използвана метеорологичната станция Vantage Pro2 Plus, която е локализирана в регион Стара Загора. Тя измерва и събира данни за всеки период от 15 минути [1]. Метеостанциите от типа на Vantage Pro, са снабдени с допълнителни сензори за измерване на слънчевата радиация и слънчевото ултравиолетово излъчване падащи на земната повърхност. Така получените данни за метеорологичните параметри се експортират чрез файл с текстови формат в съответното приложение за тяхната по-нататъшна обработка. Автоматичната измервателна станция Vantage Pro 2 Plus предоставя на своите потребители освен данни за слънчевата радиация, така и данни за слънчевата енергия (Solar Energy). Известно е, че съществува зависимост между слънчевата радиация и слънчевата енергия. От тази зависимост, данни за слънчевата енергия се получават в специфичната единица Langley:

1 Langley = 11.622 Wh/m^2

2. Теоретични данни за слънчевата радиация и слънчевата енергия падаща върху единица земна площ

Известно е, че слънчевата радиация зависи от много фактори и съвсем логично е да се очаква, че добивът на енергия за различните региони може да е съвсем различен. Това се дължи на факта, че само част от слънчевата енергия достига до земната повърхност. Една част от падащата слънчевата радиация върху земната атмосфера се рефлектира директно обратно в космоса, а друга част се абсорбира в стратосферата и тропосферата. Общо около 19 % от слънчевата енергия не достига долните слоеве на земната повърхност [4].

Интензитетът на слънчевата радиация намалява главно поради поглъщането ѝ от водните пари в инфрачервената област на спектъра, озоновото поглъщане в ултравиолетовата област и разсейването от частиците прах във въздуха. Такива компоненти като въглеродния двуокис и някои други газове, които се съдържат в по-малки количества в атмосферата, поглъщат част от топлинната радиация, излъчена от земната повърхност. Следователно добивът на енергия за различните региони може да е съвсем различен в зависимост от техните особености.

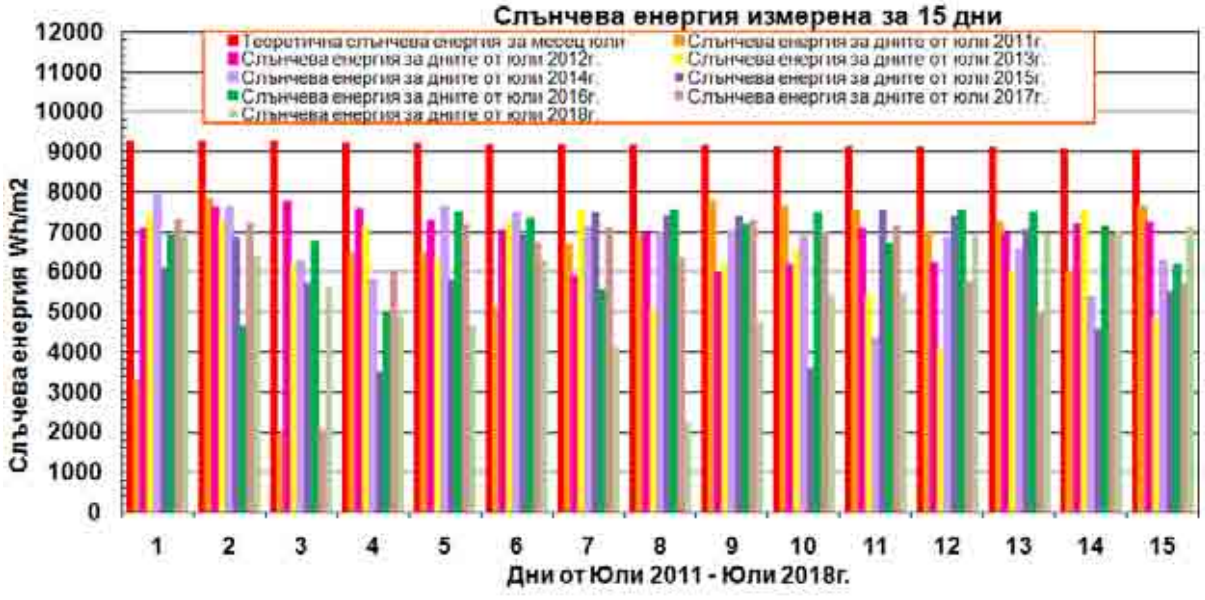
Слънчевата радиация представлява плътността на лъчистия енергиен поток излъчван от слънцето, измерван на разстояние една астрономическа единица върху единица хоризонтална площ за единица време. Тя се измерва в единици ват на квадратен метър [W/m^2]. Количеството слънчева енергия на квадратен метър за определен период от време се получава чрез интегриране на слънчевата радиация по време. Следователно количеството слънчева енергия се измерва в единици ватчас на квадратен метър [W*h/m^2].

Слънчевата радиация падаща върху дадена повърхност има две компоненти. Едната е директната радиация, падаща върху повърхността без изменение на посоката. Другата е дифузната радиация, която представлява сумата от разсеяната в атмосферата и отразена от почвата и околните предмети радиация, падаща върху дадена повърхност. Наличието на облаци води до отслабване на директната и увеличаване на разсеяната радиация.

3. Изследване на дневния ход на слънчевото греене

Директно получените данни от метеорологичната станция се запазват във файлове за период от един месец, като за всеки 15 минути е направено по едно измерване. Общия обем на информацията за период от 88 месеца съдържа около 254 000 измервания. След това данните в [Langley] се преобразоват във [W*h/m^2], съгласно т. 1. Получените резултати за всеки час, за всеки ден и за всеки месец са показани в графичен и табличен вид.

На фиг. 1 е показана измерената слънчева енергия за различни дни за да се види как се изменя слъчевата енергия за един и същи ден, за един и същи месец през съответната година.

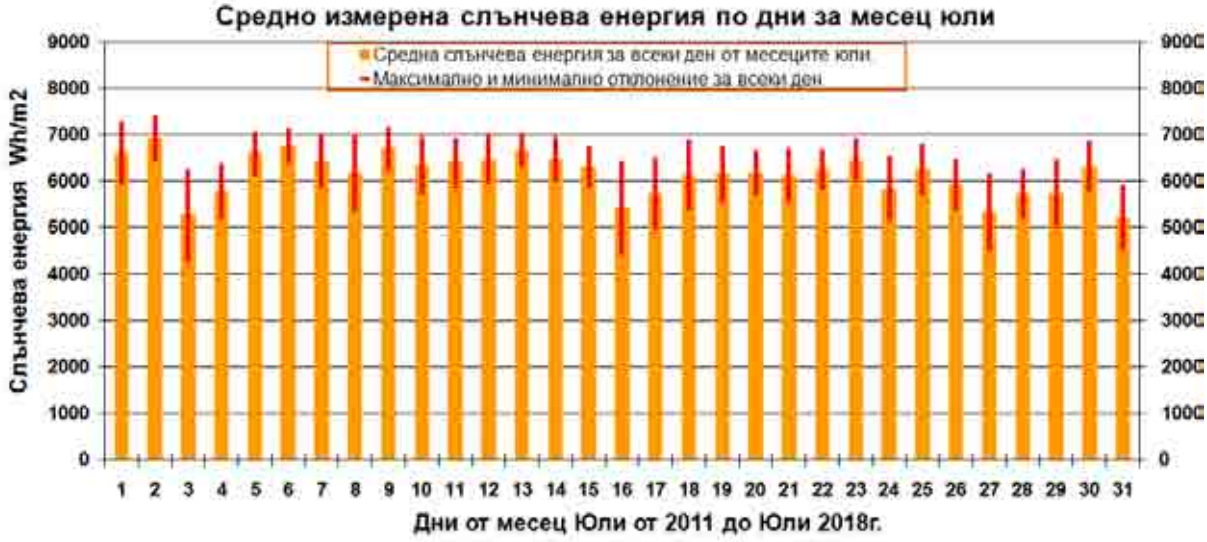


Фиг. 1. Слънчева енергия измерена за всеки ден от 1 до 15 юли от 2011 до 2018 г.

За пример са избрани първите 15 дни от месеците юли, тъй като това е месеца с най-интензивна слънчева радиация. Сумарната слънчева енергия за всеки един ден от първите 15 дни на месец юли 2011 до месец юли 2018 години е показана във вид на ленти с различен цвят.

С червен цвят са оцветени лентите на теоретично изчислената слънчева енергия за всеки един ден. От тази графика се вижда, че през месец юли се наблюдава бавно намаляване на теоретичното количество слънчева енергия, в следствие на намаляване на общата излъчена енергия от Слънцето, което пък е следствие на неговото променено положение спрямо зенита. Същата констатация не важи за измерената слънчева енергия за месеците юли през годините. Промяната на вариациите на радиацията в следствие на облаците, обаче е по-силна от този тренд на теоретичната линия. Поради тази причина се наблюдава факта, че слънчевата енергия за различните дни от месеца значително се различава по стойност за разлика от теоретично пресметната. Например за почти безоблачните дни 5,6 и 12 юли стойностите са почти едни и същи, като разликата е по-малка от 1000 Wh/m^2. За сравнение се вижда, че за ден 3 и 8 юли те се променят от 2000 до 7500 Wh/m^2 или с повече от 5000 Wh/m^2. Въпреки, че височината на слънцето не се променя съществено практически, измерените резултати се различават, защото атмосферата е с различна пропускателна способност за различните дни. Пропускливостта на атмосферата значително се влияе както от облаци, така и от влага, прах и други замърсители, които поглъщат слънчевата енергия.

На фиг. 2 е показана средно измерена слънчева енергия за всеки ден от месец юли в продължение на 8 години. За разлика от фиг. 1 тук е показана средно измерената стойност за посочените години, както и максималните и минимални отклонения за всеки ден.



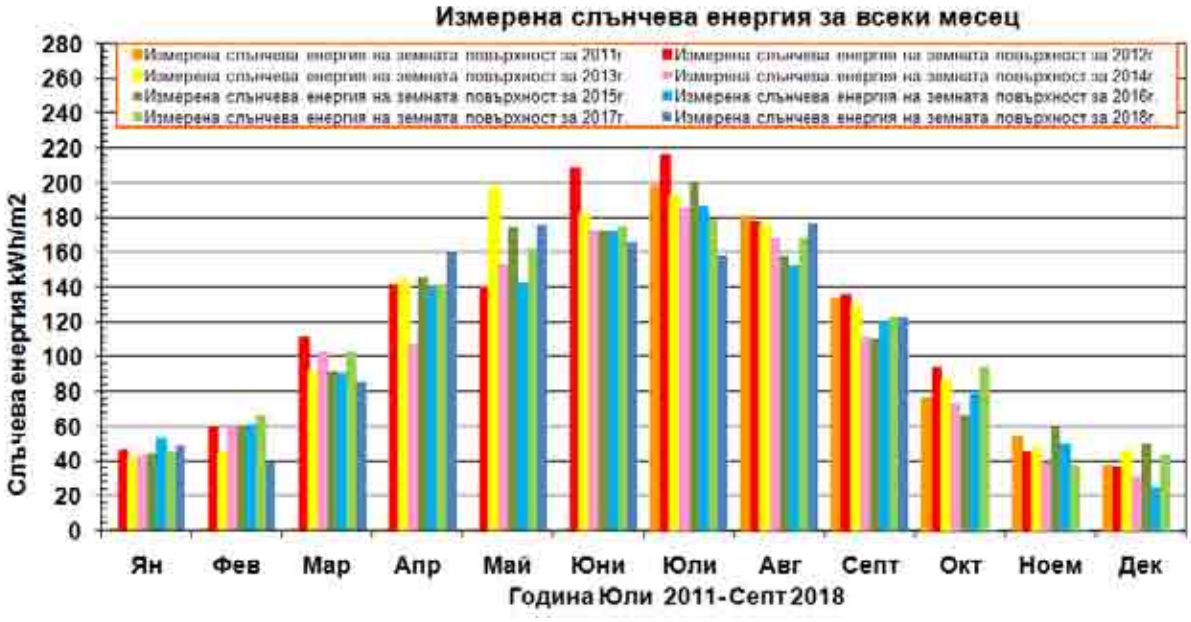
Фиг. 2. Средно измерена слънчева енергия за всеки ден от месец юли от 2011 до 2018 г.

С жълти ленти е показана средната стойност за всеки ден от месеците Юли, през осемте години, а с червени линии е отбелязано дневното минимално и максимално отклонение от средната стойност. Тук още по-ясно се вижда динамиката в стойностите за 5 и 6 ден, когато е минимална спрямо 3 и 16 ден, когато е значително по-голяма. Тази динамика може да се проследи и за останалите дни.

От тук може да се направи заключението, че измерените стойности на слънчевото греене са значително по-колебливи от теоретичните, което е свързано и с по-големите промени в пропускливостта на атмосферата, както отбелязахме по-горе. Отслабването на слънчевата радиация, респективно на слънчевата енергия в атмосферата не е едно и също за различните части на нейния спектър, а освен това зависи както от съдържанието на влага в атмосферата, така и от облачността. Например абсолютно сухият и чист въздух притежава най-голяма прозрачност за инфрачервената радиация и най-малка за ултравиолетовата радиация. Наличието на озон в атмосферата също оказва влияние в поглъщането на радиация в утравиолетовия и в далечния инфрачервен диапазон. Коя от компонентите какво влияние оказва тук не може точно да се посочи, но в случая е важно каква част от енергията достига до повърхността на земята.

4. Изследване на месечния ход на слънчевото греене

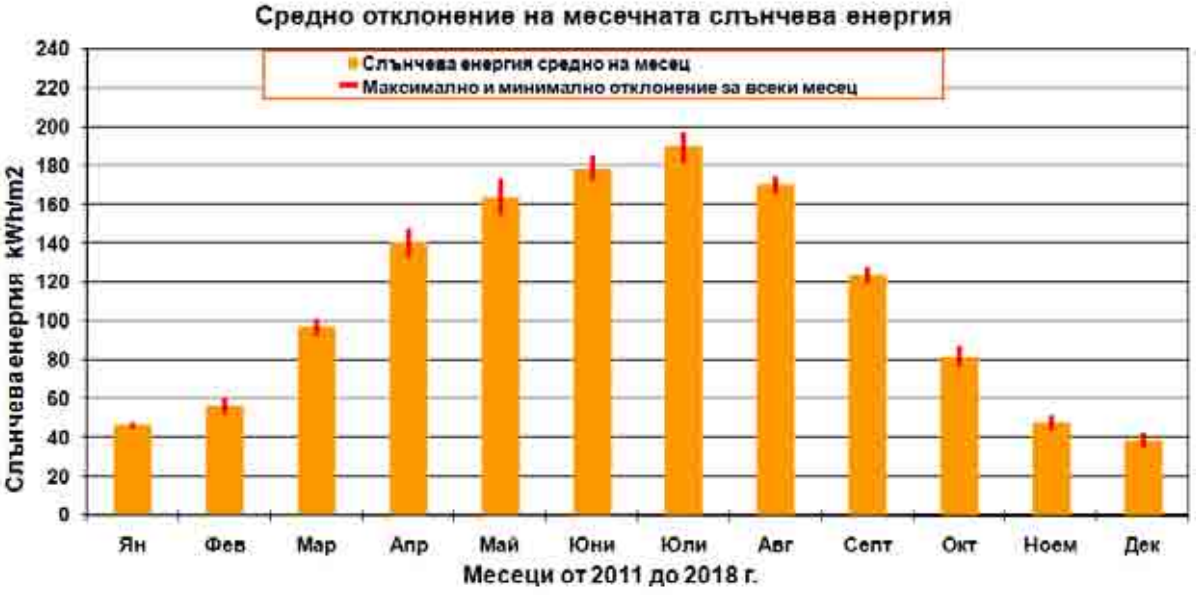
На фиг. 3 са показани стойностите на слънчевата енергия измерена за всеки месец в продължение на около 8 години. За всяка една от осемте години лентите, показващи съответните месечни стойности са изобразени с различни цветове.



Фиг. 3. Слънчева енергия измерена за всеки месец от 2011 до 2018 г.

От графиката ясно се вижда сезонния характер в изменението на слънчевото греене. То е най-голямо през месеците юни и юли и най-малко през месеците януари и декември. Най-интересен, обаче е фактът, че динамиката в изменение на стойностите за едноименните месеци през годините показани на фиг. 3, е много по-малка отколкото тази на едноименните дни показана на фиг. 2 и фиг. 1.

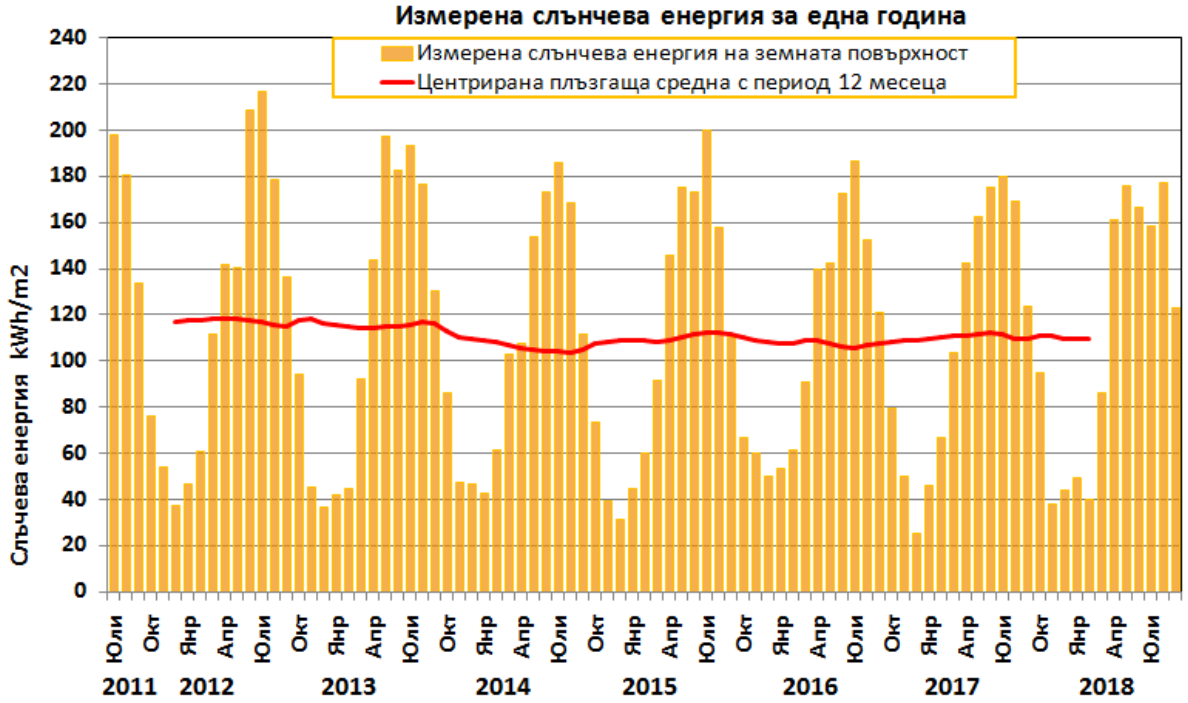
На фиг. 4 е показана средно измерената слънчева енергия за всеки месец в продължение на 8 години, за разлика от фиг. 3, където са показани действителните стойности на месеците. С оранжеви ленти е показана средната месечна стойност, а с червени линии е отбелязано минималното и максимално отклонение от средната стойност за всеки месец.



Фиг. 4. Средно измерена слънчева енергия за всеки месец

На тази графика още по-добре се вижда по-малката динамика в месечното отклонение спрямо дневното. Например за едни и и същи дни от месеците юли 2011, юли 2012, юли 2018 години, показани на фиг. 1 и фиг. 2 измерената слънчева енергия се различава значително, както отбелязахме по-горе, но за осемте едноименни месеца показани на фиг. 3 и фиг. 4 общият добив е почти един и същ. Числовите данни за ден 1, съответно за 1 юли 2011 г. с измерена стойност 3200 Wh/m^2, спрямо 1 юли 2014 г. с измерена стойност 7800 Wh/m^2 показват динамика от 2.5 пъти, а за ден 3-ти съответно за 3 Юли 2011 г. с измерена стойност 1800 Wh/m^2 спрямо 3 юли 2012 г. с измерена стойност 7600 Wh/m^2 показват динамика повече от 4 пъти. В същото време разликата в измерената енергия за осемте месеца август от 2011 до август 2018 г. е по-малка от 17 %, (28/170), което се вижда от месечното разпределение, показано в таблица 1, намираща се по-долу в текста. Подобни минимални разлики се получават и за другите месеци. Например за месеците септември тя е по-малка от 19 %, а най-голямата за месец декември – само 60 %. С други думи наблюдаваме едно усредняване на месечна база. Тези първоначални резултати, въпреки че не са достатъчно продължителни, дават основание да се предположи, че колкото периода на измерване е по-голям, толкова отклоненията от средната стойнос са по-малки.

На фиг. 5 е показано месечното разпределение на слънчевата енергия от месец юли 2011 година до месец септември 2018 година, заедно с центрирана аритметична средна с период 12 месеца в продължение на около 8 години. С жълти ленти е отбелязана стойността на измерената енергия за всеки месец, а с червена линия стойността на центрирана аритметична средна. От графиката се вижда, че стойността на центрираната аритметична средна е почти постоянна, т.е. годишното отклонение е по-малко от месечното. Този факт потвърждава извода направен по-горе, че колкото периодът на усредняване е по-голям, толкова прогнозите за стойността на слънчевото греене стават по-точни.



Фиг. 5. Плъзгаща се центрирана математическа средна на слънчева енергия по 12 месеца

В таблица 1 са показани измерените и средните стойности за всички месеци в периода от 2011 г. до 2018 г. В графа „Максимална разлика" е изчислена разликата между максималната и минималната стойност за едноименните месеци за този период.

От таблица 1 се вижда, че максималнита разлика между стойностите на средната слънчева енергия от 58 kWh/m^2 се получават през месец юли вероятно защото слънчевите и облачните дни често се сменят. Теоретичната слънчева енергия от фиг. 1 за месец юли съгласно формула (1) е:

$$E_{teor} = \frac{9.1 \times 31}{0.81} = 348 \frac{kWh}{m^2}, \quad (1)$$

където: 9,1 – средната дневна енергия,
0.81 – коригиращия коефициент, съгласно т. 2.
31 – броя на дните в мсец юли.

От друга страна, средно измерената слънчева енергия за месец юли от таблица 1 е 190 kWh/m^2. От тук получаваме, че реалните стойности на измерената слънчевата енергия за регион Стара Загора в следствие на облачността през летните месеци е 54,6 % (190/348) от теоретично максималната енергия, което добре съвпада с теорията.

Реалните стойности на слънчевата радиация през летните и ранните есенни месеци е около 50 % от теоретично максималната радиация, а за късните есенни и наблюдаваните зимни месеци за 2011–2018 г, тя е около 30 % от теоретично максималната радиация. Доколкото слънчевата енергия е акумулираната във времето слънчева радиация тази констатация би трябвало да се отнася и за нея.

Табл. 1. Разпределение на слънчевата енергия по едноименни месеци

Месец / Стойности	Ян	Фев	Март	Апр	Май	Юни	Юли	Авг	Септ	Окт	Ноем	Дек
2011 г. кWh/m2							198	181	133	76	54	37
2012г. кWh/m2	47	61	111	142	140	209	216	178	136	94	45	37
2013г. кWh/m2	42	45	92	144	197	182	193	176	130	86	47	46
2014г. кWh/m2	43	61	103	108	153	173	186	169	112	73	39	31
2015г. кWh/m2	45	60	91	146	175	173	200	158	110	66	59	49
2016г. кWh/m2	53	61	91	139	142	172	187	153	121	79	50	25
2017г. кWh/m2	46	67	103	142	162	175	180	168	124	95	38	44
2018г. кWh/m2	49	40	86	161	176	166	159	176	123			
Средна стойност	46	56	96	140	164	178	190	170	124	82	48	39
Макс. Разл. кWh/m2	12	26	25	54	56	43	58	28	26	28	22	25
Стандартно Отклонение кWh/m2	3,6	9,2	8,4	14,6	18.9	13,0	15,8	9,6	8,8	9,9	7,2	8,1
Относителен Спад [%]	7,8	16,3	8,7	10,6	11,5	7,3	8,3	5,6	7,11	12,1	15,2	20,8

Освен, разпределението на слънчевата енергия по месеци, в таблица 1 са показани и средната стойност, стандартното отклонение и относителният спад. От таблицата се вижда, че стандартното отклонение и относителния спад сравнено за месеците през различните сезони на осемте години се различават значително. Това е показателно, че факторите, които влияят на слънчевата енергия като облаци, прах и други, имат случаен характер, но с течение на времето за по-дълги периоди взаимно се компенсират и осредняват. От таблица 1 се вижда, че най-големите отклонения в относителния спад са през зимните месеци съответно за месец декември са 20,8 % и февруари 13,3 %. За летните месеци отклоненията леко намалят – август 5,6 % и юни7,3 %.

Същото може да се каже и за стандартното отклонение. То е най-голямо през месец май – 18,9 kWh/m^2, а най-малко през януари 3,6 kWh/m^2. Най-голямата разлика също е през месец май – 56 kWh/m^2.

Друг интересен извод, който може да се направи е, че измерената средно годишна слънчева енергия за период от осем години е почти една и съща. Резултатите от тези разчети са дадени в табл. 2.

Табл. 2. Разпределение на слънчевата енергия по години

Години	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Количество енергия кWh/m2	1360	1416	1380	1250	1334	1273	1345	1515

Изчислената средна годишна енергия от тази таблица е 1360 kWh/m^2. Максималната разлика $E_{разл}$ е между 1515 kWh/m^2 за 2018 г. и 1250 kWh/m^2 за 2014 г. и е равна на:

(2) $$E_{разл}. = 1515 - 1250 = 265 \frac{kWh}{m^2},$$

В проценти:

(3) $$E_{разл}\% = \frac{265}{1360} = 19.5\%,$$

където : 1360 kWh/m^2 е средна годишна енергия,
265 е максималната разлика.

От друга страна, ако направим същите изчисления за месечните отклонения с данни за месец юли, талица 1, ще получим следните резултати:

(4) $$E_{разл}\% = \frac{58}{190} = 30.5\%,$$

където: 190 kWh/m^2 е средната стойност за месец юли,
58 kWh/m^2 е максималното отклонение за месец юли.

От сравнение на резултатите във формула (3) и формула (4) се вижда, че месечните отклонения са по-големи от годишните. От по-горе в текста също установихме, че месечните отклонения са по-големи от годишните. Следователно отново се налага извода, че колкото е по-голям периода на усредняване, толкова разликите и прогнозите са по-точни.

От фиг. 5 виждаме, че средната стойност на центрираната движеща средна е 110 kWh/m^2. От тук изчисляваме средната годишна стойност Ecp. год. :

(5) $$Ecc.год. = 110 * 12 = 1320 \frac{kWh}{m^2},$$

където: 110 е средната стойност на центрираната движеща средна,
12 е броя на месеците.

С данни от таблица (2) изчислихме, че годишната средна стойност на енергията е 1360 kWh/m^2, а от формула (5) 1320 kWh/m^2. Тъй като тези 2 числа са много близки се налага извода, че центрираната движеща средна върху месечните данни може успешно да се използва за намиране на средните годишни стойности на слънчевата енергия.

5. Заключение

В сайта EMDE Solar (www.emde-solar.com) е посочена стойност за слънчев добив на енергия от минимум 1314 кWh/m^2 до максимум 1510 кWh/m^2 като годишна база в регион Стара Загора или средно 1412 кWh/m^2 . Разликата е 196 кWh/m^2.

Този диапазон сравнително точно съвпада с получените от нас резултати с минимум 1250 кWh/m^2 до и максимум 1515 кWh/m^2 или средно1360 kWh/m^2 (табл. 2). Разликата е 265 кWh/m^2 .

От теоретична гледна точка споменахме много фактори, които оказват съществено влияние върху потока на слъчевата радиация, респективно върху количеството слънчева енергия, което достига до земята. Това се потвърди и от краткосрочните измервания с помощта на метеорологичната станция. При по-дългосрочните измервания, обаче се наблюдава едно усредняване и подтискане на разликата, особено на годишна база. Това се дължи на факта, че тези изменения във времето са с различен знак, както положителни така и отрицателни и при тяхното сумиране за по-дълъг период от време те взаимно се компенсират и осредняват.

Натрупаната база данни е все още сравнително малка за да се направят категорични научни заключения, но се надяваме, че бъдещите изследвания ще потвърдят направените в този доклад първоначални констатации. Резултатите от това изследване могат да послужат като важен ориентир, за да се изчисли предварително очакваната енергия от фотоволтаичните преобразователи в определен географски регион.

Литература:

1. Davis Instruments Corp. *Vantage Pro2 Plus.* Reference Guide.
2. Meeus, J. Astronomische Algorithmen, Johann Ambrosius BarthVerlag, Leipzig-Berlin-Heidelberg, 1993.
3. Lean,J.L.,Solar irradiance and climate forcing in the near future, Geophzs. Res. Lett. 28, pp. 4119–4122, 2001.
4. Roedel, W. Physik unserer Umwelt, 2. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S .48, 1994.

EXPERIMENTAL STUDY ON MERGING METHODS IN ROAD RECOGNITION

Valentina Hristova[1], Denitsa Borisova[2]

[1]University of Transport "T. Kableshkov" – Sofia
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: astronomer@abv.bg; dborisova@stil.bas.bg

Keywords: *image processing, merging methods, image analysis, infrastructure*

Abstract: *In this paper we will speak over the existing various methods for merging the remotely sensed images. The final goal is to achieve and determine the suitable method for precise data integration with a multi-source nature. In general, the process of image merging methods is meant to integrate the data, which is transmitted by data with various spatial and spectral resolutions either with an aerial, or with a satellite platform. Mainly, the aims are the proper image analysis, as well as the performance of technical assignments. Such assignments are deduction of features, classification and segmentation as the biggest advantages of the fusion technique.*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ ВЪРХУ МЕТОДИТЕ ЗА СЪВМЕСТЯВАНЕ НА ДАННИ ПРИ РАЗПОЗНАВАНЕ НА ПЪТИЩА

Валентина Христова[1], Деница Борисова[2]

[1]Висшето транспортно училище „Тодор Каблешков" – София
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: astronomer@abv.bg; dborisova@stil.bas.bg

Ключови думи: *обработка на изображения, методи за съвместяване на данни, анализ на изображения, инфраструктура*

Резюме: *В тази работа ще говорим за съществуващите различни методи за сливане на изображения, получени при дистанционни изследвания. Крайната цел е да се постигне и определи подходящият метод за точна интеграция на данните от много източници. По принцип процесът на сливане на изображения има за цел да интегрира данните, които се предават чрез данни с различна пространствена и спектрална разделителна способност, получени от аеро- или спътникови платформи. Основно целите са правилният анализ на изображението и изпълнението на технически задачи. Такива задачи са намаляване на броя на характеристиките, класификация и сегментиране като най-голямо предимство е самото съвместяване.*

Introduction

The information merging is determined as a combination between the different sources of information and the whole process of it. This is important for accurate measurements that are accurate with only one source. Achieving the highest punctuality in all the data settings in accordance to the conclusions is the main aim. Conversely, integrating information maximizes data settings by merging different sources [1]. Be aware that data merging process has been used in several spheres such as health services, robotics, military fields, Bayesian fusion, Voting Logic, Fuzzy Neural Networks, Dempster-Shafer theory, Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic. The listed approaches are suitable for usage in a different step of the process. Plus – they can collaborate with each other in various ways in order to turn out brand new methods for merging.

Mena and Malpica [2] most often practice the merging data process. In connection with this there are three classifiers and each of them gets a single per pixel pseudo-probability value in the range [0–1]. Each classifier gets a concrete image named RGB IKONOS. In an addition to this, a road

for model is inserted. The extra overtime application of the merging process in the road network, when it comes to extraction systems, is handled by Gerke [3]. He actually offers a special model that measures the quality and permits each object to be priced immediately.

Meantime, the available Geographic Information System (GIS) road information is generally appraised against roads excerpted from latest aerial pictures via an automotive technique. This automotive technique is able to excerpt multitudinous, but not one single road element to one data road element. Putting the quality metric after each excerpted element and data element will eventually conduct to several ways of measurements. Afterward, this should become a mixture with one kind of measurement.

In the literature it is known many other data fusion ways. Most of researches have applied easier merging approaches such as the examples – rule-based logic [4], superimposition [5], and mathematical morphology [6]. When it comes to choosing a particular approach to merger, what is the number and type of data that need to be considered.

Merging the data examined the way in which the final results of the specified classifiers interact. The classification process is done using the exact segmentation method. In many cases, the classification can remain as before segmentation method of low level image processing.

Image merging techniques

1. Dempster-Shafer fusion

DST is known as the theory of proving. This is connected with the cooperation of several different elements of the empirical evidence on purpose to get an accurate picture of real life. DST lies upon the measurement of the non-objective possibilities and opinions functions by Shafer [7]. Also, it includes the Dempster [8] principle for collaboration. Schafer's approach is actually a summary of the Bayesian approach to obtaining degrees of views. On the other hand, Dempster approach is focusing on different posts in a single evaluation. They may differ in the degree of possibility of any opinion. DST supposes consideration, while Bayesian prefers the ordinary belief in a question. We are about to put under consideration the DST execution. Let's start with the different characteristics of the beliefs of Schaffer and then continue with Dempster's collaborative principle.

The merger of Dempster and Shafer is applied for collaboration of all the results that are gained by the classifiers. Meantime, the approach of the merger requires incredible value for all classifiers and core value for each pixel. The untrustworthy value is significant for the stage of certainty that each of the classifiers stores in its main categories. In addition, you can calculate the unreliable value by looking at the possibility that the classifier categorically categorizes the road model. Pseudo-potential value calculated for each pixel, is given as a common value. The merger process performs the fidelity value again for each pixel. This allows for clearing the pixels belonging to a particular classifier type way. There may be more than one classification of the road or the other scientific or engineering application.

In a narrow sense, the term Dempster–Shafer theory, which is the base of the fusion, is strongly related to the original conception of the theory by Dempster and Shafer. Nevertheless, it is more common to use the term in the wider sense of the same general approach, as adapted to specific kinds of situations which can be very broadly spread in many scientific applications, integrated in some processes and engineering aims and purposes.

2. Fuzzy logic in the process of images

The process of fuzzy image is not the original theory. As a matter of fact, it is the complex of all the methods that depict, show and perform the images, as well as their elements and properties as fuzzy settings. The depiction and the performance are dependent on the chosen fuzzy approach, as well as on the issue that should be resolved. In recent years, many fusion techniques have been proposed by various researchers in different areas of application in science. The process is composed of three main steps that have to be followed as deducted:

• Fuzzy image processing (Applying the features of the membership in order to depict the condition in a graphic stage).

• Changing the membership indicators (Usage of Fuzzy principles).

• Fuzzy image de-processing (Getting the slices or the punctual results).

The codes of the image information (the fuzzy-image processing) and the decoding numbers of the gained results (fuzzy image de-processing) are stages, which are important for the fuzzy image process. The most important thing about the process of fuzzy image is, in fact, domestic media phase - change indicators for membership. Once the image information is turned from the plane of a grey-level feature to a complete plane for membership (the exact fuzzy image process), the suitable fuzzy approaches change the membership indicators.

Generally people decide to do something according to principles while fuzzy techniques that are designed to mimic the mannerisms of the person doing the same. At the same time, the whole decision-making process is changing and fuzzy settings are instead set. There are also fuzzy principles. Fuzzy principles act by applying numerous opinions with the if-then structure. Here is an example – if A then B, if C then D. B and D are settings of A and C. Fuzzy principles depict the fuzzy pieces and this is the most important thing about the entire fuzzy process.

Fuzzy Inference System (FIS) is actually a process with these elements:

• A complex of inserted features for inserting the features of the membership.

• Inserted features of the membership regarding the principles.

• Initial membership functions to once evaluate initial index.

Also, FIS has these restrictions:

• The features of the membership are clearly named and in some cases they are random.

• Fuzzy Inference is used for creating a system, where all the principles are predestined in exact numbers regarding the consumer`s own opinion.

The shape of the elements of membership may be replaced with replacement indicators for elements of the membership. However, in this case the parameters are important. When FIS is regular, the indicators are random and selected information at the moment. If you want to use fuzzy principle in the process where there is whole complex internal-external information, there is no predetermined set of parameters. In some cases, however, when the parameters are random, it will not be enough to create the system by a specially selected method. In this case, the random choice should be replaced with the adjusting feature of the parameters that could be based on the inserted information types. Thus, the Neuro-based learning approaches might become parts of the FIS.

The special thing about the fuzzy approach is due to the fact that people`s ways of thinking are very dependant and close to the reality. When ordering, discovering cause and effect and quantifying data assists and structures understanding a human express mathematical and logical way of thinking. The sense of the reality is very narrow in understanding as the fuzzy way of implementation of fusion image processing.

The most important characteristics of the fuzzy approach by Zader Lotfi are the following ones:

• It is always about the particular level.

• You can fuzzify all kinds of systems.

• The information is understood as a complex of flexible or approximately changeable variables.

• Conclusion is a process that propagates all the elastic constrains.

The purpose behind fuzzy logic was to describe the great features of fuzzy settings. This is important for the processing of images. The highlights of the process are as follows:

• Fuzzy settings show the three-dimensional data of the image, as well as its inaccuracy.

• The management of three-dimensional data is realized by the fuzzy settings and data merger applying the fuzzy collaborative operators.

• Quick calculation with the fuzzy numbers from the operation.

3. Neuro-fuzzy approach for an image merger

The network, where the experimental information is stored and where the data tests are performed is called Neural Network. On the other hand, the Neuro-Fuzzy is a complex of fuzzy approach and neural network, which is not real, but artificial. Applying this technique, people can transform the system in accordance with the input dataset and output data required. In this way the system can be defined as a set of entries.

Neuro-fuzzy system is a system that is processed by a neural network studying algorithms. Because of this process, the indicators change immediately on their own. The execution of the Neuro-Fuzzy approach is performed thanks to the Adaptive Neural Fuzzy Inference System.

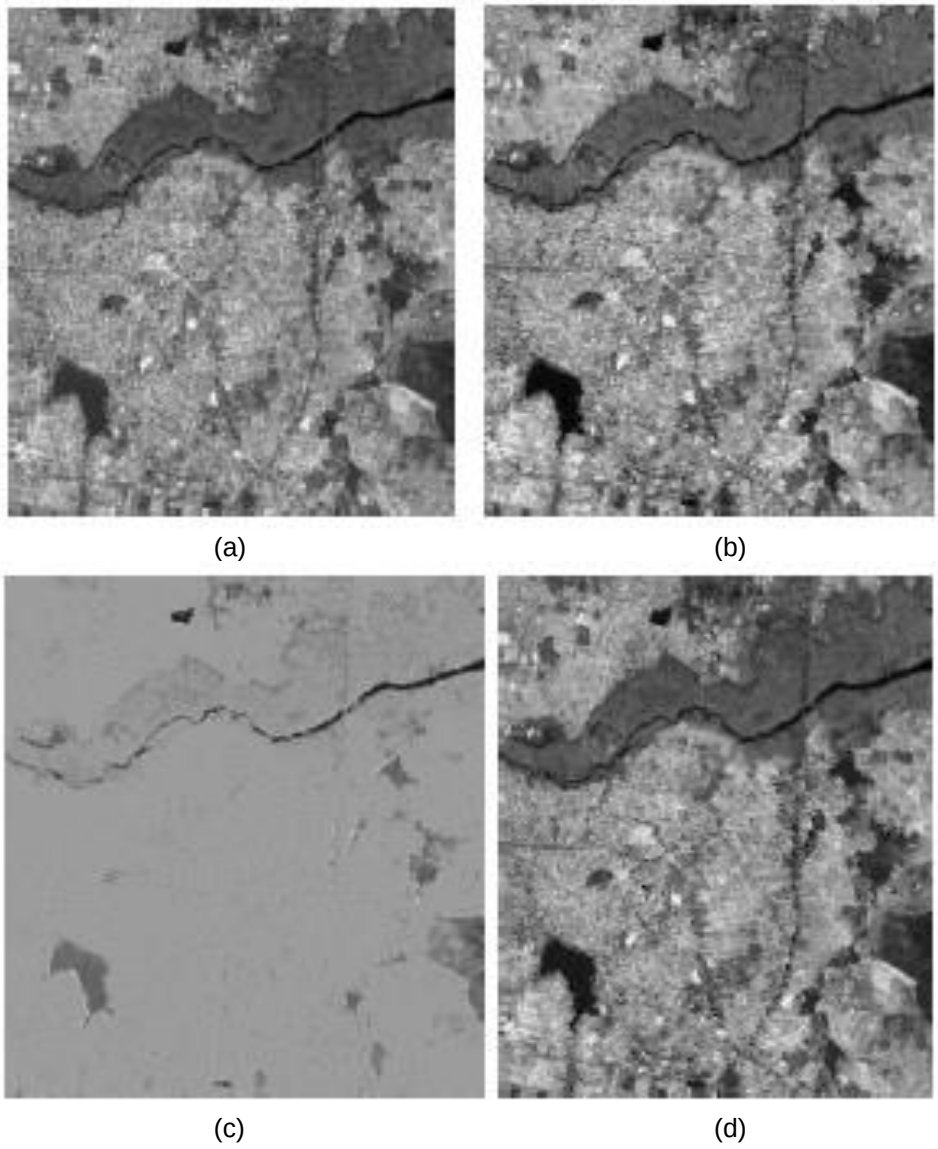
It is well known that the feedback network is adequate to achieve the function. Therefore, you can apply it to imitate all kinds of curves. Feedback network, however, shows two weak points. The first is the duration of the training, while the other is the weakness in the search for the globe [9]. Meantime, these weak points are quite clear in the nonlinear system. The fuzzy neuron network, however, makes a better re-distribution network appear. This piece reading shows how to put the fuzzy element between the input element and the hidden element back common network. Small values here are inserted in larger values. Thus, the difficulty of the whole problem is overcome.

Artificial neural network has also a great strong point – to value the link between the inner and outer, when we do not know them (especially if the link is nonlinear). In short, the artificial neural network has two core elements - the test and the train. Training is about getting training information and its correlation metrics. In this way, learning by example and obtaining the most useful data from it

becomes possible. Retrieving the function is actually the primary first step for the artificial neural network.

Artificial neural networks are usually presented as systems of interconnected "neurons" that can calculate values from inputs. Artificial neurons are the constitutive units in an artificial neural network. The first artificial neuron was the Threshold Logic Unit (TLU) first proposed by Warren McCulloch and Walter Pitts in 1943. As a transfer function, it uses a threshold equivalent to the use of the Heaviside step. An artificial neural network that uses a linear threshold function is Perceptron developed by Rosenblatt.

Experimental results



(a) (b)

(c) (d)

Fig. 1: (a), (b) original input images [10]; (c) fused image by fuzzy logic,
(d) fused image by neuro fuzzy logic [10]

There are a large number of applications like medical imaging, video surveillance and remote sensing etc. that require images with both spatial and spectral resolution as well. Gathered images are primarily used for human observers for viewing or interpreting and for further processing from a computer using various imaging techniques.

In our work the orthophoto images have been processed with different classification techniques and then fused with different fusing methods in terms to be used for further segmentation. This was done in case the result image to be used for the active contour model, also called snakes, is a framework for delineating an object outline from a possibly noisy 2D image. This is an algorithm implementation that stays at the beginning of the self-organizing road map (SORM). The SORM

method is made from different combinations of methods and algorithms. In our work the neuro fuzzy logic used for image fusion shows the best results and it is going to be used for further applications. The priorities and advantages of this method are shown and unravel above.

The results were implemented on Python, Matlab and C++. But they show that there is no significant improvement in fusing the classified images. In our case, only one classifier is selected. The Mahalanobis distance method was used to be implementer to classify the image. Other methods are quite similar, so there is no need for synthesis for further processing. This does not diminish the results. Synthesis methods are a powerful tool that can be used in many applications.

Conclusions and future plans

Data merging is very useful for retrieving features in a remotely recognized image. The characteristics can be listed by mismatched sources of information. Retrieval algorithms end with multiple images of one particular element. Data merger, though, allows you to make cooperation between all these images.

This article showed two of the most important approaches for merging data and their use in the extraction of roads. There are several other methods and you can find them in the scientific literature. Using the data is not limited when it comes to these methods. When it comes to choosing the way of merger exact question determines the selection.

In conclusion, to overcome the drawbacks of traditional merging schemes, and to integrate as much information as possible into the fused images exploiting the advantages of the fuzzy logic is an aim that has to be achieved.

References:

1. Klein, L. A. Sensor and Data Fusion: A Tool for Information Assesment and Decision Making. The International Society for Optical Engineering press, 2004.
2. Mena, J. B., J. A. Malpica. An automatic method for road extraction in rural and semi-urban areas starting from high resolution satellite imagery. Pattern Recognition Letters, Vol. 26, pp. 1201–1220, 2005.
3. Gerke, M. Automatic quality assessment of GIS road data using aerial imagery - a comparison between Bayesian and evidential reasoning. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 36, pp. 171–177, 2005.
4. Cai, X., A. Sowmya, J. Trinder. Learning to recognise roads from high resolution remotely sensed images. In Proceedings of the International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, 2005.
5. Lisini, G., C. Tison, D. Cherifi, F. Tupin, P. Gamba. Improving road network extraction in high resolution SAR images by data fusion. In Proceedings of the Committee on Earth Observation Satellites Working Group on Calibration and Validation: Synthetic Aperture Radar Workshop, 2004.
6. Chanussot, J., G. Mauris, and P. Lambert. Fuzzy fusion techniques for linear features detection in multitemporal SAR images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 37, pp. 1292–1305, 1999.
7. Shafer, G. A Mathematical Theory of Evidence. Princeton University Press, 1976.
8. Dempster, A. P. A generalization of Bayesian inference. Journal of the Royal Statistical Society, Series B(30), pp. 205–247, 1968.
9. Zhang, D., 2006. Image Fusion Filtering Based on Fuzzy Neuron Network. Journal of Data Acquisition & Processing, 21(1), pp. 95–98.
10. http://arxiv.org/abs/1212.0318

MULTISENSOR EARTH OBSERVATION SYSTEM

Valentin Atanassov, Denitsa Borisova, Ventzeslav Dimitrov, Doyno Petkov, Hristo Nikolov, Georgi Georgiev, Hristina Vasileva

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

Keywords: *Earth observation system, multisensor system, remote sensing*

Abstract: *Satellite Earth observation systems mark the high rates of growth and today provide a huge volume with a wide variety of data regarding the spectral, spatial and temporal characteristics of observed objects. Notwithstanding these achievements, due to the particularities of the remote observation technology, it is not possible in many practical cases to define precisely certain characteristics of the monitored objects. Therefore, in order to make full use of this variety of multispectral high spatial resolution data is also required obtaining and using multisensor and multitemporal data from observation.*

In the proposed work, the authors discuss a multisensor Earth observation system focusing primarily on the place and role of these systems in today's Earth exploration phase. The examples presented show both the advantages of its use and the particularities of the functioning of such systems. The location and role of a multisensor system in sync with existing global observation systems is outlined, a set of tools and systems that could be included in the exemplary implementation of such a system is shown. The accompanying difficulties and challenges that need to be solved for sharing and merging data from a multisensor system are outlined.

МУЛТИСЕНЗОРНА СИСТЕМА ЗА НАБЛЮДЕНИЕ НА ЗЕМЯТА

Валентин Атанасов, Деница Борисова, Венцеслав Димитров, Дойно Петков, Христо Николов, Георги Георгиев, Христина Василева

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

Ключови думи: *дистанционни изследвания, хиперспектрални прибори, приложения*

Резюме: *Непрекъснатият напредък на съвременните технологии доведе след себе си до бурно развитие на сателитните системи за наблюдение на Земята . Множеството от сателитни системи за наблюдение осигурява събиране на огромни по обем, с голямо разнообразие, данни по отношение на спектрални, пространствени и времеви характеристики на наблюдавани обекти. Същевременно в много практически случаи, поради спецификата на дистанционните изследвания, не е възможно еднозначно да бъдат дефинирани определени , представляващи интерес , характеристики на наблюдавани обекти. Следователно, за да може да бъде пълноценно използвано това разнообразие от мултиспектрални, с висока пространствена разделителна способност данни, се изисква и получаване и използването на мултизензорни и мултитемпоралнии данни от наблюдение.*

В предложената работата авторите дискутират мултисензорна система за наблюдение на Земята, като основно се акцентира на необходимостта от използването и, както и на предимствата и особеностите, произтичащи от функционирането на подобна система. Посочено е примерно изпълнение на такава система. Посочени са и съпътстващите трудности и предизвикателства, които трябва да бъдат разрешени за съвместно използване и сливане на данните от мултисензорна система.

Introduction

Earth observation (EO) is the gathering of information about planet Earth's physical, chemical and biological systems via remote sensing technologies. Many satellite systems provide a high volume of high-quality surveillance data [1–4]. In most cases, however, these systems work separately from

one another which make it difficult to accurately identify important features of the observed objects. In order to reach new levels of knowledge, it is required to improve the quality of the data used through the preprocess of data acquisition and improvement of remote sensing observation systems [5,6], as well as the sharing of data from different sensor systems (so call procedure “Data fusion”) with different parameters (such as number of spectral channels, radiometric sensitivity, spatial geometry, etc.) by the developing of a Local or Regional Earth Observation Systems (L/R EOS) [7].

Earth Observation systems

Earth Observation systems (EOS) consist of instruments and models designed to measure, monitor and predict the physical, chemical and biological status of the Earth system. Most of high-tech environmental satellites scan the planet from space (Table 1a, Table 1b).

Table 1a. Modern Earth Observation systems

Instrument	**CartoSat - 3**	**EnMAP**	**HISUI**	**Shalom**	**FLORIS**	**HYPXIM-P**	**HysplRI**	**Sentinel - 2**
Platform name	**CartoSat - 3**	**EnMAP**	**ALOS - 3**	**Shalom**	**FLEX**	**HYPXIM-P**	**HysplRI**	**Sentinel - 2**
Spectral range (nm)	400 - 2400	420 – 2450	440 - 2500	400 - 2500	500 – 780	400 – 12000	380 – 12000	443 - 2190
Swath width (km)	15	30	30	10	105 – 150	16	150 – 600	290
Spectral bands	200	98	185	241		250	218	13
Resolution Spectral (nm) Spatial (m) Temporal (day)	12	6.5±1.25– 10±2.50 30 ≤ 4 - ≤21	10 – 12.5 30 60	~ 10 2.5 – 10 2	0.3 – 3 300 – 500 19	10 – 150 2-100 3-19	7-54 30-60 5-19	15 – 180 10, 20, 60 5-10
Objective	Agriculture, geology, water observation	Environment observation	EO	Environment quality, crisis monitoring	Global data of chlorophyll	Water ecosystem	Investigation of ecosystem and natural disasters	Land management monitoring
Country	India	Germany	Japan	Italy/Israel	UK	France	USA	ESA

Table 1b. Modern Earth Observation systems

Instrument	**Hyperion**	**CHRIS**	**HJ – 1A**	**FY – 3A**	**HySI**	**TG - 1**	**Resurs-P No.1**	**Resurs-P No.2**
Platform name	**EO-1**	**PROBA**	**HJ – 1A**	**MERSI**	**IMS - 1**	**TG - 1**	**Resurs-P No.1**	**Resurs-P No.2**
Spectral range (nm)	355 - 2577	400 - 1050	450 - 950	400 - 12500	400 - 950	400 - 2500	400 - 1100	400 - 1100
Swath width (km)	7.5	14	50		128		30	38
Spectral bands	242	117	115	20	64	128	256	216
Resolution Spectral (nm) Spatial (m) Temporal (day)	10 30 16	1.3 – 12 36 7	2 - 8 100 4 to 31	20 – 50 250 - 1000 5	15 550 22	10 - 23	5 – 10 30 3 - 6	5 – 10 30
Objective	EO	EO	EO	EO	EO	Land monitoring	EO	EO
Country	USA	UK	China	China	India	China	Russia	Russia

The use of new technologies allows huge volume s of Earth observation data to be collected in near (quasi) real time and with high spatial and spectral resolution. For example the Sentinel missions are developed specifically for the European Union’s Copernicus programme – the largest environmental monitoring programme in the world. By providing a set of key information services for a wide range of practical applications, the programme is making a step change in the way we manage the environment, understand and tackle the effects of climate change, and safeguard everyday lives [8, 9].

Earth Observation systems

The main purpose of building and using a multi-sensor surveillance system is to increase the accuracy of observation. The basic hypotheses behind the achievement of the goal are:

• The establishment of a multisensor Earth Observation System enables the sharing of data from different observation systems and thus provides additional information on the objects to be explored, which can be used to solve the tasks facing the core set of systems;

• In situ obtained data from the multisensor observation system can be used to validate algorithms and methodologies for joint use and comparability of the results of different systems;

• Integrating data usage makes it possible to verify remote spectral data and images from space based global Earth observation systems (EOS);

• Hyperspectral devices that produce in situ spectral data and spectral images of the objects studied can serve to simulate the characteristics of current and forthcoming global Earth observation systems (EOS).

Another but no less important objective to establish multisensor Earth observation systems is that through them the information from the whole set of existing monitoring systems is reached in the most accurate way and in the most appropriate way to the end users (Fig. 1).

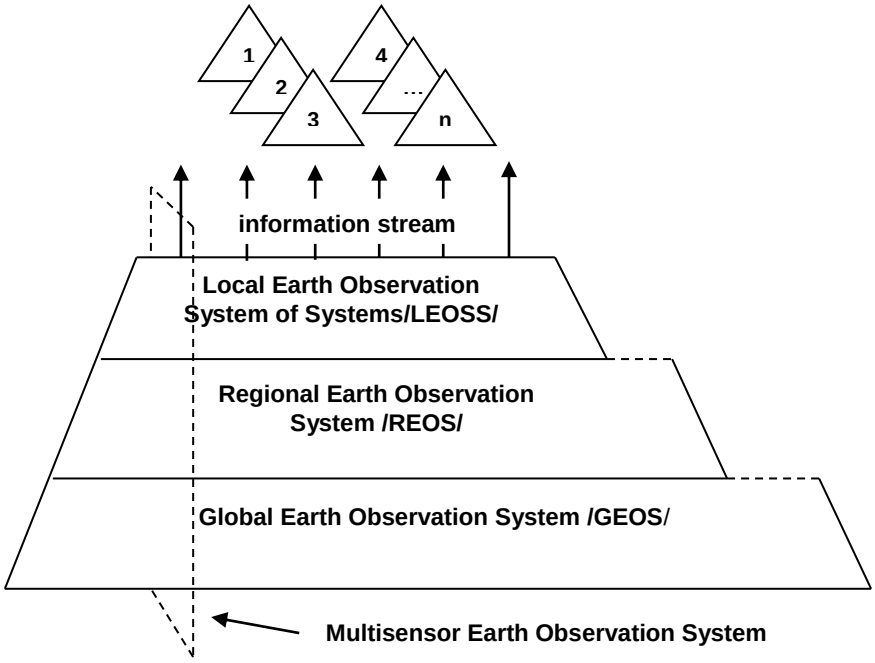


Fig. 1. Earth observation systems – a structure diagram

The author's time of the proposed article has the advanced remote sensing equipment available to meet the objectives of a local observation system, which may include, as appropriate, the following equipment:

- Spectrometers:

Model	Resolution FWHM	Wavelength Range
NIRQuest512-2.5	6.3 nm	900-2500 nm (IR)
USB4000-FL	10.0 nm	360-1100 nm (Vis-NIR)
USB2000	1.5 nm	350-1000 nm (Vis-NIR)
HR4000	0.75 nm	200-1100 nm (UV-Vis-NIR)

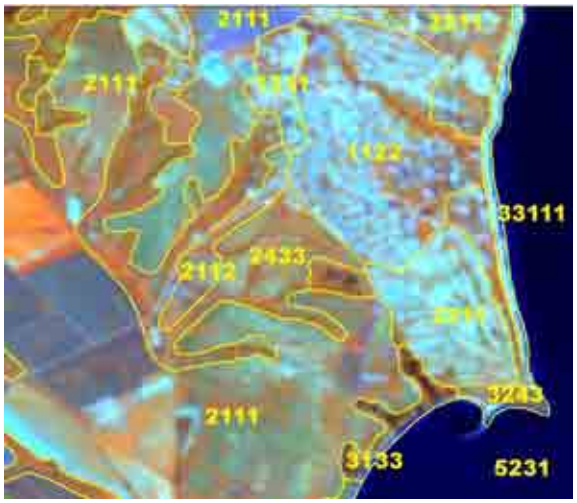
- Imaging Spectrometer:

Model	Resolution FWHM	Wavelength Range
Hyperspec VNIR Imaging Spectrometer	3.8 nm	380-1000 (Vis-NIR)

- Automated field network with distributed parameters for environmental data collection.

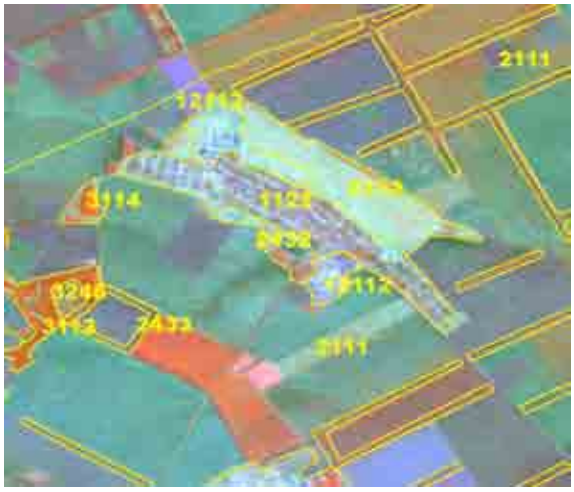
At the same time, the use of a multisensor Earth observation system also introduces multisource, multispectral and multispatial, multitemporal (multidimensional) differences in the obtained data and thus generates a series of tasks that must be solved. Integration and sharing of data (data fusion) from multiple sensor systems will require data to be co-registered and geometrically and radiometrically corrected. Fusion method could be performed at the signal, pixel, and feature or decision level of representation [9–11]. One of the most common applications is for image pixel-based fusion, which increase the spatial resolution of an image. The most frequent use of this approach is pansharpening when a high-resolution panchromatic image is fused with a lower resolution multispectral image (multisensor image fusion). Images with improved detail in false colours are generated Black Sea coastal zone are shown in the Fig. 2 [12].

- multisensor images:



Landsat 7 fragment with improved detail - vineyard with blurred texture in the image (2211)

Picture of the same plot of field inspection - establishment of vineyards southeast of Byala



Landsat 7 fragment with improved detail (12112)

Photo of the same field inspection area in Sokolovo

Fig. 2. Fragments of Landsat 7 images with outlined boundaries of grades 4th and 5th level and field photos from the Bulgarian Black Sea coastal zone 11 [12]

- multisensor multispectral data:

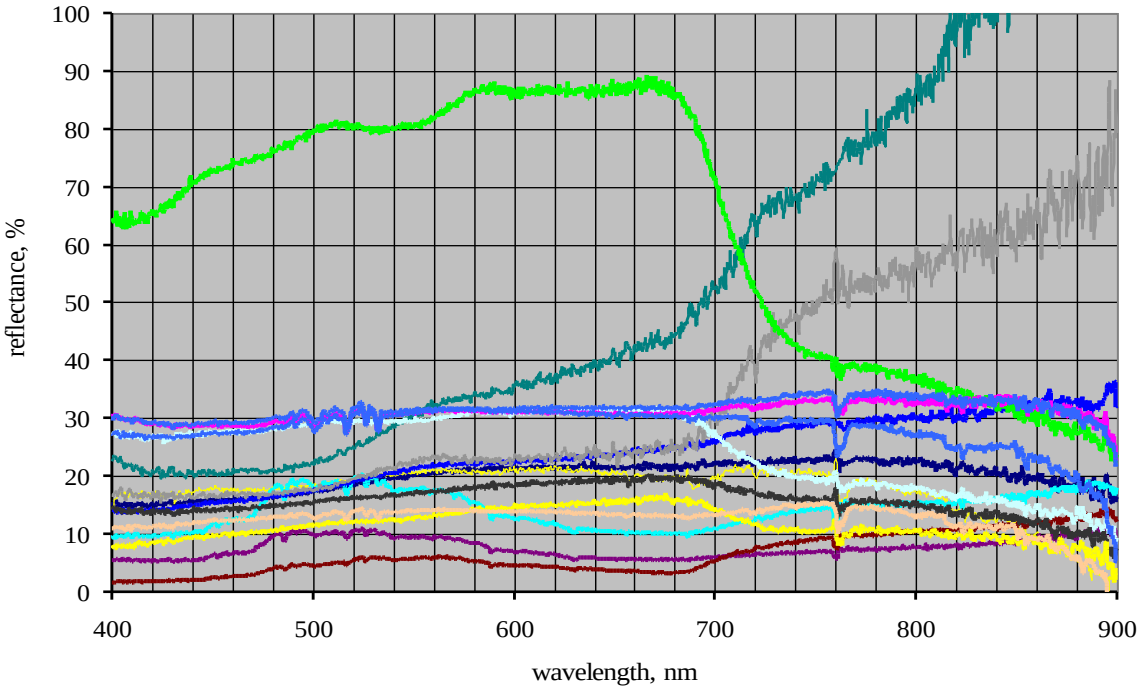


Fig. 3. Spectral data from terrain measurements using Thematically Oriented Multichannel Spectrometer of pure granites (5–30 %) and granites covered by soils and lichens (20–90 %) in the region of Sredna gora Mountains

- multisensor multitemporal data:

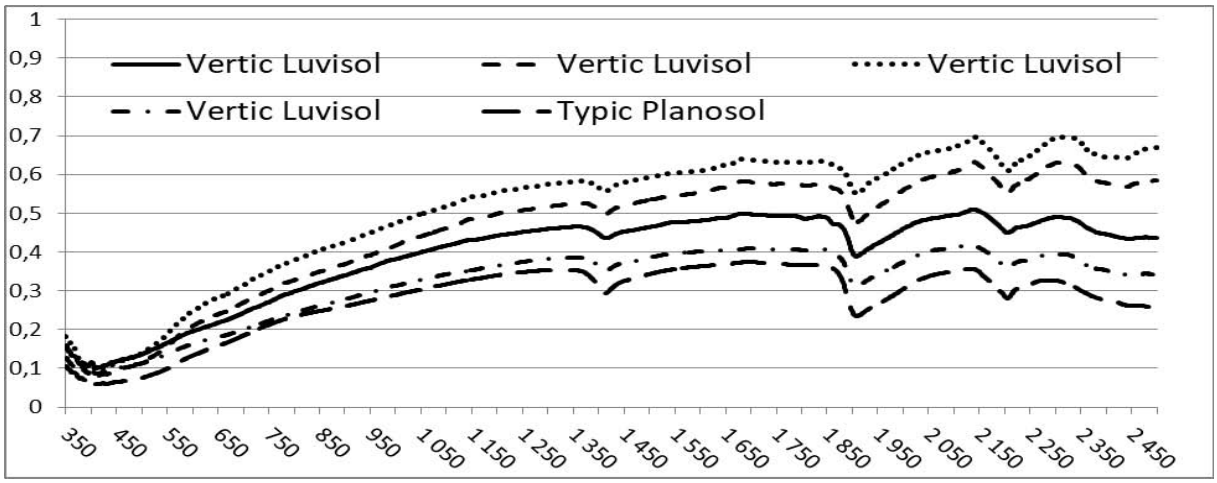


Fig. 4. Spectral reflectance of five types of studied soils

Table 2. Spectral data - in situ measurements: carbon content, organic matter, clay, sediment, sand and pH in water

OC	OM	CaCO3	Clay_Fraction	Silt_Fraction	Sand_Fraction	pH_H2O
0.28	0.48272	NA	44.1	19.3	36.5	4.3
1.5	2.586	NA	46.8	36.2	17	6.1
1.32	2.27568	NA	57	21.9	21.06	6.5
1.15	1.9826	NA	58.7	19.2	22	6.9
1.05	1.8102	NA	50.1	33.3	16.5	5.7

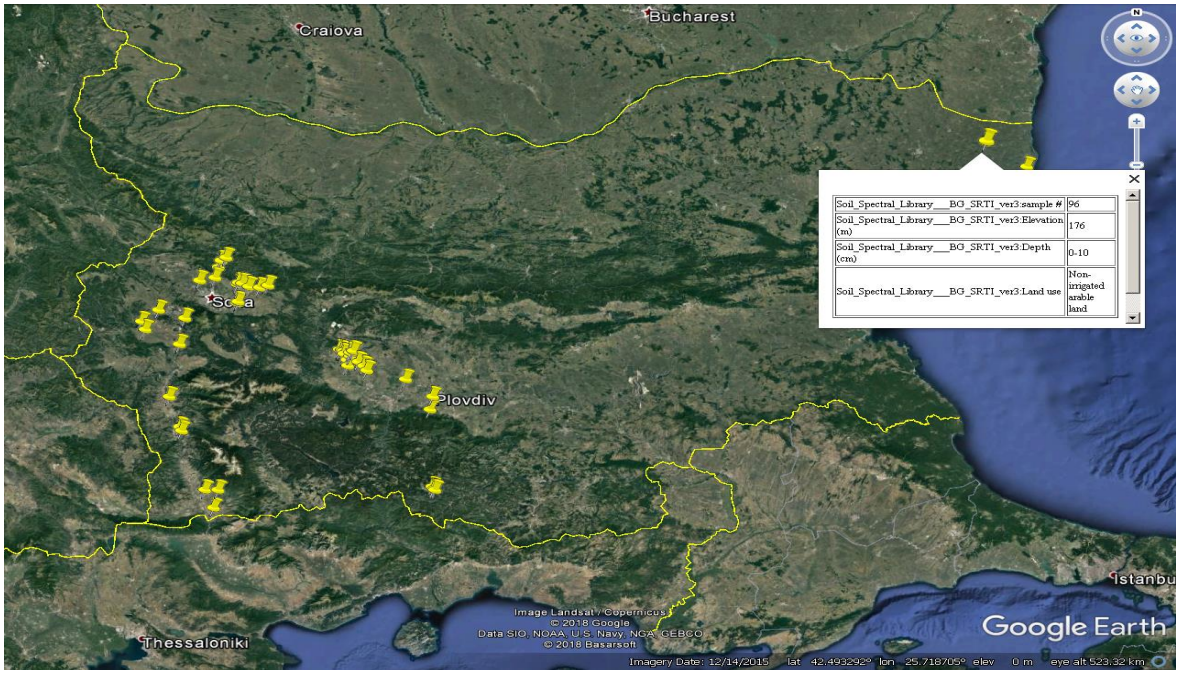


Fig. 5. Sampling sites for soil samples

- multitemporal image:

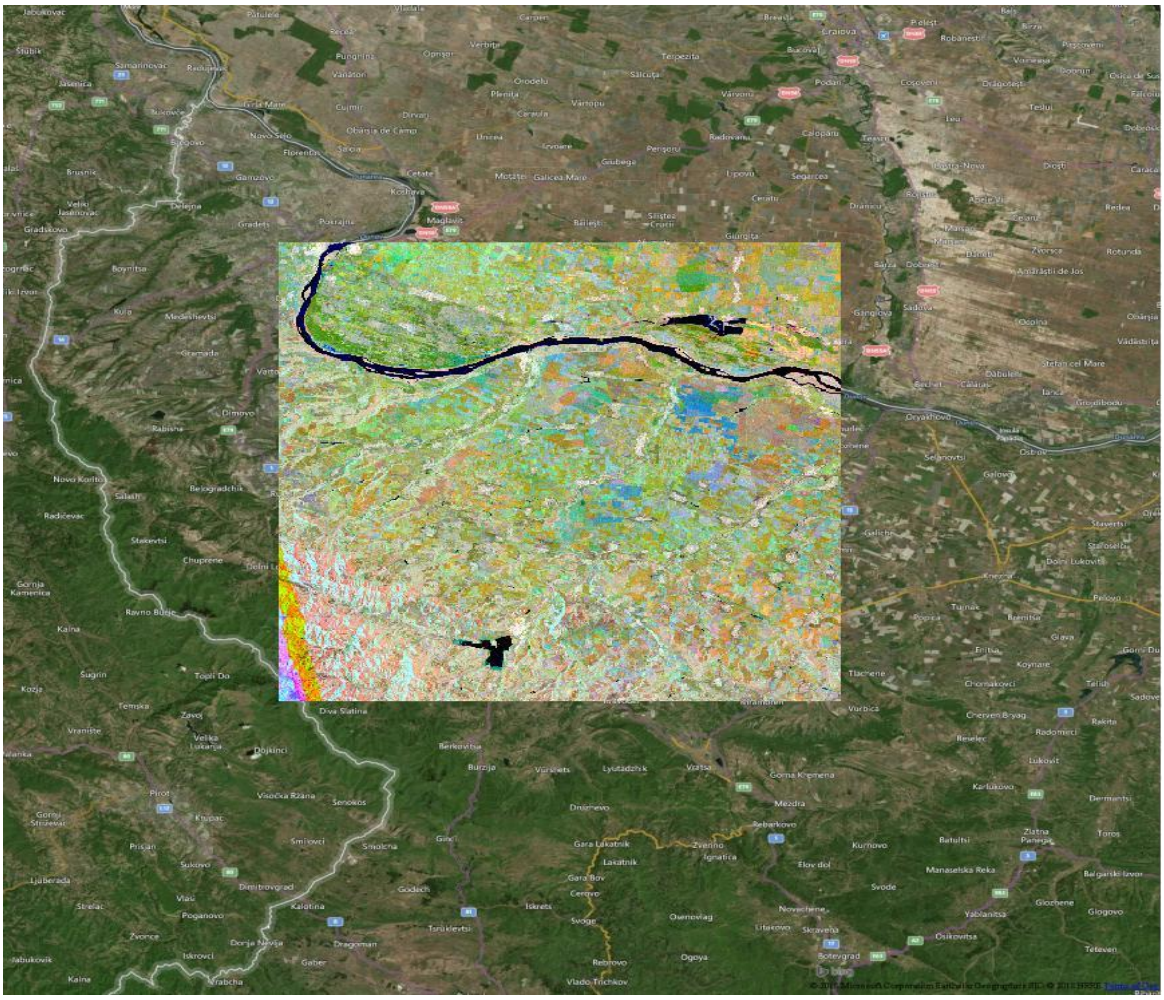


Fig. 6. Four-channel composite image of part of northwest Bulgaria composed of SAR images for four different months for years 2016 and 2017

Conclusions

Multisensor Earth observation systems allows the integration of data from multiple sensor systems and their fusion into the processing system, which improves the accuracy of the object's classification in the images.

Multisensor systems incorporating local Earth monitoring systems provide a prerequisite for obtaining timely and accurate thematic information for users that may be critical for practical application.

References:

1. European Space Agency (ESA). https://earth.esa.int/web/sentinel/missions; jsessionid= C48FE57E3D7CA7A11BD3658AAE9C1223.jvm1
2. Kaufmann, H.; Segl, K.; Guanter, L.; Chabrillat, S.; Hofer, S.; Bach, H.; Hostert, P.; Mueller, A.; Chlebek, C. Review of EnMAP Scientific Potential and Preparation Phase. In Proceedings of the 6th EARSeL SIG ISWorkshop, Tel Aviv, Israel, 16–19 March 2009; pp. 1–5.
3. Lu, P.; Wang, L.; Niu, Z.; Li, L.; Zhang, W. Prediction of Soil Properties Using Laboratory VIS-NIR Spectroscopy and Hyperion Imagery. J. Geochem. Explor. 2013, 132, pp. 26–33.
4. Itten, K I; Dell'Endice, F; Hueni, A; Kneubühler, M; Schläpfer, D; Odermatt, D; Seidel, F; Huber, S; Schopfer, J; Kellenberger, T; Bühler, Y; D'Odorico, P; Nieke, J; Alberti, E; Meuleman, K (2008). APEX - the hyperspectral ESA Airborne Prism Experiment. Sensors, 8(10): 6235 - 6259.
5. Slater, Ph. N., Remote Sensing. Optics and Optical Systems. Addison-Wesley Publishing Company, London, 1980.
6. Atanassov, V., L. Kraleva, G. Jelev. Noise and uncertainties in remote sensing spectrometric measurements. Third Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS'2007", 27-29 June 2007, Varna, Bulgaria. Conference Proceedings, pp. 174–178. (in bulg.)
7. Atanassov, V., G. Jelev, L. Kraleva. Measurement equation in spectrometric systems. Third Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS'2007", 27–29 June 2007, Varna, Bulgaria. Conference Proceedings, pp. 170–173. (in bulg.)
8. Atanassov V., D. Borisova, D. Petkov, V. Dimitrov, H. Nikolov, G. Georgiev, H. Vasileva, M. Goranova. 2018. Multisensor Earth observation systems: data fusion. SPIE Remote Sensing, 10-13 September 2018, Berlin, Germany, SPIE, (in print), SJR:0.228
9. Solberg, A. H. S. Data fusion for remote sensing applications. https://folk.uio.no/inf5300/2008 /datafusion_paper.pdf
10. [10]. Perko R., Computer Vision For Large Format Digital Aerial Cameras, Dissertation, Graz University of Technology, 2004.
11. Zhang, Y. (2004). Understanding image fusion. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 70(6): 657–661.
12. CORINE LAND COVER 2000 IN BULGARIA, Final Report, Prepared by A. Stoimenov, BExEA, 2004

ТЕМАТИЧНИ СПЕКТРАЛНИ ДАННИ ОТ СИСТЕМИ ЗА ДИСТАНЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Деница Борисова, Маргарита Горанова

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

Ключови думи: *системи за дистанционни изследвания, тематични спектрални данни, спектрални библиотеки*

Резюме: *При наблюденията на Земята системите за дистанционните изследвания имат широко приложение. Получаваните данни съдържат различна информация, която се интерпретира тематично. За повишаване на точността при интерпретация на данните от дистанционните изследвания на изучаваните обекти се изисква провеждането на наземни измервания за получаване на еталонни спектрални данни. За целта се провеждат лабораторни дистанционни спектрометрични измервания, които осигуряват значителна част от тематичните спектрални данни за интерпретиране на изображения с различна пространствена разделителна способност. В тази връзка се разработват бази от данни, наричани спектрални библиотеки. Включването на данни от различни експерименти в достъпна референтна спектрална библиотека гарантира тяхната продължителна експлоатация, осигурява основа за тяхната качествена оценка и позволява получените данни да се обменят между специалисти от различни научни и приложни области.*

THEMATIC SPECTRAL DATA THROUGH REMOTE SENSING SYSTEMS

Denitsa Borisova, Margarita Goranova

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

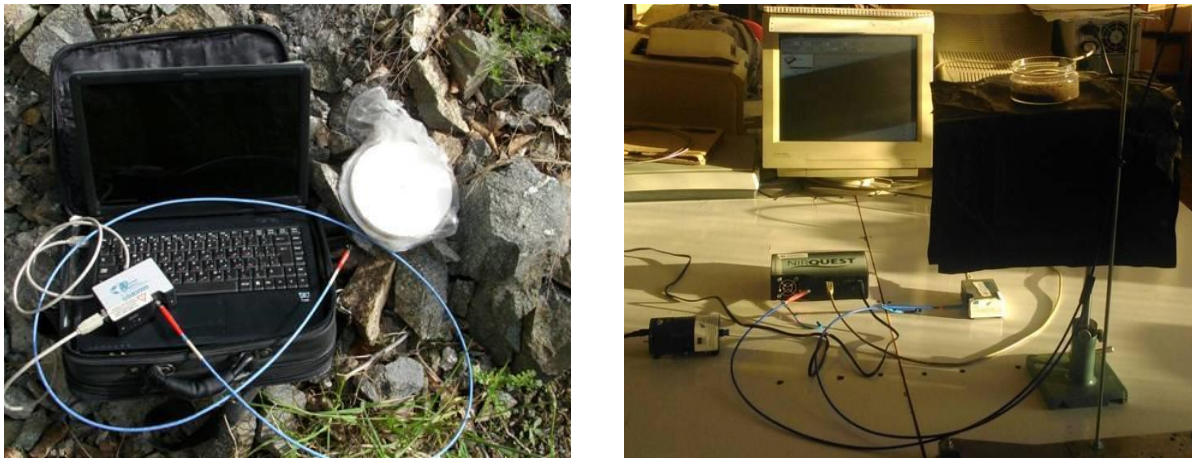
Keywords: *remote sensing systems, thematic spectral data, spectral libraries*

Abstract: *In Earth observations remote sensing systems are regularly used. Increasing the interpretation accuracy of remotely sensed data of the studied subjects requires performing measurements of reference spectral data. Laboratory remote sensing spectrometric measurements provide a significant part of the spectral data for interpreting spectral images with different spatial resolution. The obtained data are used for creating spectral libraries. Including data from different experiments in an accessible reference spectral library promises their continued exploitation, provides a basis for their qualitative assessment and allows the data to be exchanged between specialists from different scientific and applied areas.*

Спектрометрични системи за дистанционни изследвания

Спектрометричните измервания за получаване на тематични спектрални данни се провеждат в лабораторни и теренни условия със спектрометрични системи за дистанционни изследвания (спектрометри). Авторите използват спектрометри, които работят в дължини на вълните, обхващащи спектралните диапазони от видимата /VIS/ до късовълната инфрачервена /SWIR/. В планираните тематични измервания ще се използват две различни спектрометрични системи за измерване на спектрите и получаване на тематични спектрални данни, които да бъдат включени в база от данни или т.нар. спектрална библиотека. Това са: (1) тематично ориентиран многоканален спектрометър (TOMS), с работен спектрален диапазон от 0,4 до 0,9 μm и (2) спектрометър NIRQuest с висока разделителна способност, с работен диапазон от 0,9 до 2,5 μm. Спектрометричните измервания на образци от минерали, скали, почви, растителност, води могат да се извършват в лабораторни условия и, при които е възможно, в

теренни условия. В някои случаи пробите могат да бъдат допълнително пречистени, така че уникалните спектрални данни и характеристики на изследваните обекти да могат да бъдат свързани с тяхната типична структура или характерни параметри.



Фиг. 1. Спектрометрични системи за дистанционни изследвания: (а) TOMS; (б) NIRQuest

Спектрометричната система TOMS (Фиг. 1а) е проектиран и асемблиран в секция “Системи за дистанционни изследвания” в Института за космически изследвания и технологии - БАН в сътрудничество с Алабамския държавен университет - САЩ [1]. В състава на спектрометричната система за тематично ориентирани лабораторни, теренни и самолетни спектрометрични измервания TOMS влизат:

- VIS-NIR многоканален спектрометър;
- фиброоптика и оптични лещи;
- дигитална фотографска камера;
- бордова систева за контрол на данните – контрол на спектрометъра, външна памет и GPS (за наземни измервания);
- бордова захранваща система – сменяема литиева батерия;
- елементи за закрепване на спектрометричната система на борда;
- модул за предварителна обработка на спектрометричните данни;
- система за предаване на данните.

Технически характеристики на спектрометричната система:
Спектрален обхват - (400–900) nm
Брой спектрални канали - 128–64
Спектрална разделителна способност - (3–10) nm
Пространствена разделителна способност - (1–25) m^2.

Спектрометърът NIRQuest е съвременна иновационна разработка, която допринася за повишаване на квалификацията на специалистите в областта на Дистанционните изследвания на Земята и планетите чрез проекта „Информационен комплекс за аерокосмически мониторинг на околната среда”. Високопроизводителната оптична пейка, електрониката с нисък шум и различните опции за решетка правят NIRQuest Spectrometers най-добрият избор за модулно NIR-спектрометриране. Както при повечето разработки на фирмата, NIRQuest може да бъде персонализиран за специфично приложение с различни опции за решетка, процеп и огледало. NIRQuest е идеален за приложения, вариращи от анализиране на съдържанието на влага в храни и напитки до анализирането на следи от метали в отпадни води и характеризиране на лазери. NIRQuest с висока разделителна способност (Фиг. 1б) се използва при лабораторни спектрометрични измервания [2].

Тематични спектрални данни

Тематичните референтни спектрални данни са много важни при наблюденията на Земята и при планирането на бъдещите спътникови мисии. Дистанционните спектрометрични измервания в контролирани условия предоставят полезна информация за изследователски проучвания и анализи на данни от системи, разположени на аеро- и спътникови платформи. Анализът на получените лабораторни и теренни спектрални данни, както и от различни други платформи, изисква база, която се състои от спектрални данни за отделни добре описани

обекти на изследване. В тази връзка се разработват и създават бази от данни или спектрални библиотеки. В спектралните библиотеки всяка спектрална характеристика има описание, наречено също метаданни, асоциирано с получения спектър. Метаданните описват какво е измерено и могат да включват подробности за направените измервания и друга съпътстваща информация за естеството и състава на изследваните обекти. Въвежда се и допълнителна информация за проведените спектрометрични измервания.

В спектралната библиотека на Геоложката служба на САЩ /USGS/ е описана структурата на библиотеката, съдържаща основна информация за описание и картографиране на материали и се представят важни стандарти за оформление [3]. Спектралната библиотека USGS е най-голямата. Тя е свързана и с тематичните наблюдения на Земята и с планирането на спътниковите мисии. Като част от спектралната библиотека USGS и в същото време като независими тематични спектрални библиотеки са: Jet Propulsion Laboratory /JPL/ [4], Университета Джон Хопкинс (JHU) [5], Щатският университет на Аризона (ASU) [6, 7], проектите ASTER / ECOSTRESS [8], събират спектрални данни от лабораторни и полеви спектрометрични измервания. Библиотеките JPL и JHU съдържат отражателни спектри, библиотеката ASU съдържа излъчвателни спектри и библиотеката ASTER съдържа и двете. Друга спектрална библиотека за съхранение на спектрални данни и свързаните с това метаданни е базата със спектрални данни SPECCHIO [9].

Спектралната библиотека USGS съдържа информация във вид на тематични спектрални данни на минерали, скали, почви, растителност, води, материали и други. Въз основа на спецификата на изследвания обект е започнало създаването на тематично ориентирани спектрални библиотеки [10]. В областта на почвознанието са създадени и са в непрекъснато динамично развитие тематични спектрални библиотеки, включващи спектрални характеристики на почвите във връзка с техния компонентен и химически състав [11–15]. За изучаване на растителността се провеждат изследвания, използващи спектрални измервания и допълнителна специфична информация за растителния тип, фенологията, съдържанието на хлорофил и т.н., които се включват в тематични спектрални библиотеки с постоянно активно развитие [16, 17]. При изследването на водите също се създават и използват тематични спектрални библиотеки [18, 19].

Тематичните спектрални библиотеки имат значително приложение при комбинирането на получените наземни спектрални данни, специфичните свойства на изследваните обекти и спектралните данни от дистанционните изследвания [20]. Използването на спектралните библиотеки при различните методи за обработка и интерпретация на спектрални данни се прилага по-често [12, 13, 16, 17, 19, 21].

Заключение

Авторите на това изследване целят да проучат възможностите на тематичните спектрални данни от различни системи за дистанционни изследвания за по-добро интерпретиране на изображения с различна пространствена разделителна способност от територията на България. Също така планират да съберат в спектрална библиотека спектрални данни като се базират на опита от предишни експерименти [22–25] и като проведат нови спектрометрични измервания и дистанционни изследвания за създаване на тематична спектрална библиотека.

Включването на данни от различни експерименти в достъпна спектрална библиотека ще гарантира тяхната продължителна експлоатация, което осигурява база за тяхната качествена оценка и им позволява да бъдат обменяни между специалисти от различни научни и приложни науки. Затова е необходимо допълването на спектралните библиотеки за кратки периоди в зависимост от предмета на изследването.

Литература:

1. Petkov, D., Nikolov, H., Georgiev, G., 2005, “Thematically Oriented Multichannel Spectrometer (TOMS),” Aerospace Research in Bulgaria, vol. 20, pp. 51–54.
2. https://oceanoptics.com/wp-content/uploads/OEM-Data-Sheet-NIRQuest.pdf, (accessed 1 October 2018).
3. Kokaly, R., Clark, R., Swayze, G., Livo, K., Hoefen, T., Pearson, N.., Wise, R., Benzel, W., Lowers, H., Driscoll, R., and Klein, A., 2017, “USGS Spectral Library Version 7: U.S. Geological Survey Data Series 1035”, 61.
4. JPL, https://speclib.jpl.nasa.gov/documents/jpl_desc, (accessed 1 October 2018).
5. JHU, https://speclib.jpl.nasa.gov/documents/jhu_desc, (accessed 1 October 2018).
6. ASU-TES, http://tes.asu.edu/spectral/library/index.html, (accessed 1 October 2018).
7. ASU, http://speclib.asu.edu/, (accessed 1 October 2018).
8. ASTER, https://speclib.jpl.nasa.gov/, (accessed 1 October 2018).

9. Hueni, A., Malthus, T., Kneubuehler, M., and Schaepman, M., 2011, “Data exchange between distributed spectral databases”, Computers & Geosciences, vol. 37(7), pp. 861–873.
10. Ruby, J., and Fischer, R., 2002, “Spectral signatures database for remote sensing applications”, Proc. SPIE 4816, pp. 156–63.
11. Shepherd, K.D. and Walsh, M.G., 2002, “Development of reflectance spectral libraries for characterization of soil properties”, Soil Science Society of America Journal, vol. 66(3), pp. 988–-998.
12. Rivard, B., Feng, J., Gallie, A. and Sanchez-Azofeifa, A., 2008, “Continuous wavelets for the improved use of spectral libraries and hyperspectral data”, Remote Sensing of Environment, vol. 112(6), pp. 2850-2862.
13. Terra, F.S., Demattê, J.A.M. and Viscarra Rossel, R.A., 2015, “Spectral libraries for quantitative analyses of tropical Brazilian soils: Comparing vis–NIR and mid-IR reflectance data”, Geoderma, vol. 255–256, pp. 81–93.
14. Viscarra Rossel, R.A., Behrens, T., Ben-Dor, E., Brown, D.J., Demattê, J.A.M., Shepherd K.D., Shi, Z., Stenberg, B., Stevens, A., Adamchuk, V., Aïchi, H., Barthès, B.G., Bartholomeus, H.M., Bayer, A.D., Bernoux, M., Böttcher, K., Brodský, L., Du, C.W., Chappell, A., Fouad, Y., Genot, V., Gomez, C., Grunwald, S., Gubler, A., Guerrero, C., Hedley, C.B., Knadel, M., Morrás, H.J.M., Nocita, M., Ramirez-Lopez, L., Roudier, P., Rufasto Campos, E.M., Sanborn, P., Sellitto, V.M., Sudduth, K.A., Rawlins, B.G., Walter, C., Winowiecki, L.A., Hong, S.Y. and Ji, W., 2016, “A global spectral library to characterize the world's soil”, Earth-Science Reviews, 155, pp. 198–230.
15. ICRAF-ISRIC, http://www.worldagroforestry.org/sites/default/files/Description_ICRAF-ISRIC%20Soil%20VNIR%20Spectral%20Library.pdf, (accessed 1 October 2018).
16. Clark, M.L., 2017, “Comparison of simulated hyperspectral HyspIRI and multispectral Landsat 8 and Sentinel-2 imagery for multi-seasonal, regional land-cover mapping”, Remote Sensing of Environment, 200, pp. 311–325.
17. Dudley, K., Dennison, P., Roth, K., Roberts, D., and Coates, A., 2015, “A multi-temporal spectral library approach for mapping vegetation species across spatial and temporal phenological gradients”, Remote Sensing of Environment, vol. 167, pp. 121–134.
18. Fang, L., Chen, S., Zhou, X., Liao, S., and Chen, L., 2009, “A web-based spectrum library for remote sensing applications of Poyang lake wetland” Geographic Information Sciences, vol. 13(1–2), pp. 3-9.
19. Jay, S., Guillaume, M., Minghelli, A., Deville, Y., Chami, M., Lafrance, B., and Serfaty, V., 2017, “Hyperspectral remote sensing of shallow waters: Considering environmental noise and bottom intra-class variability for modeling and inversion of water reflectance”, Remote Sensing of Environment, vol. 200, pp. 352–367.
20. Tits, L., Somers, B., Stuckens, J., Farifteh, J., and Coppin, P., 2013, “Integration of in situ measured soil status and remotely sensed hyperspectral data to improve plant production system monitoring: Concept, perspectives and limitations”, Remote Sensing of Environment, vol. 128, pp. 197–211.
21. Xu, X., Li, J., Wu, C., and Plaza, A., 2018, “Regional clustering-based spatial preprocessing for hyperspectral unmixing”, Remote Sensing of Environment, vol. 204, pp. 333–346.
22. Kancheva, R., 1999, “State assessment of the soil-vegetation system using spectrometric data”, PhD thesis, p. 142.
23. Stoimenov, A., Koleva, R., Dimitrov, V., Tepeliev, Y., Lubenov, T., and Kroumova, J., 2014, “Satellite mapping of Bulgarian land cover – CORINE 2012 project”, Forestry ideas, vol. 20(2), pp. 189–196.
24. Borisova, D., Petkov, D., 2014, “Analysis of spectrometric optical data from different devices”, Proc. SPIE 9245, pp. 92450B-1-92450B-7.
25. Borisova, D., 2015, Study of spectral reflectance characteristics of rocks PhD thesis, p. 105.

S E S 2 0 1 8
Fourteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
7 – 9 November 2018, Sofia, Bulgaria

ОБЗОР НА ТЕМПЕРАТУРНИТЕ АНОМАЛИИ НА ПОВЪРХНОСТТА НА ЧЕРНО МОРЕ В ПЕРИОДА 1988 – 1999 ГОДИНИ

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 Черно море за периода 1988–1999 години. Изследването се основава на ежедневни сателитни данни за температурни зони. Разглеждат се някои особености на краткосрочните аномалии на повърхността. Определени са обективните параметри на тези аномалии.*

SUMMARY OF THE TEMPERATURE ANOMALIES OF THE BLACK SEA SURFACE IN THE PERIOD OF 1988 TO 1999 YEARS

Angel Manev

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

Key words*: temperature, anomaly, satellite, Black Sea,*

Abstract*: This article explores the short-term temperature anomalies of the Black Sea sea surface for the period 1988–1999 years. The study is based on daily satellite data for temperature zones. Some features of short-term surface anomalies are considered. The objective parameters of these anomalies are defined.*

Въведение

На повърхността на Земята водата играе ролята на акумулатор на топлина, доколкото тя поглъща инфрачервената радиация от Слънцето, загрява се и участва в процесите на изпарение и кондензация. Над големите сухи зони това влияние е притъпено. Затова там се наблюдават най-големите денонощни температурни амплитуди а в океанските райони се регистрират най-малки температурни изменения. Океанът е голям температурен резервоар в сравнение със сушата и акумулира и съхранява големи количества топлина, като по този начин отслабва годишните колебания на температурата. Постъпващата от Слънцето инфрачервена радиация взаимодейства с атмосферата, облаците и повърхността на Земята. Измененията на температурните полета на повърхността на морето са тясно свързани с енергетиката на системата Слънце-Атмосфера-Океан. Енергията се пренася по посока от Екватора към полюсите от ветровете и океанските течения, които определят и различното нагряване на земната повърхност. Динамичните процеси в атмосферата и океана екранират прякото въздействие на Слънцето, геомагнитната и сеизмична дейности. Поради това за изучаването на Слънчево-Земните въздействия, за изследвани динамиката на озоновия слой и други „частни" научни проблеми, свързани с енергетиката на системата Слънце- Земя е необходима да се използва водени басейни, който да отговарят на условия при които се намаля до максимална степен влиянието на земните въздушни и океански динамични въздействия. Подходящи са затворени, достатъчно големи басейни в които влиянието на сточтите води и теченията са минимални.

Кратковременните температурни аномалии на повърхността на Черно море представляват интерес за много области на човешката дейност. Регистрацията им е в основата

на динамичното моделиране на конвекционните процеси и в дълбочина. Този тип аномалии са важен параметър и за анализите на взаимодействие на атмосферата с морската повърхност. Те са и в основата на резките изменения на радиационния режим на повърхността. В същото време проблемът с генерацията на краткотрайните температурни аномалии на повърхността на океана и моретата не е изучен до край и се нуждае от натрупването на още характеристични данни във времето с достатъчна пространствена широко обхватност. Съществуват редица методики за непосредствени измервания на температурата на повърхността на морето като единствено дистанционните спътникови измервания дават необходимата оперативност и широкообхватност на наблюдаваните части от земнаа повърхност.

Черно море е много удобен полигон за тестване на моделите на взаимодействие на атмосферата с морето. Морето е затворено и няма големи водни течения, които да пренасят водни маси от далечни зони, където атмосферните условия са силно изменени. Басейнът е безотточен и достатъчно голям за да се наблюдават отчетливо сезонните изменения на хидроложките параметри. Източно-западната протяжност на Черно море го прави удобно за анализ на метеорологичните процеси свързани с въртенето на Земята. Черно море е много удобно за полигони при анализа на Слънчево-Земните въздействия.

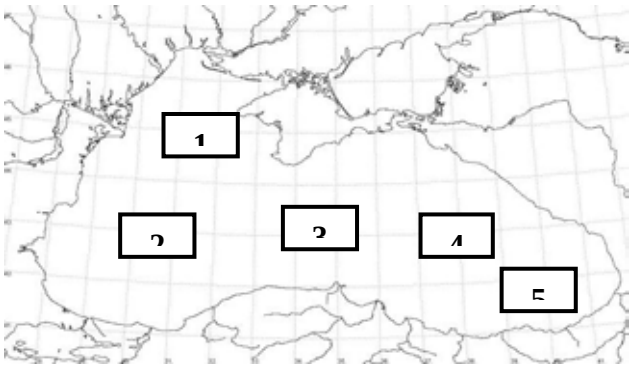
Експериментален анализ

При настоящото изследване са използвани данни за температурата на повърхността на морето от спътниковите платформи на NOAA (Национална администрация по атмосфера и океани) на САЩ [1]. Спътниковата система включва няколко оперативни, полярни спътника, оборудвани с еднотипна апаратура, които летят на близки орбити. Темературните 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. Данните от тази карта са достъпни в електронен вид на сървъра на NOAA. В настоящото изследване са използвани данните за ежедневния ход на повърхностните температури в продължение на 11 години за периода 1989–1999 г. Точността, с която са построени картите е 0.3 ^{0}C.

За съжаление съществуват множество причини, които влияят на точността на възстановяване на температурните полета при дистанционните наблюдения. Това налага като първа задача да се уточни методиката на възстановяване на полетата по отдалечени във времето данни и след това да се доказва статистическата достоверност на наблюдавани закономерности и аномалии. В предишни изследвания [2] е описана методика за възстановяване на температурните полета на повърхността на Черно море. Така точността на температурните данни е доведена до 0.3–0.4 ^{0}C.

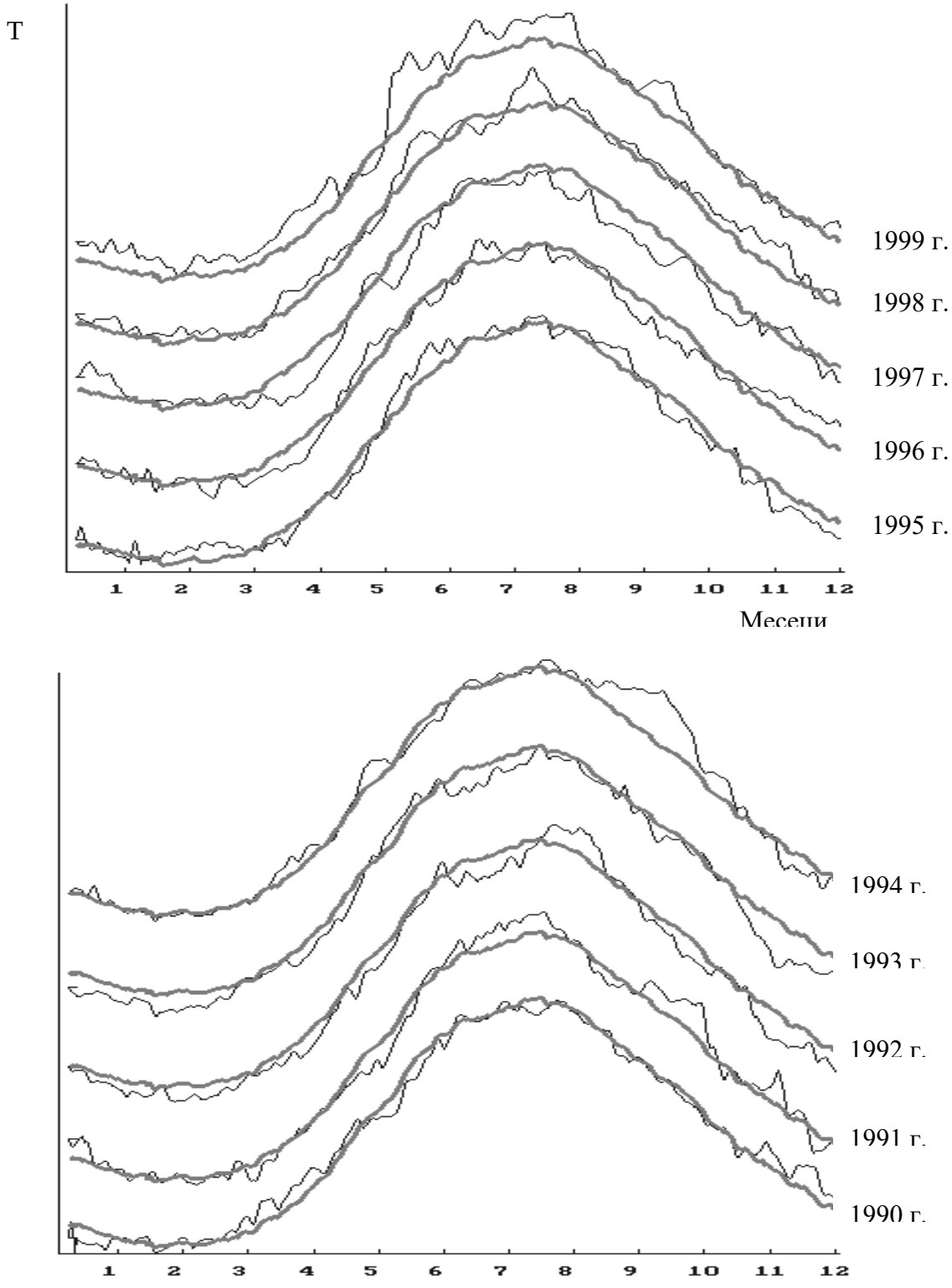
На повърхността на морето са определени пет характеристични зони, показани на фиг.1 с размери 117 x 117 km, чрез които се цели да се отчетат локалните особености на морето. Зоните бяха избрани с оглед приетото делене на физико-геофизично райониране. Размерът на зоните е достатъчно голям за да се намали 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.

Данните се обработват отделно за всяка зона и за цялата акватория на съответното море.



Фиг. 1

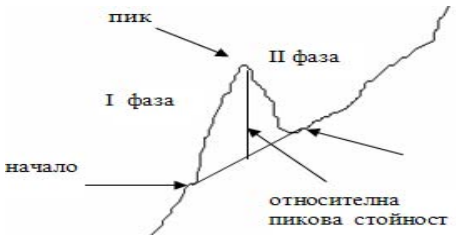
На фиг. 2 е показан годишния ход на температурата на цялата повърхност на морето през изследваните години. Плътната сива линия представлява осреднетата ежедневна температура за девет годишен период, като е изключена годината чийто графика е показана с тънка линия. От пръв поглед се вижда силно изразената сезонност на ежедневните температури, дължаща се на географската ширина на която се намира морето. Отчетливо се откроява по-големия пролетен градиент на нарастване и по-бавното изстиване на морето есенно време.



Фиг. 2

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.3 е показана една такава аномалия. Чрез интерактивна програмна система се определят началото и край на аномалията. След това автоматично 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.

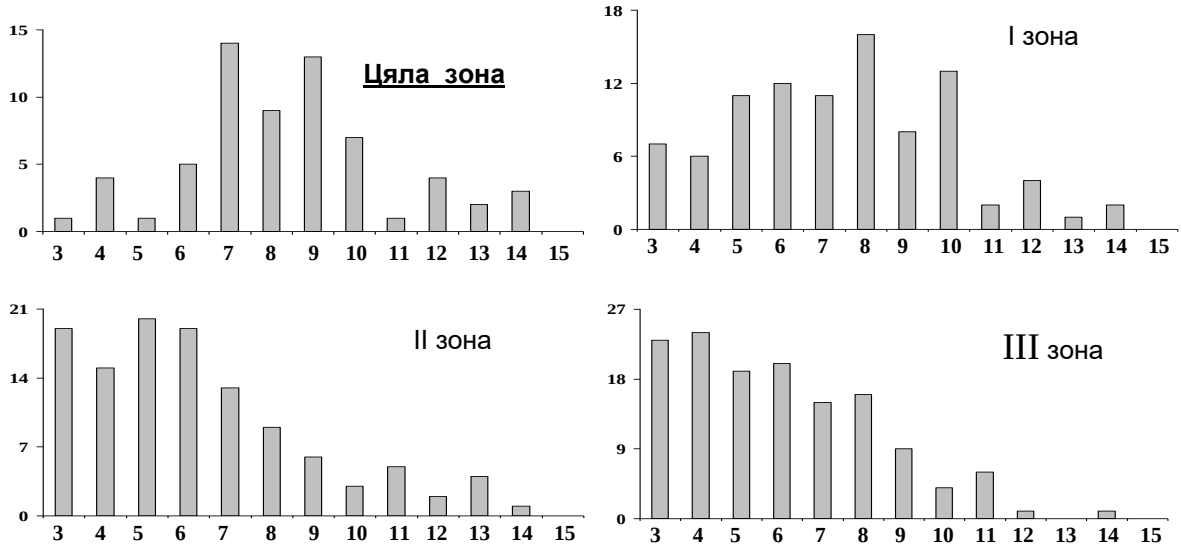


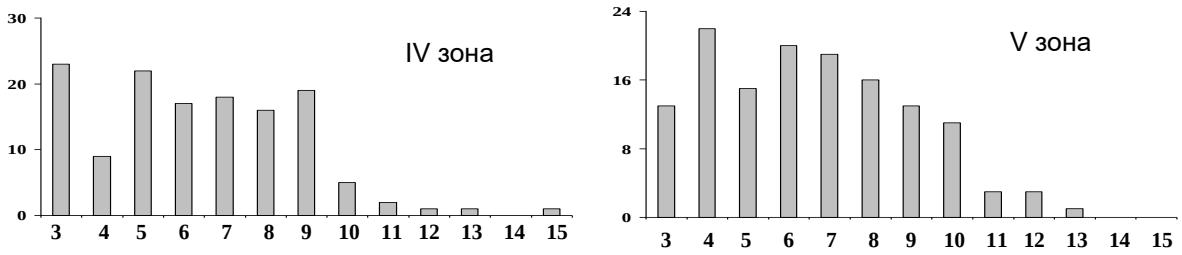
Фиг. 3

С времената на нарастване и спадане на температурата се пресмятат 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.

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.

Първият показател по който се селекционираха аномалиите бе тяхната продължителност. На Фиг. 4 са показани хистограмните разпределения на аномалиите според продължителността им. Времевите граници на определяне на Фиг. 3 са от 3 до 15 денонощия. По кратките от 3 денонощия аномалии е много трудно да бъдат идентифицирани и изискват прецизна индивидуална обработка. Наблюдаваха се и аномалии с продължителност от 16, 17 и 18 денонощия, но тяхната поява се оценява като епизодична и не се включва в анализа. Аномалии по-продължителни от 15 дни не се анализират защото се приема, че такива изменения са повече климатично обусловени отколкото предизвикани от особени, инцидентни геофизични или слънчево земни фактори. Продължителност в дни на общия брой аномалии за периода 1988–1999 е съответно: I зона - 96, II-зона -116, III-138, IV зона -129, V зона -136, 0 зона - 54. Под «0» зона се разбира цялата акватория на морето. От вида на разпределенията се приема за краткотрайна аномалията в границите 3–11 денонощия. Резултатите от анализа на всички аномалии по зони е показан в Таблица 1. Характерно за данните е, че при осредняването на параметрите на характеристичните зони и средните параметри за целия басейн има разлика. Това се дължи на ефекта на бреговите зони.





Фиг. 4

Таблица 1

Параметър	Зона	Стойност [º]	Стандартна грешка [º]
Продължителност на цялата аномалия [денонощие]	**0**	7.61	0.24
	1	6.79	0.23
	2	5.56	0.18
	3	5.65	0.18
	4	5.85	0.19
	5	6.28	0.19
Продължителност на I фаза [денонощие]	**0**	4.66	0.18
	1	3.89	0.17
	2	3.25	0.13
	3	3.48	0.13
	4	3.49	0.13
	5	3.69	0.13
Продължителност на II фаза [денонощие]	**0**	2.94	0.16
	1	2.89	0.17
	2	2.30	0.12
	3	2.16	0.11
	4	2.36	0.12
	5	2.59	1.12
Градиент на нарастване на I фаза [градус/денонощие]	**0**	0.87	0.07
	1	1.24	0.08
	2	1.12	0.06
	3	1.14	0.07
	4	1.17	0.06
	5	1.20	0.06
Градиент на спадане на на II фаза [градус/денонощие]	**0**	0.37	0.02
	1	0.59	0.03
	2	0.61	0.03
	3	0.57	0.03
	4	0.58	0.03
	5	0.54	0.03
Относителна пикова стойност [градус]	**0**	0.83	0.05
	1	1.11	0.04
	2	1.01	0.04
	3	0.97	0.04
	4	1.01	0.04
	5	1.03	0.04
Начало на аномалията [ден]	**0**	194.2	6.33
	1	195.3	4.61
	2	197.1	4.06
	3	194.9	4.14
	4	196.5	4.23
	5	200.4	4.49

Средната продължителност на кратковременните аномалии на Черно море е 6.03 денонощия. Продължителността на първата, нарастващата фаза, е с повече от половин денонощие по-дълга от тази на втората фаза. Зад тази асиметрия е прикрит фактът, че аномалиите през пролетта за Черно море са 39 % от всички аномалии а тези през есента са само 20 % . Аномалиите през пролетта се характеризират с по-дълга първа фаза, докато през есента изстиването на водата след пик на аномалия е по-продължително. Такава асиметрия се забелязва при градиентите на нагряване и охлаждане. Градиентът на нарастване на температурата е 1.17 ^{0}C а градиентът на спадане – 0.58 ^{0}C на денонощие

При нагряването на водата температурата расте с по-голяма скорост от колкото изстива след пика на температурната аномалия, или водата много по-бързо се загрява отколкото изстива. Относителната пикова стойност се изменя в граници 0.87–1.85 ^{0}C и предвид максималната грешка в определянето на температурата (0.5 ^{0}C) ,това гарантира достоверността на определените аномалии. Стойностите на параметрите за цялата акватория се различават от средните за зоните поради влиянието на бреговата зона, което влияние е изключено в самите зони поради отдалечеността им от брега. Относителната пикова стойност – 1.03 ^{0}C. Всички параметри на аномалиите са чувствително по-големи като стойности от точността с която работи AVHRR.

Интересен е параметърът “Начало на аномалията”. Пресметнатата стойност от 190 дни за Черно море означава, че вероятността за възникване на аномалия около 190-ти ден е най-голяма. Или в периода от 4.06 до 16.06 най-често възникват атмосферни условия, които водят до резки загрявания на повърхността. Това са указания за времето през което е най-добре да се провеждат корабни експедиции за контактно измерване на температурата на повърхността на Черно море с цел изследване на динамиката на повърхнините аномалии.

Температурните аномалии на сравнително големи площи на повърхността на морето не се изменят рязко и с големи амплитуди. Този характер на аномалиите позволява обективно да се анализират параметрите им и да се съпоставят с други физически параметри над морските акватории.

Описаните кратковременни температурни аномалии са много подходящи за изследване на влиянието на Слънчевата активност върху топлинните процеси на Земята. Възможно е да се изясни и генерацията на аномалиите, свързана с геомагнитната активност, с динамиката на дебелината на озоновия слой, с движенията на тропоаузата, и с процесите на Глобалното затопляне на Земята.

Литература:

1. NOAA/NASA AVHRR Oceans Pathfinder, Sea Surface Temperature Data Set, User's Reference Manual, Version 4.1, February 23, 1998.
2. Manev, A., Ivanov V., Raykov S.,Recovery of surface temperature fields of the Black Sea data from operational satellite observations, "Jubilee scientific session 2001" 40 years since the first flight of man in space ", 12–13 April 2001, city, Lower Bishopric, Sb. dokl. Vol. II, pp. 186–191.

SEMIAUTOMATIC RETRIEVAL OF BIOMASS BASED ON VEGETATION INDEX OPTIMIZATION AND MACHINE LEARNING METHODS FOR WINTER RAPESEED CROPS

Dessislava Ganeva

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

***Keywords**: biophysical parameters retrieval, biomass, rapeseed, empirical regression models, machine learning methods*

***Abstract**: In order to evaluate crop condition, remote sensing technics together with regression models or machine learning regression algorithms (MLRA) are usually used. Historically Vegetation Indexes (VI) are employed coupled with regression models, and more recently MLRA are used, to estimate a given biophysical parameter. For the evaluation of fresh and dry biomass from winter rapeseed crop, the Automated Radiative Transfer Models Operator (ARTMO) package with Sentinel-2 images and ground data are used. The sampled pixels from Sentinel-2 images are evaluated as a single pixel and as averaged with the 8 closest. In order to better detect bare soil, samples from bare soil were included.*

The preliminary results show that the bare soil samples add to the determination power of the models and single pixel models give better results than the averaged pixels.

Although the MLRA and the regression models with VI have similar goodness-of-fit measures (i.e. MAE, RMSE, NRMSE, R^2), the resulting image of estimated fresh and dry biomass are better fitted for MLRA and almost not fitted with the regression models with VI. Because of the difficulties to interpret the results of those methods, of particular interest could become the MLRA that include uncertainty estimation, as the Gaussian Progress Regression Algorithm.

This approach allows a quick and broad view of the relation between remote sensed and ground data. As well as identify locally related correlations between the remote sensing and biophysical parameters.

ПОЛУАВТОМАТИЧНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА БИОМАСА НА БАЗА НА ОПТИМИЗИРАНЕ НА ВЕГЕТАЦИОННИ ИНДЕКСИ И МЕТОДИ ЗА МАШИННО ОБУЧЕНИЕ НА ПОСЕВИ ОТ ЗИМНИ РАПИЦА

Десислава Ганева

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

***Ключови думи**: извличане на биофизични параметри, биомаса, рапица, емпирични регресионни модели, методи за машинно обучение*

***Резюме**: Дистанционните методи на наблюдение използват регресионни модели или алгоритми на машинно обучение (ММО) за оценка на състоянието на посеви. Исторически се използват вегетационни индекси (ВИ) заедно с регресионни модели, а все по-често се използват ММО, за да се оцени даден биофизичен параметър. За оценката на свежа и суха биомаса на зимна рапица се използва софтуерното приложение ARTMO заедно с изображения от Sentinel-2 и наземни данни. Измерените пиксели от изображения на Sentinel-2 се оценяват като единичен пиксел и като осреднени с 8-те най-близки. За да се моделир по-добре участъци от почва без растителност, бяха включени проби от гола почва.*

Предварителните резултати показват, че моделите с почвени проби подобряват резулта на моделите, атези с единичните пикселни дават по-добри резултати от осреднените пиксели.

Макар че ММО и регресионните модели с ВИ имат сходни параметри за грешка и сходство (MAE, RMSE, NRMSE, R^2), получените изображение на свежата и суха биомаса след прилагане на модела е по-добре изразено с ММО и почти не е с регресионни модели с ВИ. Поради трудностите при интерпретирането на резултатите от тези модели, от особен интерес може да се превърнат моделите, които включват оценка на сигурност, като Gaussian Regression Algorithm Progress.

Предложеният метод дава бърз и широк поглед върху връзката между наземните данните и тези от дистанционно наблюдение и земята. Освен това позволява да се идентифицират на локално ниво корелации между дистанционни наблюдения и биофизичните параметри.

Introduction

Part of the winter rapeseed crop monitoring consists in evaluation of the crop condition before and after winter. In this period the rapeseed crop develops its leaves and biomass. Therefore, quick and accurate retrieval of fresh or dry biomass is of importance for remote sensing monitoring of the winter rapeseed crops. This study presents biomass retrieval from Sentinel-2 images by parametric and non-parametric models

Materials and Method

Study area, description of the winter rapeseed fields and ground data

This study was carried out in East Danube plain in Bulgaria, over one growing season, from September 2017 to July 2018, on three mass fields sown with different hybrids of winter rapeseed, Fig. 1. The area is mostly flat, the soil has mainly sandy loam texture, the climate in this region is Moderate Continental with cold winters and hot summers (mean daily temperature 10.2 ºC), and an annual cumulative rainfall of 540 mm.

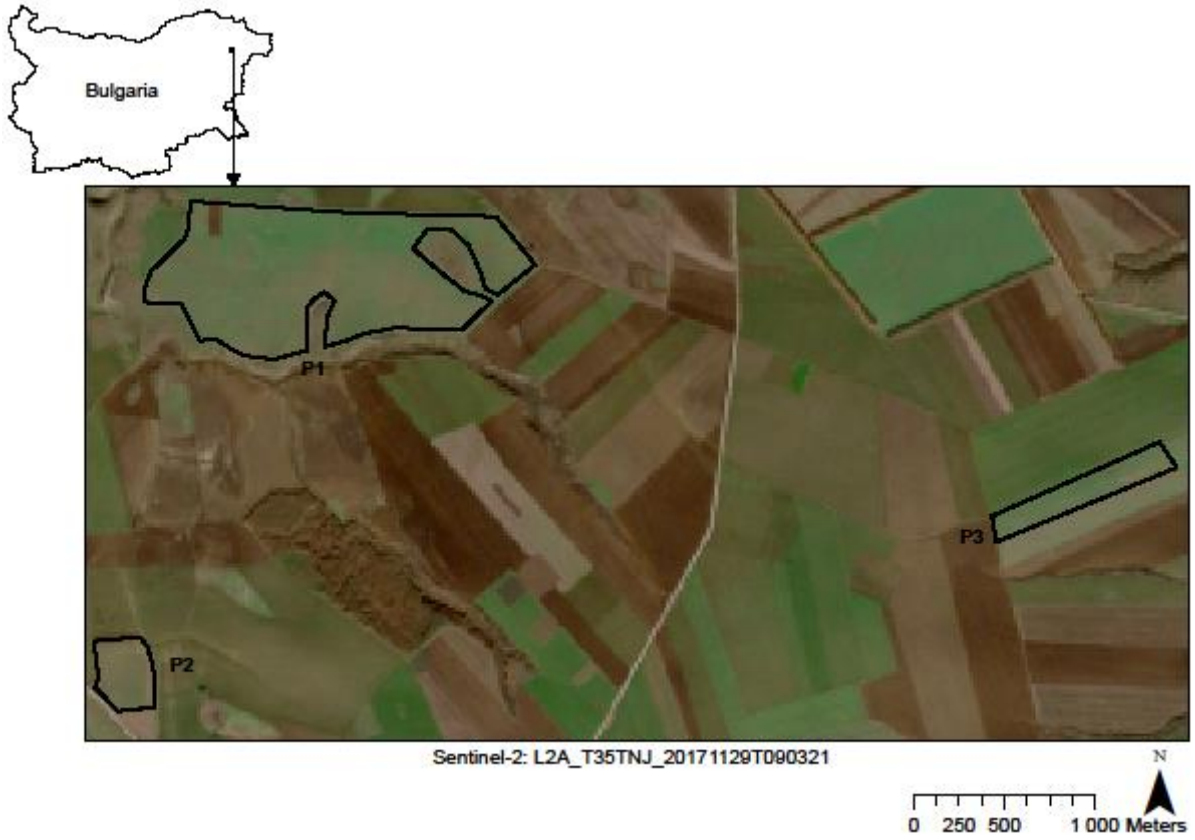


Fig. 1. Study area and winter rapeseed fields

Before the field campaign, the sample locations were identified. A literature review has shown a set of Vegetation Indices (VI) well correlated with important biophysical parameters for winter rapeseed, Table 1. Those indices were calculated for the studied rapeseed fields on the Sentinel-2 image from 12.11.2017, downloaded from Copernicus Data Open Hub in 2A product (https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home). The sample locations were positioned in order to capture as much as possible to heterogeneity of the fields in terms of biophysical parameters identified in Table 1 on the VI maps.

Table 1. Vegetation Indices used to position the location of the samples for the field campaign

Biophysical parameter	Vegetation Index	Formulation	Reference
AGB, biomass, number of plants per square meter after emergence	RVI (Ratio Vegetation Index)	NIR/Red	(Piekarczyk, Wójtowicz and Wójtowicz, 2006)
AGB, biomass	OSAVI (Optimized soil adjusted)	(1+L)(NIR-Red)/(NIR+Red+L) (L = 0.16)	(Han *et al.*, 2017)
LAI	SAVI (Soil adjusted vegetation index)	(1+L)(NIR-Red) / (NIR+Red+L) (L = 0.5)	(Hatfield and Prueger, 2010)
Canopy chlorophyll and nitrogen	CIredEdge	R783/R705−1	(Clevers and Gitelson, 2013)
Plan height	EVI (The enhanced vegetation index)	EVI=G x ((RNIR-Rred)/(RNIR+C1 x Rred-C2 x Rbleu +L)); G=2.5; C1=6; C2=7,5; L=1	(Bartoszek, 2014)
Vegetation Fraction	VARIgreen (Visible Atmospherically Resistant Indices)	(R550 – R670)/(R550 + R670)	(Fang *et al.*, 2016)
Number of plants per square meter after emergence	NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	(NIR-Red)/(NIR+Red)	(Piekarczyk, Wójtowicz and Wójtowicz, 2006)

During each field campaign, one before winter and one after winter, a sample was identified by its position measured by consumer hand held GPS device. The Aboveground Fresh Biomass (FBM) was harvested as described by (Cihlar *et al.*, 1987) from an area of 1m² and all plants cut, stored in paper bags and transported to a laboratory. In the laboratory the same day, each sample of FBM is weighted. The dry biomass (DBM) is obtained from a sample of the FBM, within 24 hours, by oven-drying at 105 °C until constant weight. Each field campaign produced 15 measurements. In total 30 samples of FBM and DBM were registered for the study.

Because of the meteorological conditions, some of the plants started growing immediately after sowing but many had more than a month delay. Particularly the plots P2 and P3 were with plants in very different phonological phases, from BBCH13 to BBCH19 (Weber, Bleiholder and Lancashire, 1991), during the before winter field campaign. This difference in the phonological phase was completely reduced after winter, where all plots were at BBCH50/BBCH51. One sample during before winter campaign was sampled from an area with plants in BBCH19 and it was clearly an outlier compare to the other samples, but not regarding the field condition.

Table 2. Characteristics of the fields, dates of the selected Sentinel-2 images, field campaigns, and the number of sampling locations per plot

					Before Winter		**After Winter**	
Field Code	Area (ha)	Planting Date	Sowing rate plant/ m²	Sampling locations	Sampling date	Sentinel-2 image (product)	Sampling date	Sentinel-2 image (product)
P1	137	3.09.2017 4.09.3017 5.09.2017	80	9	23.11.2017	29.11.2017 (2A)	1.04.2018	03.04.2018 (2A)
P2	10	20.08.2017	56	3	23.11.2017	29.11.2017 (2A)	1.04.2018	03.04.2018 (2A)
P3	15	4.09.2017	76	3	24.11.2017	29.11.2017 (2A)	1.04.2018	03.04.2018 (2A)

Remote sensing images and data

For this study all spectral bands of 10 m and 20 m spatial resolution from Sentinel-2 are used. It provided 10 spectral bands from 490 nm to 2190 nm, resampled at 10 m special resolution. The selected Sentinel-2 images for the study were the closest available cloud-free on the studied area and closest to the dates of field campaign (Table 2).

Models calibration and evaluation

The biomass retrieval was carried out with parametric and non-parametric regression methods (Verrelst *et al.*, 2015) with the Automated Radiative Transfer Models Operator (ARTMO) package (http://ipl.uv.es/artmo/). The aim was to identify the best method for retrieval of FBM and DBM for rapeseed and study the influence on the models of two main aspects:

- By adding 3 samples of bare soil to each ground data campaign. In total 6 more samples to the 30 of vegetation/soil from the ground data campaign. It was expected to have better fitted model when adding bare soil data.
- By averaging the values of the 9 closest pixels to the sample location of the remote sensed image. As the smallest pixel size of Sentinel-2 images is 10m² and the position of the sample during the campaign was measured with a consumer GPS device, the sample location could have been closest to the edge of the pixel or even on the edge of a neighbor pixel.

Another aspect that was studied is the influence of the outlier sample from the before winter field campaign. The tested scenarios (different input data for the models) are: 1) All biomass (30) samples with remote sensing data from 1 pixel. 2) All biomass and 6 bare soil (36) samples with remote sensing data from 1 pixel. 3) All biomass (30) samples with remote sensing data from 9 pixels. 4) All biomass and 6 bare soil (36) samples with remote sensing data from 9 pixels. 5) All biomass without the outlier (29) samples with remote sensing data from 1 pixel. 6) All biomass without the outlier and 6 bare soil (35) samples with remote sensing data from 1 pixel. 7) All biomass without the outlier (29) samples with remote sensing data from 9 pixels. 8) All biomass without the outlier and 6 bare soil (35) samples with remote sensing data from 9 pixels.

The models were validated with leave-one-out cross-validation, because of the small sample size. Even if FBM and DBM are highly correlated with Pearson's correlation (r) of 0.99, both biophysical variables were modeled.

The tested parametric regression methods consist in applying linear, exponential, logarithmic, power and polynomial fitting functions to VI of 2 or 3 bands, as described in Table 1, and one additional VI of three bands, 3BI=(B1-B2)/(B1+B3). All possible fitting functions are executed with all possible VI and all bands. For each test scenario the best performing model was recorded, as well as the best OSAVI and SR ones.

The tested non-parametric models are: Least squares linear regression (LSLR), Principal components regression (PCR), Partial least squares regression (PLSR), Kernel Ridge Regression (KRR), Gaussian Progress Regression (GPR) and the Variational Heteroscedastic variant of the Gaussian Progress Regression (VHGP). Some of the models, such as GPR, perform uncertainty evaluation. The GPR and VHGP calculate a Coefficient of Variation (CV = σ/μ), where σ is the Standard Deviation (SD) around the estimated biomass and μ the mean estimated biomass. CV provides relative uncertainty of the estimated parameters in %.

Results and discussion

All models were ranked on NRMSE (Normalized RMSE in %, NRMSE=100*RMSE/range of biomass measured). The NRMSE was selected because it is not influenced by the data unit (Richter *et al.*, 2012) and therefore can compare accuracy across different parameters. The approach that is adopted in this study is to first for each scenario select the best ranked model in term of NRMSE. Then each model is applied to both selected remote sensing images and linear regressions function performed between the simulated and measured values (all biomass measures with the outlier and without the bare soil additional samples). The results from the correlations that have $R^2 > 0.514$ are considered significant at $\alpha = 0.05$, because of the small sample size (Rogerson, 2001).

The best performing models, ranked by NRMSE, Table 3, are for the parametric and non-parametric models the ones with the scenario 8. However, when those models were applied to the remote sensing images and linear regressions function performed between the simulated and measured values, they had a poor fit (Fig. 2).

Table 3: Best performing models, ranked by NRMSE

	VI	FF	Bands	MAE	RMSE	RRMSE	NRMSE %	R	R2
FBM_SI_BareSoil_9Pixels_NoOutliner	3BI	polynomial	490;705;865	226	288	34	10	0,94	0,88
MLRA_BareSoil_9Pixels_NoOutliner_ML_KRR_FBM	KRR			216	298	35	11	0,93	0,87

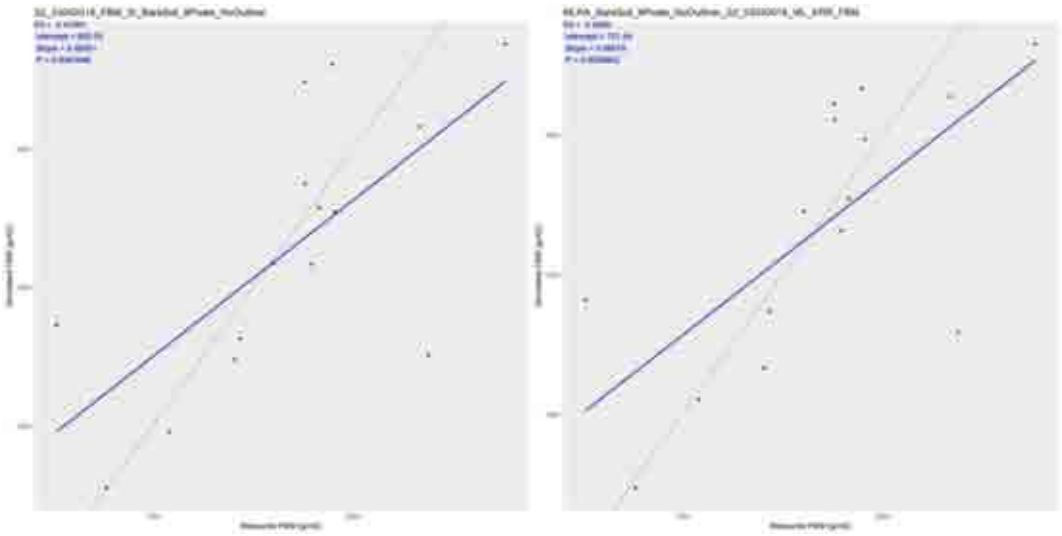


Fig. 2. Best performing models, ranked by NRMSE, applied to the remote sensing images and linear regressions function performed between the simulated and measured values

There was not a parametric model that provided satisfactory results for the before winter retrieval. Neither of the models achieve an error threshold under 10% that is the typical remote sensing end user requirements (Caicedo *et al.*, 2014).

Therefore, a different approach was followed by trying to find the best model that gives good result when applied to the remote sensing images. Following this approach the, best results were the one with scenario 2, Table 4. The models applied to the remote sensing images (Fig. 3), show that the lower the biomass the higher is the uncertainty. The comparison between both models and the orthophoto obtained by and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) with RGB camera shows good overall estimation of the more and less vegetated area in the plots.

Table 4: Best Results by applying the model to the remote sensing image and evaluating the fit between the Measured and Estimated values

Model Name	Model	Bands	MAE	RMSE	RRMSE	NRMSE %	R	R2
MLRA_BareSoil_1Pixel_ML_GP_DBM	GPR	560;740;490;842	35	52	50	16	0,85	0,73
MLRA_BareSoil_1Pixel_ML_VHGP_FBM	VHGP	560;490;740;842	333	474	54	17	0,83	0,69

Test Name	R2 plot	Intersept	Slop	P
MLRA_BareSoil_1Pixel_S2_29112017_ML_GP_DBM	0,89	16,81	0,71	1,65E-07
MLRA_BareSoil_1Pixel_S2_03042018_ML_GP_DBM	0,73	57,08	0,70	5,23E-05
MLRA_BareSoil_1Pixel_S2_29112017_ML_VHGP_FBM	0,84	170,36	0,65	1,36E-06
MLRA_BareSoil_1Pixel_S2_03042018_ML_VHGP_FBM	0,71	529,47	0,67	7,95E-05

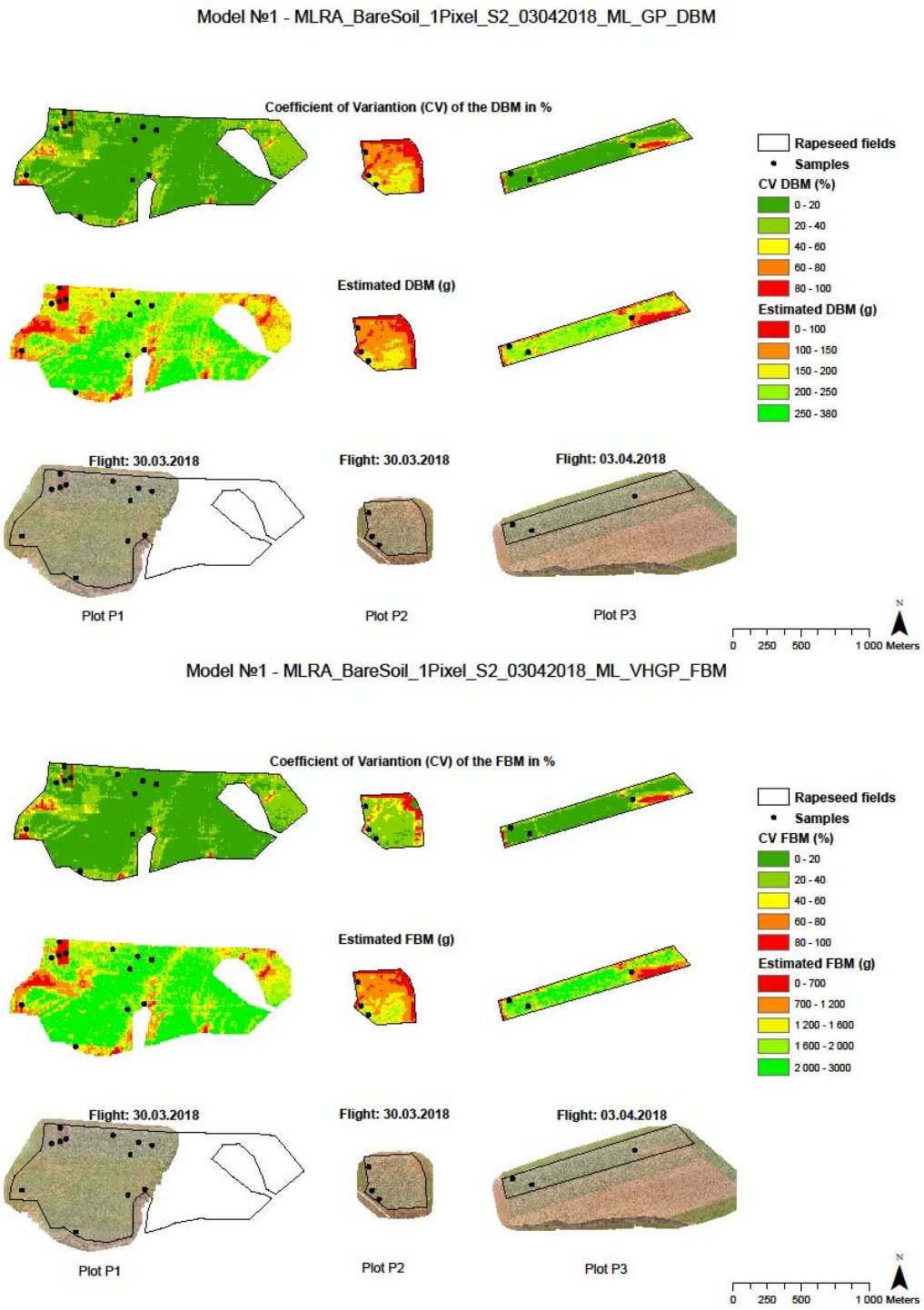


Fig. 2. Estimated Fresh and Dry biomass and Coefficient of Variance (CV) for the models with highest R² Plot

Conclusion

Both, parametric and non-parametric, models perform well for the period after winter when there is much more biomass and the bare soil is less visible than before winter. Nothing is gained by averaging the closest 9 pixels to the sample location from the remote sensing image and adding bare soil samples in the model increase its performance. Even if according to the NRMSE the models that exclude the outlier perform better than the ones with the outlier, when applied to the remote sensing maps they give poorer results. This is probably because even if the outlier stands out compare to the other samples, it was not an isolated event in two of the three studied plots. By including the outlier into the model calibration, it gives better representatively of the actual field data. The best results are with the GPR models and it is in accordance with study of Caicedo *et al.*, 2014.

Acknowledgment

This project is supported by Research Grant Award № ДФНП-17-43/26.07.2017 from the Bulgarian Academy of Sciences and it is done with the collaboration of Prof. E. Rumenina.

References:

1. Bartoszek, K. (2014) 'Usefulness of MODIS data for assessment of the growth and development of winter oilseed rape', *Zemdirbyste-Agriculture*, 101(4), pp. 445–452. doi: 10.13080/z-a.2014.101.057.
2. Caicedo, J. P. R., Verrelst, J., Muñoz-marí, J., Moreno, J. and Camps-Valls, G. (2014) 'Toward a Semiautomatic Machine Learning Retrieval of Biophysical Parameters', *EEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING*, 7(4), pp. 1249–1259.
3. Cihlar, J., Dobson, M. C., Schmugge, T., Hoogeboom, P., Janse, A. R., Baret, F., Guyot, G., Le Toan, T. and Pampaloni, P. (1987) 'Procedures for the description of agricultural crops and soils in optical and microwave remote sensing studies', *International Journal of Remote Sensing*, 8(3), pp. 427–439. doi: 10.1080/01431168708948651.
4. Clevers, J. G. P. W. and Gitelson, A. A. (2013) 'Remote estimation of crop and grass chlorophyll and nitrogen content using red-edge bands on Sentinel-2 and -3', *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*. Elsevier B.V., 23, pp. 344–351. doi: 10.1016/j.jag.2012.10.008.
5. Fang, S., Tang, W., Peng, Y., Gong, Y., Dai, C., Chai, R. and Liu, K. (2016) 'Remote Estimation of Vegetation Fraction and Flower Fraction in Oilseed Rape with Unmanned Aerial Vehicle Data', *Remote Sensing*, 8(416), pp. 1–19. doi: 10.3390/rs8050416.
6. Han, J., Wei, C., Chen, Y., Liu, W., Song, P., Zhang, D., Wang, A., Song, X., Wang, X. and Huang, J. (2017) 'Mapping Above-Ground Biomass of Winter Oilseed Rape Using High Spatial Resolution Satellite Data at Parcel Scale under Waterlogging Conditions', *Remote Sensing*, 9(3), p. 238. doi: 10.3390/rs9030238.
7. Hatfield, J. L. and Prueger, J. H. (2010) 'Value of using different vegetative indices to quantify agricultural crop characteristics at different growth stages under varying management practices', *Remote Sensing*, 2(2), pp. 562–578. doi: 10.3390/rs2020562.
8. Piekarczyk, J., Wójtowicz, M. and Wójtowicz, A. (2006) 'ESTIMATION OF AGRONOMIC PARAMETERS OF WINTER OILSEED RAPE FROM FIELD REFLECTANCE DATA', *Acta Agrophysica*, 8(1), pp. 205–218.
9. Richter, K., Atzberger, C., Hank, T. B. and Mauser, W. (2012) 'Derivation of biophysical variables from Earth observation data : validation and statistical measures', *Journal of Applied Remote Sensing*, 6(1), pp. 1–24. doi: 10.1117/1.JRS.6.063557.
10. Rogerson, P. A. (2001) *Statistical method for Geography*. First edit. London: Sage Publications.
11. Verrelst, J., Camps-Valls, G., Muñoz-Marí, J., Rivera, J. P., Veroustraete, F., Clevers, J. G. P. W. and Moreno, J. (2015) 'Optical remote sensing and the retrieval of terrestrial vegetation bio-geophysical properties - A review', *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Inc. (ISPRS), 108, pp. 273–290. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2015.05.005.
12. Weber, Bleiholder and Lancashire (1991) 'Échelle BBCH des stades phénologiques du colza (Brassica napus L. ssp napus)'.

MONITORING OF SHORT-LIVED SNOW COVERAGE BASED ON AEROSPACE DATA ON SVALBARD IN NORWAY

Temenuzhka Spasova, Iva Ivanova, Deyan Gotchev, Nataliya Stankova

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

Keywords: *climate changes, remote sensing, SAR images, wet snow coverage.*

Abstract: *The mapping of snow covered areas and wet snow dynamics in the Arctic is important for many applications such as flood forecasting, snow drain modeling, water supply for irrigation and hydroelectric power plants, weather forecasts, and climate change understanding. Year-round snow cover monitoring through land surveys is almost impossible in the Svalbard area, aerial photography surveys are also insufficient due to the specific conditions of sunshine. Due to the presence of cloud cover and different climatic conditions, the snow cover information is insufficient or very limited. Microwave images have the advantage over visible and NIR techniques as they are sensitive to changes in surface moisture and thus provide useful information about changes in their physical states. The study evaluates the usefulness of C-band SAR images for data mining only for wet snow from other surfaces, but also uses optical indices and indicators. TCT (Tasseled Cap Transformation) was used as a moisture indicator, as well as NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), which was used to quantify the presence or absence of vegetation during wet snow periods or after melting.*

The subject of the study is the dynamic during the different seasons in Svalbard, Arctic. The objects were analyzed and mapped according to the European Space Agency (ESA) data acquired by sensors Sentinel-1 SAR, Sentinel 2 MSI and GIS. Results have been obtained for changes in snow coverage during the spring-summer transition and its dynamics. The data used is with high time-spatial resolution, which is an advantage when looking at the snow cover. The changes of the environmental objects are shown with different processing approaches. The results clearly show that snow melting can be registered by using SAR data via different polarization, TCT and NDVI. The effect of the research on aerospace data and technology enables us to obtain different digital models, structuring and analyzing results excluding the subjective factor.

МОНИТОРИНГ НА МОКЪР СНЯГ ЧРЕЗ АЕРОКОСМИЧЕСКИ ДАННИ В СВАЛБАРД, АРКТИКА

Теменужка Спасова, Ива Иванова, Деян Гочев, Наталия Станкова

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

Ключови думи: *промени в климата, дистанционно наблюдение, радарни изображения, мокро снежно покритие*

Резюме: *Картирането на площите покрити със сняг и динамиката на мокър сняг в Арктика е важно за много приложения като прогнозиране на наводнения, моделиране на оттичането на снеговалежи, водоснабдяване за напояване и водноелектрически централи, прогнози за времето и разбиране (анализиране) изменението на климата. Целогодишен мониторинг на снежната покривка чрез наземни проучвания е почти невъзможна в района на Свалбард, въздушните фотографски проучвания също са недостатъчни, поради специфичните условия на слънцегреенето. Поради присъствието на облачно покритие и различните климатични условия информацията за снежната покривка е недостатъчна или е силно ограничена. Микровълновите снимки имат предимство пред видимите и NIR техники, тъй като са чувствителени към измененията на повърхностната влага и по този начин предоставят полезна информация относно промените в нейните физически състояния. Проучването оценява полезността на C-лентовите SAR (Synthetic Aperture Radar) изображения за извличане на данни само за мокър сняг от други повърхности, но също така използва и оптични данни*

за направа на индекси и показатели. Използвана е TCT (Tasseled Cap Transformation) като индикатор за наличие на влага, а също така NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), който е използван за количествена оценка за наличието или отсъствието на растителност по време на период с мокър сняг или след неговото стопяване.

Предметът на изследването е динамиката по време на различните сезони във Свалбард, Арктика. Обектите бяха анализирани и картографирани според данните на Европейската космическа агенция (ESA), придобити от сензори Sentinel-1 SAR, Sentinel -2 MSI и GIS. Получени са резултати за промени в снежното покритие по време на пролетния и лятния преход. Използваните данни са с висока времево-пространствена разделителна способност, което е предимство при мониторинг на снежната покривка. Промените на природните обекти са показани с различни подходи за обработка. Резултатите ясно показват, че топенето на сняг може да бъде най-добре регистрирано чрез използване на данни за SAR чрез различни поляризация, TCT и NDVI. Ефектът от изследването чрез аерокосмическите данни и технологии позволява получаването на различни цифрови модели, структуриране и анализиране на резултатите, като е изключен субективния фактор.

Introduction

Snow covers a considerable portion of Northern Hemisphere lands during winter. It is the component of the cryosphere with the largest seasonal variation in spatial extent. In fact accumulation and rapid melt are two of the most dramatic seasonal environmental changes of any kind on the Earth's surface (Frei et al., 2012; Spasova and Nedkov, 2017).

According to the National Snow and Ice Data Center (NSIDC) the snow consists of frozen water crystals, but because there is so much air surrounding each of those tiny crystals in the snow cover, most of the total volume of the snow layer from air. Scientists refer to the SWE snow-based water equivalent of snow as the thickness of water that would result from the melting of a layer of snow. The often repeated assumption claims that the snow-to-water ratio is ten to one, but this is not always accurate. The water equivalent of snow is more volatile than most people realize. For example, 25 cm of fresh snow may contain not less than 0.25 cm of water and even 10 cm of water, depending on the crystal structure, wind speed, temperature, and other factors. The majority of the new snowfall has a water-snow ratio of between 0.04 (4 percent) and 0.10 (10 percent), depending on the weather conditions associated with the snow.

Wet snow differs significantly from dry snow. Wet snow also has a darker surface or a lower albedo (Picture 1, NSIDC).

Picture 1. Terrain picture in Longyearbyen, 09/06/2018. Author: Temenuzhka Spasova

According to NSIDC for short-term snow or wet snow cover, it is determined that seasonal snow is considered snow that accumulates within a season or snow that lasts only for one season (NSIDC, Meier, 1980).

Hiltbrunner et al., 1997 make extensive identification of the electromagnetic spectral characteristics and omissions in the snow data associated with microwave and optical measurements. Active microwave signatures are made by Ulaby and Dobson, 1989. The statistical behavior of radar measurements carried out by different research groups using different tools is summarized for several categories of terrain. However, only two categories are defined for the snow cover: dry and wet snow. Wet snow is defined as snow with a water content of more than 1 %.

Information on snowfall conditions is of particular interest to the hydrological community. Hydrologists usually want to know how much water is stored in the pool in the form of snow. Hydrologists also deal with the distribution of snow in the area, its condition and the presence of liquid water in it. Generally, all of these snow indicators are difficult to measure and will likely vary widely from point to point (WMO CHy-14, 2012). In order for snow data to be similar, it is necessary to use satellite data.

Climate change can affect how much snow will fall and affect the time of the winter snow season. Between 1966 and 2018, the amount of land and sea ice covered by snow each year decreases in many regions of the Northern Hemisphere, especially during the spring snowfall season. Scientists are modeling how Earth's climate can change over the next 100 years, and the results show that the snow will cover less the planet, especially in Europe and Asia. Climate warming can reduce snowfall and cause earlier spring melting and a shorter snowflake season (NSIDC).

As one of the first, NDVI (Rouse et al., 1973; Tucker, 1979) is one of the most commonly used biomass estimators for green vegetation, as well as remote assessment of vegetation restoration processes after any kind of events like floods and fires (Barton and Bathols, 1989; Lawal et al., 2011, Wang et al., 2002).

NDVI is a numeric indicator that uses the visible and near infrared bands of the electromagnetic spectrum and is considered for remote monitoring and assessment of a given area whether it contains green vegetation or not.

Water is well known to have unique spectral characteristic in the near infrared area, making it completely different from other surface characteristics. Therefore, when it is determined that the surface characteristic is flooded, its NDVI value changes significantly from the usual. Wang et al.,2002 observed that in the lower part of the Yangtze River the value of NDVI for flooded surface characteristics remains negative, whereas the value for non-scratched surfaces is usually greater than 0. However, the choice of this threshold is quite dangerous because river rafting differs greatly from place to place. Therefore the real difficulties in choosing the threshold due to two facts. At the very beginning, the albedo of water bodies is dramatically increased due to the high concentration of precipitations in flooded water. Secondly, the albedo of the uncovered soil decreases significantly due to its high moisture content. Therefore, these two issues together reduce the difference in NDVI values between flooded and dried surfaces. Similarly, based on a number of studies, the NDVI values of flooded water are found to be significantly positive (Barton and Bathols, 1989).

The subject of study in this article is the wet snow in different seasons near the northernmost administrative center in Europe - Longyearbyen, where the population is about 2000 inhabitants. Longyearbyen is located at 78° 13 'N latitude on the west coast of the island of Spitsbergen at the Spitsbergen archipelago, also called Svalbard. The site was selected because of in situ data (Picture 2).

Picture 2. PIcture from drone in Longyearbyen, 09/06/2018. Author: Temenuzhka Spasova

The aim is to demonstrate the use of different satellite data and approaches as wet snow is one of the most dynamically changing natural objects.For the aim of this goal data from ESA (European Space Agency) are used and objects are mapped in different seasons and years.

Due to the nature of the interactions between snow cover and electromagnetic radiation from different frequencies, snow can be distinguished with various instruments such as active and passive sensors (Dozier, 1989; Nolin, 2010, Spasova and Nedkov, 2017).

Fortunately, remote sensing provides recent and up-to-date approaches to studying the dynamics of flooded areas and wet snow, such as differentiated approaches. These approaches can be used not only in small areas, as in classic observation methods, but in vast territories such as the Arctic and Antarctic. It is easy and efficient to register dynamic changes by using data in a different spectral range and combining them with terrestrial data.

The aim is to demonstrate the use of different satellite data and approaches, as wet snow is one of the most dynamically changing natural sites. ESA data are used to achieve the goal and the sites are mapped in different seasons and years.

Due to the nature of the interactions between snow cover and electromagnetic radiation from different frequencies, snow can be distinguished from various instruments such as active and passive sensors (Dozier, 1989; Nolin, 2010; Spasova and Nedkov, 2017).

Data and methods

1. Selection of indicators and indexes

When different climatic phase transitions occur, different changes occur in the snow and ice sheets, therefore the evaluation indicators also change.

One of the important indexes used in the study is Tasseled Cap Transformation (TCT) (Kauth and Thomas, 1976; Nedkov, 2017) with components Brightness (BR) in R band, Greenness (GR) in G band and Wetness (W) in B band, arranged in RGB model. This type of transformation does not reduce the number of signs in the space of the signs but increases the degree of their identification in the classification of the objects from the land cover (Nedkov, 2017; Spasova, 2018).

The observation of the spectral changes in the melting of snow and wet snow requires the use of different spectral channels. When using SAR images, countless indicators are used which show the degree of humidity change in selected time intervals that have been selected in advance. One of these indicators is the transformed image in microwave decibels and graphical spatial distribution (Spasova and Nedkov, 2017).

Composite images that use two or three dates transformed into dB are also indicators, the information of which shows us the dynamics in wet snow, water and ice. These are the so-called multi-composite images from different time series.

NDVI was used for quantitative assessment of the variations over the different seasons. NDVI is the most commonly used indicator of the state and vitality of vegetation (Tucker and Sellers,1986). NDVI is an indicator of the potential for absorption and reflection of incoming energy from vegetation, its photosynthetic capacity, and the concentration of biomass. It is expressed by the following formula:

(1) $NDVI=(\rho_{(NIR-)} \rho_{RED})/(\rho_{(NIR+)} \rho_{RED})$,

where ρNIR is the reflection of the radiant energy in the near infrared range of the spectrum and ρRED is the reflection in the red band in the visible range of the spectrum.

2. Selection of test areas and satellite data

Four points in advance are used to test the spectral reflectance of natural objects. Separately, a representative wet snow test area was made.

Sentinel 2A – band 12,8a,4
14/04/2016

Sentinel 2A – band 12,8a,4
12/04/2017

Sentinel 2B – band 12,8a,4
10/04/2018

Fig. 1. Composite optical images from Sentinel-2A and Sentinel-2B with the test areas –bands 12, 8a, 4

The data of the images and the sensors used are shown in Table 1. The test areas have been selected due to available field data, initial visual interpretation of optical images in a suitable composite layout and their spectral characteristics.

Table 1. The used satellite data. Source:https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home

Satellite	Date	Spectral Band, wavelength	Band	GSD*, m
Sentinel-1-A	20/12/2014 22/04/2016 29/04/2017 22/04/201	λ=5,6cm, Polarization: HH,HV,VV Incidence Angel 18°-45°	C	10x10**
Sentinel-2-A	14/04/2016 12/04/2017 10/04/2018 05/06/2017 26/08/2017 06/07/2018 30/07/2018	0.665 μm 0.865 μm 2.19 μm	4 8a 12	10 20 20

*Ground Sample Distance (GSD)

** Pixel Spacing Resolution (rg x az)

3. Methodology

The verification and validation of SAR images have been done using the TCT model and based on pre-selected test areas with ice, wet snow, snow and water from optical images. Selection was performed using ground data from Longyearbyen, located at 78° 13" N, 15° 37" E. Field data are used only for control information to identify the objects and phenomena investigated, as well as the conditions under which these studies are conducted. Ground data is used only in order to calibrate aerospace data (Mardirossian, 2000). Test areas are from non-grounded data.

Coordinates were taken from points with a drone during the arctic summer of June 2018, geometrically attached to Sentinel-2 optical image of 26.08.2017, and three additionally used Ground Control Points in order to georeference all of the SAR images. This is necessary because the optical images are with very high geometrical accuracy, while SAR images require additional corrections and have a different resolution of 11/15, 47/49 and 49/50 meters of pixel size. All of the images are in projection WGS_1984_UTM_Zone_32,33. The selection is then based on Sentinel -2 satellite images, which operate in the optical range and have 13 spectral channels. The spectral curves of each of the test areas (Fig. 2) serve as indicators for data verification. A spectral reflectance curve was made of all of the three images from the spring season.

Fig. 2. Spectral characteristics for the test areas

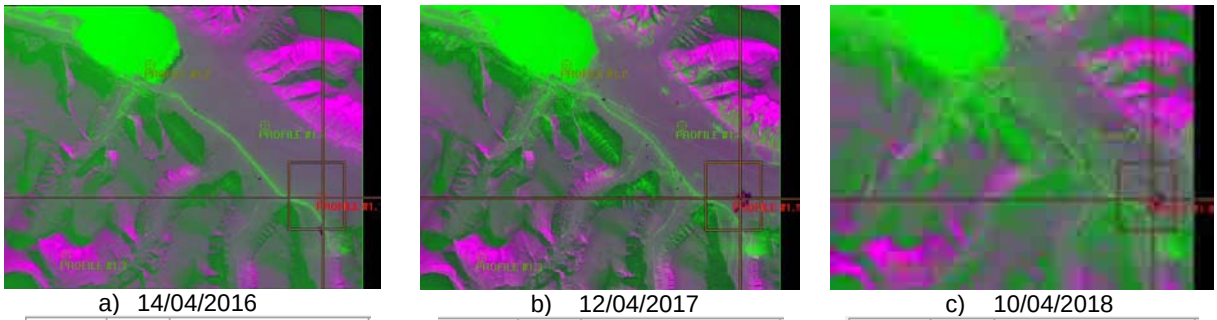
The selected optical images from Sentinel-2 are from one and the same season (Arctic Spring) in three consecutive years from 2016 to 2018. The images from the Arctic Summer of 2017 and 2018 were used in order to interpret the areas better and selected from another season without cloud cover. All of the images were cut using the AOI (area of intrest) of the preselected test areas. The image resolution is 10 m pixel size. After the intermediate image database created, the TCT model was applied to the following images - 14/04/2016, 12/04/2017, 10/04/2018 (Nedkov, 2017). The Sentinel-1 satellite data were selected from the appropriate time series for the Arctic spring and summer periods when the melt process and the time period selected for Sentinel -2 were observed. The data have appropriate orbital characteristics and polarization in the Arctic region - HH (horizontal), HV (horizontal – vertical) and VV (vertical). Pre-selected data cover the period from 2014 to 2018. Each SAR image is cut by AOI (area of interest) and accurately georeferenced to an originally selected date 26/08/2018. In this processing, a first degree polynomial transformation based on three Ground Control Points (GCPs) and Reference GCP on an optical image from 26/08/2018 was performed.

A new database of radar images was created that have the specified test areas. Profiles of spectral area distribution were made from these areas - Spatial reflectance distribution (Spasova and Nedkov, 2017; Spasova, 2018), and then transformation of the SAR images into dB (decibels) was made. The third database of radar images in dB (decibels) was created to validate the data. For a better visualization of places with wet snow, moisture and water, composite SAR images(R-vh,G-vv, B-vh/vv) using dates of different time series and spatial resolution 13 m in dB (decibels) were made.

Results

Data from Sentinel-2 MSI can be used to clearly locate the presence or absence of water, snow and ice. Optical images from this area have a lower temporal resolution, making them less suitable for monitoring, as wet snow melts faster. Channels used to detect snow cover and the presence of wet snow are 12, 8a, 4 (Fig. 1), (Nedkov et al., 2016). Extremely accurate are optical images with 10 m resolution for georeference and selection of control points in radar images.They are used to locate test areas, but they are also used to remove cloud cover.

The Tasseled Cap Transformation using the Sentinel -2 optical images (Fig. 3) clearly distinguishes Wetness locations. Even with poor quality, places with wet snow are visible and they are light purple or blue in color between 10 and 30 in band 3, ice places are pink, the green and the blue there are places with water and values below 10. The profile made confirms the presence of wet snow in both years 2017 and 2018, but also visually seen a sharp increase in areas with wet snow on the test areas.



a) 14/04/2016

Layer	Band	FILE PIXEL
1		57.548
2		-7.818
3		36.363

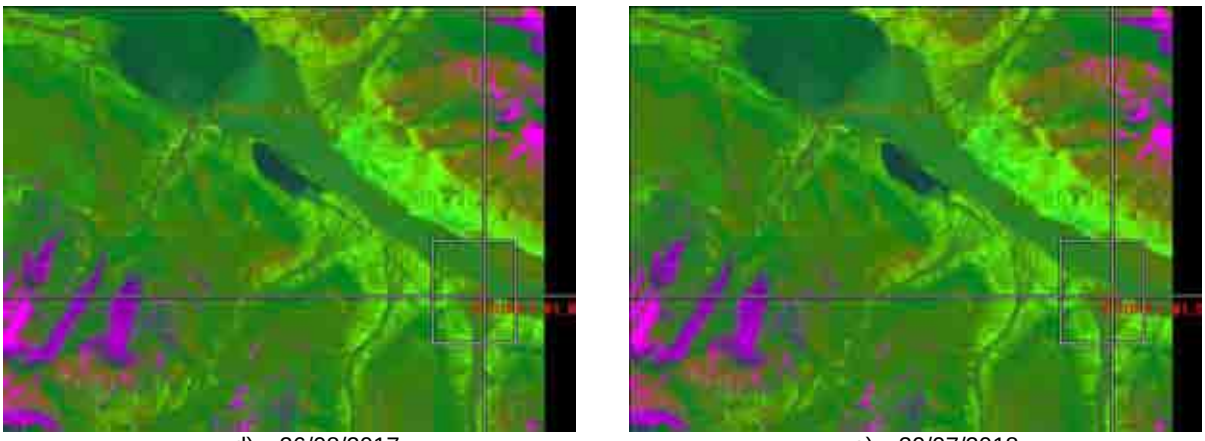
b) 12/04/2017

Layer	Band	FILE PIXEL
1		35.523
2		-9.547
3		27.330

c) 10/04/2018

Layer	Band	FILE PIXEL
1		43.428
2		-7.657
3		28.352

Fig. 3. Composite optical images with Tasseled Cap Transformation profiles, spring



d) 26/08/2017

Layer	Band	FILE PIXEL
1		11.162
2		-1.354
3		2.924

e) 30/07/2018

Layer	Band	FILE PIXEL
1		11.567
2		-1.326
3		2.348

Fig. 4. Composite optical images with Tasseled Cap Transformation profiles, summer

Fig. 4 show the much lower values for the three indicators of soil, vegetation and wetness, and the water clearly stands out in blue. In the third channel of the RGB model, the Wetneess values were measured. There are no wet snow areas, where snow and ice are kept all year round in purple and pink.

NDVI values of about 0.3 are representative for rare plant cover and grass (Fig. 5 and Fig. 6) but not for a healthy forest (Stankova and Nedkov, 2015; Ivanova et al., 2017). This is absolutely true for this area, and the picture of the drone and the terrestrial research confirm it. The upper limit of this index does not exceed a value above 0.796 only during the summer season and occupies a very small part of Svalbard's vast territory. The majority of the April values are around zero, which means moist or wet areas. Values above 0.3–0.4 are extremely small or even single pixel locations.

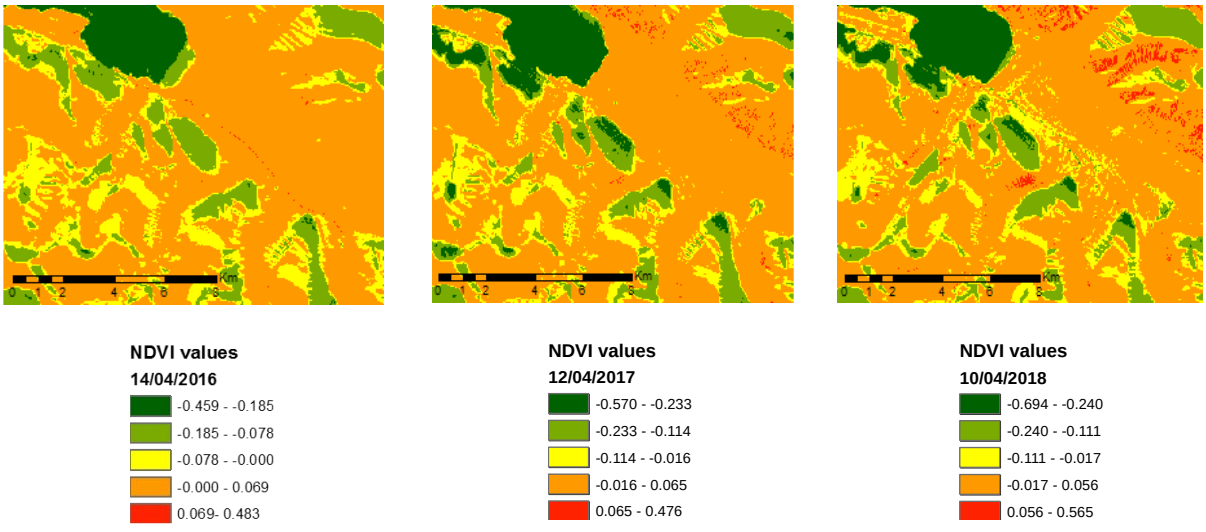


Fig. 5. Spectral index NDVI- spring

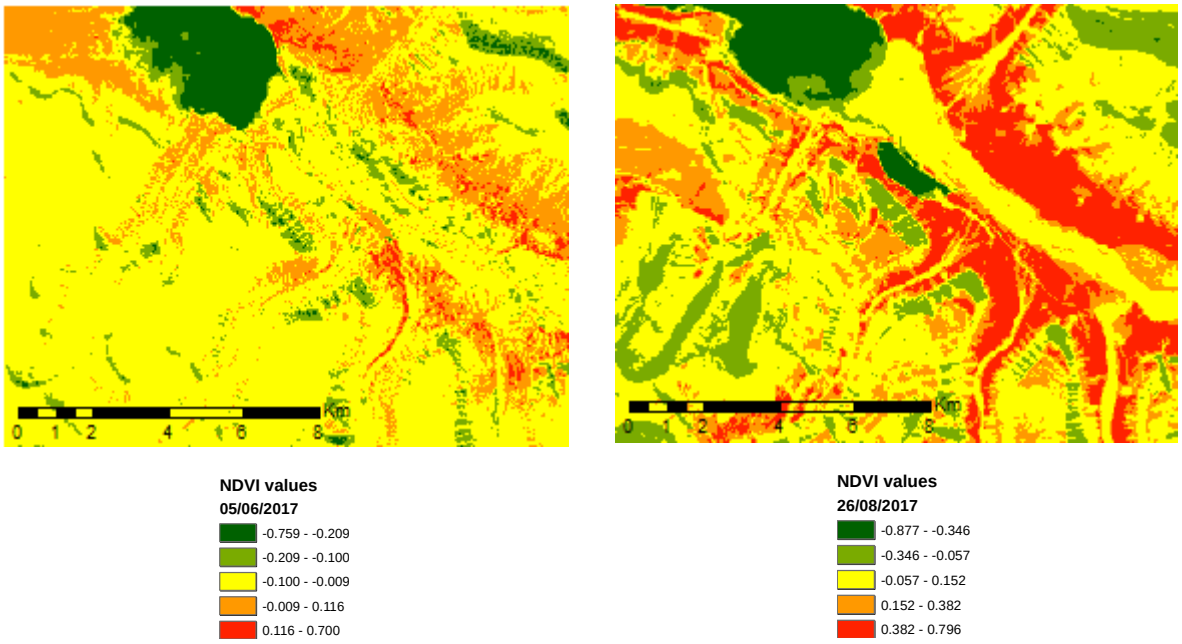
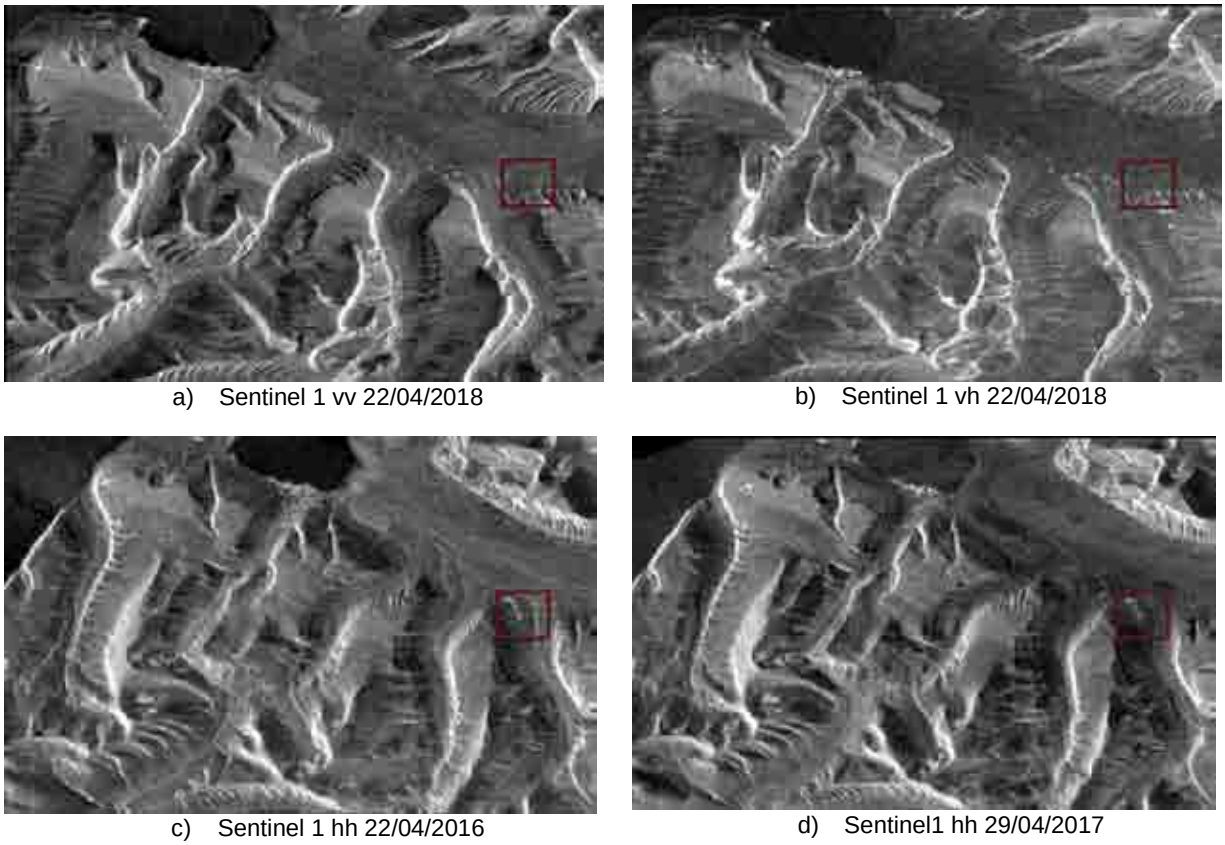


Fig. 6. Spectral index NDVI- summer

The SAR images with hh, hv and vv polarization (Fig. 7 and Fig. 8) from the same period of the year, the spectral and reflectance distribution of wet snow in dB and composite image (Fig. 9) are also a sure way to validate wet snow data and locations. Values between 22 and 28 dB indicate wet snow and a value between 22 and 24 dB in a very humid place, meaning that there are not only wet snow, but also water (Spasova T., Nedkov R. 2017).

During the three years at which the spectral characteristic is made, it shows values typical of wet snow.



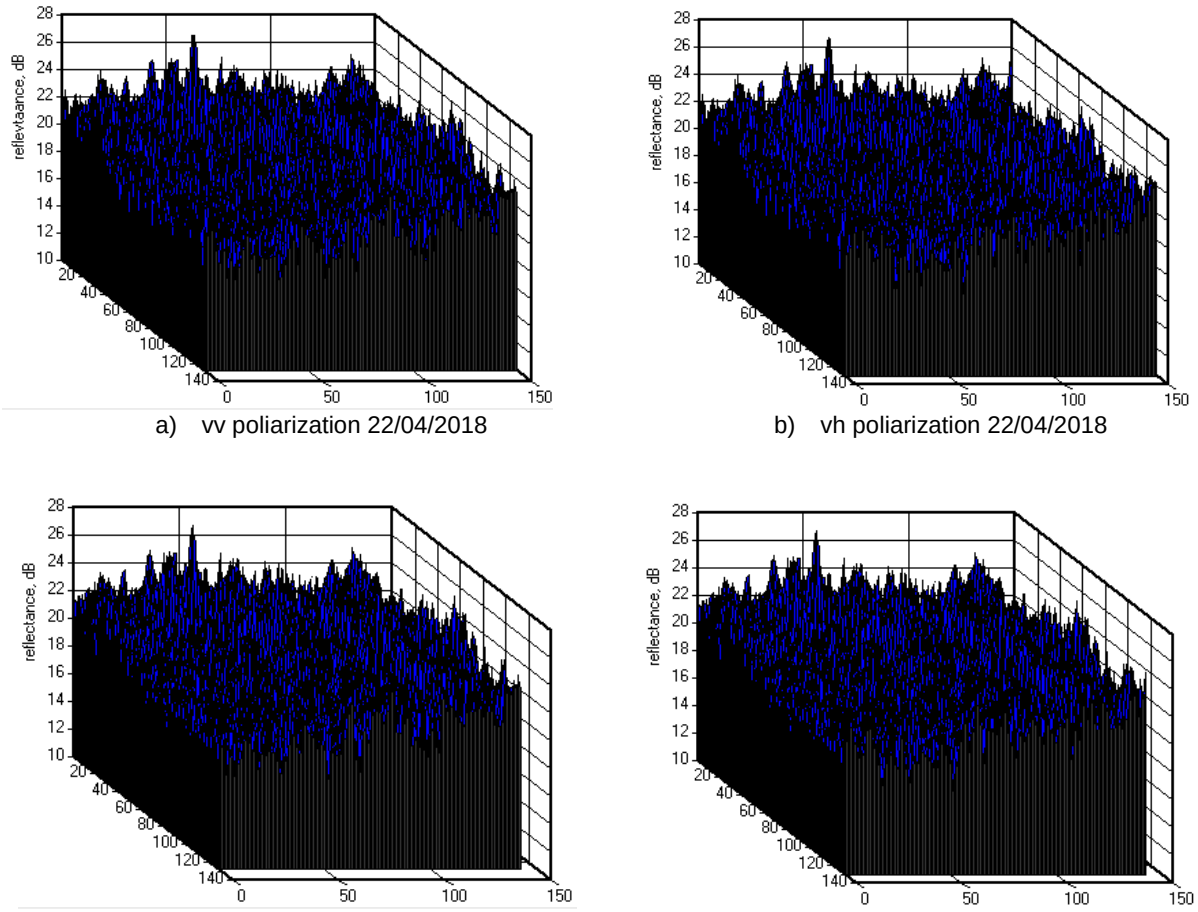
a) Sentinel 1 vv 22/04/2018

b) Sentinel 1 vh 22/04/2018

c) Sentinel 1 hh 22/04/2016

d) Sentinel1 hh 29/04/2017

Fig. 7. SAR images with the test areas in dB



a) vv poliarization 22/04/2018

b) vh poliarization 22/04/2018

c) hh poliarization 22/04/2016

d) hh poliarization 29/04/2017

Fig. 8. Spatial reflectance distribution of wet snow in dB

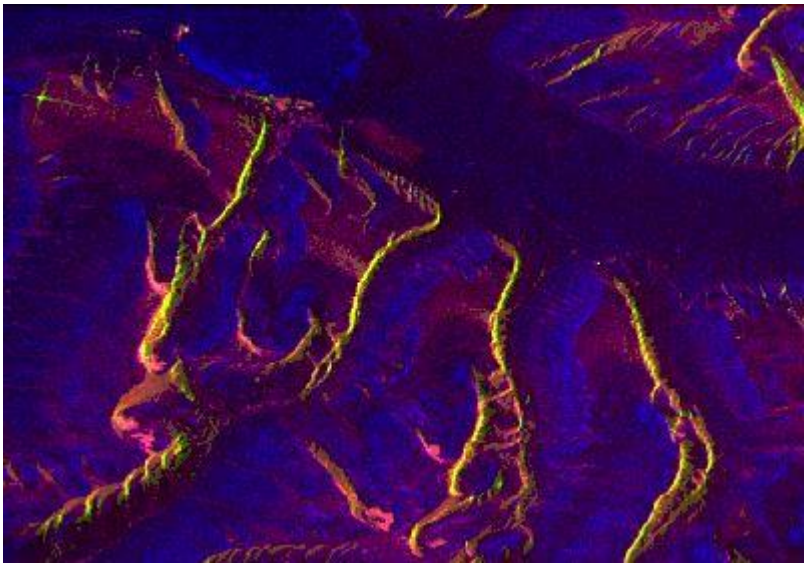


Fig. 9. Composite SAR images from Sentinel -1, 22/04/2018 R-vh, G-vv, B-vh/vv

Conclusion

The use of a differentiated approach and data from active and passive sensors such as Sentinel 1 SAR and Sentinel 2 MSI are extremely reliable when registering wet snow, as it is a very short-term event and is extremely important for climate models. The lack of cloudless images in the

summer can be compensated by images from an optical sensor in another season to determine the exact location of the radar image processing.

The complex approach selected for this territory very successfully demonstrates and defines the places with wet snow and their dynamics in a sufficiently representative sample of data. Extremely indicative of surface changes in wet snow is the use of various indices such as NDVI. Surfaces with wet snow in different years show extremely high dynamics for the past year. This certainly speaks of major climate change.

The terrestrial data used also confirms locations with wet snow and lack of vegetation even in June in the Arctic Summer season.

The melting snow and wet snow can be investigated and recorded by the C-band of Sentinel-1, but as an indicator it is necessary to study the wetness from TCT. The lack of qualitative data from an optical image is compensated sufficiently by SAR images, and the use of SAR in dB can be clearly used as a validation method (Spasova, 2017). The resolution and hh,hv and vv polarization in the area is also absolutely sufficient to map the dynamics of wet snow or short-lived snow coverage during phase transition seasons, the presence of constant snow cover and ice for the rest of the year.

Acknowledgements

This study was carried out with the support of Project BG161PO003-1.2.04-0053-C0001 from Operational Programme “Development of the Competitiveness of the Bulgarian Economy 2007–2013, Project № DFNP -17-3 / 24.07.2017 - "Different approach for monitoring of flood and snow cover based on aerospace data in different spectral ranges" to the program for support of young scientists and PhD students at the Bulgarian Academy of Sciences and Programme “COPERNICUS” of European Union (European Space Agency).

References:

1. Мардиросян, Г. (2000) Природни екокатастрофи и тяхното дистанционно аерокосмическо изучаване, Акад. изд. “Проф. М. Дринов”, С, 2000.
2. Dozier, J., Spectral Signature of Alpine Snow Cover from the Landsat Thematic Mapper, REMOTE SENS. ENVIRON. 28: 9–22 (1989).
3. Freia, A.,M. Tedescob, et al. (2012), A review of global satellite-derived snow products. Advances in Space Research 50 (2012), 1007–1029.
4. Hiltbrunner, D.,T. Strozzi., A. Standley, (1997). Identification of electromagnetic signatures and data gaps of snow related to microwave and optical measurements, (January), pp. 1–53.
5. Ivanova, I., R. Nedkov, N. Stankova, 2017: Studying the process of vegetation in Poda Proteted Area using aerospace data, Proceedings of the Fifth International Conference "Ecological Engineering and Environment Protection" (EEEP'2017) Plovdiv, June 5-7, 2017, pp. 191–200.
6. Kauth, R. J., S. Thomas, (1976). The tasselled cap - A graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, West Lafayette, Indiana, U.S.A, 29 June-1 July 1976, pp. 41–51.
7. Meier, M., (1980) Remote sensing of snow and ice.Hydrological Sciences-Bulletin-dés Sciences Hydrologiques, 25, 3. 9/1980.
8. Nedkov, R., (2017) ORTHOGONAL TRANSFORMATION OF SEGMENTED IMAGES FROM THE SATELLITE SENTINEL-2. Comptes rendus de l’Acad´emie bulgare des Sciences Tome 70, No 5, 2017.
9. Nedkov, R.;T. Spasova,D Gotchev.; (2016) A DISCRIMINATVE APPROACH BASED ON AEROSPACE MULTISPECTRAL BANDS DATA IN MONITORING OF SNOW COVER AND WATER, Ecological engineering and environment protection Vol. 2 ,pp. 56-61, ISSN 1311-8668
10. Nolin, A., Recent advances in remote sensing of seasonal snow, Journal of Glaciology, Vol. 56, No. 200, 2010
11. Spasova, T., R. Nedkov;(2017) MONITORING OF SHORT-LIVED SNOW COVERAGE BY RADAR AND OPTICAL DATA FROM SENTINEL-1 AND SENTINEL-2 SATELLITES, Ecological engineering and environment protection Vol.2, pp. 13-19, ISSN 1311-8668
12. Spasova, T., (2018) Monitoring of short–-lived snow coverage by SAR data around Livingston Island, South Shetland Islands in Antarctica, Adaptation Futures 2018 – „5th INTERNATIONAL CLIMATE CHANGE ADAPTATION CONFERENCE”: Cape Town – South Africa 18-21 June 2018.
13. Stankova, N., R. Nedkov, 2015: Monitoring the dynamics and post-fire recovery processes of different vegetation communities using MODIS satellite images, Journal of Environment Protection and Sustainable Development Vol. 1, No. 3, 2015, pp. 182–192, ISSN 2381-7747.
14. Tucker, J., P. Sellers (1986) Satellite remote sensing of primary production, International Journal of Remote Sensing, 7:11, 1395-1416, DOI: 10.1080/01431168608948944
15. Ulaby, F.T.,C. Dobson, 1989: Handbook of Radar Scattering Statistics for Terrain. Artech House Inc., Norwood, MA.
16. World Meteorological Organization (WMO) CHy-14, 2012. Review on remote sensing of the snow cover and on methods of mapping snow.
17. https://nsidc.org/ The National Snow and Ice Data Center (NSIDC).
18. https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home

Session 4

Ecology and Risk Management

Chairman: Prof. Garo Mardirossian
Secretary: Tsveta Srebrova, MS

THE C A B A R E T ERASMUS+ PROJECT WP7 - PROGRESS AND ACHIVEMENTS

Boyko Ranguelov[1], Fathimath Shadiya[2]

[1]Mining and Geology University – Sofia
[2]Maldives National University – Male
e-mail: branguelov@gmail.com; fathimath.shadiya@mnu.edu.mv

Keywords: *CABARET Project,WP7, progress, achievements*

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 Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO (IOC-UNESCO), the Asian Disaster Preparedness Center and the Federation of Sri Lankan Local Government Authorities are Associate Partners of the project, and will help to promote the benefits across Asia and beyond. 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 and sustainable development of the resilience education as well as most other working packages of the CABARET Project. The progress and achievements of the WP7 co-chaired by MGU and MNU are presented and under discussion.*

ПРОЕКТ C A B A R E T – РАБОТЕН ПАКЕТ 7, ИЗПЪЛНЕНИЕ И ПОСТИЖЕНИЯ

Бойко Рангелов[1], Фатима Шадия[2]

[1]Минногеоложки Университет
[2]Национален университет на Малдивите
e-mail: branguelov@gmail.com; fathimath.shadiya@mnu.edu.mv

Ключови думи: *Проект CABARET, работен пакет 7, изпълнение, достижения*

Резюме: *Разгледани са резултатите от изпълнението на Работен пакет 7. Най-широко са отразени публикациите, докладите и презентациите по тематиката на проекта. Основната задача на РП 7 е създаването на образователна платформа за обучение на крайбрежните общности при използването на комплексни системи за ранно предупреждение от различни природни опасности. Предложени са програми за обучение с теми и разпис на лекциите и упражненията. Предвижда се проучването на партньорските нужди от включването на специфични за всеки район тематични направления.*

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. The intended educational platform, 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 HEIs and their high effective performance of the knowledge for real practical purposes could be the most useful outputs. During the last months many

activities have been performed and executed following the research program and the practical applications

Research and publications

Due to the research activities, investigations and use of the former materials related to the topics of CABARET Project, several publications, reports and a book have been published:

Book: B. Ranguelov., A. Frantsova., 2017. Multihazards early warnings. Research, models and Bulgarian expertise., LAMBERT Academic Publishing., Saarbrucken,224 p. ISBN: 978-620-2-07727-9

Papers and publications in full text of reports and presentations:

- B. Ranguelov, F. Shadiya, Y. Ivanov., 2018. FRACTAL NATURE OF THE MALDIVES ARCHIPELAGO. PROC. DAYS OF PHYSICS, TU, SOFIA, 18–21 APRIL. PP. 81–86.
- F. Shadiya, B. Ranguelov., 2018. THE MALDIVES NATURAL HAZARDS AND EARLY WARNING SYSTEM. PROC. DAYS OF PHYSICS, TU, SOFIA, 18-21 APRIL. PP. 87–94.
- Ranguelov B., F. Shadiya., 2018., Fractals, natural disasters and ecological problems of Maldives., Ecological Eng. and Envir. Protection, pp. 18–25. ISSN 1311-8668.
- Ranguelov B., *2017.* THE EU ERASMUS+ *CABARET* PROJECT AND THE PARTICIPATION OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY., JOURNAL OF MINING AND GEOLOGICAL SCIENCES, VOL. 60, PART I, Geology and Geophysics, 2017, pp. 90–93.
- E. Spassov and B. Ranguelov. 2017. New Seismotectonic Model of the Pernik M5.8 earthquake of May 22, 2012 & Proposed Early Warning System for the Region. Poster In: Proceedings of Multi-Hazard Early Warning (MHEW) Conference, Cancun, Mexico, 22–23 May, 2017.

Dissemination activity – lectures, presentations, reports

- Ranguelov, B., 2017, THE C A B A R E T PROJECT - MULTIHAZARDS EARLY WARING SYSTEMS EDUCATION., In: Proc. V International Scientific and Technical Conference “GEOLOGY AND HYDROCARBON POTENTIAL OF THE BALKAN-BLACK SEA REGION”18-22 Sept. 2017, Varna, BULGARIA – pp. 392–306.
- Ranguelov B., 2017, 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.
- Ranguelov B., 2017. PROJECT C A B A R E T - E U TOOL FOR SUSTAINABLE M H E W EDUCATION FOR COASTAL COMMUNITIES., НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ „ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА – ЗА ЛИЧНОСТНО И ОБЩЕСТВЕНО РАЗВИТИЕ”., 27–28 октомври 2017 г., гр. Смолян. pp. 396–404. https://uni-plovdiv.bg/pages/index/1318/

The invited lecture called “Multihazards early warning systems – can they save human lives?” was presented during the second day of the International Festival entitled “Hello-Health” which took place at Plovdiv on 21 and 22 April, 2018. The presentation was in Bulgarian and the public attended was of a very broad professional profile – ecologists, physicians, people with interests of healthy behavior, etc. The number of attendees was about 100. Then acknowledge letter and a Certificate were issued by the Organizers.

WP7 tasks execution

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 (for example).

A) Course Name - Disaster Preparedness

Course Name - Introduction to Coastal Disasters.

Duration - 3 Weeks (4 hours / week - 12 hours)

1. Earthquakes
2. Tsunami
3. Floods
4. Cyclones

B) Course Name - Science and Technology for Disaster Risk Reduction

Duration - 4 Weeks (4 hours / week - 16 hours)

1. Introduction and Concepts

2. Risk Assessment
3. Prevention
4. Early Warning and Preparedness
5. Disaster Response and Emergency Relief
6. Post-Disaster Recovery and Reconstruction
7. Resilience at multiple governance levels
8. Resilience and Sustainable Development for DRR

C) Course Name - Community Based Disaster Risk Management.
Duration - 4 Weeks (4 hours / week - 16 hours)
1. Introduction to Community Based Disaster Risk Management.
2. Community Based Disaster Risk Assessment.
3. Participatory Disaster Risk Management Planning.
4. Mainstreaming DRR at Community Level.
5. Community Based Emergency Response Management.
6. CBDRM Planning.

Some others were proposed to the MGU educational courses - Magisterial level (for example).

Topic 1 - Natural disasters and people preparedness

Course 1 Natural hazards and negative consequences
Typology of the natural disasters:
Hour 1 Hazards in the Solid Earth and Oceans,
Hour 2 Meteorological hazards,
Hour 3 Pandemics, Space impacts
Hour 4 summary, exercise

Physical Properties of the disasters and the negative consequences:
Hour 1 Scales for the power of the hazards. Magnitude and intensity
Hour 2 Destructive potential in space and time domain
Hour 3 Comparison of the destructive potential
Hour 4 summary, exercise

Early warning systems:
Hour 1 Effectiveness of the early warning systems
Hour 2 Advance time, speed of the alerts distribution
Hour 3 False alarms
Hour 4 summary, exercise

Long and short term protective measures
Hour 1-2. Long term protection
Hour 3-4. Short term and personal protection

Total time – 16 hours

Course 2 Natural hazards and advanced technologies
Space technologies applications
Hour 1 Space technologies applications in natural disasters management
Hour 2-3 Monitoring, space communications, distant assessment of the consequences
Hour 4 Personal safety and societal resilience

Topic 2 - Mulihazards
Hour 1 Conditions, complexity, negative effects
Hour 2 Economical losses
Hour 3 From single events to multiple consequences
Hour 4 Nonlinearities of the damages and negative consequences

Topic 3 - Societal resilience
Hour 1 Primary and secondary damages
Hour 2 Methodology of assessment

Hour 3 Social behavior of the groups of people in emergency situations
Hour 4 Emergency planning

Total 12 hours

Topic 4 - Short Courses
Course 3 Multihaards, protection and resilience

Multihazards
Hour 1-2 Kinematic models about multihazards' influence
Hour 3-4 Economic assessment of the protection and safety measures

Early warnings systems
Hour 1-2 Coastal societies and coastal hazards
Hour 3-4 Warning messages and society reaction

Protection, safety and resilience
Hour 1-2 General protective measures – evacuation, zoning,
Hour 3-4 Specific protective measures – mangrove forests, barriers, microzonation

Total 12 hours

Such a composition provides large spectrum of knowledge and experience. Similar MOOC 's intend to be developed for broad number of topics.

Intended activity includes as well as a proposal to all participants and especially to these from the Asia region to propose specific MOOC's to be included to the educational platform

Conclusions

- A progress of the work performed in the frame of the WP7 of CABARET Project is displayed including research, dissemination activity, educational platform development and MOOC's skeleton and schedule.

- The co-chaired WP7 by MGU and MNU is under development according to the time schedule of the Project.

- 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., 2017, 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.
3. Ranguelov B., 2017. PROJECT C A B A R E T - E U TOOL FOR SUSTAINABLE M H E W EDUCATION FOR COASTAL COMMUNITIES., НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ „ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА – ЗА ЛИЧНОСТНО И ОБЩЕСТВЕНО РАЗВИТИЕ", 27–28 октомври 2017 г., Смолян. pp. 396–404. https://uni-plovdiv.bg/pages/index/1318/
4. http://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/projects/eplus-project-details-page/?nodeRef=workspace://SpacesStore/5315e537-5ff2-42ed-888d-d8f3fb6ce86c
5. 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.

NATURAL HAZARDS AND NATURAL RESOURCES OF THE BULGARIAN BLACK SEA COASTAL AREA

Orlin Dimitrov[1], Boyko Ranguelov[2]

[1]Institute of Oceanology – Bulgarian Academy of Sciences
e-maii: ovdimitrov@gmail.com; ovdimitrov@io-bas.bg
[2]Mining and Geology University – Sofia
e-mail: branguelov@gmail.com

Keywords: *Natural hazards, natural resources, spatial distribution on land and in the sea*

Abstract: *The natural hazards are an important expression of the recent geodynamics of the coastal area. Natural resources provide sustainable society development. The interactions between them are important factors of the sustainability of the coastal area. The spatial distribution of both elements is under investigation. The advantages and disadvantages of the spatial locations show higher potential of the sea and on land social facilities since ancient times up to the present days.*

ПРИРОДНИ БЕДСТВИЯ И ПРИРОДНИ РЕСУРСИ НА БЪЛГАРСКАТА КРАЙБРЕЖНА И МОРСКА ЗОНА

Орлин Димитров[1], Бойко Рангелов[2]

[1]Институт по океанология – Българска академия на науките
e-mail: ovdimitrov@gmail.com; ovdimitrov@io-bas.bg
[2]Минногеоложки университет – София
e-mail: branguelov@gmail.com

Ключови думи: *Природни бедствия, природни ресурси, Черноморско крайбрежие на България*

Резюме: *Разгледани са най-широко разпространените природни бедствия и природни ресурси на Черноморското ни крайбрежие – както на сушата така и в акваторията на морето. Потърсени са взаимни връзки между тях. Оценени са възможностите местните природни ресурси да послужат за възстановяване и устойчиво развитие, в случай на природно бедствие, засегнало разглеждания регион.*

Introduction

To study the influence of the natural hazards and their effects on the development of the coastal society is an important task investigated from different point of view especially to the sustainability and human safety and infrastructural security. On the other hand the natural resources define the societal progress and provide high standard of life. The coastal societies usually develop tourism and entertainment as priority all over the world. The Bulgarian Black Sea coastal area is not an exception. But in parallel a lot of other social activities help the progress and sustainability. For example the gas and oil production, the development of port facilities, the extensive fishery and seafood production as well as other heavy industry activities such as energy sector development ore and mineral exploration and exploitation, etc. are of vital importance for the balanced and effective social life. Without touching cultural and historical heritage the Bulgarian Black Sea coastal area both – on land and in the sea is threatened by different natural hazards which can destroy the sustainability for curtain interval of time. The ability to recover is an important task of the administration and local people. The natural resources and reserves are the basement of the fast recovery and progress. A lot of international examples can prove this – The Kobe earthquake in 1995 and the earthquake and the tsunami in 2011 in Japan, The earthquakes of the coast of Chile and Alaska and many others show the good practices for faster

recovery. On the other hand – the earthquake in Haiti, Indonesia (2004), Nepal (2015) and others show just the opposite examples, when the lack or reserves and resources slow the recovery process for a long time. Using the knowledge about all known data and information as well as some new technology solutions we try estimate all possible natural hazards and their destructive potential to the coastal society and on the other hand try to find all useful and potential resources which could be exploited in case of occurrence of hazardous events and their prevention and the possibility of sustainable development of the coastal society of Bulgaria.

The integration theory of the assessment of multihazard disasters which can affect the Bulgarian coastal area.

This method is based on the historical analysis and recent knowledge about the disasters which can affect the Bulgarian coastal area. We are starting our investigation from North to South, following the conclusions of the Bulgarian Geological hazards map (scale 1:500 000) – Fig.1. The statistics is rather reliable and the conclusions look satisfactory.

Natural hazards

- Collapsibility of loess. The hazard spreads to the north part of the Black sea coast. It is mixed with some karsts activities. The negative influence could be expected to the buildings constructions, underground mining and collapse of the agricultural land. The level of the destructive potential is low, because simple geology and geophysical prospecting can define clearly the areas of potential threat.
- Rock falls and cracked deposits. The hazard is located to the rocks near to the sea and can be localized easy. Low destructive potential.
- Active faults and mud flows. These are surface geodynamic factors with low destructive potential.
- Active faults and earthquakes. The typical representative seismic source is so called Shabla-Kaliakra source. According to the maps of the seismic hazard this is one of the most dangerous seismic active sources. Typical example is the earthquake from 1901 – magnitude 7.1, I_{max} (intensity) X EMS. The location of the epicenter is in the sea about 10–15 km from the coast. The earthquake triggered big block subsidence (about 3 km^2), large rock falls and landslides and even clear tsunami effects (about 3 meters local sea inundation in Balchik). The source has no clear origin. Some theories suspect the activation of the faults cross-section, another the fault's knot, but the observations did not confirm any of it. The source is characterized by very strong seismic events which occur irregularly, but there are a lot of historical descriptions about ancient strong earthquakes with very high magnitudes, strong destructive effects and triggering other destructive hazards like landslides, stone falls, tsunamis, etc. The destructive potential is very high and preventive, protective and safety measures are essential. The seismic source is one of the most active and hazardous all over the Black Sea coast
- Induced seismicity – some data about man-made earthquakes with magnitude up to 4.5 are observed due to the exploitation of the huge salt body near Devnia. The method of solution extraction is supposed to be a trigger of stress redistribution and small earthquakes generation. The subsidence is also observed.
- Tsunamis. As it was mentioned some local earthquakes can trigger tsunami. The far field tsunamis of seismic origin have been also observed – sources from Crimea, North Anatolian fault, Vrancea, etc. There are data about tsunamis generated by other phenomena – like underwater slides (turbidites), atmospheric disturbances as well as of not known origin. A typical representative event is this one from 7 May, 2007. It created local disturbances of the sea level with amplitude of about three meters. The models calculated on the basis of underwater landslide (because the seismic activity was not detected) as well as of atmospheric origin, does not confirm certainly the source of this tsunami generation mechanism. There are some hypotheses that large gas emissions and mud volcanoes can also trigger tsunamis. The model calculations for some typical cases show that the tsunami height can not go over 3 meters. But other calculations show very specific effect of some local peculiarities of the bottom and coastal geometry, which can focus the tsunami energy to some local places. This could be very dangerous and needs special investigations and modeling. For now the destructive potential is assessed as middle.
- Landslides. Almost the whole area of the Bulgarian northern Black Sea coast consists of large active landslides which are active due to the rainfalls, underground waters' levels

changes, triggered by earthquakes, etc. The destructive potential is very high and many roads, buildings and other facilities have been destructed during the historical times (Kavarna case - III c. BC) as well as recent constructions. To the south the Sarmatian lime stones (the main geological reason of the landslide process) are rarer and around Cape Emine the spreading of the active landslides is decreasing. The south part of the sea coast only rare cases can be observed.

- Erosion on land and on the costal rocks (abrasion) – widely spread all over the coast. Very clear expressed and could be avoided. Low destructive potential.
- Salt waters intrusion and silanization – widely spread and some salty lands are out of exploitation. Low destructive potential
- Floods. Flash floods are frequent event usually related to storms. The can affect the low lands and river estuaries and deltas. High destructive potential.
- Storms. The whole black Sea coast is vulnerable to storms. Surge storms and high sea water levels are frequently observed. Sometimes the sea level increased up to several meters. Wind storms are also frequent. High destructive potential due to the needs to close ports during the wind storms. Hail and snow storms are usual during the winter time. In general - high destructive potential.
- Icing. The northern part of the coast is frequently affected by icing during the winter times. Sometimes even the sea is freezing.
- Natural and artificial (due to the flotation ore processes) radioactivity. Observed on some beaches (for example “Vromos”) and waste deposits (for example near Rosen cooper mine).

Natural resources (general view from North to South and from the land to the sea)

The natural resources (mineral deposit, oil and gas, coal mining, etc.) are extracted from the general map of Bulgaria and show relative high concentration of different deposits in the coastal area – Fig. 2.

- The Shabla (Kamen briag-Tulenovo) oil deposit. Small block structured deposit which produces still very small quantities of heavy oil.
- Dobrudja cool basin. Deep (~3500 m) anthracite deposit with significant quantities, but due to the deep location and underground waters wait for innovative approach of exploitation.
- Manganese deposit. Huge deposit near Obrochishte. Mine exploitation. Potential for local people employment.
- Salt deposit near Devnya – base for chemical industry and potential of human employment.
- Gas seeps in the sea, related to the shallow depositions of methane. Predominantly located in the sea and near to the north coast. No industrial quantities are expected.
- The gas deposit Galata. Still produces gas. Some difficulties for the exploitation due to the high content of the abrasive material in the gas substrate.
- Healthy mud. High medically elective mud deposits near Balchik (Tuzlata) and Pomorie. High potential for health tourism.
- Hot mineral waters – wide spread to the north. Due to the Valangine water aquifer of lime stones. High potential for health tourism.
- Sapropel deposits due to the sea plants deposition. Considered as a resource with multiple application to the agriculture, pharmaceutics, etc.
- Sea salt production – open exploitation and production near Bourgas and Pomorie.
- Black Sea cool basin north of Bourgas. Mining activity and exploitation.
- Cooper and multi metal ore deposits south of Bourgas (mines Rossen, Varli briag and Gramatikovo deposits). Ore exploitation since ancient times up to the present days.
- H_2S – the sea water contains solution of H_2S especially for the depths deeper then 150–200 m. There are expectations about industrial processing of this resource.
- Gas hydrates. Huge deposits in the sea around the cost. Considered as a huge source of energy. Expectations about industrial exploitation. Needs innovative approach
- The main and very large income factor is considered the tourism with all facilities and services. This is a very vulnerable sector of the natural hazards and strongly depends on the natural resources.

Fig. 1. Part of the Map of the geological hazard of the Bulgaria - Black Sea coast [2]

Fig. 2. Part of the Map of the natural resources on the coast. Only major deposits are presented [15]

Conclusions

Regarding the natural hazards it is rather clear that a lot of disasters threaten the coastal area. Different in their physical properties and power, they are real danger for the population and infrastructure.

There is high probability of multihazards triggered by each other. For example the earthquakes can trigger tsunamis and on land and the bottom sea landslides (also rock falls and/or mudslides) and then landslides can trigger again tsunamis. The high winds water level changes can trigger floods, water salt intrusion and silanization.

There are observations about radioactive pollution due to the natural and anthropogenic factors. The gas and oil exploitation can triggered sea waters and coastal lands pollution.

Regarding the natural resources and reserves is clear that there is a large potential together with the tourism about industrial development (natural resources, port facilities, suitable places for communication and energy links, etc.)

Energy potential seems to be future development sector due to the wind energy, oil and gas interconnectors, expected deposits, H_2S and gas hydrates exploitation, etc.

Industrial potential and trading industry are also with possibilities to increase and together with tourism can bring large benefits.

Both – natural hazards and natural resources are interconnected and prevention and safety measure are essential to preserve the human lives, industrial infrastructure and tourism. This approach can satisfy the requirements of sustainability and future development of the region.

Acknowledgements: This work is supported by the Contract DNTS/Russia02/20 (27.06.2018)

References:

1. Бручев, И.,и др.,1994, Геоложката опасност в България., изд. БАН, С., с. 23–31.
2. Бручев, И, и др., 1994, Карта на Геоложката опасност в България., М 1 : 500 000, изд. ВТС, с. 2 бр.
3. Рангелов, Б., 1998, Земетресения, цунами и свлачища по северния бряг на Черно море. Темат. Сб. “Брегоукрепване” изд. БАН, с. 46–51.
4. Рангелов, Б., 2012, Разгневената Земя – природните бедствия., изд.БАН, С., 294 с. ISBN 978-954-322-475-3
5. Рангелов, Б., 2010. Атлас на зоните изложени на риска от цунами по Северното Българско Черноморско крайбрежие – зона Балчик., изд. ТерАрт, София. 25 с. ISBN 978-954-9531-15-2.
6. Рангелов, Б., 2012, Разгневената Земя – природните бедствия., изд. БАН, С., 294 с. ISBN 978-954-322-475-3
7. Ranguelov, B., 2013, Risk profiles and hazards for the Black Sea area. In Landslide Science and Practice, Vol. 7: Social and Economic Impact and Policies (Editors: Claudio Margottini, Paolo Canuti, Kyoji Sassa), ISBN: 978-3-642-31312-7, (Print) 978-3-642-31313-4 (Online). DOI 10.1007/978-3-642-31313-4, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. pp. 3-9.
8. Oaie, G., A. Segedi, V. Radulescu., 2016. NATURAL MARINE HAZARDS IN THE BLACK SEA AND THE SYSTEM OF THEIR MONITORING AND REAL-TIME WARNING, Geo-Eco-Marina 22/2016. pp. 5–29.
9. Ranguelov, B., 2011. Natural Hazards – nonlinearities and assessment, Acad. Publ. House (BAS), ISBN 978-954-332-419-7, 327 p.
10. Ranguelov, B., 2003, Possible tsunami deposits discovered on the Bulgarian Black Sea coast and some implications, in “Submarine Landslides and Tsunamis”., (Eds. A.Yalciner, E.Pelinovsky, E.Okal, C. Synolakis), Kluwer Acad.Publ., pp. 237–242.
11. Ranguelov, B., 2015. Historical Disasters Data Extraction and a Modern Marine Geohazards Early Warning System in the Area of the North Bulgarian Black Sea Coast., Proc. FIG Working Week 2015 “From the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World”., Sofia, Bulgaria, 17-21 May 2015., pp. 1–9. https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2015/techprog.htm\
12. Muco, B., G. Alexiev, S. Aliaj, Z. Elezi, B. Grecu , N. Mandrescu, Z. Milutinovic, M. Radulian, B. Ranguelov, D. Shkupi., 2012. Geohazards assessment and mapping of some Balkan Countries., Nat Hazards (2012) vol. 64, No 2, pp. 943–981, DOI 10.1007/s11069-012-0185-6, ISSN 0921-030X
13. Мардиросян, Г., Б. Рангелов., 2012. Аерокосмическите технологии – мощно средство за изучаване и борба с природните бедствия. Сб.Доклади, Н.Конф. Актуални проблеми на защитата на населението и инфраструктурата., 25-26 Октомври, 2012, ИК на НВУ „В.Левски”, В.Търново, 5–33, ISBN 978-954-753-104-8
14. Йосифов, Д., Р. Радичев., 2013. Дълбочинен строеж на Черноморската мегападина (по геофизични данни)., PROC. OF THE IV INT. SCI. AND TECH. CONF., 11-15 SEPTEMBER 2013, VARNA, BULGARIA
15. http//mining-enc.com/userfiles/images/bolgarija4.jpg

АНАЛИЗ НАБЛЮДЕНИЙ ИОНОСФЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Маргар Адибекян

Регионалная служба сейсмической защиты - ГНО МЧС Республика Армения - Армения
e-mail: adibekyan@yahoo.com

Ключевые слова: Землетрясение, ионосфера, сейсмическая опасность, предвестник.

Абстракт: *Для исследования оценки текущей сейсмической опасности изучались наблюдение ионосферных временных рядов. Результаты анализа наблюдении подтвердили связь между землетрясениями магнитудой M > 3.5 и поглощением радиоизлучения дискретных точечных радиоисточников Лебедь-А и Кассиопеа-А. Были исследованы землетрясении Нахичеванского (Азербайджан, 02.09.2008, M = 5.1) и Адрутского (Азербайджан, M = 3.5, 25.03.2011*) *Использовались дискретные точечные радиоисточники Лебедь-А и Кассиопеа-А (ионосферные станции наблюдения Сараванд, Шуши). Полученные результаты каждодневных, длительных наблюдений подтверждают факт связь подготовки землятрясения с магнитудой M ≥ 4 и поглащением радиоизлучения в возбужденной ионосфере, который можно обяснять ухудшением радиопрозрачности ионосферы, обусловленным электромагнитным излучением деформированного грунта в зоне землятрясения. Полученные обнадеживающие результаты обосновывают необходимость дальнейших исследований сейсмо-ионосферных связей и применение радиоастрономического метода вертикального зондирования.*

Введение

Оценка сейсмической опасности осуществляется путем непрерывной регистрации разных (электромагнитного, геомагнитного, ионосферного и т.д.) симптомов в зоне опасности. В ряде работ [1–5] предложены модели возбужденный ионосферы в связи с аномальным нарастанием литосферно-ионосферным взаимодействием. Радиоастрономический способ вертикального зондирования ионосферы однозначно обхватывает зону подготовки землетрясения, все слои ионосферы, и благодаря чувствительного радиотелескопа обладает высокой информативностью. Статье проводиться наблюдения Галактического фона и некоторых точечных космических радиоисточников (Кассиопея-А, Лебедь-А). Ниже анализ результатов наблюдений.

Программа и методика наблюдений

Учитывая тот факт, что плотности потоков радиоисточников Кассиопея-А и Лебедь-А известны с большой точностью, для наблюдений была выбрана прилежащая область небосвода. Наблюдения проводились ежедневно, девятичасовой продолжительностью, достаточной для прохождения обеих источников через диаграмму направленности неподвижного радиотелескопа, в интервале $17^h\ 30^m \le \alpha \le 26^h\ 30^m$ прямого восхождения источника.

Резуьтаты исследования

В рис. 1 стрелкой изображена аномалия временного ряда наблюдении радиоисточников Кассиопея-А и Лебед-А до Нахичеванского (Азербайджан, 02.09.2008, M = 5.1) землятрясения.

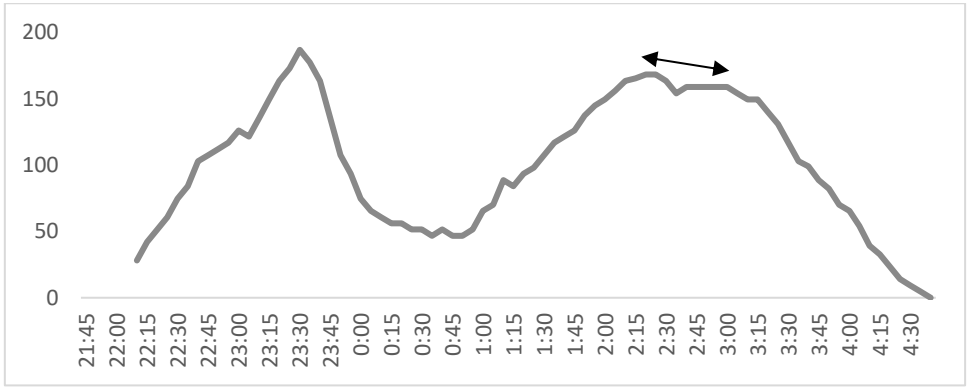


Рис. 1. Временной ряд наблюдении радиоисточников Кассиопея-А и Лебед-А (ст. Сараванд)

В рисунках 2–5 стрелкой изображена аномалия временного ряда наблюдении радиоисточников Кассиопея-А и Лебед-А до Адрутского (Азербайджан, M = 3.5, 25.03.2011) землятрясения.

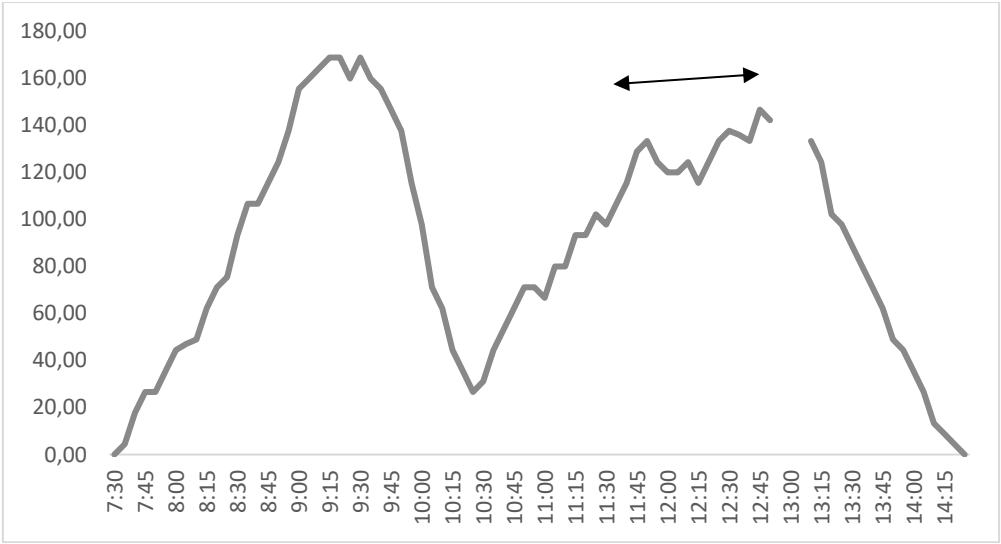


Рис. 2. Временной ряд наблюдения радиоисточников Лебедь-А и Кассиопея-А, аномалия (22.03.2011, ст. Сараванд)

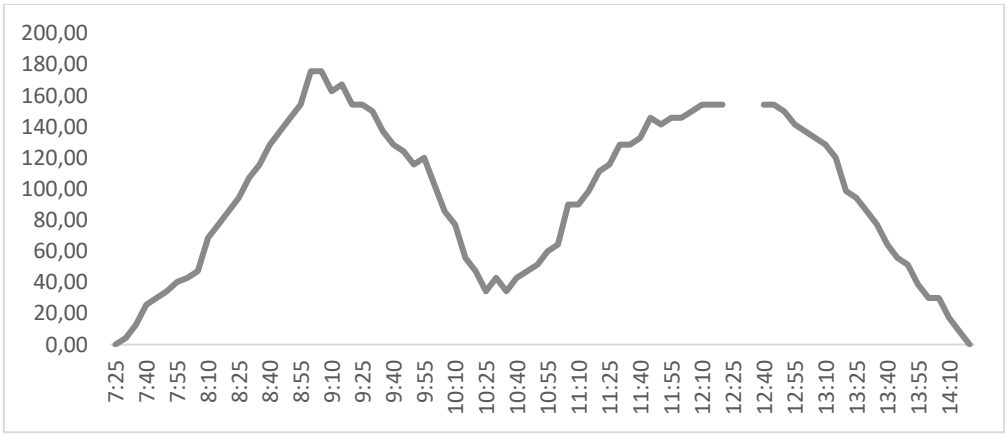


Рис. 3. Временной ряд наблюдения радиоисточников Лебедь-А и Кассиопея-А, без аномалия (22.03.2011, ст. Сараванд)

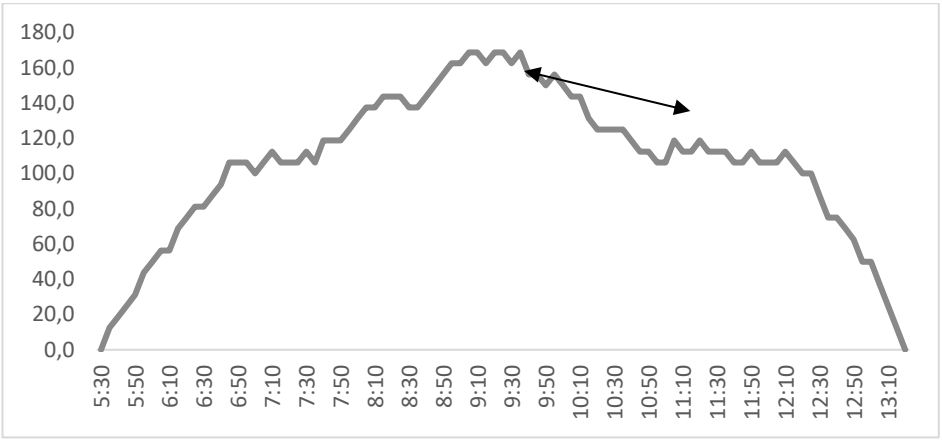


Рис. 4. Временной ряд наблюдения радиоисточника Лебед-А
(19.03.2011., Шуши, НКР)

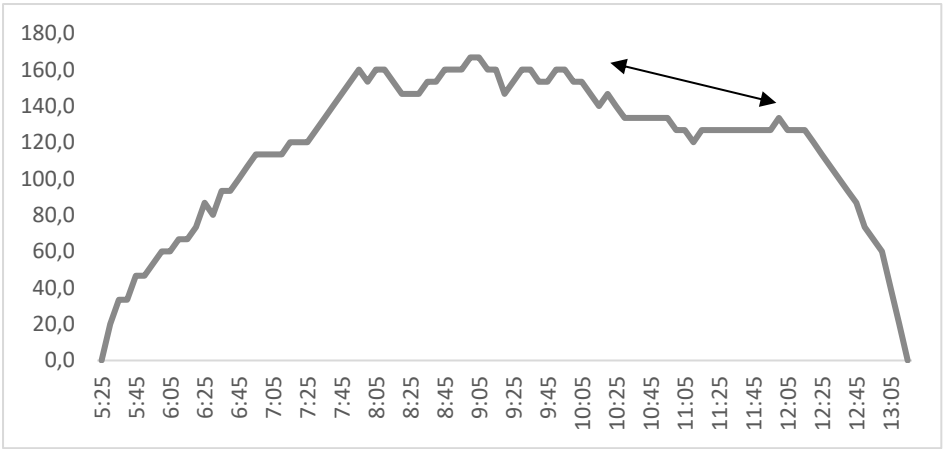


Рис. 5. Временной ряд наблюдения радиоисточника Лебед-А
(21.03.2011, Шуши, НКР)

Полученные результаты подтверждают факт связь подготовки землятрясения с магнитудой M = 3.5 и поглащением радиоизлучения в возбужденной ионосфере, который можно обяснять ухудшением радиопрозрачности ионосферы, обусловленным электромагнитным излучением деформированного грунта в зоне землятрясения.

Выводы

Полученные результаты каждедневных, длительных наблюдений, малая часть которых представлена в рис. 1 подтверждают факт измеримой корреляции между фазой подготовки землятрясения и поглащением радиоизлучения в возбужденной ионосфере, который можно обяснять ухудшением радиопрозрачности ионосферы. Полученные обнадеживающие результаты обосновывают необходимость дальнейших исследований сейсмо-ионосферных связей и применение радиоастрономического метода вертикального зондирования.

Литература:

1. Balasanian, S. Dynamic Geo- electricity. Novosibirsk," NAUKA", Siberian Department, 1990, pp. 232.
2. Martirosyan, R., A. Goulyan, V. Sanamyan, H. Piroumyan, M. Adibekyan, A. Mirsoyan. Remote sensing system of ionosphere for assessment of seismic risks //Izv.NAN,RA Gyumri, Ser. TH.2006. T.LIX, N^0 3.

АНАЛИЗ НАБЛЮДЕНИЙ ИОНОСФЕРНЫХ, ГЕОМАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Маргар Адибекян, Эрмине Багдасарян

Регионалная служба сейсмической защиты - ГНО МЧС Республика Армения - Армения
e-mail: adibekyan@yahoo.com

Ключевые слова: *Землетрясение, ионосфера, магнитное поле, электромагнитное поле, сейсмическая опасность, предвестники.*

Абстракт: *Для исследования оценки текущей сейсмической опасности изучались наблюдение электромагнитных и геомагнитных полей, вертикальное зондирование ионосферных временных рядов. Для анализа геомагнитных временных рядов использовали метод Пушкова. Результаты анализа наблюдении подтвердили связь между землетрясениями магнитудой M > 3.0 и поглощением радиоизлучения дискретных точечных радиоисточников Лебедь-А и Кассиопеа-А, а также зависимость между электромагнитными и геомагнитными параметрами.Были исследованы землетрясении Нахичевана (Азербайджан, 02.09.2008, M = 5.1), Варденис (Армения, 13.11.2008, M = 3.1) и Ноемберяна (Армения, 20.06.2008, M = 3.4). Использовались дискретные точечные радиоисточники Лебедь-А и Каспиепа-А (ионосферные станции наблюдения Сараванд, Шуши), геомагнитные станции наблюдения Степанаван, Артик, Аруч и Джермук, а также электромагнитные станции наблюдения Ехегнадзор и Артик.*

THE ANALYSIS OF OBSERVATIONS OF IONOSPHERIC, GEOMAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC TIME SERIES FOR DETECTION OF PRECURSORS OF EARTHQUAKES

Margar Adibekyan, Hermine Baghdasaryan

Ministry of Emergency Situations of The Republic of Armenia -Territorial Survey for Seismic Protection
State Non Commercial Organization
e-mail: adibekyan@yahoo.com

Keywords: *Earthquake, ionosphere, magnetic field, electromagnetic field, seismic hazard, precursor.*

Abstract: *For a research of assessment of the current seismic hazard were studied observation of electromagnetic and geomagnetic fields, vertical sounding of ionospheric time series. For the analysis of geomagnetic time series used Pushkov's method. Results of the analysis observation have confirmed communication between earthquakes magnitude M > 3.0 and absorption of a radio-emission of discrete radiation sources radio atmospheric observations and also dependence between electromagnetic and geomagnetic parameters. Have been investigated earthquakes of Nakhichevan's (Azerbaijan, 02.09.2008, M = 5.1), Vardenis (Armenia, 13.11.2008, M = 3.1) and Noyemberyan (Armenia, 20.06.2008, M = 3.4). Have been used Lebed-A and Kasiopea-A (ionospheric stations of observation Saravand, Shushi), geomagnetic stations of observation Stepanavan, Artik, Aruch and Djermuk and also electromagnetic stations of observation Yeghegnadzor and Artik.*

Введение

Оценка сейсмической опасности осуществляется путем непрерывной регистрации разных (электромагнитного, геомагнитного, ионосферного и т.д.) симптомов в зоне опасности. В ряде работ [1–3] предложены модели возбужденный ионосферы в связи с аномальным нарастанием литосферно-ионосферным взаимодействием. В отличия от наклонного

зондирования, радиоастрономический способ вертикального зондирования ионосферы однозначно обхватывает зону подготовки землетрясения, все слои ионосферы, и благодаря чувствительного радиотелескопа обладает высокой информативностью.

В работе изучались электромагнитные и геомагнитные предвестники землетрясении. На рис. 1 изображены наблюдения радиоизлучения дискретных радиоисточников Лебедь-А и Кассиопеа-А до Нахичеванской (Азербайджан, 02.09.08, M = 5.1) землетрясении (ст. Сараванд). На 02 сентября 2008 г. было зарегистрировано снижение значении мощностей дискретных радиоисточников Кассиопеа-А, что может быть связано с сейсмической активностью.

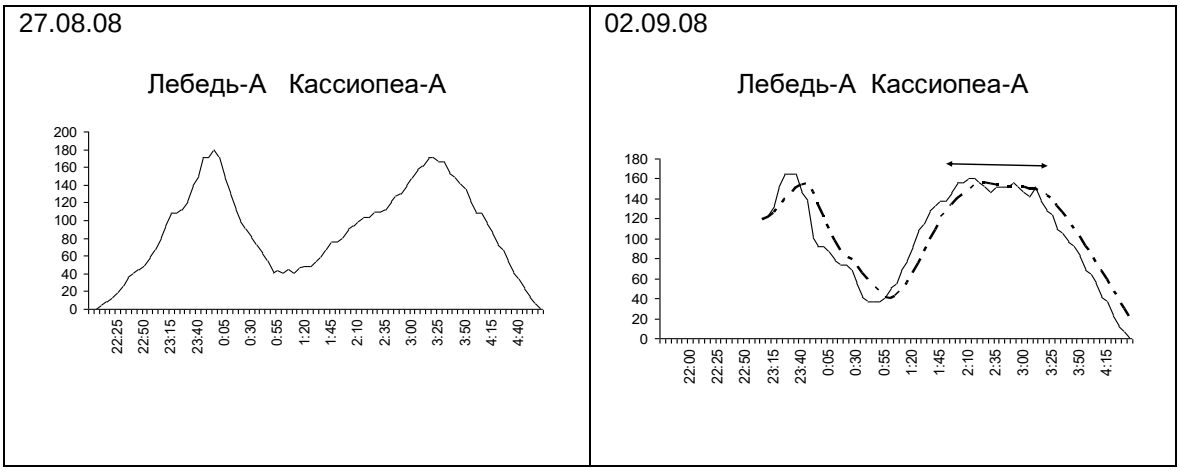


Рис. 1. Радиоастрономическое наблюдение радиоизлучения дискретных радиоисточников Лебедь-А и Кассиопеа-А до Нахичеванской (Азербайджан, 02.09.08, M = 5.1) землетрясении (ст. Сараванд)

На рис. 2 изображены временные ряды электромагнитных и геомагнитных полей перед землетрясением в Варденисе (Армения, 13.11.08, M = 3.1).

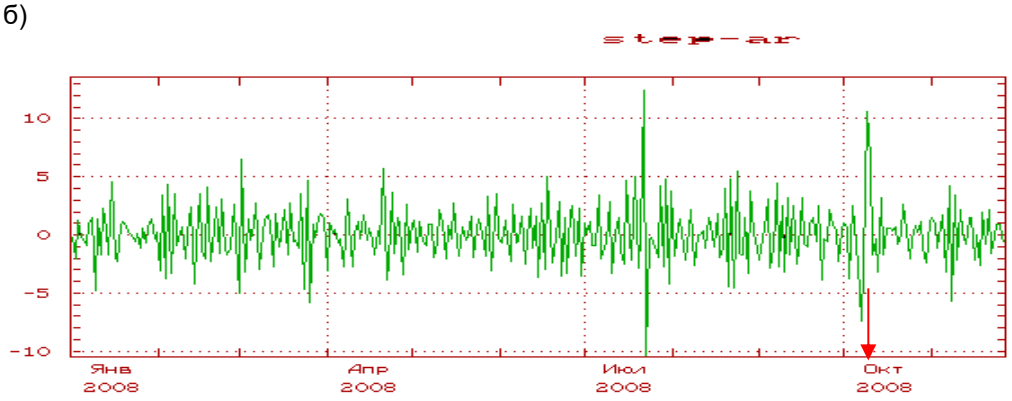
а) Временные ряды геомагнитных станции наблюдения Степанаван и Артик (синхронная разность).

б) Временные ряды геомагнитных станции наблюдения Степанаван и Артик (синхронная разность).

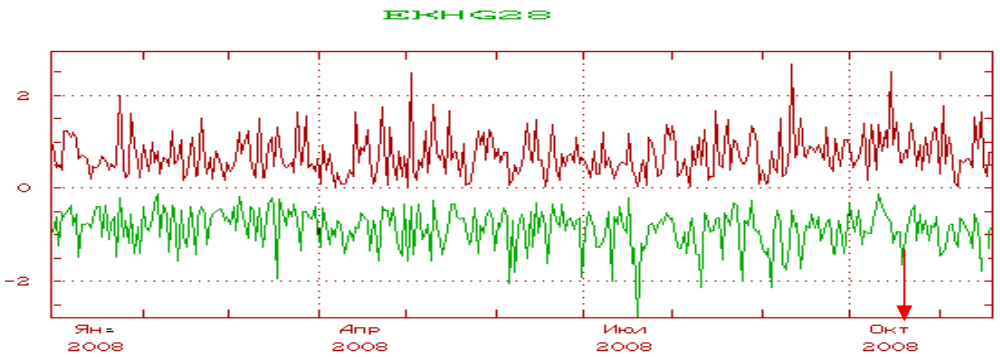
в), г) Временные ряды электромагнитных станции наблюдения Ехегнадзор и Артик.

а)

б)



в)



г)

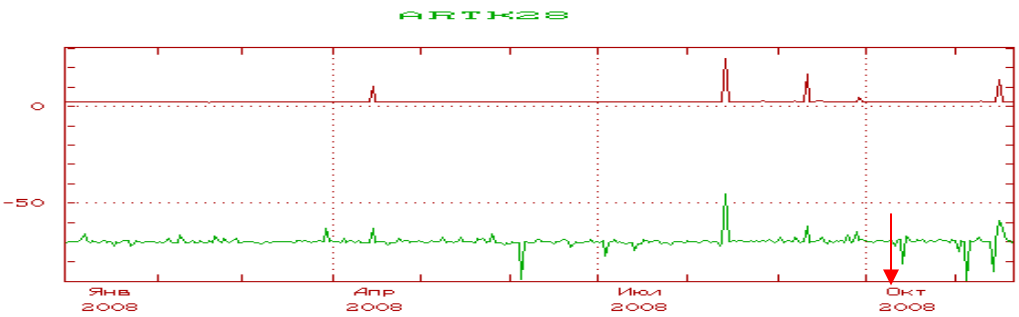


Рис. 2. Временные ряды электромагнитных и геомагнитных полей перед землетрясением в Варденисе (Армения, 13.11.08, M = 3.1)

а) Временные ряды геомагнитных станции наблюдения Степанаван и Артик (синхронная разность).

б) Временные ряды геомагнитных станции наблюдения Степанаван и Артик (синхронная разность).

в), г) Временные ряды электромагнитных станции наблюдения Exегнадзор и Артик. Рисунок 2а показывает, что кривые Степанавана и Артика (синхронные разности) имели аномальные значения около месяца назад, что объясняется тем, что в этом регионе произошли локальные динамические изменения. Ярким примером этого является аномальная кривая, полученная методом сдвига на рис. 2b, которая фактически порождает такую аномалию.

На рис. 2в, и 2г изображены кривые наблюдения электромагнитных полей Exегнадзора и Артика. На обеих станциях наблюдается поглощение энергии и выбросы.

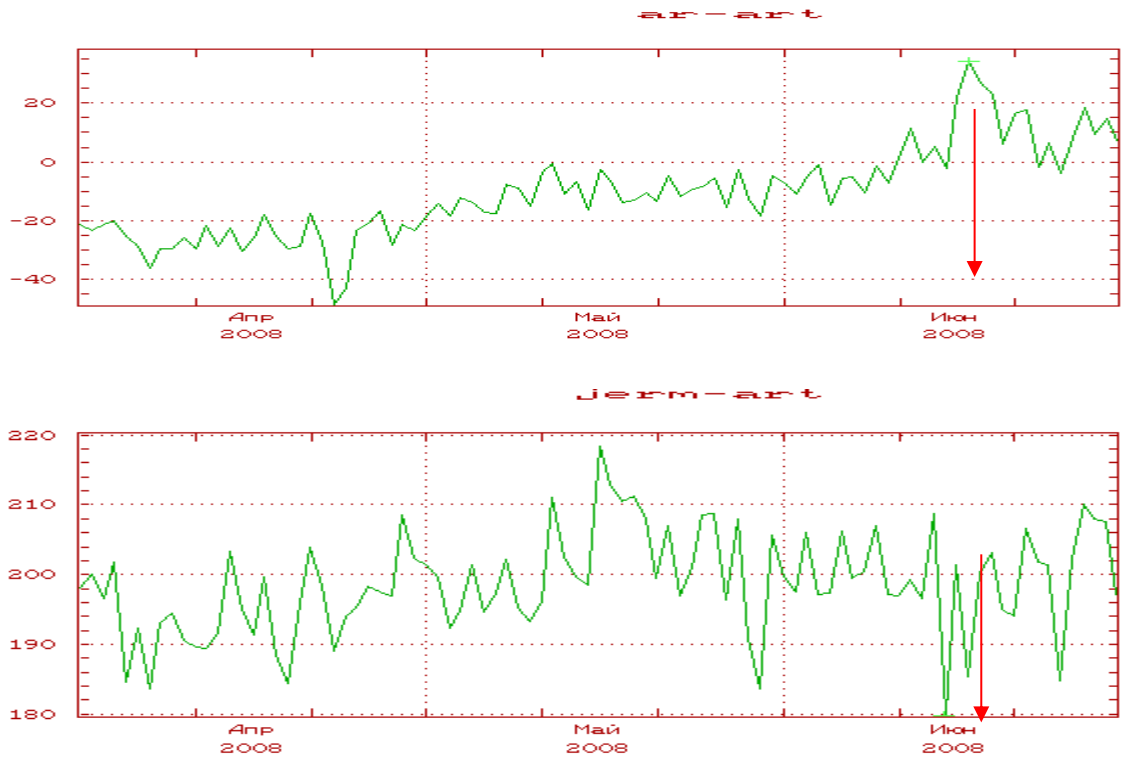


Рис. 3. Временные ряды геомагнитных станции наблюдения Аруч-Артик, Джермук-Артик *(*синхронная разность*)* до землетрясения Ноемберяна (Армения, 20.06.2008, M = 3.4)

Рисунок 3 показывает, что 4–6 дней до землетрясения значения аномально изменилисъ на станциях Аруч-Артик, Джермук-Артик. Такие изменения вызваны появлением локальных аномалий, которые объясняются изменениями в породах.

Заключение

1. Вышеупомянутые методы обеспечивают выявления аномалии примерно за 1–40 дней до землетрясения.

2. Полученные аномалии характеризуются локальными динамическими изменениями, которым в основном предшествует значительное и сильное землетрясение.

Литература:

1. Balassanyan, S. Yu. (1990). Dynamic Geoelectricity. Novosibirsk, “NAUKA”, Siberian Department, pp. 232.
2. Badalyan, M., Petrosyan H., Adibekyan M. (2001) Peculiarities of Magnetic Precursors of Earthquakes on the Territory of Armenia. Journal of Georgian Geophysical Society. Physics of Solid Earth, vol. 5, Tbilisi, pp. 37–43.
3. Balassanyan, S., Petrosyan H., Avanesian A., Adibekyan M. (1999). Some Observation Results of the Noemberyan (Armenia) Earthquake, July 18, 1997, Preparation Using Non–Stationary Non–Reversible Process Approach. Earthquake Engineering, No 1, 40 p.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПЕРСПЕКТИВНИ РЕКРЕАЦИОННИ ЗОНИ В БЪЛГАРИЯ ЗА РЕХАБИЛИТАЦИЯ И ПРОФИЛАКТИКА ЧРЕЗ ХРОНОФИЗИОТЕРАПИЯ НА РАБОТЕЩИ В АЕРОКОСМИЧЕСКИЯ ОТРАСЪЛ

Геннадий Маклаков[1], Надежда Георгиева, Евгени Малев[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Технически университет - Варна, България
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Ключови думи: *екология,* рекреационни зони*, рехабилитация, аерокомически отрасъл, хрономедицина, газоразрядна визуализация.*

Резюме: *Разгледана е екологията на рекреационни зони в България с цел рехабилитация и профилактика на психо-физиологичното състояние на авиационен и космически персонал чрез хрономедицина. Предложен е нов неинвазивен метод за диагностициране на десинхроноза, базиращ се на газоразрядна визуализация (ГРВ). Показана е възможността на ГРВ биоелектрографията за избор на оптимална стратегия при провеждане на рехабилитация на базата на хронофизиотерапията.*

RESEARCH OF PROSPECTIVE RECREATIONAL ZONES IN BULGARIA FOR REHABILITATION AND PROPHYLAXIA THROUGH CHRONIC PHYSIOTHERAPY WORKERS IN THE AEROSCOMMING SECTOR

Gennadii Maklakov[1], Nadezhda Georgieva, Evgeni Malev[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Technical University of Varna, Bulgaria
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Keywords: *ecology, recreation areas, rehabilitation, aerospace, chronomedicine, gas-discharge visualization.*

Abstract: *The ecology of recreational zones in Bulgaria was examined with the aim of rehabilitation and prophylaxis of the psycho-physiological state of aviation and space personnel through chronomedicine. A new non-invasive method for the diagnosis of desynchronosis based on gas-discharge visualization (GVD) is proposed. The ability of the bioelectrography GVD to select an optimal strategy in rehabilitation based on chronophysiotherapy is demonstrated.*

Въведение

Отличителна черта в професионалната дейност на авиационния и космическия персонал е високият риск от възникване на опасни за живота ситуации. Такива ситуации изискват изключителни психо-физически качества, осигуряващи надеждно поведение и съответстващи действия.

В тази връзка много належаща задача е разработването на ефективни методи за възстановяване психо-физиологичното състояние на операторите на сложни ергатични системи, а също и намирането на мерки за тези методи. В това използването на естествени фактори като средство за физиотерапия започва да играе все по-голяма роля.

България е богата на балнеотерапевтични центрове и санаториуми (Велинград, Хисаря, Вършец, Банкя и др.), известни и зад граница. Уникалните съчетания от водоизточници, лечебен въздух, географско разположение създават предпоставки за тяхното използване за естественна физиотерапия.

На базата на проучвания, проведени от нас през 2016–2018 г., идентифицирахме места за реализация на физиотерапевтични процедури на базата на хрономедицината. В статията се спираме на едно от най-подходящите за тази цел – района на Крушунските водопади.

Персонализираната превантивна хрономедицина и нейните възможности за рехабилитация на операторите на ергатични комплекси

Преди повече от сто години се формира науката хронобиология. Това е наука за времевата организация на живите системи: клетките, човешкото тяло, екологичните системи, биосферата на Земята. Във всички тези нива на организация на живота за запазване на тяхната устойчивост решаващо се явява задължителното координиране на жизнените процеси във времето. Казано по друг начин, животът е координация на биоритмите, а несъгласуването между тях и ритмите на околната среда означава болест. Кратко и точно това формулира Владимир Бехтерев (академик, генерал-майор, известен руски психиатър, невропатолог, психолог): «Сред главните закони в света трябва да поставим Закона за периодичността или ритъма».

Именно идеята за ритмичните прояви на структурите на тялото във времето лежи в основата на хрономедицината. Съгласно нейния основен постулат здравето на човешкото тяло е възможно като степен на координация на биоритмите на клетките, органите и системите на организма помежду им и с времевата организация на външната среда.

В медицината хронодиагностиката и хронотерапията като методи за оценка на десинхронозата и нейното отстраняване започват да се използват през XX в. Международното дружество на биоритмолозите е създадено още през 1937 г. и преименувано през 1971 г. в Международно дружество по хронобиология. В Русия тези проблеми се координират от комисия на РАН "Хронобиология и хрономедицина".

Да се обърнем към основните принципи на хрономедицината и да определим защо е толкова ефективна за изграждането на системи за рехабилитация и профилактика. Ще започнем с въпрос. Защо класическите методи за физиотерапия много рядко са ефективни? Според признанието на опитни физиотерапевти, около половината от физиотерапевтичните процедури не дават ефект, а на 10 % от пациентите не само не помагат, а дори вредят, причинявайки странични реакции в други органи и системи. Това не се афишира, обяснява се със съпътстващи заболявания или предполагаема индивидуална непоносимост към даден тип физиотерапия [1].

Хронобиологията дава много прост, но логичен отговор на това «Защо?». Човешкото тяло е сложна биоенергетична система, всички компоненти на която функционират, както вече изтъкнахме, с определени ритми.

Съгласно съвременната класификация биоритмите са няколко: ултрадианен ритъм с продължителност по-малко от 20 часа, циркаден – с период от 20 до 28 часа и инфрадианен - с период над 24 часа, но не повече от две и половина денонощия [2]. Това е опростяване на класификацията, в действителност структурната организация на биоритмите е значително по-сложна, но в рамките на тази статия за изясняване на принципните на хрономедицината то е допустимо.

Всеки биоритъм се характеризира с период на най-голяма активност (акрофаза) и период на най-малка активност (минифаза). В периода на акрофаза има повишаване на чувствителността към стимулиращи въздействия върху организма (напр. лекарствени средства) и понижаване – към потискащи. Например, в акрофаза се повишава чувствителността към стимулатори на централната нервна система, а в минифаза – към депресанти. Установено е, че в рамките на акрофаза органите са най-възприемчиви към патологично въздействие и в същото време са най-чувствителни към лечебни въздействия. Например, черният дроб е най-уязвим в периода от 1 до 3 часа през нощта, бъбреците – в периода от 17 до 19 часа. Най-високо е артериалното налягане от 16 до 20 часа, а най-ниско – в полунощ. Работоспособността на сърцето е намалена около 13 и в 21 часа [2]. Аналогична периодичност се наблюдава в работата на всички системи на организма. Естествено, това са средни стойности, всеки човек има свои собствени върхове и спадове във функционирането на органите и системите, но във всеки случай може да се проследи една ясно изразена периодичност.

Обичайно физиотерапия се назначава, без да се вземат предвид индивидуалните характеристики на пациента – еднакво при различни пациенти, еднакво при различни начални състояния на един и същ пациент, еднакво по различно време на деня, сезона, фазите на йерархията на ритмите на чувствителност.

Всичко това води до факта, че физиотерапията понастоящем се използва незаслужено по-малко от лекарствената терапия, въпреки по-ниските разходи за лечение, липсата на пристрастяване и на алергични реакции, по-малката вероятност за негативни ефекти и

индивидуални противопоказания. Причината е, че конвенционалната физиотерапия не може да гарантира и да предвиди положителен терапевтичен ефект при всички пациенти. Параметрите на физиотерапията, които са ефективни при някои пациенти, може да не окажат влияние или да причинят предозиране при други пациенти и дори при един и същ пациент, но в друго време на деня или в различно време на годината. Както при лекарствената терапия, елиминирането на симптомите не гарантира системния характер на лечението и стабилната нормализация на функцията на един орган без странични ефекти в други органи и системи на организма. Изходът е да се използват основните принципи на хромедицината по време на физиотерапия.

Хронобиологичният подход в медицината предполага автоматично отчитане на първоначалното състояние на биосистемата (клетка, тъкан, орган, организъм), от което зависи не само силата, но и въобще реагирането на всяко химическо или физическо терапевтично въздействие. Лекарите от всички области на медицината признават този принцип, но продължават да работят в рамките на написаните инструкции, тъй като съществуващите устройства и одобрените методи не позволяват да се вземат предвид първоначалното състояние и индивидуалните характеристики на пациента. Фазите на биоритмите на клетките, тъканите, органите е необходимо да се отчитат при избора на моменти на лечебно въздействие и това би гарантирало желаната посока и изключително положителен терапевтичен ефект, естествено и от физиотерапията.

Използването на физически фактори за рехабилитация - от гледна точка на основните принципи на хрономедицината – изисква решаване на проблема за оптимизиране на физиотерапевтичното въздействие. По наше мнение това се постига, като системата за рехабилитация и профилактика се базира на методите на музикалната психотерапия (психокорекция с помощта на акустично поле).

Теоретичните предпоставки за разработване на музикотерапевтични методи за рехабилитация и профилактика на нарушено психосоматично състояние подробно разгледахме на конференцията „BulTrans-2017” и „SES-2017” и докладъте са публикувани в техните сборници [3, 4]. Накратко същността на метода. Психическите и соматичните ефекти на музикалните влияния могат да бъдат обусловени не само от емоционалното възприятие (чрез слухови анализатори), но и от директни акустичнорезонансни отклици от страна на клетките, органите и системите. Има се предвид едновременното влияние на акустичните вълни, организирани в музикална структура, върху психоемоционалната, духовната сфера на човека и директно върху повърхността на тялото и вътрешните органи.

По наше мнение, за практическото прилагане на методите за рехабилитация, очертани в тази статия, особено подходящи са рекреационните зони в Крушунския край.

Проучванията си направихме в околностите на село Крушуна (община Летница, Ловешка област). Централно място в рекреационната зона заемат Крушунските водопади, които се намират в местността Маарата. Уникалността на мястото се подсилва от множество подземни реки и езера. Те образуват силен фон, който въздейства изключително благотворно върху психоемоционалното състояние на хората. А към всичко това се прибавя и наличието на лечебни минерални извори с топла вода.

Анализ на публикациите по изследане на лечебните свойства на водопадите позволява да се определят факторите, особено способстващи нормализирането на психо-физиологичното състояние на човешкия организъм. Това са: йонизация на въздуха, бял шум (white noise) от падащата вода.

Нашите проучвания [5] отчитат, че в спектъра на звука от водата в Крушунските водопади преобладават нискочестотните компоненти, близки до честотите на мозъка. Именно те водят до стабилизация на психоемоционалното състояние и активизация на вътрешните психически ресурси, способстват за намаляване на стреса.

Наблюдение върху психосоматичното състояние на хора, пребиваващи в парка Маарата, показва, че се увеличава устойчивостта на организма срещу неблагоприятни въздействия, засилва се способността за концентриране на вниманието, увеличават се физическата и умствената работоспособност. Това са все неща, изключително важни за хора, които реализират себе си в област, в която спецификата на професията води до подчертано високо натоварване върху физиката и психиката.

Методология на изследванията

Основният проблем при прилагането на принципите на хромедицината при физиотерапията и по-специално за ефективното използване на положителното влияние на природните фактори върху човешкото тяло е точното хронодиагностициране (определяне нивото на десинхроноза). Съществуващите методи за хронодиагностициране на

функционалното състояние се основават на анализ и сравнение на сърдечните ритми. Оборудването за такъв анализ е сложно и скъпо.

Като алтернатива можем да предложим използването на метода газоразрядна визуализация (ГРВ) [6]. Той е сравнително евтин, бърз и в същото време сигурен.

Принципът на ГРВ биоелектрографията и особеностите в използването на ГРВ диагностиката бяха описани достатъчно подробно в наши публикации [5, 7–8], включително в рамките на международната научна конференцията "Космос. Екология. Сигурност", и няма да бъдат цитирани тук. С няколко думи същността на този принцип е: оценяване на 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).

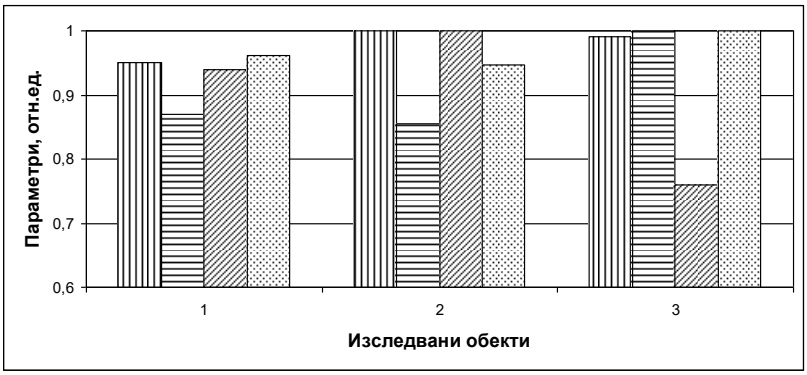
Предварителните проучвания, проведени с помощта на мултифункционалния апаратно-програмен комплекс «ГРВ компакт ЕКО» (от Kirlioniks Technologies International) показаха, че съществуващото ГРВ оборудване няма достатъчно чувствителност. За да се реализира възможността за използване на метода ГРВ за оценка на ефективността на физиотерапията и определяне оптималните параметри на хронофизиологичната терапия бяха извършени допълнителни проучвания. С помощта на математическия пакет "MatLab" се извърши моделиране на работата на високочестотен генератор, инициращ ГРВ изображение. Бяха подбрани параметри на честотата и величината на високото напрежение, осигуряващи надеждна хронодиагностика и обективна оценка на психо-физиологичното състояние на човека. Модернизацията засегна и оптоелектронния преобразувател. Прехвърляне на резултатите от изследванията и последващата обработка се основава на облачната технология. Разработеният лабораторен модел и неговото тестиране потвърдиха верността на избрания подход.

В момента се провеждат подготовки за патентоване на нов метод за хрониодиагностика и устройство за неговото прилагане.

Проучването и разработването на прототипен образец беше проведено в Техническия университет – Варна, в рамките на проекта СНП-2.

Анализ на резултатите от изследванията

Изследвани са зоните на Зеления водопад, Каскадния водопад, пещерата Водопада. На фиг. 1 е представена диаграма, която показва как се изменят параметрите на светене в ГРВ изображенията на водата в различните водопади (за удобство на сравнението те всички са приравнени към единица). Тук и по-нататък в статията са приети следните обозначения: стълбчето с вертикални линии показва площта на светене, с хоризонтални – средната интензивност на светене, с наклонени – ентропията по изолинии, с точки – фракталността по изолиниите.

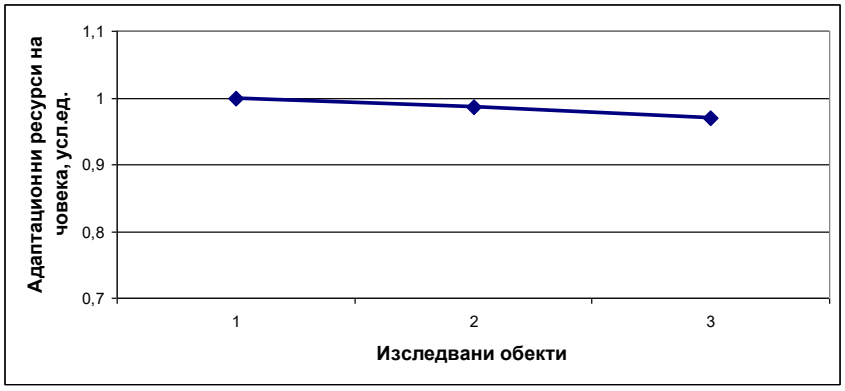


Фиг. 1. Разпределение на параметрите на енергията на водата на водопадите в Маарата, където:
1 – Зелен водопад, 2 – Каскаден водопад, 3 – пещера Водопада

Заслужава да се обърне внимание на показателите площ на светенето и ентропия според ГРВ изображенията.

Площта на светенето много добре корелира с показателите за общо психо-физиологично състояние и може да бъде интегрален показател за състоянието на човека. От друга страна този показател добре отразява нивото на хомеостазата на организма и се явява комплексна характеристика на неговите адаптационни ресурси. Ентропията, както е известно, в широк смисъл показва хаотичността (дезорганизираността) на системата. За биологичните

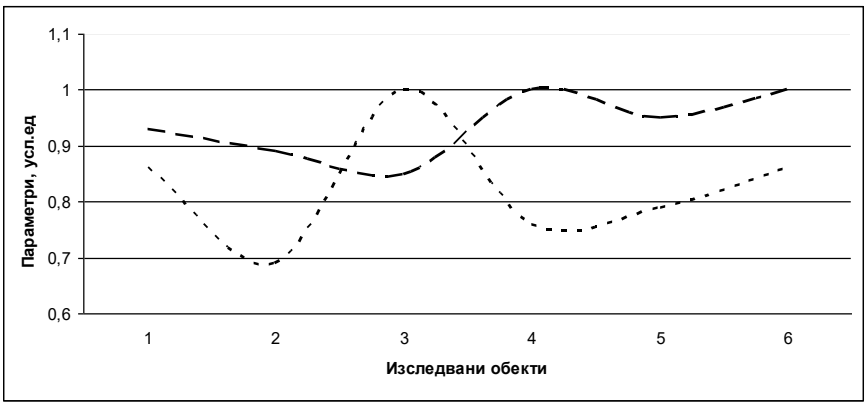
системи това е състоянието на функциониране на клетките, органите и целия организъм; характеризира степента на активност при протичането на всички реакции и процеси на жизнената дейност. Повишаването на ентропията свидетелства за възникване на нови процеси, водещи към засилване на активността на клетките или органите [6]. Макар площта на светене и ентропията да са достатъчно информативни параметри, характеризиращи психо-физиологичното състояние, за пълнота на картината на фиг. 2 е показано изменението на адаптационните ресурси близо до водопадите.



Фиг. 2. Разпределение на. адаптационните ресурси на човека на водопадите в Маарата, където:
1 – Зелен водопад, 2 – Каскаден водопад, 3 – пещера Водопада

Ако разгледаме комплексно параметрите на ГРВ изображенията, можем да направим извод, че всички водопади оказват почти еднакво силно благотворно влияние върху човека. За това свидетелства и анализът на адаптационните ресурси на изследваните. Стойностите на този показател са максимални при Зеления водопад, а около другите намаляват съвсем незначително (по-малко от 1 %).

За оценяване на екологичната обстановка като цяло в парка Маарата и в с. Крушуна са проведени измервания на показателите на психосоматичното състояние, по-точно изследвани са нивото на стабилност в работата на хомеостазата на организма. Резултатите от изследванията са представени на фиг. 3.



Фиг. 3. Изменение на адаптационните ресурси (линията с точки) и ентропията на биосистемата в обектите:
Каскаден водопад –1; входа в парковата зона Маарата – 2; площада на селото – 3;
двора на ул. „К. Стойков” 22 – 4; сградата на кметството – 5; къщата на ул. „К. Стойков” 22 – 6

За по-пълна картина на лечебните фактори, въздействащи върху човека, е проучено и влиянието на топлата минерална вода в бассейна. Химическият състав на водата, нейната температура благоприятстват възстановяването на психоемоционалното състояние. Обемът на статията не позволява да се спрем подробно на ГРВ параметрите, потвърждаващи целебните свойства на това природно богатство. Само ще отбележим, че даже след еднократна процедура (плуване в басейна 10 минути), се увеличават адаптационните ресурси на организма с 20–35 % в зависимост от възрастта и пола на човека.

Заключение

На основата на постиганатото от хрономедицината става възможно напълно да се осъществи принципът на персонализация в превенцията и възстановяването на психосоматичните системи.

Проучванията върху екологията на рекреационни зони в Крушунския край показават, че мястото предлага уникални възможности за рехабилитация на психо-физическото състояние.

Крушунският край е изключително подходящ за възстановяване на психосоматичното състояние на базата на хронофизиотерапия на хора, заети в критични производства, изискващи от тях стабилна психика (авиация, космонавтика, оператори в АЕЦ и т.н.).

Трябва да се има предвид, че действието на природните фактори също е зависимо от времето на тяхното използване. С други думи, за осъществяване на най-добър резултат е необходимо профилактичните процедури да се осъществяват на базата на хрономедицината.

Направените изследвания с техните констатации могат да предложат подходящо решение за лечебно-оздравителните процедури за работещите в сложни системи, тъй като ефективността в този случай е особено важна.

Изследването е финасирано по проект НСП-2, ТУ-Варна: «Изследване на газоразрядната визуализация и нейната приложност в материалознанието, медицината, екологията и растениевъдството».

Литература:

1. Загускин, С., С. Веригин. Персонализированная профилактическая хрономедицина: интеграция подходов западной и восточной медицины. Пространство и Время, № 1(27), 234–246, 2017.
2. Пятакович, Ф., С. Загускин, Т. Якунченко. Биоуправляемая хронофизиотерапия. Белград. БГУ, 2002.
3. Маклаков, Г. Оптимизация на музикалната психотерапия на операторите на ергатични системи чрез метода ГРВ-биоелектрография.// Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурноси “SES-2017”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. с. 113–117, 2017.
4. Маклаков, Г., Н. Георгиева. Музикотерапия в програмите за възстановителна корекция на психо-физиологичното състояние на работещите в транспорта, „БулТранс-2017“, 33–25, 2017.
5. Маклаков, Г., Н. Георгиева. 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., с. 255–261, 2017.
6. Коротков, К. Основы ГРВ биоэлектрографии. СПб, Изд. СПбГИТМО, 2001.
7. Маклаков, Г., П. Гецов. Перспективи за използване на ГРВ биоелектрографията в психологическите изследвания на сигурността и поведението на човека в екстремални ситуации. Международна конференция «Приложната психология: възможности и перспективи». Сборник доклади. ВСУ, Варна, 193–206, 2017.
8. Маклаков, Г., П. Гецов. ГРВ технологията като принцип за изследване на изменени състояния на съзнанието при професионалната дейност на авиационния персонал, „БулТранс-2016“, 24–27, 2016.

ОСОБЕНОСТИ НА ЕКОЛОГИЯТА НА ПОБИТИТЕ КАМЪНИ (ВАРНЕНСКИ РЕГИОН) И ВЛИЯНИЕТО Й ВЪРХУ ЧОВЕКА

Геннадий Маклаков[1], Надежда Георгиева, Иван Иванов[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Технически университет - Варна, България
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Ключови думи: *екология, сакрално място, психо-физиология, човек, газоразрядна визуализация.*

Резюме: *Разгледана е екологията на местността Побити камъни. Изучено е влиянието й върху психо-физиологичното състояние на човека. Потвърдена е възможността за оценяване на екологичното пространство и влиянието му посредством метода газоразрядна визуализация. Защитено е становището, че ГРВ биоелектрографията е приложима за регистриране на опасни и безопасни за жизнената дейност на човека зони. Проведена е сравнителна характеристика на екологията в местностите Побити камъни, Перперикон, Бели камъни и др.*

FEATURES OF ECOLOGY OF "STONE FOREST" (VARNA REGION, BULGARIA) AND ITS EFFECT ON HUMAN

Gennadii Maklakov[1], Nadezhda Georgieva, Ivan Ivanov[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Technical University of Varna, Bulgaria
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Keywords: *ecology, sacral meals, psycho-physiology, man, gas-discharge visualization.*

Abstract: *The ecology of the site "Pobiti kami" is explored. You learn to influence the sacred place of the psycho-physiological state of man. The ability to evaluate the ecological space and the impact of the environment on man on the method of gas-discharge visualization has been shown. A comparative characterization of the ecology out in the areas of Pobiti Kamani, Perperikon, Beli Kamani and others was carried.*

Въведение

България е осеяна с археологически находки и сакрални места. Безброй са твърденията за местности с необикновено силни излъчвания на енергия. Представлява огромно научно предизвикателство такива обекти да бъдат изследвани със съвременна апаратура.

С такава цел преди две години проведохме проучвания на екологията в култови съоръжения, древни археологически паметници, скалния комплекс Перперикон, тракийското светилище Белите камъни (с. Старцево, около Златоград), тракийски долмени в гр. Хасково [1].

В началото на тази година насочихме вниманието си към природния феномен Побити камъни, известен още като Каменната гора или Дикилиташ. Природният феномен няма аналог в света. Разположен е на площ от 7 км^2, недалече от Варна.

Може би мнозина от вас са били там и знаят, че Побитите камъни е ансамбъл от каменни колони с височина до 10 m, кухи или плътни цилиндри, конуси, различни скални блокове и голям брой каменни късове, разпилени из целия комплекс. Счита се, че това са естествени варовикови колони, образувани преди около 50 млн. години. Навсякъде около тях

има много фин почти бял пясък. Побитите камъни са били известни като сакрално място от дълбока древност, но за първи път са документирани през 1829 г.

С това място са свързани различни легенди и предания. Много източници отбелязват, че то е мощна биоенергийна зона. Ако човек се чувства грохнал и разбит, под сянката на каменните „дървета“ със сигурност ще се почувства по-добре, особено ако походи бос. Прекият контакт помага, според много твърдения, човек да се раздели с натрупаната негативна енергия и да се зареди с положителна. Множество легенди разказват, че посещението на великолепния ансамбъл от каменни колони ви кара да се почувствате с една идея по близо до божествения замисъл на природата и нейните чудеса. Изваяните каменни образи на лъвове, лица, тронове, фонтани и какви ли не други причудливи неща можете да видите с очите си. Мистичното им излъчване е родило легенди – както за формирането им, така и за особената им енергийната сила. Често ги наричат „места на силата”.

Впрочем епицентър на това място на силите се явява т. нар. магически кръг - каменна композиция във формата на кръг, в чийто център има колона. Тук се провеждаха измерванията.

Имайки предвид, че Побитите камъни като международен туристически обект е посещаван от хиляди хора, за нас представляваше изключителен интерес да оценим влиянието на екологията на този сакрален обект върху човека. За изследването му използвахме метода газоразрядна визуализация (ГРВ) [2]. Той е сравнително евтин, бърз и в същото време надежден.

Принципът на ГРВ биоелектрографията и особеностите в използването на ГРВ диагностиката бяха описани достатъчно подробно в наши публикации [1, 3–5], включително в рамките на межнародната научна конференцията "Космос. Екология. Сигурност" през 2016–2017 г., и няма да бъдат цитирани тук. С няколко думи същността на този принцип е: регистриране на параметрите на околната среда със 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). Изследвания в това напрвление се провеждат в Технически университет – Варна, в рамките на проекта СНП-2.

Методология на изследванията

Методологията на изследванията ни се базира на следните принципи:

1) Оценяване на параметрите на околната среда чрез регистрирането им с ГРВ грами, получени с оптоелектронен сензор (класически подход).

2) Оценяване на влиянието на околната среда върху човека чрез регистриране на ГРВ грами на пръстите на ръката (класически подход).

3) Оценяване на влиянието на околната среда върху човека чрез регистриране параметрите на хомеостазата на организма.

Проведени по-рано изследвания [1–5] позволяват да се определят като най-информативни за изследване на околната среда и на адаптационните резерви на човека следните показатели: обща площ на изображението, вариабелност на общата площ на светене, средна яркост на изображението, коефициент на формата, коефициент на фракталността, коефициент на ентропията.

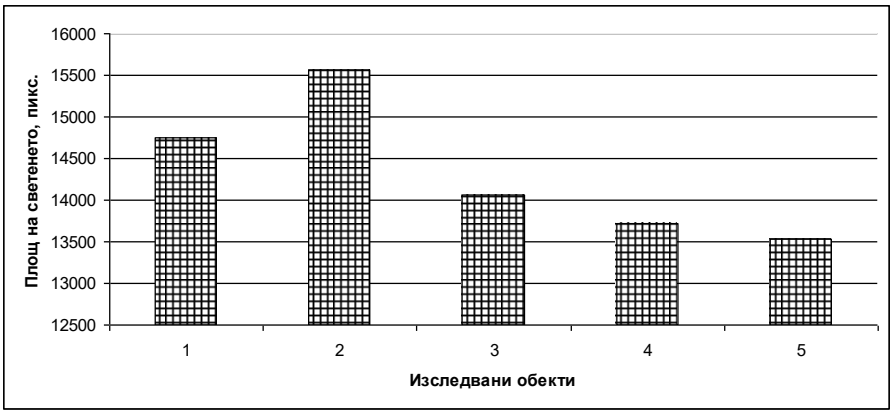
За да осигурим достоверност на измерванията, използвахме статистически критерий на Стюдънт, критерий на Манн-Уитни, критерий на Валд-Волфовиц, критерий на Колмогоров-Смирнов и др.

Анализ на резултатите от изследванията

Както вече бе отбелязано, със сакралното място Побити камъни са свързани различни легенди и предания. Това ни наведе на мисълта да сравним екологията му с характеристиките на екологията в други подобни места като скалния комплекс Перперикон, тракийското светилище Белите камъни, тракийските долмени в град Хасково.

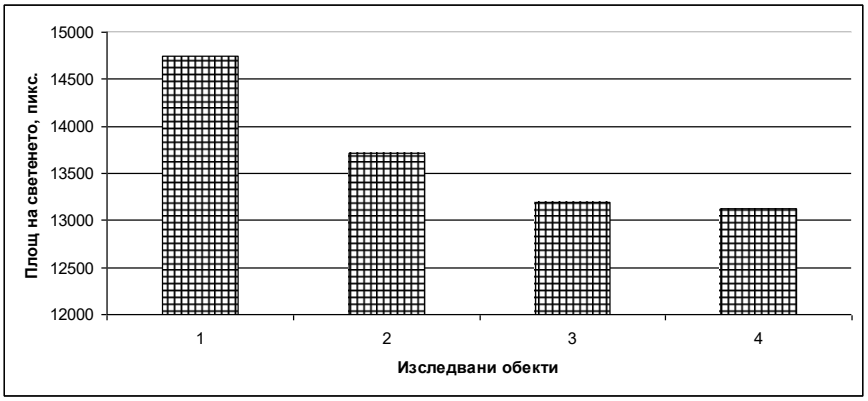
На фиг. 1 е представено изменение на площта на светене на ГРВ изображения, заснети в тези обекти.

Както се вижда, площта на светене на ГРВ изображенията в Побитите камъни е примерно с 5 % по-малка отколкото в Белите камъни, но трябва да се отбележи, че графиките показват средните стойности на показателя. На някои места в първия обект площта на светене значително превишава средните значения. Например, в т.нар. магически кръг тази цифра е около 18000 пиксела. Най-интересното е, че тук се отбелязва значително увеличение на ентропията по изолинии, което говори за силно въздействие върху живите същества.



Фиг. 1. Изменение в площта на светене на ГРВ изображения в: 1 – Побити камъни; 2 – тракийско светилище Белите камъни; 3 – дворец-светилище (Перперикон); 4 – християнска църква (Перперикон); 5 – тракийски долмени (гр. Хасково)

За по-пълно проучване на това явление и за да имаме възможност за сравнение, направихме измервания на различни места във Варна. Резултатите са представени на фиг. 2.

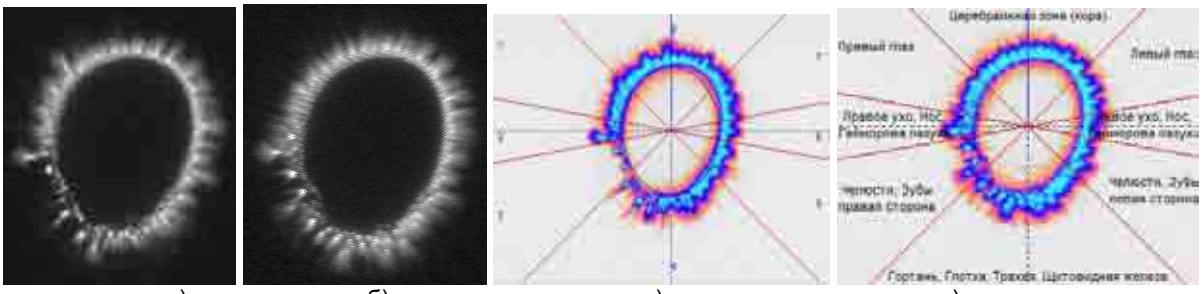


Фиг. 2. Изменение на ентропията по изолинии на ГРВ изображения в: 1 – Побитите камъни; 2 – морския бряг в района на пристанището; 3 – парка в двора на ТУ - Варна; 4 – студентското градче на ТУ - Варна

Както се вижда, ентропията по изолинии на ГРВ изображенията в Побитите камъни е примерно със 7% по-голяма от ентропията от изолинии на морския бряг в района на пристанището и примерно с 11% по-голяма отколкото в парка в двора на ТУ-Варна и в студентското градче.Това потвърждава факта, че въздействието на местността Побитии камъни върху човешкия организъм отколкото на други места във Варна. Още веднъж ще напомним, че графиките показват средните стойности на показателя. Вниманието ни беше привлечено специално от магическия кръг заради аномалното увеличение на стойностите на ГРВ изображението. В допълнение възникна желание да проверим древните легенди за силното въздействие на това място.

Влиянието на екологията на Побитите камъни изследвахме върху група доброволци (мъже и жени). Измерванията извършихме чрез регистриране на ГРВ-грами на палеца на лявата ръка. Изборът се дължи на факта, че на този пръст особено точно може да се анализира ефектът от излъчванията върху церебралната зона (мозъчната кора) и да се оцени работата на щитовидната жлеза. Още първите измервания показаха уникалността на мястото и бяха получени много неочаквани резултати. Поради това всички измервания са направени многократно (поне 50 пъти), за да се получи достоверен резултат. Освен това всяка серия от измервания е подложена на съответната статистическа обработка.

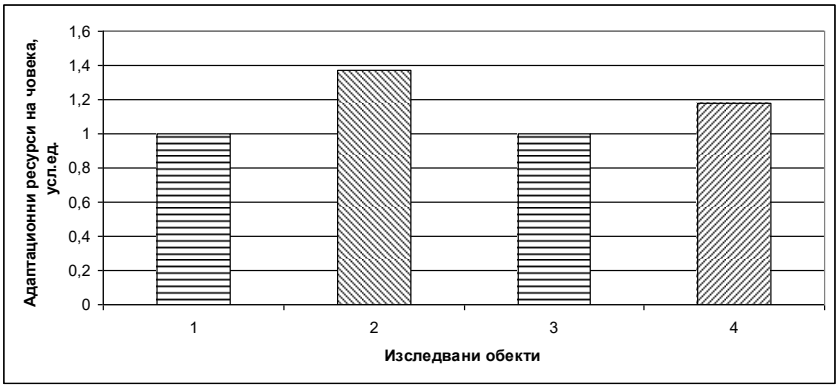
Първите резултати ни изненадаха много. Оказа се, че само след една минута престой в местността вече се регистрира положително въздействие, което на изображенията се вижда дори с невъоръжено око. На фиг. 3 са показани ГРВ грами на доброволец (мъж, 70 години). Последвалата математическа обработка показа изменение в параметрите на ГРВ изображенията с 50–60 % след пребиваването в зоната на магическия кръг.



а) б) в) г)

Фиг. 3. ГРВ грами на палеца на лявата ръка: а) и в) преди пребиваването, б) и г) след пребиваването в зоната на магическия кръг. Реално светене на обекта – а) и б), след компютърно разпознаване – в) и г).

На фиг. 4 е показана диаграма за изменението на стабилността на хомеостазата при пребиваване в местността Побити камъни за различни групи хората.



Фиг. 4. Типична диаграма за изменението на стабилността на хомеостазата при пребиваване в местността Побити камъни за различни групи хората: т. 1,3 – състояние до пребиваването в местността; т. 2,4. – след пребиваването в местността

Изследванията показаха, че сакралните места действат върху хората избирателно: на някои положително, някои не чувстват никакво влияние, а се среща и негативно влияние (понижаване на настроението, лека депресия, емоционален дискомфорт).

Изводите по екологията на пространството, приведени в настоящата публикация, са предварителни. Целесъобразно е те да продължат, като се има предвид уникалността на местността. Би било чудесно, ако се намерят, спонсори, които да помогнат да се направи детайлна картина на това сакрално място от дълбока древност.

Заключение

Проучванията върху екологията на местността Побити камъни показват, че мястото оказва много силно въздействие върху хората. Напълно възможно е да се използва това уникално място за рехабилитация на психо-физическото състояние, но при това е задължително да се осъществява строг контрол при пребиваването в тази местност. За целта е препоръчително да се използва методът ГРВ биоелектрография, който позволява бързо, надеждно и качествено да се извършва експресна диагностика на психосоматичното състояние на човек и по този начин да се реализира ефективна и безопасна физиотерапия, благодарение на околното пространство.

Предварителните изследвания показват, че местността Побити камъни е особено подходяща за възстановяване на психосоматичното състояние на базата на хронофизиотерапия на хора, заети в критични производства, изискващи от тях особено внимание и стабилна психика (авиация, космонавтика, оператори в АЕЦ и т.н.).

Трябва да се вземе предвид, че действието на природните фактори също е зависимо от времето на тяхното използване. С други думи, за постигане на най-добър резултат е необходимо профилактичните процедури да се осъществяват на базата на хрономедицината.

Надяваме се, че нашите изследвания ще привлекат вниманието на научната общественост към възможността да се прилагат високоефективните ГРВ технологии за оценяване на екологията на сакрални места в България и въздействието им върху човека.

Изследването е финасирано по проект НСП-2, ТУ-Варна: «Изследване на газоразрядната визуализация и нейната приложност в материалознанието, медицината, екологията и растениевъдството».

Литература:

1. Маклаков, Г., Н. Георгиева. Възможности за използване на ГРВ технологията за мониторинг на околната среда.//Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурност. “SES-2016”. Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София, с. 327–334, 2016.
2. Коротков, К. Основы ГРВ биоэлектрографии. СПб, Изд. СПбГИТМО, 2001.
3. Маклаков, Г., П. Гецов. Перспективи за използване на ГРВ биоелектрографията в психологическите изследвания на сигурността и поведението на човека в екстремални ситуации. Международна конференция «Приложната психология: възможности и перспективи». Сборник доклади. ВСУ, Варна, 193–206, 2017.
4. Маклаков, Г., П. Гецов. ГРВ технологията като принцип за изследване на изменени състояния на съзнанието при професионалната дейност на авиационния персонал, „БулТранс-2016“, 24–27, 2016.
5. Маклаков, Г., Н. Георгиева. 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, с. 255–261, 2017.

MODERN ECOLOGY FRIENDLY PNEUMATIC STRUCTURES

Venelin Jivkov[1], Simeon Panev[2], Venkatanathan Natarajan[3], Philip Philipoff[4], Petar Mandiev[5], Blagovest Simeonov[6], Silvia Mitkova[7], Yordan Tankovsky[8]

[1]Technical University – Sofia; e-mail: jivkov@tu-sofia.bg
[2]HTMU; e-mail: simeon_panev@yahoo.fr
[3]SASTRA University, School of Electrical & Electronics Engineering, SASTRA University, Thanjavur – 613 401, India. e-mail: venkatanathan@eee.sastra.edu
[4]Institute of Mechanics – BAS; e-mail: philip.philipoff@gmail.com
[5]Institute of Mechanics – BAS; e-mail: bas.pmandiev@gmail.com
[6]UNSS; e-mail: simeon_panev@yahoo.fr
[7]PENTAHRON EOOD; e-mail: pentahron@gmail.com
[8]Institute of Neurobiology – BAS; e-mail: tankovskibg@gmail.com

Key words: *Wind turbines, Urban environment, Greenhouses, Geothermal installations, Pneumatic structures.*

Abstract: *Ecology friendly high power wind turbines have a common axis with the main building structure. Vibration of wind turbines can be extinguished using light nanomaterials for the wind turbine rotor. It rests on bearings insulated with rubber pads of the primary concrete structure of the building. Membrane of greenhouse warming geothermal installation ends with a wind turbine, powered by a warm air rising over greenhouse. Air turbine mounted on the automobile, Pneumatic camper, Avalanche rescue kit and Gas protective shields are presented in the report.*

СЪВРЕМЕННИ ЕКОЛОГИЧНИ ПНЕВМАТИЧНИ КОНСТРУКЦИИ

Венелин Живков[1], Симеон Панев[2], Венкатанатхан Натаражан[3], Филип Филипов[4], Петър Мандиев[5], Благовест Симеонов[6], Силвия Миткова[7], Йордан Танковски[8]

Ключови думи: *Вятърни турбини, Градска среда, Оранжерии, Геотермални инсталации, Пневматични конструкции.*

Резюме: *Екологичните вятърни турбини са с голяма мощност ако имат обща ос с основната конструкция на сградата. Вибрациите на вятърните турбини може да бъдат погасени чрез използване на съвременни наноматериали за ротора на вятърните турбини. Ротора лагерува върху лагери, изолирани с гумени подложки върху основната бетонна конструкция на сградата. Разглежда се освен това мембранна конструкция на оранжерия над геотермална инсталация. Тази мембранна конструкция се отоплява с парникови газове. Конструкцията завършва с вятърна турбина, задвижвана от топлия въздух, издигащ се над оранжерията. В доклада е представена въздушна турбина, монтирана на ходовата ос автомобил. Представени са още: Пневматичен кемпер, Спасителния комплект при попадане в движещи се лавини и Защитни газови щитове.*

1. Introduction. The dynamic behaviour of the common mechanical structures can model by the theory, presented in the dissertation [1]. The dynamics of the wind turbine structures could be represented by the following matrix differential equation (dynamical equilibrium conditions):

$$(1) \qquad \begin{bmatrix} M_{yy} & M_{yx} \\ M_{xy} & M_{xx} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{Y} \\ \ddot{X} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{yy} & C_{yx} \\ C_{xy} & C_{xx} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{Y} \\ \dot{X} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{yy} & K_{yx} \\ K_{xy} & K_{xx} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Y \\ X \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ R \end{Bmatrix}$$

where Y represents a block in the vector of displacements (unknown displacements of the structure), X represents a block in the vector displacements (known displacements of the supports of the structure in case of cinematic displacements like earthquake loadings or wind loadings) and R represents a block

in the vector of dynamic reactions of the external influences (unknown dynamic reactions). Blocking of the matrices in equation (a) corresponds to the blocking of the displacement vector $\left\{\frac{Y}{X}\right\}$.

The boundary conditions of the problem are as follows:

$$(2) \qquad \{\ddot{X}\} = \{\ddot{X}\}_B;\ \{\dot{X}\} = \{\dot{X}\}_B;\ \{X\} = \{X\}_B$$

Here the symbol "B" in the equation (b) means that the corresponding blocks $\ddot{X},\ \dot{X}, X$ are defined on the boundary. This boundary presents by the supports of the structure. The initial conditions of the problem are homogeneous:

$$(3) \qquad Y_0 = Y(0) = 0; X_0 = X(0) = 0;\ \dot{Y}_0 = \dot{Y}(0);\ \dot{X}_0 = \dot{X}(0);$$

2. Exposition. In this chapter some ecology friendly high power wind turbines operating in the urban environment, air turbine mounted on the automobile and some other engineering structures are described [1].

2.1. High power wind turbine. In the Fig. 1 is presented the scheme of high power wind turbine. It is applicable to operating in urban environments. High power of the wind turbine is determined by balancing the generator axis and the axis of the building structure. Generator stator is mounted on a main building structure. It is made of heavy materials. Rotor package is placed in the parapet of the main building structure. It is made of light materials. This combination of materials isolated the high frequency component of the spectrum of the vibrations. Low-frequency part of the spectrum of the vibration is isolated by rubber isolators used in railway transport. The effectiveness of the presented high power wind generator depends on coupling of the building and the turbines axes. Detail of rotor package is presented in the Fig. 3.

2.2. Membrane wind turbine of greenhouse. The other wind turbine structure is presented on the Fig. 2. The structure of greenhouse consists of membrane part and geo thermal installation under it, shown on the figure. This is the structure with continuous operating wind generator. The hot air under the green house structure rises and drives the turbine. The membrane is supported by a ring with helium or light metal central column. Position A represents a geothermal heat exchanger. Position B represents a triple serpentine drilling. The use of system A or B provides geothermal water with a temperature 13 degrees. The heat pump 2 increases the water temperature to working values. In case of areas with water with hot geothermal temperature the heat pump may be missing from the scheme 2. Such areas are in south-western Bulgaria. The presented scheme further provides heat for the greenhouse and electricity from the wind turbine. This is a scheme and ongoing turbine.

2.3. Air turbines mounted on the automobile. Another scheme of the continuous operating turbine is represented in the Fig. 4. Through small nozzles of the car is supplied airflow. These small nozzles do not create a large air resistance. Jet spinning rotor turbine made of lightweight material.

Presented three designs show three examples of effective use of wind to produce electricity.

There are many other schemes of efficient airflow. In buildings heating creates low heat flows, which also can be used to produce electricity.

2.4. Pneumatic camper. In Fig. 5 a pneumatic camper scheme is presented. When traveling the structure is folded into the trailer of the vehicle. When camping, the pneumatic design is pumped to the compressor of the vehicle. The proposed pneumatic camper design provides at least 50 % energy savings (fuel or electricity) in travel mode, providing a comfortable stay in campsite mode.

2.5. Avalanche rescue kit. Principle scheme of avalanche rescue kit is presented in the Fig. 6. In the high mountains often fall avalanches. They pose a serious danger to skiers, snowboarders and hikers.

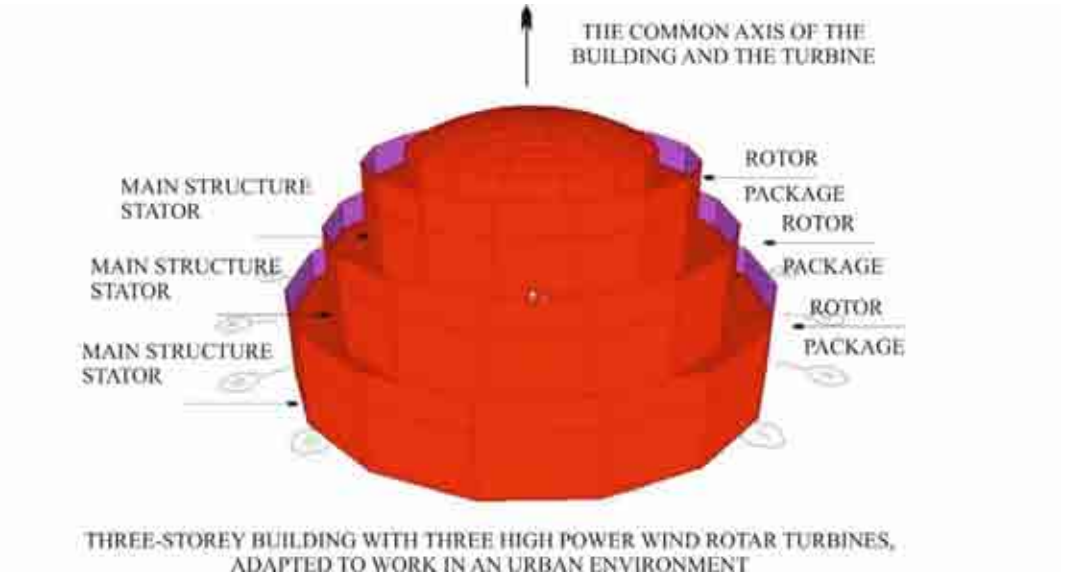


Fig. 1. Connection (alignment) of the building axes and axes of the turbines

Fig. 2. Green house membrane over the geothermal installation

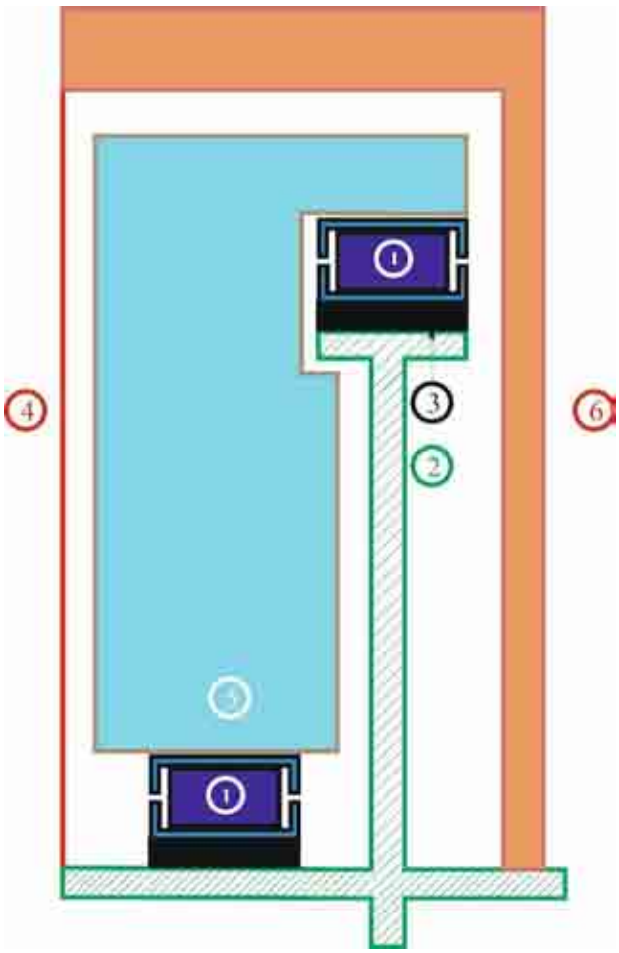


Fig. 3. Detail of rotor package: 1 - Roller bearing diameter of the building; 2 - Roof reinforce concrete plate; 3 - Rubber insulator applied in railway; 4 - Thick steel mesh; 5 - Working plane of the rotor; 6 - Internal housing railing.

Fig. 4. Air turbine mounted on the automobile. The electrical part of the generators is not presented in the details. They can be mounted over the working plane of the rotors.

Fig. 5. Principle scheme of pneumatic camper

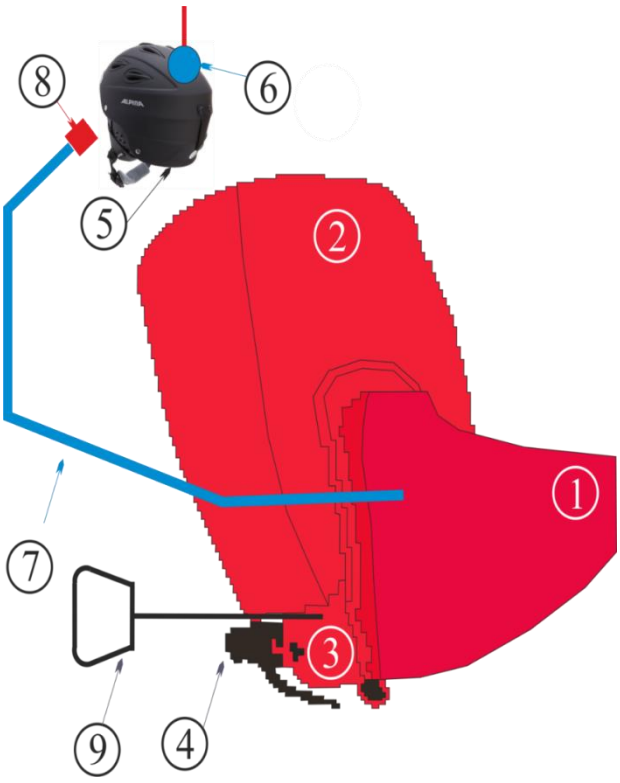


Fig. 6. Principle scheme of avalanche rescue kit

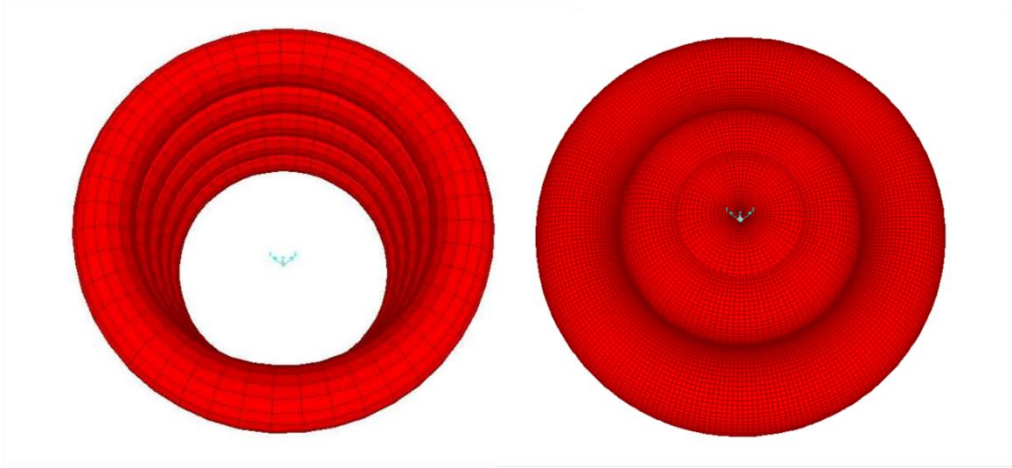


Fig. 7. Toroidal structure of the gas protective shield

2.6. Gas protective shields. Principle scheme of gas protective shields is presented in the Fig. 7. These gas shields are used in the energy and military industries [2].

3. Conclusions

This report proposes a new generation of eco-friendly wind turbines with high power and air turbines mounted on the automobile. They can be applied in urban environments. Pneumatic camps can deliver up to and over 50 % energy savings when driving on the road. Avalanche rescue kit can be applied to rescue skiers and snowboarders when they get into moving avalanches. Gas protective shield can be applied in the energy and military industries to protect against a sudden uncontrollable blast.

4. Acknowledgements

The authors express their acknowledgement for the financial support of this study by the grant COST Action ES1301 FLOWS and special acknowledgement to Bulgarian companies STREZA Ltd and PENTAHRON Ltd for the financial support of the study.

References:

1. Philipoff, Ph., Structural Methods for Solving Some Boundary Value Problems, Senior Dr of Sci Dissertation (Project), VSU Liuben Karavelov, Sofia, 2018. (in Bulgarian).
2. Jivkov, V., Philip Philipoff, Vasil Kavardjikov, Petar Getcov, Vadim Kovtun, Atanas Kovachev, Zdravko Bonev, Valentin Likov, Liubomir Petrov, Gas Protective Shields for the Aims of Military and Energy Industry, 15-th International Scientific Conference VSU'2015

THREE MODERN STRATEGES FOR PROTECTION OF BUILDING STRUCTURES AGAINST EARTHQUAKES

Venelin Jivkov[1], Simeon Panev[2], Venkatanathan Natarajan[3], Philip Philipoff[4], Petar Mandiev[5], Blagovest Simeonov[6], Silvia Mitkova[7], Yordan Tankovsky[8]

[1]Technical University – Sofia; e-mail: jivkov@tu-sofia.bg
[2]HTMU; e-mail: simeon_panev@yahoo.fr
[3]SASTRA University, School of Electrical & Electronics Engineering, SASTRA University, Thanjavur – 613 401, India. e-mail: venkatanathan@eee.sastra.edu
[4]Institute of Mechanics – BAS; e-mail: philip.philipoff@gmail.com
[5]Institute of Mechanics – BAS; e-mail: bas.pmandiev@gmail.com
[6] Blagovest Simeonov; e-mail: simeon_panev@yahoo.fr
[7]PENTAHRON EOOD; e-mail: pentahron@gmail.com
[8]Institute of Neurobiology – BAS; e-mail: tankovskibg@gmail.com

Key words: *Natural hazards; Transport crashes; Industrial accidents: Insurance approach.*

Abstract: *The main natural hazard, that is addressed in the report, are the strong earthquakes and the transport crashes over large scale bridges. Three main strategies to protect the buildings, the engineering structures and the infrastructure against strong motion earthquakes are developed in the report. The first strategy to protect buildings from earthquakes is to the development of facilities with passive or active management of the dynamical structural response. The active control approach is applied for protection of nuclear power plants facilities or protection of large scale bridges. Other strategy to protection buildings and human life is to develop earthquake forecasting theory and practice. Modern satellite technologies are used. Efforts are focused on studying changes in the ionosphere, underwater currents in the ocean, tides, electromagnetic emissions, thermal anomalies before the onset of severe earthquakes. The tired protection of buildings strategy against strong ground motions (earthquakes) is connected with insurance technologies. Assurance technologies are available for recovering buildings and facilities in the event of strong earthquakes.*

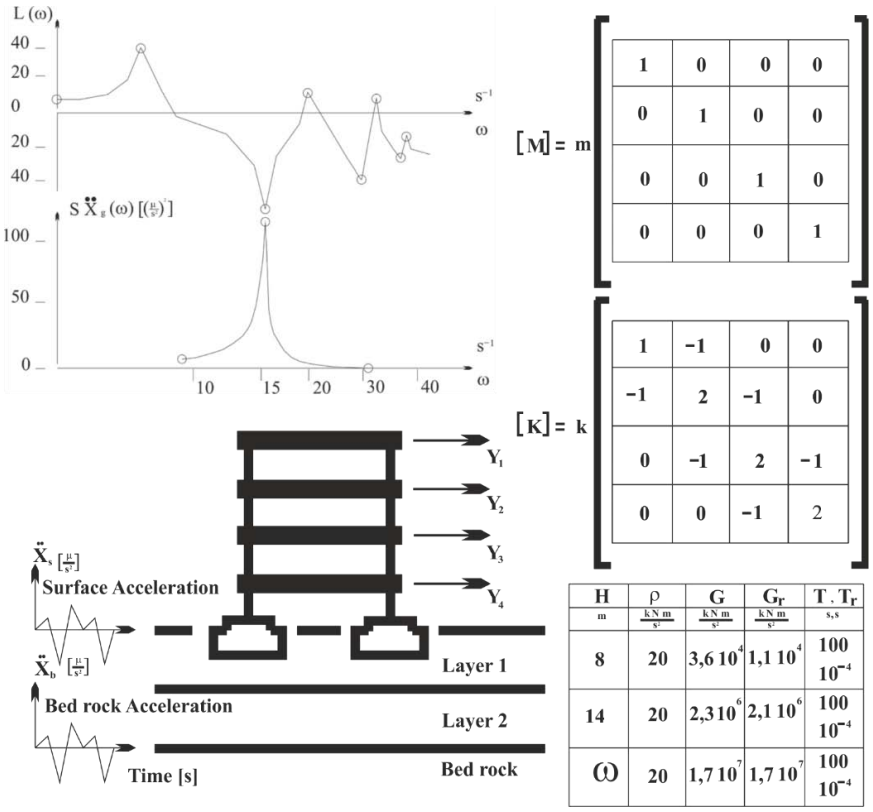
ТРИ СЪВРЕМЕННИ СТРАТЕГИИ ЗА ЗАЩИТА НА СГРАДИТЕ И СЪОРЪЖЕНИЯ СРЕЩУ ЗЕМЕТРЕСЕНИЯ

Venelin Jivkov[1], Simeon Panev[2], Venkatanathan Natarajan[3], Philip Philipoff[4], Petar Mandiev[5], Blagovest Simeonov[6], Silvia Mitkova[7], Yordan Tankovsky[8]

Ключови думи: *Природни бедствия; Транспортни катастрофи; Промишлени аварии; Застрахователни технологии.*

Резюме: *В доклада се разглежда риска от природни бедствия. Разработени са три основни стратегии за защита на сградите, инженерните съоръжения и инфраструктурата срещу силни земетресения. Първата стратегия за защита на сгради от земетресения е разработването на съоръжения с пасивно или активно управление на динамичната структурна реакция. Активният подход за контрол се прилага за защита на ядрени електроцентрали или за защита на мащабни мостове. Друга стратегия за защита на сградите и човешкия живот е разработването на теория и практика за прогнозиране на земетресения. Използват се модерни спътникови технологии. Усилията са насочени към изучаване на промените в йоносферата, подводните течения в океана, приливите, електромагнитните излъчвания, топлинните аномалии преди появата на силни земетресения. Третата стратегия за защита на сградите срещу силни земни движения (земетресения) е свързана със застрахователните технологии. Осигурителни технологии са насочени към възстановяване на сгради и съоръжения в случай на силни земетресения.*

1. Introduction - Passive or active control of the dynamical structural response. System shown in the Fig.1 illustrate passive control idea solution. Principle scheme of the active control system is shown on the Fig. 2.



1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

1	−1	0	0
−1	2	−1	0
0	−1	2	−1
0	0	−1	2

H m	ρ $\frac{kN\,m}{s^2}$	G $\frac{kN\,m}{s^2}$	G_r $\frac{kN\,m}{s^2}$	T_r s,s
8	20	$3{,}6\,10^4$	$1{,}1\,10^4$	100 10^{-4}
14	20	$2{,}3\,10^6$	$2{,}1\,10^6$	100 10^{-4}
ω	20	$1{,}7\,10^7$	$1{,}7\,10^7$	100 10^{-4}

Fig. 1. Passive control of the dynamical structural response – idea solution

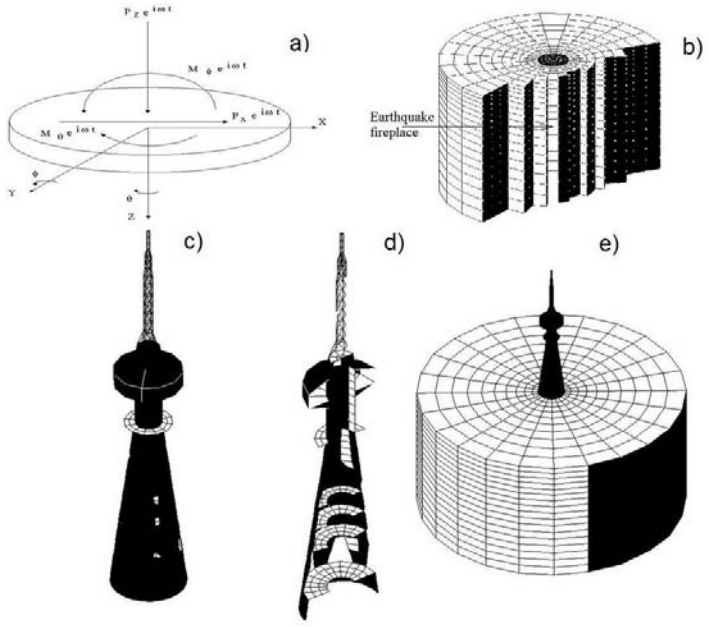


Fig. 2. Active control of the dynamical structural response – idea solution

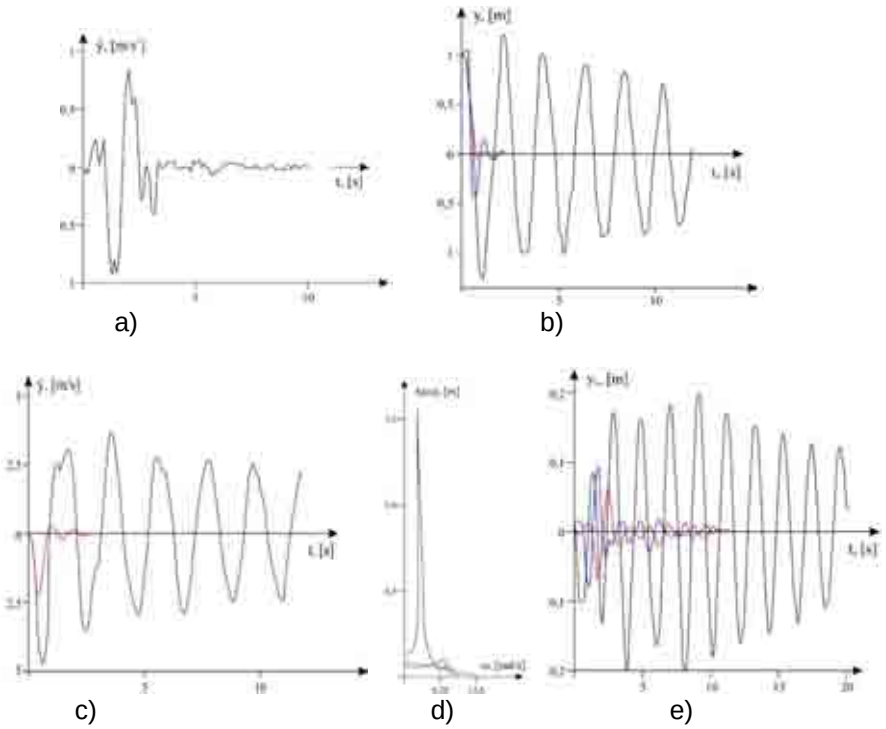


Fig. 3. Numerical results of the tower shown in Fig. 2:
a) Acceleration of the tower base. b) Displacement of the steel antenna carrier – Active control of control - free oscillating antenna carrier. c) Antenna carrier active control velocity. d) System amplitude – frequency function e) Antenna carrier (pulse and optimal) active control – displacements.

Fig. 3. illustrate numerical results for the antenna carrier – tower system shown in the Fig.2. This picture (Fig.3) shows the great potential of the active control strategy.

2. Risk management of natural disasters, transport crashes and industrial accidents. July 2018 Greece was declared a national mourning for the fallen citizens in the great fires. 24 July 2018 an innocent man was shot in the center of Sofia. 14 August 2018, 12 o'clock, the Central part of the Viaduct Morandy Genoa-Italy is collapsed. 43 people are killed. Declared national mourning. 25 August 2018 17 people were killed in a motorway accident: Svoge-Bulgaria. Announced national mourning. At first glance, between these tragic events there is no connection. But that's only at first glance. All the tragic accidents quoted and many other tragic examples can be studied and connected in logic a scientific field with the most common name: Risk management of natural disasters, transport crashes and industrial accidents. Fig. 4 shows other example of automatic controlled system of dynamic response.

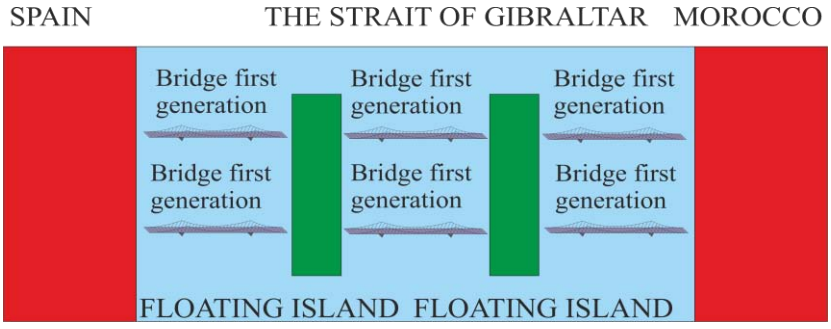


Fig. 4. Large Scale Bridge over the Gibraltar Strait with automatic controlled system of dynamic response

Matrix Equation of Motion (MEM) for automatically controlled system could be transformed into a form, which also takes account of the external loadings and the control impacts:

$$(1) \qquad [M_{yy}]\{\ddot{Y}\} + [C_{yy}]\{\dot{Y}\} + [K_{yy}]\{Y\} = [M_{yx}]\{\ddot{X}\} + [C_{yx}]\{\dot{X}\} + [K_{yx}]\{X\} + [D]\{U\}$$

Here **D** represents the unknown control distribution matrix and **U** represents the unknown control impact vector. Equation (g) can be written in the form of state equation mode for describing the dynamical system. If introduced the state equation vector $\{Z\} = \{Y^T \dot{Y}^T\}^T$ and canonical state equation matrices and vectors **A, B** and **F,** than equation (g) becomes:

$$(2) \qquad \{\dot{Z}\} = [A]\{Z\} + [B]\{U\} + [F]\{Z_{input}\}$$

The canonical state equation matrices and vectors could be written as follows:

$$[A] = \begin{bmatrix} 0 & [In] \\ -[M]^{-1}[K] & -[M]^{-1}[C] \end{bmatrix},$$

$$[B] = \begin{bmatrix} 0 \\ \hline -[M]^{-1}[D] \end{bmatrix}$$

$$[F] = \begin{bmatrix} 0 \\ \hline [M_{yx}]\{\ddot{X}\} + [C_{yx}]\{\dot{X}\} + [K_{yx}]\{X\} \end{bmatrix},$$

$$(3) \qquad [Z] = \begin{bmatrix} Y \\ \hline \dot{Y} \end{bmatrix}$$

Unknown values of the terms of **B** and the signals of the control vector **U** can be obtained by minimization of the dynamical system quadratic criterion (2.4) of the quality **J:**

$$(4) \qquad \boldsymbol{J = \int_0^\infty [\{Z(t)\}^T [Q]\{Z(t)\} + \{u(t)\}^T [R]\{u(t)\}]\, dt}$$

Here **Q** is the state equation parameters matrix and **R** is the energy matrix.

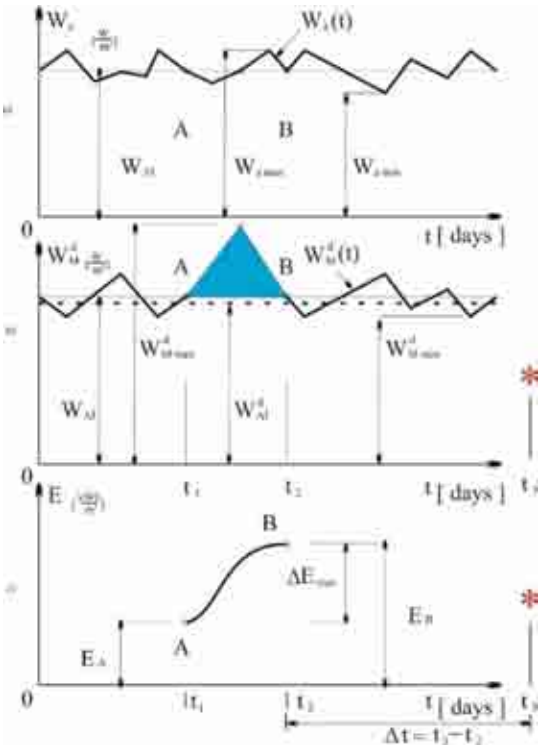
Next Fig. 5 illustrate second strategy to protection buildings and human life consists of developing earthquake forecasting theory and practice [1].

	Time	$\Delta_{N[-]}$	$\Delta_{d[-]}$	ΔE_{max}	Δt days	M	W	H	Latitude	Longitude	Place
1	28.03.99	0,150	0,337	4,42	12	6,6	244	15	30,512	79,403	Uharanchal India
2	28.10.05	0,080	0,430	3,47	25	7,6	238	26	34,539	73,588	Indo-Pakistan border
3	21.09.09	0,080	0,147	5,20	06	6,1	252	14	27,332	91,437	Bhrtan
4	18.09.11	0,080	0,156	4,80	04	6,9	262	50	27,730	88,155	Sikkim-India
5	25.04.15	0,154	0,259	3,11	23	7,8	260	8,22	28,230	84,713	Lanying Nepal
6	12.05.15	0,136	0,344	5,25	31	7,3	257	15	27,808	86,065	Kodari Nepal
7	16.09.15	0,135	0,512	4,10	10	8,3	210	22,4	-32,56	-70,00	Chily
8	15.04.16	0,220	0,480	4,20	31	7,0	265	10	32,050	132,01	Kumamato-Shi Japan
9	16.0416	0,163	0,634	9,00	16	7,8	218	19	79,900	0,37	Equador
10	28.04.16	0,107	0,202	2,00	03	7,0	280	27	-16,07	167,39	Vanuato

Fig. 5 (Table). Earthquake prediction results received by the authors

Modern satellite technologies are used in this theory. Efforts are focused on studying changes in the ionosphere, underwater currents in the ocean, tides, electromagnetic emissions, thermal anomalies before the onset of severe earthquakes.

Figure 6. Principal OLR signals before a) and after b) a big earthquake (descriptions are according to chapter 2 Nomenclature, c) Change of energy ΔE_{max}



On the Fig. 6, a, b, are shown examples of variations of OLR signals. One of the figures represents variations of OLR signal WITHOUT any seismic phenomena for a two- year long period for the specific place on Earth with geographical coordinates – Latitude and Longitude. The other figure represents the OLR signal for the same place of the Earth with the same geographical coordinates, but for a time period of one year WITH occurrence of big seismic phenomena. The minimum and maximum values are as follows: W_{amin}, W_{amax} , W^d_{Mmin}, W^d_{Mmax} and the average integral values are as follows:

$$(5) \qquad W_{AI} = \frac{1}{T}\int_0^T W_a\ (t)\ dt \quad and \quad W^d_{AI} = \frac{1}{T}\int_0^T W^d_M(t)\ dt$$

These are exhibited in the two figures. Extensive analysis (hundred occurred earthquakes with M > 6) shows that the difference between the average integral OLR signal values and the arithmetical average values is less than 5%. This statement gives reason to accept:

$$(6) \qquad W_{AI} \approx \frac{1}{2}\ (W_{amin} + W_{amax})\ and\ \ W^d_{AI} \approx \frac{1}{2}\left(W^d_{Mmin} + W^d_{Mmax}\right)$$

The variation of the energy of the OLR signal in the time interval $h = t_1 - t_2$ is shown in the figure 1 (c) where the variation ΔE_{max} is most significant. The points A and B match aligned values of:

$$(7) \qquad W^d_M\ (t_1) \equiv W_{AI}\ hence\ \ W^d_M(t_1) \equiv W^d_M(t_2) \equiv W_{AI}$$

The largest amount of change of energy ΔE_{max} in a year with an earthquake is determined by the expression:

$$(8) \qquad \Delta E_{max} = \int_{t_1}^{t_2} W^d_M(t)\ dt - W_{AI}\ (t_2 - t_1)\ \left[\frac{kWh}{m^2}\right]$$

The extent of variation of the radiation during the period of two years without any cataclysms is $\delta_N[-]$:

$$(9) \qquad \delta_N = \frac{W_{amax} - W_{amin}}{W_{AI}} \approx 2\ \frac{W_{amax} - W_{amin}}{W_{amax} + W_{amin}}\ ,$$

and the extent of variation of the radiation during the period with cataclysms is $\delta_d[-]$:

$$(10) \qquad \delta_d = \frac{W^d_{Mmax} - W^d_{Mmin}}{W^d_{AI}} \approx 2\ \frac{W^d_{Mmax} - W^d_{Mmin}}{W^d_{Mmax} + W^d_{Mmin}}\ ,$$

which are additional criteria for earthquake forecast. On the Fig. 6 (b) and (c) with star is marked the earthquake occurrence at time point t_3 .

Fig. 6. Viaduct Morandy in Genova-Italy after the crash - Genova

Fig. 7. Central part of crashed Viaduct Morandy

Fig. 8. Crash in motorway near Svoge – Bulgaria

Fig. 9. Succession for a new master program

Fig. 6 shows Viaduct Morandy after the crash at 14 August 2018, 12 o'clock. Fig. 7 shows Central part of crashed Viaduct Morandy. Fig. 8 illustrate Crash in motorway near Svoge – Bulgaria at 25 August 2018. The letter to VSU Rector Professor Senior Doctor of Sciences Borislav Borissov is written at 25 July 2018 – weeks before Viaduct Morandy and Svoge crashes - Fig. 9. It is example of Transport forecasting in the future. Other examples of earthquake forecasting – psychological approach are described in [2].

3. Assurance approach. The tired protection of buildings strategy against strong ground motions (earthquakes) is connected with insurance technologies. Assurance technologies are available for recovering buildings and facilities in the event of strong earthquakes.

4. Acknowledgements

The authors express their acknowledgement for the financial support of this study by the grant COST Action ES1301 FLOWS and special acknowledgement to Bulgarian companies STREZA Ltd and PENTAHRON Ltd for the financial support of the study.

References:

1. Philipoff, Ph., Structural Methods for Solving Some Boundary Value Problems, Senior Dr of Sci Dissertation (Project), VSU Liuben Karavelov, Sofia, 2018 (in Bulgarian).
2. Jivkov, V., Ph. Philipoff, Rumiana Bojinova, Yordan Tankovsky, Petar Getcov, Georgy Sotirov, Garo Mardirossian, Atanas Kovachev, Stoyan Velkosky, Boris Grozdanov, Diana Bankova, Anelia Paneva, Some Patterns of Behavior in the Risk Management of Natural Disasters, Transport Crashes and Industrial Accidents, Bulgarian School of Psychoanalysis and Psychology Journal, 10, International Conference Psychology - Theory and Practice, Varna, hotel Black Sea, 6-7 May 2017 (in Bulgarian).

ВЕРОЯТНОСТЕН АНАЛИЗ НА СЕИЗМИЧНИЯ РИСК (PSHA-АНАЛИЗ) ПО ЛИНИЯТА БЛАГОЕВГРАД – БАНСКО – ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ

Вилма Петкова[1,2], Иванка Паскалева[3], Венцеслав Стоянов[4], Владислав Костов[2], Биляна Костова[1], Ралица Берберова[1], Теодосис Папалиангас[5]

[1]Нов български университет, Департамент „Природни науки" – София
[2]Институт по минералогия и кристалография, Българска академия на науките
[3]Европейски политехнически университет – Перник
[4]Висше строително училище (ВСУ) „Любен Каравелов", София
[5]Технологичен университет в Солун, Департамент „Гражданско строителство"
e-mail: vilmapetkova@gmail.com

Ключови думи: *Сезимичност, Еврокод 8, Сеизмична област Кресна*

Резюме: *Българските земи са част от Алпо-Хималайския сеизмичен пояс, характеризиращ се с висока степен на сеизмичната активност. Световните данни доказват увеличаване на щетите от земетресения през последните десетилетия. Това се обяснява с три главни фактора. Първият фактор е свързан с присъствието на човешките и материали ресурси в силно земетръсните райони. Вторият фактор се обуславя от подценяването на реалната земетръсна опасност, което води до пренебергване и неспазване на противоземетръсните мерки. Третият фактор е свързан с възможностите на науката да предлага достатъчно ефективни решения за намаляване на последствията, преди всичко, да прогнозира земетресенията и характеристиките на очакваните силни земетръсни въздействия, да предлага сигурни методи за обезпечаване на строителството.*

В настоящото изследване се анализират сеизмичния хазарт и сеизмичен риск, пространствено - времевите вариации на сеизмичността в урбанистични райони на градовете Благоевград – Банско – Гоце Делчев в съответствие с изискванията на Еврокод 8. Тези градове попадат в Кресна - Струмската разломна системата и се характеризират с висок сеизмичен хазарт. От друга страна районът попада в планински терен с многообещаващи перспективи за развитие, като на негова територия е разположен и ски курортът в гр. Банско.

Изследването представлява част от работната програма на проект „Управление на риска от природни и антропогенни свлачища в гръцко-български трансграничен регион" (RISKLIDES), по Програма за европейско териториално сътрудничество „Гърция - България 2007–2013". То е свързано с изпълнение на конкретна задача от плана на проекта, свързана с анализ на степента от свлачищен риск по линията на пътя „Банско (Разлог) – Г. Делчев" и представя резултатите от изпълнението й.

PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD ASSESSMENT (PSHA) IN THE BLAGOEVGRAD – BANSKO – G. DELCHEV

Vilma Petkova[1,2], Ivanka Paskaleva[3], Ventseslav Stoyanov[4], Vladislav Kostov[2], Bilyana Kostova[1], Ralitza Berberova[1], Theodosis Papaliangas[5]

[1]New Bulgarian University, Department of Natural Sciences
[2]Institute of Mineralogy and Crystallography – Bulgarian Academy of Sciences
[3]European Polytechnical University – Pernik
[4]University of Structural Engineering and Architrcture (VSU) „Lyuben Karavelov"
[5]Technological Educational Institute of Thessaloniki, Department of Civil Infrastructure Engineering, Sindos
e-mail: vilmapetkova@gmail.com

Keywords: *Seismicity, Eurocode 8, Kresna–Struma seismic area*

Abstract: *The territory of Bulgaria is a part of the Alpine-Himalayan seismic belt, which characterized by a high degree of seismic activity. The world statistic data show an increase in earthquake damage over the last decades. This is explained by three main factors. The first one is related to the availability of human and material resources in the high earthquake areas. The second factor is the underestimation of real earthquake, which leads*

to neglect and non-compliance with anti-seismic measures. The latter one is related to the ability of science to propose effective solutions to minimalize the consequences, mostly to predict the earthquakes and the characteristics of the expected strong earthquake impacts, as well as to suggest safe methods for securing the building construction.

In the present study, the seismic hazard, seismic risk and space-time variations of seismicity in the urban areas of Blagoevgrad – Bansko – Gotse Delchev are analyzed in accordance with the requirements of Eurocode 8. These cities are located into the Kresna – Struma fault system and are characterized by high seismic hazard. On the other hand, the area is situated in mountain terrains with very favorable development prospects, for example, to this territory belongs the ski resort in the town of Bansko.

This research is a part of the RISKLIDES "Risk management of natural and anthropogenic landslides in the Greek-Bulgarian cross-border region" project under the European Territorial Cooperation Program "Greece - Bulgaria 2007–2013". It is related to the implementation of a specific task of the project plan, namely the analysis of the degree of landslides risk management along the route "Bansko (Razlog) – G. Delchev".

Въведение

Терминът „сеизмичен риск“ се използва за описание и оразмеряване на ефектите от земетресенията, които обхващат както тези от земни движения (минавайки през повърхностно разкъсване и индуцирани вторични ефекти), така и икономически загуби и жертви. С развитие на методологията за оценка на риска, терминологията се прецизира и понятията „сеизмичен хазарт“ и „сеизмичен риск“ се диференцират.

Терминът „сеизмична опасност (хазарт)“ може да се дефинира като всяко физично явление (напр., земни движения или земни нарушения), което е свързано с реализацията на земетресение. Сеизмичната опасност в определена област е функция на положението и геометрията на потенциалните източници, максималната сила на земетресенията, които могат да се генерират във всеки един от потенциалните сеизмични източници, повторяемостта на събития с различна сила в тях и характеристиките на разпространението на сеизмичните вълни в дадения регион. Сеизмичният риск е вероятността за дадени загуби в определен период от време за дадено място вследствие на земетресение. Обикновено се разглежда проектният период на сградите или съоръженията [1–5].

Съществуват два основни подхода за оценка на сеизмичната опасност – детерминистичен и вероятностен. Вероятностният подход оценява вероятността земното движение да превиши дадено ниво вследствие на земетресение за определен период от време. Земното движение може да бъде представено чрез различни характеристики – макросеизмична интензивност, максимално ускорение (скорост, преместване), спектрални ускорения и др. Вероятностният подход дава количествена оценка на сеизмичната опасност за даден район от всички възможни земетресения на различни разстояния като брой надвишавания, или вероятност за надвишаване на дадено ниво на земното движение за интересуващи ни периоди от време [6]. Детерминистичният подход се основава на появата на земетресение с определена сила и конкретно местоположение и оценява въздействията от това земетресение за конкретна площадка. Детерминистичната оценка е нивото на сеизмичните земни движения, предизвикани от най-силните земетресения, реализирани в най-близките до дадена площадка сеизмични източници.

В настоящата работа се анализират сеизмичния хазарт и сеизмичен риск, пространствено-времевите вариации на сеизмичността в урбанистични райони на градовете Благоевград – Банско – Гоце Делчев в съответствие с изискванията на Еврокод 8. Изследването представлява част от работната програма на проект „Управление на риска от природни и антропогенни свлачища в гръцко-български трансграничен регион“ (RISKLIDES), по Програма за европейско териториално сътрудничество „Гърция - България 2007–2013“. То е свързано с изпълнение на конкретна задача от плана на проекта, свързана с анализ на степента от свлачищен риск по линията на пътя „Банско (Разлог) – Г. Делчев” и представя резултатите от изпълнението й.

2. Характеристика на сеизмичността в Югозападна част на България и Северна Гърция и Егейско море

2.1. Историческа сеизмичност

Българските земи са част от Алпийско-Хималайския сеизмичен пояс, характеризиращ се с висока степен на сеизмичната активност. Областта (радиус 200 km) около целевата линия (пътя „Банско (Разлог) – Г. Делчев”) обхваща незначителни части от бивша Югославия и Северна Гърция (фиг. 1). Позицията на целевата линия е показано на обща карта на фиг. 1,

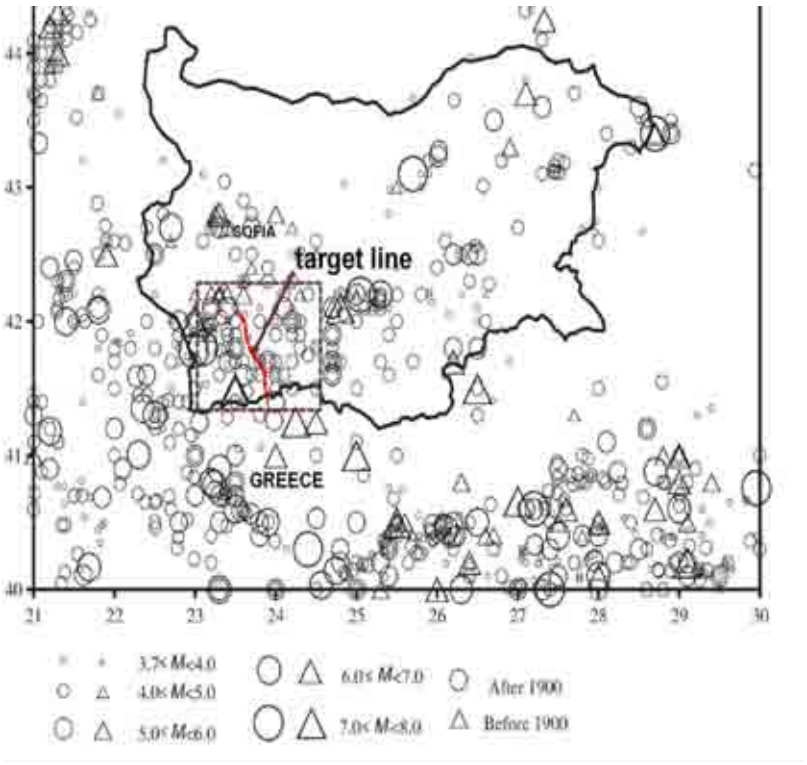
като обхваща само територията на България. В настоящето изследване се анализират сеизмичния хазарт и сеизмичен риск, пространствено-времевите вариации на сеизмичността в урбанистични райони на градовете Благоевград – Банско – Гоце Делчев в съответствие с изискванията на Еврокод 8 [5]. Тези градове попадат в Кресна-Струмската разломна системата и се характеризират с висок сеизмичен хазарт. От друга страна районът попада в планински терен с много обещаващи перспективи за развитие, като на негова територия е разположен и ски курортът в гр. Банско.

Фиг. 1. Обща карта, показваща местоположението на целевата линия

Обширни сеизмични проучвания в този регион са проведени през 1982 г. по отношение на сеизмично райониране на България [7] и след това през 1992 г. за сеизмичната устойчивост на важни структури [8, 9]. От анализа на дълбочинно разпределение [8] се установява, че земетресенията в региона са в земната кора на дълбочина от 50 km. Най-силните събития (M ≥ 7.0) се генерират главно в горната кора (интервал на дълбочина 10–25 km). Пространственото разпределение на сеизмичността в региона е представено на фиг. 2. Тази фигура представлява карта на епицентровете на известни земетресения с M ≥ 4.0 (целия период) и M ≥ 3,0 от 1981 г. към 2003 г. Сеизмичността в разглеждания регион се проявява в обособени географски области – сеизмични зони. Сеизмичните зони са: Родопи, Кресна, Марица, София. За настоящето изследване от най-голямо значение са зони Кресна и Марица. Сеизмичността извън България е прикрепена към следните сеизмични зони: Северна Гърция и Егейско море.

2.2. Сеизмична зона Кресна

Основната структура в разломната зона е Струмският разлом, простиращ се в посока СЗ - ЮИ, който се пресича от множество неотектонски разломи. Високата сеизмична активност в района се свързва с Кресна-Струмската разломна системата. Две от най-силните земетресения в Европа през 20 в. се генерират в сеизмична зона Кресна – земетресенията от 4 април 1904 г. (MS = 7.1 и MS = 7.8). Земетресенията от 1904 г. са реализирани в региона Кресна – Симитли на пресечението на неоген-кватернерски активни разломи – Крупник и р. Струма. В района на Кресна, където мощността на земната кора е значителна (в западната част на Родопите тя достига на дълбочина 45–50 km), се генерират най-дълбоките земетресения в България. Хипоцентровете на реализираните земетресения са разпространени главно в горните 30 km на земната кора, с максимална концентрация – между 5 и 20 km. Максималната фокална дълбочина на сеизмичните събития в района е до 50 km [8].



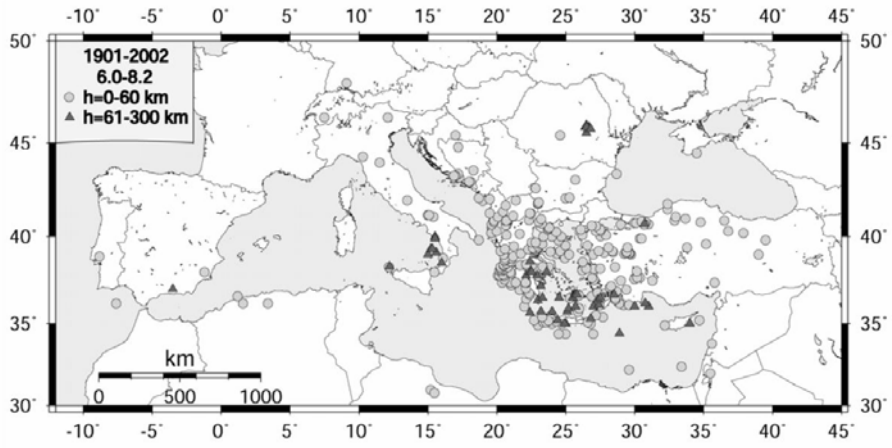
Фиг. 2. Карта на епицентрите за земетресения с M > 3.7 за периода 1700–2003 [10]

2.3. Маришка сеизмична зона

Сеизмичността в района е засебена към известната Маришка разломна система. Най-силните земетресения, настъпили в района са от 1928 (Чирпанското земетресение от 14 април 1928 г. с MS = 6.8 и Пловдив на 18 април 1928 г. с MS = 7.0). Сеизмичната зона е развита в горните 20 km от земната кора, като отделни събития са били регистрирани на дълбочина от 45 km. Най-висока плътност на хипоцентрове се наблюдава на дълбочина от 5–10 km [8].

2.4. Северногръцка земетръсна зона

Основните тектонски структури в тази област са Ксантийският разлом с посока ИСИ-ЗЮЗ. В района исторически са отразени силни земетресения, но няма регистрирани значими събития през 20 в. Най-силното известно земетресения в Северна Гърция е зоново събитие от 1829 г. (фиг. 3) с MS = 7.3 и I_0 = X, локализирано в близост до град Кавала. Активността в Егейската сеизмична зона е свързана с разширяване на Северно-Анадолския трансформен разлом. Най-тежкото земетресение е това, случило се в северните части на Егейско море през 1905 г. – земетресение с M = 7.5 и I_0 = X по МШК [11, 12].



Фиг. 3. Епицентрове на всички известни силни (M ≥ 6.0) земетресения, станали в Средиземноморската зона през периода 1901–2002 [12, 13]

3. Подход за оценка на сеизмичната опасност

Основният избор в подхода е, че сеизмичната опасност е функция на геометрията на сеизмичните източници, затихване на сеизмичните вълни с разстоянието, броят на земетресенията n_M, с магнитут по-голям от M, настъпили в областта, обикновено се предполага да отговарят на релациите по Рихтер. Следвайки това, моделирането на риска се състои в два компонента: модел на сеизмичните източници и модел на очакваните ефекти на място. Получената опасност за дадено място представлява сума от ефектите на земетресения с различни магнитуди и различно проявление.

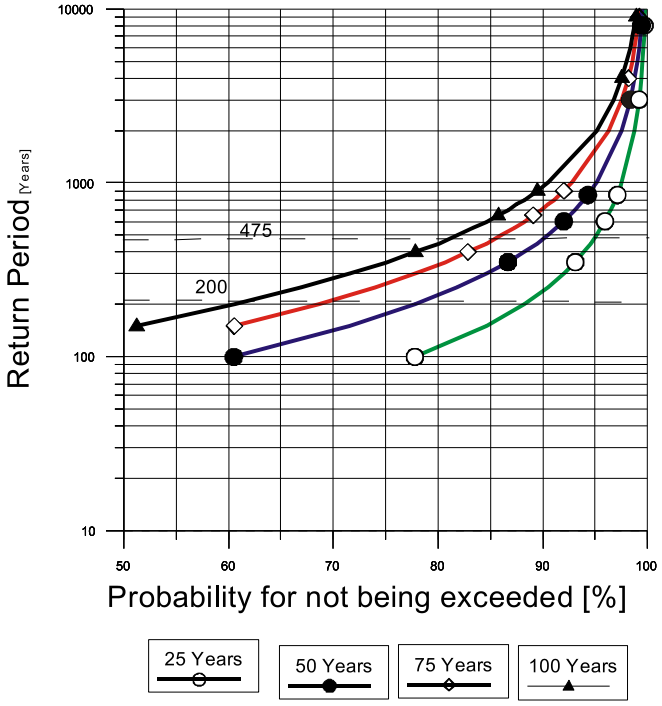
Ако се приеме, че сеизмичността е неподвижна в пространството и времето, може да се прогнозират свойствата на сеизмичността от записите на земетресения. Разпределението на напълно случайни и времево хомогенни серии от земетресения е разпределение по Поасон. Така, вероятността P, че честотата на земетресението с магнитут A, който не надвишава определена стойност A за даден набор данни N, се изчислява по формулата:

(1) $$P(\alpha \le a \mathrm{I} N) = F(a)$$

От тук, могат да се изчислят периода на повтаряемост, а вероятността, че магнитуд Mmax няма да бъде превишен за времето на експозиция – T, е представена в таблица 1. Графиката на фиг. 4 показва връзката между вероятност и периода на повтаряемост за дадена експозиция (или времето за живот на дадена система). Съгласно Европейската наредба 8 [5] периодът на повтаряемост на прогнозирано земетресение е 475 години, което означава 10 % вероятност от превишение за 50 години строително-експлоатационен период. С цел ограничаване на вредите и финансовите загуби поради по-слаби, но по-чести земетресения, второ ниво на сеизмичната опасност е определена да съответства на 95 години период на повтаряемост (10 % вероятност за надвишаване за 10 годишен период). Период на повтаряемост от 1000 години за период от 100 години се приема за важни структурни и животоподдържащи системи.

Таблица 1. Числени стойности на вероятностите за непревишение на параметър ***(A)***

Период на повтаряемост, (R)	Риск 1/R	Вероятност за НЕпревишаване на параметър ***(A)*** за дадения период				
Години		Години	Години	Години	Години	Години
95	0.01	**90.00**	59.07	34.901	20.62	12.18
475	0.0021	97.91	**90.00**	81.01	72.92	65.63
1000	0.001	99.00	95.12	**90.47**	86.07	81.87
10000	0.0001	99.90	99.5	99.00	98.51	98.01



Фиг. 4. Вероятност за надвишаване на различни нива на предварително избрани параметри за земно движение (PGA, спектрална амплитуда и т.н.) за даден период повтаряемост и време на експозиция

Заключение

Целевата линия минава през територия с висока сеизмичен риск.

При оценката и контрола на риска от природни бедствия и свлачища по протежение на пътя Банско – Гоце Делчев – Копривлен следва да се отчита висок сеизмичен риск.

Благодарности: Авторите изказват своята благодарност за финансовата подкрепа на Департамент „Природни науки", СУЗ Лабораторията по химия, УПИЗ Лаборатория по гемология и УПИЗ Лаборатория по природни бедствия и рискове в НБУ. Авторите изказват също своята благодарност към ФНИ, проект DN17/8 - 12.12.2017.

Литература:

1 Algermissen, S. T.,D. M. Perkins, A probabilistic estimate of maximum acceleration in rock in the contiguous United States. U.S. Geological Survey Open-File Report, 1976, 76–416.
2. McGuire Robin K., Probabilistic seismic hazard analysis: Early history, Review, Earthquake Engng Struct. Dyn. 2008; 37: 329–338.
3. Отчет ГФИ, 2008. Сеизмично районiране на Република България, съобразено с изискванията на Еврокод 8 "Сеизмично осигуряване на строителни конструкции" и изработване на карти за сеизмичното районiране с отчитане на сеизмичния хазарт върху територията на страната, Част I, Геофизичен Институт, София, 2008.
4. Trifonova, Petya, Stela Simeonova, Dimcho Solakov, Metodi Metodiev, Exploring seismicity in Bulgaria using geomagnetic and gravity data, Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences, Tome 65, No 5, 2012.
5. БДС En 1998-1/NA Еврокод 8: Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия.
6. Thenhaus, P. C., K. W. Campbell, Seismic Hazard Analysis. Earthquake Engineering Handbook, W. Chen and C. Scawthorn (Editors), CRC Press, Boca Raton, Florida, 2003, 8-1- 850.
7. Boncev, E., V. Bune, L. Christoskov, J. Karagjuleva, V. Kostadinov, G. Reisner, S. Rizhikova, N. Shebalin, V. Sholpo, D. Sokerova, 1982. A method for compilation of seismic zoning prognostic maps for the territory of Bulgaria. *Geologica Balcanica*, 12 (2), pp. 2–48.
8. Sokerova, D., S. Simeonova, S. Nikolova, D. Solakov, E. Botev, R. Glavcheva, S. Dineva, B. Babachkova, S. Velichkova, S. Maslinkova, K. Donkova, S. Rizikova, M. Arsovski, M. Matova, I. Vaptzarov, L. Filipov, 1992. Geomorphology, neotectonic, seismicity and seismotectonic of NPP Kozloduy, Final Report (Summary) on IAEA Mission: Design basis earthquake for seismic upgrading of NPP Kozloduy, Sofia, 1992, 200 p.
9. Dachev, H., I. Vaptzarov, L. Filipov, D. Solakov, S. Simeonova, S. Nikolova, P. Sokolova, E. Botev, Tz. Georgiev, Seismology, geology, neotectonics, seismotectonics and seismic hazard assessment for the PNPP Belene site, Report of Project: Investigations and activities for increasing of the seismic safety of the PNPP Belene site, Geoph. Inst., BAS, S, I, 1995, 250 p.
10. Foteva, G., Botev,E., Ilieva, M., (2006) On the seismological database for the seismic hazard assessment in the territory of Bulgaria and adjacent lands, Annuaire de l'Université "St. Kliment Ohridski", Faculté de Physique, 2006, 99 p.
11. Papazachos, B., K. Papazachou, 1989. Seismicity in Greece. Thessaloniki, 1989, 356 p.
12. Papazachos, B.C. and Papazachou, C.B. The earthquakes of Greece, Ziti Publications, Thessaloniki, 1997, 286, 304, 356 (in Greek).
13. Vicki Kouskouna and Kostas Makropoulos, Historical earthquake investigations in Greece, ANNALS OF GEOPHYSICS, v. 47, No 2/3, April/June 2004, 723–731.

ЕФЕКТИВНО УПРАВЛЕНИЕ И МЕТОДИ ЗА ОБЕЗВРЕЖДАНЕ И ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА УТАЙКИ ОТ ГПСОВ

Екатерина Серафимова[1], Вилма Петкова[2,3]

[1]Химикотехнологичен и металургичен университет – София
[2]Нов Български университет – София,
[3]Институт по минералогия и кристалография – БАН
e-mail:ekaterina_sr@abv.bg

Ключови думи: *управление, обезвреждане, оползотворяване, утайки*

Резюме: *Основната цел на пречиствателните станции за отпадъчни води е отстраняването на съдържащите се в тях замърсители, които са опасни за човешкото здраве и околната среда, преди тяхното заустване във водните обекти. Утайките представляват вторичен продукт, който се получава от процесите на пречистване на отпадъчни води като утаяване и биологично третиране. Те съдържат както ценни за земеделието компоненти, така и замърсяващи органични вещества, тежки метали и патогенни организми. Качеството и съставът на утайките зависи главно от вида и концентрацията на замърсителите в пречистваната вода, както и от технологичните особености на прилаганото третиране на отпадъчните води и утайките.*

В отговор на изискванията на законовата рамка на Европейския съюз, отнасяща се за третирането на отпадъчни води, броят на градските пречиствателни станции за отпадъчни води (ГПСОВ) на територията на България се увеличава и съответно количествата генерирани утайки също нарастват. Броят на действащите станции, по поръчка на държавното управление, за периода 2010-2013 година се променя от 79 на 90.

Съществуват редица разработени и установени методи за третиране на утайки. Бъдещите промени в европейското и националното законодателството, като въвеждането на по-строги мерки на определени компоненти в утайките, предназначени за земеделието, усложняват оползотворяването и обезвреждането на утайките.

Следователно ефективното управление, от икономическа и екологична гледна точка на тези утайки и изборът на подходящ метод за третиране,е труден за реализация процес. Настоящата работа има за цел да се извърши основен преглед на международни практики за охарактеризиране методите за третиране на утайки от ПСОВ. Въз основа на получените резултати са предложени възможни екологосъобразни и икономически изгодни методи за оползотворяване на тези утайки.

EFFECTIVE MANAGEMENT AND METHODS DISPOSAL AND RECOVERY OF WWTP SLUDGE

Ekaterina Serafimova[1], Vilma Petkova[2,3]

[1]University of Chemical Technology and Metallurgy – Sofia
[2]New Bulgarian University – Sofia,
[3]Institute of Mineralogy and Crystallography – BAS
e-mail: ekaterina_sr@abv.bg

Key words: *management, disposal, recovery, sludge*

Abstract: *The main purpose of waste water treatment plants is to remove the contaminants contained in them that are hazardous to human health and the environment before they are discharged into the water bodies. Sludge is a by-product derived from wastewater treatment processes such as sedimentation and biological treatment. They contain both valuable components for agriculture as well as polluting organic substances, heavy metals and pathogenic organisms. The quality and composition of sludge depends mainly on the type and concentration of pollutants in the treated water as well as on the technological features of the treatment of waste water and sludge.*

In response to the requirements of the European Union legal framework concerning waste water treatment, the number of urban waste water treatment plants (WWTPs) on the territory of Bulgaria is increasing

and respectively the quantities of sludge generated are also increasing. The number of existing stations, commissioned by the government, for the period 2010–2013, changed from 79 to 90.

There are a number of developed and established methods for sludge treatment. Future changes in European and national legislation, such as the introduction of stricter measures on certain components in sludge destined for agriculture, complicate the recovery and disposal of sludge.

Therefore, the effective management of this sludge from an economic and environmental point of view and the choice of a suitable treatment method is a difficult process. The present work aims at a basic review of international practices for the characterization of sludge treatment methods from WWTPs. Based on the results obtained, possible ecological and cost-effective methods for the recovery of these sludge are proposed.

Въведение

В градските пречиствателните станции за отпадъчни води (ГПСОВ) количеството на задържаните утайки е не повече от 1 % (обикновено 0,6–1 %) от количеството пречистени отпадъчни води [1]. Устойчивото управление на утайките е важна предпоставка за развитие на кръговата икономика и подпомагане на екологичния, социалния и икономическия аспект, свързан с третирането на отпадъците. От гледна точка на въвеждането на най-добрите налични технологии е необходимо те да бъдат съобразени с изискванията на българското законодателство в областта на управлението на водите и отпадъците, както и на законодателството в Европейския съюз (ЕС) [1-7].

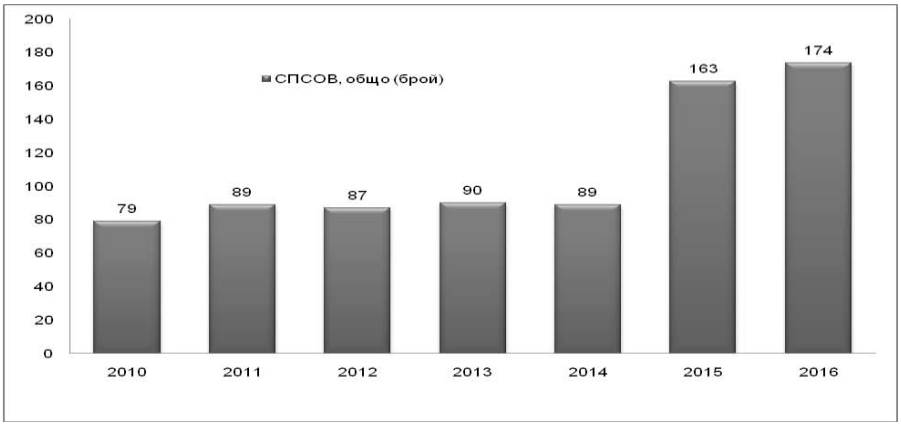
Спрямо целите, на стратегията за управление на утайките формирани на територията на Столична община до 2025 г., следва да бъдат синхронизирани с националните цели, дефинирани в националния стратегически план, а именно:

- Рециклиране и материално оползотворяване на 65 % от количествата образувани утайки от ГПСОВ до 2020 г.;
- Енергийно оползотворяване на 35 % от количества образувани утайки от ГПСОВ до 2020;
- Нулево депониране и нецелево временно съхранение на утайки до 2020 г.;

Следователно ефективното управление, от икономическа и екологична гледна точка на тези утайки и изборът на подходящ метод за третиране, е трудоемък процес. В някои държави, сред които и България, това представлява сериозен настоящ проблем. Такова е и състоянието на значителен брой пречиствателни станции за отпадъчни води в България, където образуваните утайки от процесите на пречистване се съхраняват временно, а техните количества се увеличават поради липсата на дългосрочно решение за тяхното оползотворяване или обезвреждане.

Състояние и практики в България и другите европейски държави

В изпълнение на Рамковата директива на ЕС в областта на политиката за водите (Директива 2000/60 ЕС) и Директивата за третиране на отпадъчните води (Директива 91/271/ЕСС) [2–5], количеството на утайките, генерирани в страните от Европейския съюз (ЕС) се очаква да нарасне значително в периода до 2025 г. На фиг. 1 може да се забележи тази тенденция и в нашата страна, показана за шест годишен период.



Фиг. 1. Селищни пречиствателни станции за отпадъчни води, общо (брой) [2, 6]

Съгласно официалната статистика в Евростат [6] образуваните утайки на жител в България са 15.6 kg с.в. годишно. Едва половината (52 %) от проучените ГПСОВ в националния стратегически план имат информация относно качеството на генерираните утайки, а

останалите 48 % не притежават данни и не разполагат с анализи на утайките си [7]. Статистическите изследвания показват също, че генерираните утайки в страната могат да достигнат до 151 хиляди тона/годишно през 2020 година, а в Европейския съюз – 13 милиона тона [11]. Относно методите за обезвреждане на утайки, най-често използваният от 72 % (42 броя) от отговорилите ГПСОВ, е все още депонирането в депа за неопасни отпадъци. 70 % от общото количество утайки се обезвреждат чрез депониране (11 664 тона с.в.) като се изключат данните за ГПСОВ София. Само 7 % (4 броя) от ГПСОВ ги оползотворяват в земеделието. По данни на изследването в България до този момент утайки от ПСОВ не се третират чрез изгаряне [7]. В таблица 1 е представено количественото разпределението на неопасните утайките по региони.

Таблица 1. Количество образувани неопасни утайки от ПСОВ [2]

РИОСВ	**Количество утайка тон/сухо вещество**	**РИОСВ**	**Количество утайка тон/сухо вещество**
Благоевград	302.75	Плевен	2216.20
Бургас	2745.50	Пловдив	3824.52
Варна	7612.69	Русе	2815.00
Велико Търново	1811.69	Смолян	1274.33
Враца	49.45	София	27039.60
Монтана	523.29	Стара Загора	2014.88
Пазарджик	889.81	Хасково	667.00
Перник	302.83	Шумен	850.40

Както в България, така и в повечето европейски държави най-разпространените технологии за стабилизиране са аеробното и анаеробното разграждане [7]. По отношение на последвано управление, в по-голямата част от Европа утайките от ПСОВ се прилагат в земеделието, а депонирането почти изцяло отсъства като вариант. През последните години обаче употребата със земеделски цели се счита от все повече страни за неприемлив метод, поради рисковете от внасяне на замърсители в почвите [7, 9]. Според някои държави-членки нормите за допустими концентрации на тежки метали и органични вещества са прекалено високи и поради тази причина въвеждат по-строги гранични стойности и други изисквания, чрез своето национално законодателство, които ограничават или практически не позволяват употребата на утайки в земеделието (например Холандия, Белгия, Германия) [7, 12]. В други страни като Швейцария този метод на управление дори е напълно забранен [6]. За разлика от България, където прилагането на утайки в земеделието има съществен дял, по-развитите държави-членки на ЕС вече са възприели или разработват по-устойчиви и дългосрочни решения като компостиране, различни видове изгаряне с оползотворяване на енергия, усвояване на ценни елементи и други [7–10]. Някои примери за такива практики са посочени в таблица 2.

Таблица 2. Методи за обезвреждане на утайките от отпадъчни води, използвани от някои държави-членки на ЕС [7, 11]

Държава	Година	Метод			
		Земеделие	Депониране	Изгаряне	Други
Австрия	2005	18 %	1 %	47 %	34 %
България	2006	40 %	60 %	-	-
Германия	2010	29 %	-	52 %	19 % - оформяне на зелени площи
Люксембург	2004	47 %	-	20 %	33 % - компостиране
Обединено кралство	2004	64 %	1 %	19.5 %	15.5 % - рекултивация на нарушени терени и за компост за технически култури
Финландия	2000	12 %	6 %	-	80 % - покриване на депа и оформяне на зелени площи
Франция	2002	62 %	16 %	20 %	3 %
Холандия	2006	-	-	60 %	40 %
Швеция	2000	21%	34%	-	45% - за строителни цели и материал за съхранение

Тенденции

В зависимост от качеството и характеристиките на утайките всяка ГПСОВ трябва да установи собствено дълготрайно и устойчиво решение за тяхното управление. В таблица 3 са посочени официални прогнозни данни от ИАОС [2] за количествата генерирани утайки до 2025 г. спрямо стратегията за управление на утайките от пречиствателните станции в България.

Таблица 3. Прогнозни данни за население и количества утайки по години

Година	Население с достъп до канализ. Услуги (жители)	При нормална експлоатация	При рехабилитация и инспекция на изгниватели		
		Количество утайки – вход ВхМТ (т/ден)	Количество утайки – вход ВхМТ (т/ден)	Байпасно количество утайки (т/ден)	Обезводнено количество утайки – ИзхФП (т/ден)
2015	1259751	76.0	57.0	19	92345
2016	1273079	76.7	57.6	19.2	96543
2017	1286497	77.4	58.2	19.4	100740
2018	1299736	78.1	58.8	19.6	104938
2019	1313064	78.1	59.4	19.8	109135
2020	1326392	79.5	60.0	19.9	113333
2021	1339720	80.2	60.6	20.1	117530
2022	1353048	80.9	61.2	20.3	121728
2023	1366377	81.6	61.8	20.5	125925
2024	1379705	82.3	62.4	20.7	130123
2025	1393033	83.0	63.0	21.0	134320

Като се има предвид промените в политиката и бъдещо въвеждане на по-строги изисквания и норми в областта на отпадъчните води, утайките и отпадъците трябва да се очакват следните тенденции:

- Постепенно забраняване на депонирането на утайки като резултат от въведените от ЕС ограничения относно депонирането на органичните отпадъци, както и нарастващото нежелание на много страни да прилагат такъв вид обезвреждане;
- Временното съхранение и употребата на утайки в земеделието ще се намалят за сметка на методи като анаеробно разграждане, самостоятелно или съвместно изгаряне (например в електроцентрали или циментови заводи), с цел производство на енергия, както и рециклиране на получената пепел. Също така ще се доразвиват и други термични процеси като пиролиза и газификация;
- Предвид периодичните горски пожари и многобройните стари мини и депа, които трябва да бъдат закрити, запечатани и рекултивирани, в България съществува голям потенциал за използване на утайките в тази област.

Заключение

В заключение можем да отбележим че:

- Най-добрите налични техники при управлението на утайки от отпадъчни води в страната ни все още не се прилагат, като едва 15 % се оползотворяват в земеделието;
- Вземайки предвид промените в политиката и бъдещо въвеждане на по-строги изисквания и норми в областта на отпадъчните води и утайките, се очакват тенденции на постепенно забраняване на депонирането, а също и намаляване на временното съхранение и прилагането в земеделието. Това по своята същност би довело до търсене на нови методи за оползотворяване;
- Самостоятелното и съвместното изгаряне на утайките, с цел производство на енергия, имат нужда от разработване и популяризиране като метод;
- С цел постигане на екологично и икономически оправдано управление, всяка ПСОВ трябва да разработи и приложи собствени методи, отговарящи на характеристиките на генерираните утайки;
- Изборът на подходящо дългосрочно решение за третиране трябва да бъде основан не само на техническите възможности на методите, но и на всички останали влияещи икономически, екологични и социални аспекти.

Литература:

1. Стратегия за управление на утайките формирани на територията на Столична община до 2025 г. https://www.sofiyskavoda.bg/SVDocuments/Application7.pdf
2. http://eea.government.bg/bg/nsmos/waste
3. Министерство на околната средаи водите, Насоки за тълкуване на ключови разпоредби на Директива 2008/98/ЕО относно отпадъците.
4. Закон за управление на отпадъците.
5. Наредба № 2 от 23.07.2014 г. за класификация на отпадъците (обн., ДВ, бр. 66 от 08.08.2014 г.)
6. Национален статистически институт <http://www.nsi.bg/>
7. Министерство на околната среда и водите, НАЦИОНАЛЕН СТРАТЕГИЧЕСКИ ПЛАН за управление на утайките от градските пречиствателни станции за отпадъчни води на територията на РБългария за периода 2014-–2020 г.
8. Министерство на околната среда и водите Техническо ръководство за третиране на утайките от градските пречиствателни станции за отпадъчни води:най-добри налични техники (НДНТ).
9. Bianchini, A., L. Bonfiglioli, M. Pellegrini, C. Saccani, Sewage sludge drying process integration with a waste-to-energy power plant, Waste Management, 2015, pp. 159–165.
10. European Commission Integrated Pollution Prevention and Control: Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, 2006.
11. Samolada, M.C, A.A Zabaniotou, Comparative assessment of municipal sewage sludge incineration,gasification and pyrolysis for a sustainable sludge-to-energymanagement in Greece, Waste Management 34, 2014, pp. 411–420.
12. Wiechmann , B., C. Dienemann, C. Kabbe, S. Brandt, I. Vogel, A. Roskosch, Sewage sludge management in Germany, Umweltbundesamt (UBA), 2013.

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА ШРЕДИРАН ЧИПС ОТ АВТОМОБИЛНИ ГУМИ

Екатерина Серафимова[1], Вилма Петкова[2,3]

[1]Химикотехнологичен и металургичен университет – София
[2]Нов Български университет – София,
[3]Институт по минералогия и кристалография – БАН
e-mail: ekaterina_sr@abv.bg

Ключови думи: *шредиран чипс, гуми, оползотворяване*

Резюме: *Излезлите от употреба гуми се превръщат във все по-голям екологичен проблем за много държави. Причините са комплексни. Въпреки относителното постоянство на химичния състав, излезлите от употреба гуми представляват ограничен отпадък в големи количества. Те заемат голямо пространство, макар че по-голямата част от обема им е празна. Въпреки че, нарязването им решава този проблем, това е допълнителна операция и води до отпадък, който не се разгражда биологично. Времето, за което се разлагат, е неопределено – над 100 години. Поради това те могат да се разглеждат като опасни за общественото здраве. Икономически ефективната преработка на автомобилните гуми от една страна решава екологичните проблеми, а от друга обезпечава високата рентабилност на преработващото производство.*

Целта на настоящата работа е да се извърши основен преглед на технологиите за преработка и приложението на излезлите от употреба гуми и въз основа на това да се предложат екологосъобразни и икономически изгодни методи за оползотворяване на шредиран чипс от автомобилни гуми.

NON-INVASIVE METHOD FOR BLOOD PRESSURE MEASUREMENT WITH EACH HEART CYCLE

Ekaterina Serafimova[1], Vilma Petkova[2,3]

[1]University of Chemical Technology and Metallurgy – Sofia
[2]New Bulgarian University – Sofia,
[3]Institute of Mineralogy and Crystallography – BAS
e-mail: ekaterina_sr@abv.bg

Keywords: *shredded chips, tires, recovery*

Abstract: *Exhausted tires are becoming an increasing environmental problem for many countries. The reasons are complex. Despite the relative consistency of the chemical composition, disused tires are limited waste in large quantities. They occupy a lot of space, although the bulk of their volume is empty. Although cutting them solves this problem, this is an additional operation and leads to waste which is not biologically degraded. The time they decompose is indefinite - over 100 years. They can therefore be considered as hazardous to public health. Economically efficient tire processing on the one hand solves environmental problems and, on the other hand, ensures the high profitability of the manufacturing process.*

The aim of the present work is to make a major review of the technology for the use and disposal of end-of-life tires, and to propose environmentally-friendly and cost-effective methods for recycling tire chips from tires.

Въведение

В съответствие с Базелската Конвенция на ООН (1998 г.) и Европейския стандарт CWA 14243 (2002 г.) [1, 2] употребените гуми не са опасни и вредни, когато се преработват, превозват и съхраняват правилно. По-голямата част от каучука, използван днес за

производството на нови гуми, е синтетичен каучук – получаван от нефта. Растящите цени на петрола подчертават необходимостта от оползотворяване на тези ценни суровини чрез промишлено осъществими, ефективни и екологично чисти методи. Следователно икономически ефективната преработка на автомобилните гуми от една страна решава екологичните проблеми, а от друга обезпечава високата рентабилност на преработващото производство.

Европейският парламент прие два доклада през 2008 г., с които призова да се сложи край на постоянно увеличаващото се количество на отпадъци в ЕС. Производството на отпадъци да се стабилизира до 2012 г., а производството им да бъде ограничено значително до 2020 г. [4] – най-малко 70 % от промишлените отпадъци да се рециклират. Други цели са: държавите-членки да постигнат до 2020 г. ниво от най-малко 50 % на повторна употреба и рециклиране на твърди битови отпадъци и от 70 % за строителни, получени при разрушаване, промишлени и производствени отпадъци [3].

По света днес има натрупани около 10 милиарда ИУГ (Излезли от употреба гуми) [2, 7]. От този обем само около 23 % се преработват чрез изгаряне (пиролиза) с цел получаване на директна енергия (основно циментовите заводи), механично раздробяване и получаване на каучукови гранули за обработка на пътищата и други. Останалите 77 % ИУГ гуми не се преработват поради отсъствие на рентабилни методи. Тези стари и негодни гуми се натрупват в автостопанствата, автосервизите, промишлените предприятия, както и в частния сектор. В много от индустриално развитите страни има разработени методи и програми, предназначени за събиране и преработка на излезлите от употреба гуми.

Един от начините за намаляването на количеството им е тяхното шредиране. Основната цел на шредирането на автомобилните гуми до получаването на шредиран чипс е тяхната по-лесна преработка и оползотворяване, намаляване на количествата депонирани гуми, по-малкото замърсяване на околната среда и ограничаване на опасността за общественото здраве.

Управление на излезлите от употреба гуми:

Съществуват няколко основни начина за управление на ИУГ:

- *Повторна употреба* – частично износени гуми, които имат законна дълбочина на протектора, могат да се продават като „втора ръка”. Представляват незначителна част от пазара на гуми [3].
- *Регенериране* – осигурява същите стандарти на употреба и износване както при новите гуми. Регенерирането е дейност, при която върху излязла от употреба гума с годен каркас се вулканизира нов протектор, след което гумата може отново да изпълнява първоначалното си предназначение. Гумата се връща в употреба – удължава се нейния живот, вместо да се превърне в отпадък. По такъв начин регенерирането от една страна способства за намаляване на количеството на отпадъците, а от друга – намалява пускането на пазара на нови гуми, от които се образуват отпадъци. Новата товарна гума съдържа около 50 kg каучукова смес. При регенерирането на такава гума се употребява само 12–15 kg нова каучукова смес за възстановяване на гумата и поставяне на нов протектор [3,4]. Докато леките гуми се регенерират само веднъж, товарните често се регенерират два или три пъти, а самолетните гуми – много пъти. При регенерирането на една средна лека гума се изразходват 4.5 галона по-малко нефт, отколкото за производството една нова гума. При товарните гуми тази икономия е дори по-голяма – до 15 галона за една гума [2, 7].
- *Материално рециклиране* – извършва се в две направления:

- преработка с цел получаване на крайни продукти или на суровини за производството на редица потребителски и промишлени изделия;

- използване на употребени гуми като материал в пътното и гражданско строителство [3].

Рециклирането на отпадъчни автомобилни гуми може да се разглежда в две категории: механично рециклиране и повторна употреба на получените модифицирани форми и химично разделяне на гумите с възстановяване на различните материали, от които са направени [8].

Механичното рециклиране и директното използване на гранули от скрап или на цели гуми има предимството, че продуктът намира друго приложение, без необходимост от големи инвестиции. Излезлите от употреба автомобилни гуми могат да се използват и цели в други приложения, но ако се шредират, каучукът има доста повече възможности за употреба. Един от начините за физическо рециклиране е при условия, близки до тези на околната среда, т.е. без да се прилага охлаждане за подпомагане раздробяването на гумата. Тук те се подлагат на няколко физични обработки. Първо се нарязват в шредер до размери на парчетата 50 mm, след

това парчетата гума влизат в гранулатор, където размерите им се намаляват до 10 mm. На следващата стъпка се отстранява стоманата с магнитен сепаратор, както и влакнестата фракция чрез вибрационни сита и въздушна сепарация. Накрая гранулата се шлифова до получаване на размери 0,6–2 mm [2, 8].

Оползотворяване на енергия в инсталации за съвместно изгаряне:

- в ТЕЦ за производство на електроенергия,
- в циментовите, хартиените и целулозни заводи и др. като допълващо гориво

Депониране – съгласно Директива 199/31/ЕС след 2006 г. депониране се допуска по изключение само за гумите, използвани като строителен материал, велосипедните гуми и гумите с диаметър над 1400 mm [8].

Пуснати на пазара гуми

Съгласно ДР на Наредбата, "пускане на пазара на гуми" е първото предоставяне на гуми на разположение на друго лице срещу заплащане или безплатно като част от търговска или професионална дейност с цел продуктът да бъде разпространен на територията на Република България и/или използван като част от търговска, производствена или професионална дейност [6]. Лицата, които пускат на пазара на Република България гуми и заплащат продуктова такса за гуми в ПУДООС, лицата, изпълняващи задълженията си индивидуално и организациите по оползотворяване за всеки един от техните членове предоставят информация на изпълнителния директор на ИАОС за количествата гуми, пуснати на пазара и/или изнесени извън територията на ЕС, и/или изпратени от територията на Република България към друга държава - членка на ЕС. В 10-дневен срок от получаването им, данните се обобщават и предоставят на публичен достъп на интернет страницата на ИАОС. Информацията се актуализира на всеки три месеца съгласно сроковете в Наредбата [6].

В таблица 1 са представени количествата на пуснатите на пазара гуми през 2013г. по периоди, като данните са обобщени на база информация, получена от организациите по оползотворяване, лицата, изпълняващи задълженията си индивидуално и лицата, които заплащат продуктова такса в ПУДООС, предоставили справка съгласно чл. 33 от Наредбата. [6]

Таблица 1. Количества, пуснати на пазара гуми в България [6-9]

Справка за количествата, пуснати на пазара гуми				
Период	**2013 г. количество, t**	**2014 г. количество, t**	**2015 г. количество, t**	**2016 г. количество, t**
01.01. – 31.03.	7693.115	8340.052	100041.724	11845.669
01.04. – 30.06.	5356.734	5848.211	6962.237	7803.270
01.07. – 30.09.	8655.062	9674.387	12962.389	12602.526
01.10. – 31.12.	7112.354	7035.002	7623.845	8057.365
01.01. - 31.12.	**28889.855**	**30902.660**	**37507.905**	**40313.685**

Източник: ИАОС

Съгласно получената в ИАОС през 2015 г. информация, количеството на образуваните през годината излезли от употреба гуми е 16 918.945 t. Събраните ИУГ от лица, притежаващи документ, издаден по реда на чл. 35 от ЗУО за дейност с отпадъци е 7 989.38 t. Общото количество на оползотворените през разглеждания период ИУГ е 32 501.456 t [4].

Най-голям е делът на изгорените гуми с оползотворяване на енергията-12 606.86 t, количеството на рециклираните и/или регенерирани ИУГ е 11 389.81 t ИУГ, които са преработени за суровини са 8 013.11 t, 437.50 t ИУГ са въведени в ефективен процес на оползотворяване към края на 2015г., а 36.18 t са изнесените ИУГ с цел оползотворяване [4].

В табл. 2. са посочени данни от световното производство на гуми. Забелязва се тенденция, че развитите страни генерират около 5 пъти по-голямо количество излезли от употреба гуми, отколкото развиващите се страни, като само 15 % от тях се използват за повторна употреба и регенериране и около 20 % се изнасят за повторна употреба.

Таблица 2. Данни от световното производство на гуми за 2013 г. [7]

Държави	Употребени гуми	Повторна употреба на частично износени гуми		
		Повторна употреба	Износ	Регенериране
	Тонове			
Австрия	**63.000**	0	0	3.000
Белгия	**76.000**	3.000	7.000	11.000
България	**29.000**	0	0	4.000
Великобритания	**527.000**	40.000	29.000	39.000
Германия	**582.000**	10.000	84.000	75.000
Гърция	**34.000**	0	1.000	1.000
Дания	**39.000**	0	1.000	0
Естония	**15.000**	0	0	
Ирландия	**30.000**	3.000	1.000	1.000
Испания	**296.000**	6.000	22.000	40.000
Италия	**421.000**	22.000	17.000	28.000
Кипър	**5.000**	0	0	0
Латвия	**9.000**	0	0	0
Литва	**23.000**	0	0	0
Малта	**1.000**	0	1.000	0
Полша	**169.000**	8.000	0	3.000
Португалия	**84.000**	5.000		13.000
Румъния	**34.000**	0	0	0
Словакия	**27.000**	0	3.000	1.000
Словения	**15.000**	0	0	0
Унгария	**36.000**	0	0	0
Финландия	**51.000**	0	0	1.000
Франция	**457.000**	20.000	50.000	35.000
Холандия	**91.000**	0	27.000	2.000
Чехия	**57.000**	0	0	2.000
Швеция	**80.000**	0	1.000	0
Европейски съюз 28	**3 251.000**	117.000	244.000	259.000
Норвегия (Н)	**39.000**	0	1.000	0
Швейцария	**40.000**	0	40.000	0
Турция (Т)	**260.000**	7.000	0	39.000
ЕС28+Н+Шв.+Т	**3 590.000**	124.000	285.000	298.000

Процесът пиролиза

Пиролизата е термохимичен процес на разлагане, който е приложим за повечето от органичните вещества [10]. При този процес, отпадъкът се загрява в среда с ограничен достъп до въздух и кислород или пък при ограниченото им подаване. Обичаен продукт на пиролизата са изключително разнообразни: газове, пари, течности, масла, въглени и пепел. Съставът и пропорциите на отделените вещества зависят от температурата, състава на изходящия материал, допълнителната обработка и състава на въздуха.

На пиролиза могат да бъдат подложени всички твърди органични вещества. Тя е най-простият и почти сигурно, най-старият метод за обработка на едно гориво с цел получаване на по-добро. Пиролиза може да се осъществи и в присъствието на малко количество кислород ("газообразуване"), вода ("парно газообразуване") или водород ("хидриране"). Използваните реактори обикновено се подразделят на реактори с периодично и непрекъснато действие. Сред често използваните са реакторите с кипящ слой. Приложение намират и реакторите с неподвижен слой [9]. Полученият по време на пиролизата газ преминава през дестилационни колони, от които се получават пиролизното масло и пиролизният газ. Полученото пиролизно масло съдържа около 45 % дизел и може да бъде използвано като гориво за промишлени горелки. Пиролизният газ посредством компресор се оползотворява за нагряването на реактора [10]. С по-усъвършенствани техники за пиролиза летливите вещества могат да бъдат събирани, а внимателен избор на температурата, при която протича процесът, позволява контрол на съдържанието им. Това я прави конкурентноспособна на конвенционалните методи за газифициране, но подобно на тях тя все още се нуждае от разработване в комерсиални мащаби. Понастоящем за по-атрактивна технология се счита конвенционалната пиролиза. Сравнително ниските температури означават се отделят по-малко потенциални замърсители, отколкото при пълното изгаряне, което дава екологично преимущество на пиролизата при работата с определени отпадъци. Делът на оползотворените по този метод ИУГ обаче остава твърде нисък. На таблица 3 е представен SWOT анализ за оползотворяване на шредиран чипс чрез пиролиза.

Таблица 3. SWOT анализ на оползотворяване на шредиран чипс чрез пиролиза

Силни страни	**Слаби страни**
- намаляване на емисиите, чиста технология - Продукти с висока стойност, самостоятелен процес - Възстановяване на енергия, ефективност на ресурсите - Намаляване на депонирането, кръгова икономика	- Необходимост от правила и стандарти за продуктите - Изисквания за капацитета на суровините - Липсата на интерес - Малко търговски приложения
Възможности	**Опасности**
- Доказана на концепцията - Възможности за финансиране - Ниво на експертиза и научни изследвания - Влияние за подобряване на управлението на отпадъците - Нови пазари за отпадъци от рециклиране	- Липса на заинтересованите страни - Несигурни пазари за продукти на базата на отпадъци - Липсата на норми за допустими емисии - Несигурна икономическа среда

Заключение

- Съгласно статистическите данни количеството на пуснатите на пазара гуми се увеличава в България. От което следва необходимостта от повече оползотворяване на гумите. За България през 2015 г. предпочитан метод е изгарянето с оползотворяване на енергията, а за ЕС – регенерирането.

- Като цяло в България повечето възможности за приложение на гумите под формата на каучуков гранулат, например в пътните настилки не се използва, въпреки че има предимства като увеличаване на експлоатациионният срок на асфалта, което е икономически изгодно. Необходимо е популяризиране на различните приложения на гумите.

- Пиролизата е един от методите за оползотворяване на ИУГ, който би могъл да бъде безопасен и ефективен, ако се реши въпросът с присъствието на продукти, съдържащи сяра. Получаваните при този метод продукти в трите агрегатни състояния могат да бъдат успешно използвани, както в този процес, така и като суровини в други отрасли.

- В Р. България има налични достатъчни количества ИУГ, които могат да бъдат третирани по този метод. Досегашната практика показва, че тези възможности не са реализирани пълноценно, поради факта, че системите за пиролиза се нуждаят от големи капиталовложения за построяване и поддръжка.

- Спрямо Националния план за управление на отпадъците за 2014–2020 година, една от ключовите цели в сектор «Отпадъци» в България е до 2020 година 65 % от произведените гуми за годината да бъдат оползотворени, а 50 % рециклирани. С данните получении до момента може да се твърди, че страната ни е покрила тези изисквания. Но също така е важно да се отбележи, че други европейски страни процентът е значително по-висок.

Литература:

1. Наредба за изискванията за третиране на излезли от употреба гуми, Допълнителни разпоредби, §1,т.2 (изм. бр. 30 от 15.04.2016г., в сила от 16.06.2016 г.)
2. Revised technical guidelines for the environmentally sound management of used and waste pneumatic tyres (2011).
3. Господинов, Д., Проблемът с излезлите от употреба автомобилни гуми и възможностите за неговото решаване, Механика, транспорт, комуникации", том 15, брой 3, 2017, стр. VI-66 – VI-70,
4. Доклад от Изпълнителната агенция по околна среда относно чл. 39 от Наредбата за изискванията за третиране на излезли от употреба гуми, 2015.
5. Наредба № 2 от 23.07.2014 г. за класификация на отпадъците (обн., ДВ, бр. 66 от 08.08.2014 г.)
6. Доклад от Изпълнителната агенция по околна среда относно чл. 39 от Наредбата за изискванията за третиране на излезли от употреба гуми, 2013.
7. Scott Ewan, End of llife tyre, Report, European tyre and rubber manufacturers association, 2015.
8. Доклад от Изпълнителната агенция по околна среда относно чл. 39 от Наредбата за изискванията за третиране на излезли от употреба гуми, 2016.
9. Технологии за преработка на автомобилни гуми, Екология и инфраструктура, 2, 2013.
10. Менсеидов, Дж., М. Филипова, Ив. Желева, "Пиролизата като съвременен метод за третиране на излезли от употреба автомобилни гуми", Научни трудове на Русенския университет, том 54, серия 1.2, 2015, стр. 344–345

ОБЗОР НА ВЪЗНИКНАЛИ КРИЗИСНИ СЪБИТИЯ ОТ ПРИРОДНИ БЕДСТВИЯ В БЪЛГАРИЯ ЗА ПЕРИОДА 2004–2016 г.

Ралица Берберова

Нов български университет, Департамент «Природни науки»
e-mail: rberberova@nbu.bg

Ключови думи: *кризисни събития, природни бедствия, България, 2004-2016*

Резюме: *Целта на работата е да се представи обзор на станали кризисни събития от природи бедствия в България. Обзорът е изготвен въз основа на официални данни от Националния статистически институт на Р. България. Данните обхващат периода от 2004 до 2016 г. Резултатите показват, че природните бедствия са една от най-честите причини в страната ни за настъпване на кризисни събития.*

SUMMARY OF NATURAL DISASTERS CRISES IN BULGARIA FOR THE PERIOD 2004–2016

Ralitza Berberova

New Bulgarian University, Natural Sciences Department
e-mail: rberberova@nbu.bg

Keywords: *crises, natural disasters, Bulgaria, 2004–2016*

Abstract: *The purpose of the present work is to present an overview of natural disasters crises in Bulgaria. The survey is based on official data from the National Statistical Institute of the Republic of Bulgaria. The data covers the period from 2004 to 2016. The results show that natural disasters are one of the most common causes in our country for the occurrence of crisis events.*

Въведение

Всяка година в страната ни настъпват кризисни събития, които са следствие от появата на природни бедствия [1–7]. Тези явления не са равномерно разпространени на територията на страната ни – има райони, които са по-рискови по отношение на появата на наводнения [5, 9–11]; такива, които са по-уязвими по отношение на ерозионни и свлачищни процеси [5, 12–17]; други райони са с по-висока сеизмична активност и т.н. [5, 12–13].

Националният статистически институт (НСИ) на Република България публикува официалните годишни данни за възникнали кризисни събития на територията на страната ни в Секция „Регионална статистика и показатели за мониторинг“, подсекция „Кризисни събития”. Публикуваните данни от 2010 г. насам 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) [1].

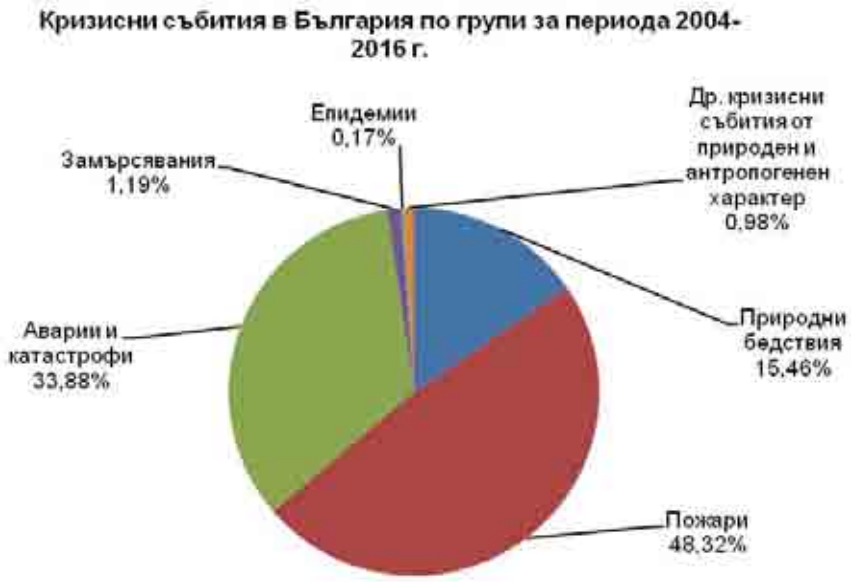
Целта на настоящата работа е да се представи обзор на станали кризисни събития от природни бедствия в България за периода 2004–2016 г. въз основа на официални данни от НСИ.

Резултати и дискусия

Въз основа на данните от НСИ за периода 2004–2016 г. са отчетени общо 79 894 кризисни събития, настъпили по различни причини (Табл. 1). Най-голям дял от тях заемат кризите следствие на пожари (48 %) и аварии (34 %) (Фиг. 1). Природните бедствия са причина за 12 350 броя от тях, което е 15 % от общия дял на тези събития (Табл. 1, Фиг. 1). Тук е важно да се отчете, че част от регистрираните пожари може да са следствие на самозапалване, поради високи температури и е редно да бъдат взети предвид и отнесени в групата на природните бедствия, но от представените в НСИ данни не е възможно подобно разграничаване. Необходимо е да се има предвид, че тук, в групата на други кризисни събития, са отнесени и такива, които имат природен характер (например, каламитет). Това показва, че общият брой на кризисните събития, настъпили следствие на природно бедствие, е дори по-висок от посочения в Табл. 1.

Таблица 1. Брой кризисни събития по групи за периода 2004–2016 г.

Кризисни събития в България по групи за периода 2004–2016 г.	
Група кризисно събитие	***Кризисно събитие, бр.***
Природни бедствия	12350
Пожари	38605
Аварии и катастрофи	27069
Замърсявания	951
Епидемии	139
Др. кризисни събития от природен и антропогенен характер	780
ОБЩО	***79894***



Фиг. 1. Относителен дял на станалите кризисни събития по групи за периода 2004–2016

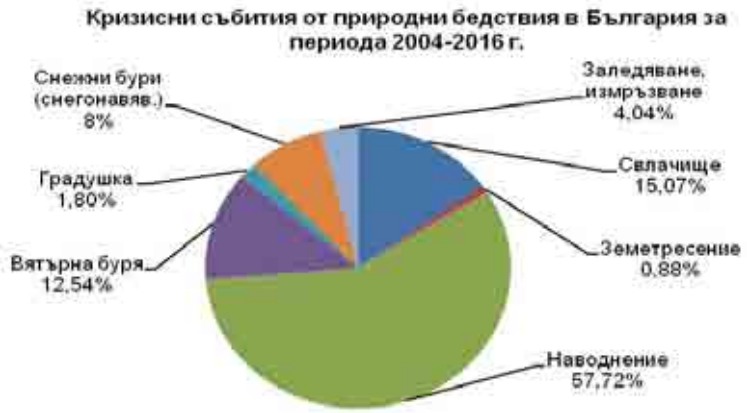
В Табл. 2 са представени данните за разглеждания период за броя кризисни събития и вида на природното бедствие, което е довело до тях. За 2009 г. в НСИ няма данни за кризисни събития. Вероятно това може да се обясни с промяната в методиката, по която се събират и обработват данните – до 2008 г. е работено по една методика, а от 2010 г. насам по нова такава.

Таблица 2. Брой кризисни събития по вид природно бедствие за периода 2004–2016 г.

Природно бедствие	**Година**													**Общо**
	2004	*2005*	*2006*	*2007*	*2008*	*2009*	*2010*	*2011*	*2012*	*2013*	*2014*	*2015*	*2016*	*2004–2016*
Свлачище	238	392	374	151	177		59	76	72	51	75	125	71	**1861**
Земетресение	31	9	3	1	14		12	4	22	6	4	1	2	**109**
Наводнение	531	1657	945	591	322		651	382	692	547	360	266	184	**7128**
Вятърна буря	115	204	136	137	190	*Няма данни*	47	48	528	89	14	12	29	**1549**
Градушка	40	45	17	13	17		16	13	14	13	8	21	5	**222**
Снежни бури	82	121	49	68	153		103	94	93	50	26	56	87	**982**
Заледяване/ измръзване	1	15	8	28	77		18	134	186	20	3	7	2	**499**
ОБЩО	**1038**	**2443**	**1532**	**989**	**950**	**-**	**906**	**751**	**1607**	**776**	**490**	**488**	**380**	***12350***

Независимо от използваната методика за изготвяне на статистическото проучване на НСИ (една за периода 2004–2008 г. и друга за периода 2010–2016 г.) и разликата в продължителността на разглежданите периоди, на водещи позиции като причина за поява на кризисни събития от групата на природните бедствия за всеки от тях са наводненията, свлачищата и вятърните бури. За периода 2004–2008 г. от станалите кризисни събития следствие на природно бедствие – общо 6 952 бр., 58 % (4 046 бр.) се дължат на наводнения, 19 % (1 332 бр.) – на свлачища и 11 % (782 бр.) – на вятърни бури. За периода 2010–2016 г. резултатите са сходни – от общия брой кризисни събития от природни бедствия (5 398 бр.), 57 % (3 082 бр.) са по причина на наводнения, 14 % (767 бр.) – на вятърните бури и 10 % (529 бр.) се дължат на свлачищни процеси.

Обобщено за целия период, от 2004–2016 г., най-голям относителен дял кризи в страната ни са причинени от появата на наводнения (58 %), следвани от свлачища (15 %) и вятърни бури (13 %) (Табл. 2 и Фиг. 2). Имайки предвид, че между отделните природни бедствия съществуват връзки и взаимодействие, а именно, че едно природно бедствие може директно да генерира след себе си друго или да създаде предпоставка за неговата поява [18], може да се обясни защо именно тези явления заемат най-сериозен дял. Много често появата на бури, освен със силен вятър, е изразена и с интензивни и продължителни дъждове. Това е предпоставка за появата на наводнения. От своя страна наводненията са предпоставка за генериране на нови и/или активизиране на вече съществуващи свлачищни процеси [7].



Фиг. 2. Относителен дял на станалите кризисни събития от природни бедствия за периода 2004–2016 г.

От Табл. 2 се вижда, че по отношение на общия брой станали кризисни събития от природни бедствия за периода 2010–2016 г. има спад с 1 554 бр. спрямо периода 2004–2008 г. Този спад може да се дължи, от една страна на намаляване в появата на природни бедствия; от втора – на по-добра превантивна дейност от страна на отговорните институции; от трета – възможно е част от данните да не са точни, поради загуба на информация, като причините за това са, че няма механизъм, който да задължи общините да подават информация към НСИ за настъпилите кризисни събития; възможна липса на протоколи от общинските комисии за защита и подпомагане на населението при бедствия; възможна липса на отпуснати средства за възстановяване и т.н. Това показва, че е необходимо да се потърси механизъм за по-коректна и устойчива във времето отчетност с цел натрупване на по-пълни и качествени данни за тези събития, процеси и явления.

Изводи

Въз основа на обзора на данните за кризисни събития в България, причинени от природни бедствия, може да се направят следните изводи:

- Наводненията, свлачищните процеси и вятърните бури са природните бедствия, които най-често са причина за възникване на кризисно събитие;
- Натрупаните данни за тези събития, процеси и явления не са достатъчно пълни и устойчиви във времето, което прави невъзможна коректната им интерпретация.

Благодарности: Настоящата работа е осъществена в Лаборатория по природни бедствия и рискове към Бакалавърски факултет на Нов български университет.

Литература:

1. Национален статистически институт, Кризисни събития, < http://www.nsi.bg/node/2891>
2. Берберова, Р., 2008. Аналитичен обзор на природните бедствия в България за 2006 г. Сборник с доклади VII международен научен симпозиум “Екология-устойчиво развитие”. СУ-Враца. 126–130.
3. Берберова, Р. 2011. Аналитичен обзор на природните бедствия по света, Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS 2010. БАН. 321–327. ISSN 1313–3888.
4. Берберова, Р. 2012. Анализ на природните бедствия в България за периода 2004-2008 г. Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS’2011. БАН. 267-275. ISSN 1313–3888.
5. Берберова, Р. Природни бедствия в България – състояние и тенденции. НБУ. 2012. 147 с. ISBN 978-954-535-699-5.
6. Берберова, Р. 2014. Анализ на статистически данни за наводнения в Р България. Сборник с доклади от IX научна конференция с международно участие SES’2013. 424–428. ISSN 1313–3888.
7. Берберова, Р., Р. Гюров, Б. Костова. 2017. Интерпретация на статистически данни за наводнения и свлачища в България. Сборник с доклади от XII научна конференция с международно участие SES’2016. ИКИТ-БАН. 335-339. ISSN 1313–3888.
8. Предварителна оценка на риска от наводнения в главните речни басейни на Република България – методика за оценка на риска от наводнения, съгласно изискванията на Директива 60/2007/ЕС
9. Проект на Национални приоритети за управлението на риска от наводнения, Оперативна Програма „Околна среда 2007–2013 г.”
10. Берберова, Р., 2012. Рисковете от природни бедствия за Р България. Сборник с доклади Международна научна конференция „Екологизация 2011”. НБУ. 123–128.
11. Берберова, Р. 2012. Уязвимост на България от природни бедствия, Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS’2011. БАН. 276-282. ISSN 1313–3888.
12. Геоложката опасност в България, карта в М 1:500 000.
13. Илиев-Бручев, И. (ред.). 1994. Геоложката опасност в България. Обяснителен тескткъм карта в М 1:500 000. Изд. на БАН
14. Бручев, И., Р. Върбанов, Г. Франгов, Н. Добрев, П. Иванов, Б. Беров, Х. Дянков. 2006. Актуализиране картата на свлачищата в Република България. –В: ННТК„Състояние и овладяване на свлачищните и ерозионните процеси в РБългария”, 30.XI–1.XII 2006 г., София, Акад. изд.”Проф. М. Дринов”, 23–31.
15. Франгов, Г.2001. Прогнозно райониране на страната по степен на свлачищна опасност.-Научна сесия ВСУ’2001, София, 85–92.
16. Национална програма за превенция и ограничаване на свлачищата на територията на Република България, ерозията и абразията по Дунавското и Черноморското крайбрежие 2015–2020 г., 201 с.
17. Министерство на регионалното развитие и благоустройството, Регистър свлачищата в България, http://geozashtita.bg/
18. Мардиросян, Г. 2009. Природните бедствия и екологични катастрофи – изучаване, превенция, защита. Второ допълнено и преработено издание. Акад. издат. „Проф. Марин Дринов“.

ПРОГНОЗИРАНЕ КОНЦЕНТРАЦИЯТА НА ВЪГЛЕРОДНИЯ ОКСИД ПО ПРОГНОЗНИ ДАННИ НА МЕТЕОРОЛОГИЧНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Марко Узунов, Евгения Савова-Виденова

Химикотехнологичен и металургичен университет – София
e-mail: marko.uzunov@gmail.com

Ключови думи: *Качество на въздуха, концентрация на CO,метеорология, прогнозиране*

Резюме: *С помощта на метода на елиминирането от база-данни се избира най-вероятната стойност за концентрацията на въглеродния оксид във въздуха, при дадени прогнозни данни за три метеорологични показателя: скорост на вятъра, температура и влажност.При прогнозиране на максималните дневни концентрации на оксида грешката при определяне е под 10 % . Получените прогнозни стойности могат да се използват за прогнозиране на концентрацията и на други замърсители, като азотни оксиди, прахови частици, серни оксиди и др.*

FORECASTING OF THE CARBON MONOXIDE CONCENTRATION BASED ON PREDICTED METEOROLOGICAL INDICATORS

Marko Uzunov, Evgenia Savova-Videnova

University of Chemical Technology and Metallurgy – Sofia
e-mail: marko.uzunov@gmail.com

Keywords*: Air quality, CO concentrations, meteorology, forecasting*

Abstract: *The most likely value of carbon monoxide concentration in the air was evaluated, using the elimination method.The database includes predicted data for three meteorological parameters: wind velocity, temperature and air humidity. The prediction error of the maximum daily carbon monoxide concentration is less than 10 %. The results obtained can be used to predict the concentration of other pollutants, such as nitrogen oxides, particulate matter, sulfur oxides, etc.*

Въведение

Замърсяването на въздуха е основната причина за опасни ефекти свързани със здравето на хората. В големите градове най-големият източник на замърсители е трафика на превозни средства. Основните замърсители, които се емитират в атмосферата при изгаряне на газообразните и течни горива са въглеродни оксиди (CO и CO_2), азотни оксиди, NO_x, серни оксиди SO_x (SO_2 и SO_3), сажди и коксови частици. Въглеродният оксид е продукт от непълното изгаряне на съдържащи въглерод . При висока концентрация газът е опасен за хората и животните, въпреки че се произвежда в малки количества при нормалния метаболизъм на животните и се смята, че има нормални биологични функции. Въглеродният оксид се поема чрез дишането и достига до кръвообращението чрез газообмена в белите дробове. Нормалните нива на концентрация в кръвта са до 3 %. Вдишването на достатъчно голямо количество води до задушаване и може да причини смърт [1].

Най-често опитите за намаляване на концентрациите на замърсителите са административни и се свеждат до ограничаване на трафика от превозни средства в определени дни от седмицата (редуване на четни и нечетни дни и др.) [2].

В световната практика съществуват голям брой изследвания, свързани с влиянието на метеорологичните показатели (МП) върху съдържанието на различни замърсители във въздуха с цел създаване на модели за прогнозиране на тяхната концентрация [3–5]. Практически интерес

представлява предсказването на почасовата концентрация на замърсителите по данни само за метеорологичните фактори, които са достъпни в сайтове за прогноза на времето. Това е една възможност за прогнозиране и популяризиране по същия начин и на данните за замърсителите.

Прогнозиране концентрацията на CO е от особена важност, защото тя се използва в почти всички модели, свързани с прогнозиране концентрациите на NO_x, SO_x и PM10. Причината за това е, че когато липсват данни за трафика редица автори предлагат при прогнозиране концентрациите на NOx и PM10 освен метеорологичните фактори да се включи и концентрацията на CO[6].

Целта на тази статия е да се представят резултатите от прилагане на метода на елиминирането (ME) при прогнозиране на концентрацията на CO с използване на прогнозни данни за три метеорологични показателя: температура (T), влажност на въздуха (W) и скорост на вятъра (V).

Проучвана област

Град София е 15-ят по големина град в Европейския съюз, с население около 2 млн. души.

Той е разположен в централната част на Западна България. Общата му площ е 492 km², а надморската височина е между 500 и 699 m. Климатът на София е умереноконтинентален, със средна годишна температура от 10,6 °C. Проблемът за замърсяването на въздуха на София е свързан и с нейното разположение: Софийската котловина е оградена с планини, които намаляват възможността за самоочистване на атмосферата. Въздухът в столицата се замърсява предимно с прахови частици и азотни оксиди. Те се генерират основно от автомобилния транспорт, битово потребление на твърди и течни горива, замърсените пътни настилки, ТЕЦ-ове.

Мониторинг на параметрите

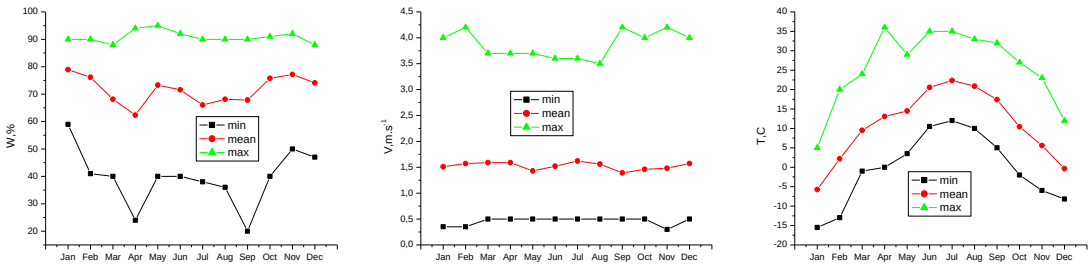
В проучването са използвани усреднените почасови стойности на метеорологичните показатели: температура, T (^oC); влажност, W (%); скорост на вятъра, V ($m.s^{-1}$) и замърсител въглероден оксид, CO ($mg.m^{-3}$) снети от 6-те станции в гр. София (Фиг. 1). Данните са отчетени от сайта на Столична община, където постъпват в реално време на всеки час за периода 01.04.2016–31.03.2017 [7].

Фиг. 1. Локация на измервателните станции в гр. София

Метеорологични условия в района на проучване

Изследването обхваща период от 12 месеца с различни метеорологични характеристики. На Фиг. 2 а,б,в са представени месечните минимални, средни и максимални стойности на метеорологичните параметри: W, T и V. Средната влажност варира от 62,3 % (Април) до 78,9% (Януари), при годишна средна стойност 71,9 %. Минималната годишна стойност на влажността 20 % е регистрирана за месец Септември, а максималната от 95 % за месец Май. Средната температура варира от минус 5,7 ^{o}C (Януари) до 22,3C (Юли), при годишна средна стойност 10,8 ^{o}C. Минималната годишна температура е регистрирана през месец Януари, минус 15,5^{o}C, а максималната - 36^{o}C през месец Април. Средната скорост на вятъра варира от 1,39 $m.s^{-1}$ (Септември) до 1,59 $m.s^{-1}$ (Март, Април), при годишна средна стойност

1,52 m.s^{-1}. Минималната годишна скорост на вятъра е наблюдавана през месец ноември 0,30 m.s^{-1} , а максималната 4,2 m.s^{-1} през месеците Февруари, Септември и Ноември. Данните показват, че скоростта на вятъра, особено минималната и средната са почти постоянни за целия период. Причина за малките вариации в скоростта на вятъра през годината е местоположението на града.



(а) (б) (в)

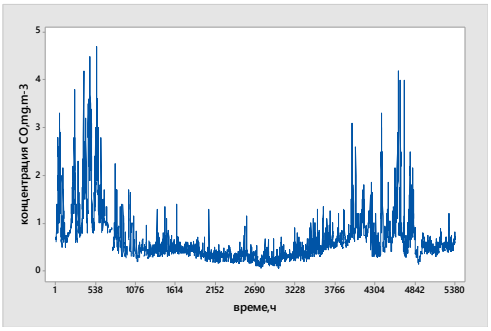
Фиг. 2. Месечни минимални, средни и максимални стойности на метеорологичните параметри: влажност (а), скорост на вятъра (б), температура (в)

От направения анализ, се вижда, че всеки месец се характеризира със специфични за него стойности на метеорологичните показатели. Следователно за да се прогнозира концентрацията на CO с отчитане на метеорологичните показатели с достатъчно висока точност е препоръчително да се използват базата-данни за всеки отделен месец, а не за цялата година.

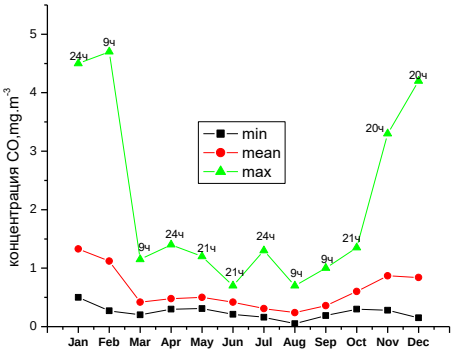
Времева зависимост на концентрацията на CO

Изследвано бе изменението на концентрацията на CO през денонощието и по месеци за периода Април 2016 – Март 2017. За целта са използвани 5383 усреднени почасови стойности на CO от Националната база данни за гр.София [7].

На Фиг. 3 са представени са представени усреднените почасови данни за концентрациите на CO за целия период на изследването, а на Фиг. 4 месечните минимални, средни и максимални почасови стойностите за концентрациите на CO.



Фиг. 3. Усреднени почасови данни за концентрациите на CO



Фиг. 4. Месечни минимални, средни и максимални почасови стойностите за концентрациите на CO

От фигурите се вижда, че за целия период на изследване концентрациите на CO се движат в широки граници от 0,05 до 4,7 mg.m^{3}. Пределно допустимата концентрация от 10 mg.m^{-3} (8 часов период) не се превишава през цялата година. Средната концентрация на CO варира от 1,4 mg.m^{-3} (Януари) до 0,25 mg.m^{-3} (Август), при средна годишна концентрация 0,64 mg.m^{-3}. Минималната годишна концентрация на CO е 0,05 mg.m^{-3}, регистрирана за месец Август, а максималната- 4,7 mg.m^{-3}, регистрирана за месец Януари. По-високите концентрации на CO през зимните месеци се дължат на интензивното използване на твърдо гориво за отопление в съчетание с метеорологични условия, които благоприятстват замърсяването .

Максималните дневни стойности на концентрациите на CO са регистрирани сутрин в 7 и 9 ч и вечер в 20, 21 и 24 ч. (Фиг. 2). Те са свързани със засиления сутрешен и следобеден трафик,

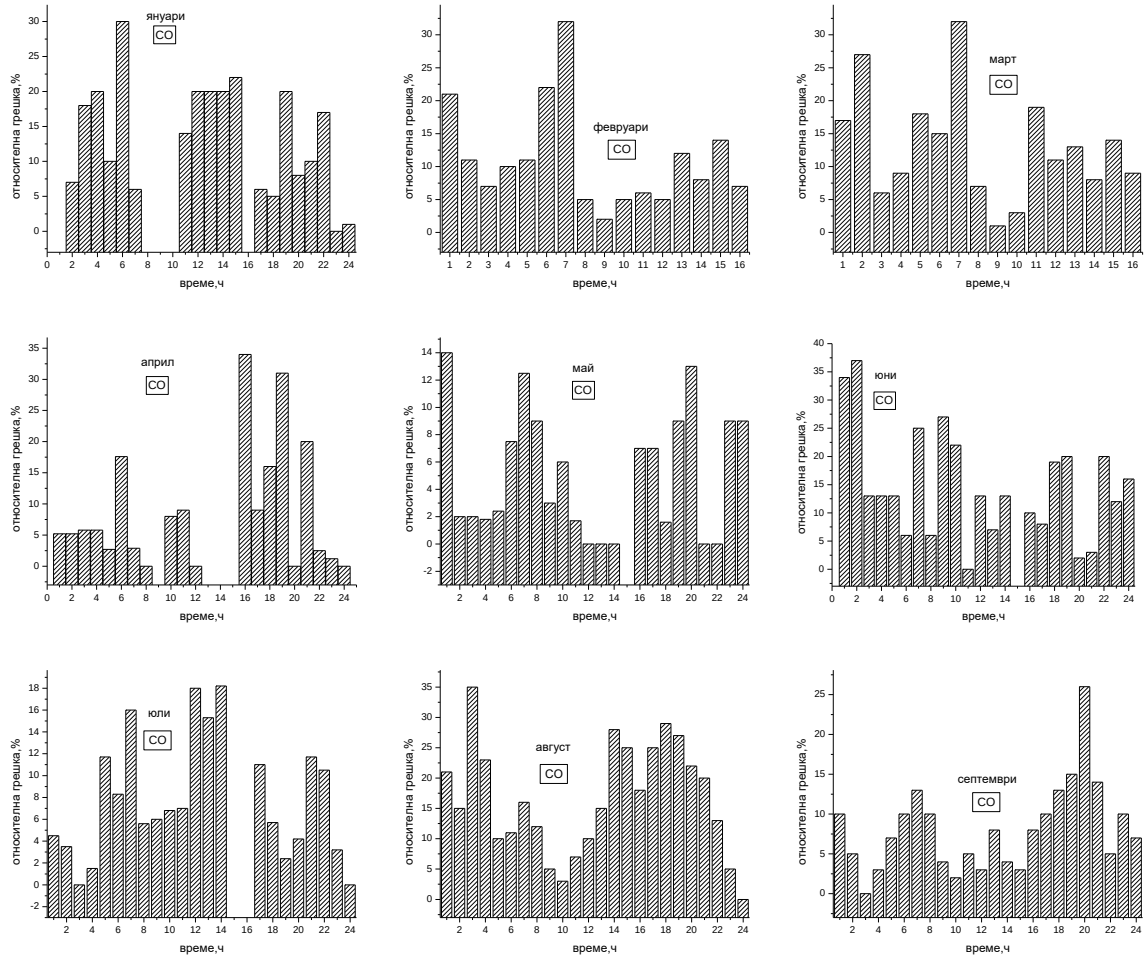
след което се наблюдава постепенно повишаване на концентрацията до достигане на максимални стойности във вечерните часове. За зимните месеци максималните концентрации на CO се достигат между 20–24 ч, а за останалите месеци предимно сутрин в 7 и 9 ч.

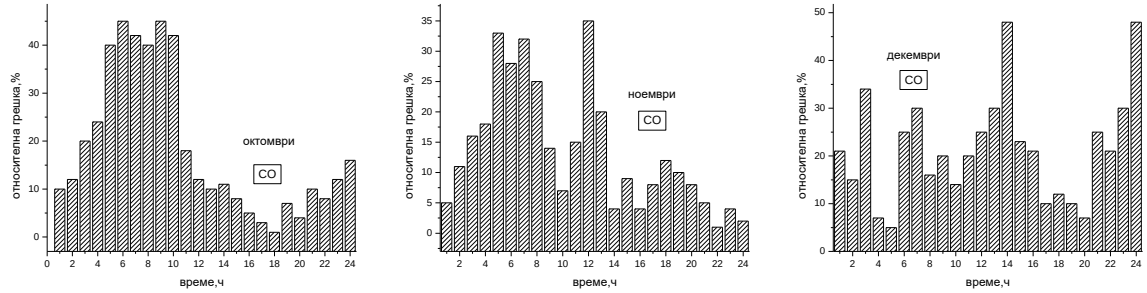
Метод на моделиране

Методът на елиминирането има за цел от базата-данни за определен месец и час ($t_{пр}$) да избере най-вероятната стойност за концентрацията на CO ($CO_{пр}$), при дадени прогнозни данни за метеорологичните показатели ($V_{пр}$, $T_{пр}$, $W_{пр}$). Тъй като в базата-данни едва ли съществува желаната комбинация от час и прогнозните стойности на метеорологичните показатели, на която ще съответства определена концентрация на CO, бяха избирани сравнително тесни интервали около прогнозните стойности на метеорологичните показатели: $V_{пр}$ ± 0,5 ms^{-1}; $T_{пр}$ ± 5 ^oC; $W_{пр}$ ± 10 %. На първият етап се елиминират всички стойности на CO за които $t \neq t_{пр}$; на вторияетап- всички стойности на CO извън интервала $V_{пр}$ ± 0,5 ms^{-1}; на третият етап извън интервала $T_{пр}$ ± 5 ^oC; на четвъртия етап извън интервала $W_{пр}$ ± 10 %. Останалите стойности на CO след елиминирането се усредняват. Тези манипулации се извършват със специално изготвена за целта програма.

Определяне прогнозната концентрация на въглеродния оксид

С помощта на метода на елиминиране бяха определени прогнозните часови концентрации на CO за всеки първи ден от месеците. За целта от базата-данни са изключени данните за първия ден от месеците. Като прогнозни данни за метеорологичните показатели са взети действителните им стойности от Националната база данни за гр.София. На Фиг.5 са представени относителните грешки при прогнозиране на концентрацията на CO за всеки първи ден от месеца за изследвания период.

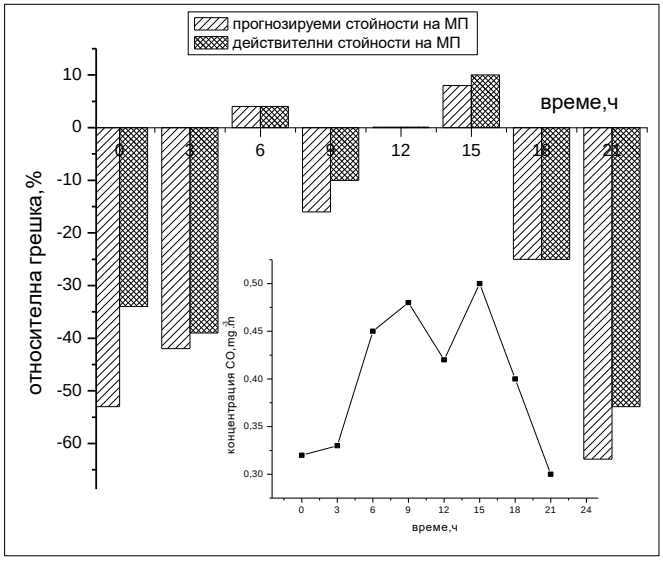




Фиг. 5. Относителни грешки при прогнозиране концентрацията на CO за всеки първи ден от месеца

При определяне на концентрацията на CO по метода на елиминиране относителните грешки варират до 35 %, като най-ниски са за месеците май и юли – до 14 % и 18 % съответно. Относителните грешки са най-ниски, под 10 % в часовете, когато са регистрирани максималните концентрации (Фиг. 4) на CO.

На следващия етап по метода на елиминирането прогнозирахме концентрациите на CO по прогнозни данни на метеорологичните показатели [8] за периода 9–10.05.2018 г. (Фиг. 6).Трябва да отбележим, че този период не влиза в базата-данни, които използваме за прогнозиране (01.04.2016–31.03.2017).



Фиг. 6. Относителни грешки при прогнозиране концентрацията на CO за периода 9–10.05.2018 г.

Относителните грешки при прогнозиране на концентрациите на CO за повечето часове от денонощието са отрицателни, т.е действителните стойности на CO са по-ниски от прогнозируемите. При използване действителните стойности на МП грешките при прогнозиране на CO са средно с около 10 % по-ниски в сравнение с тези, които са определени с прогнозните стойности. Най-ниски грешки при прогнозиране на CO се получават , когато се наблюдават високи нива на концентрации- в 6, 9 ,12 и 15 ч. (Фиг. 6). Грешките са под 10 %.

Изводи

С помощта на метода на елиминиране само по прогнозни данни за три метеорологични показателя: скорост на вятъра, температура и влажност на въздуха може да се прогнозират нивата на концентрацията на CO.

Предимствата на метода са, че:

- бързо, лесно и с достатъчна точност (грешка под 10%) могат да се прогнозират максималните дневни концентрации на CO;

- получените стойности могат да намерят приложение при прогнозиране на концентрацията на други замърсители, като азотни оксиди, прахови частици, серни оксиди и др. По този начин може да се създаде система за превенция и управление на замърсяването на градската атмосфера.

Литература:

1. http://www.chromdet.ru/ru/librarys/articles-online/vozdejstvie-oksida-ugleroda
2. Brunelli, U., V. Piazza, L. Pignato, F. Sorbello, S. Vitabile, Two-days ahead prediction of daily maximum concentrations of SO2, O3, PM10, NO2, CO in the urban area of Palermo Italy, Atmospheric Environment , 41, 14, 2007, pp. 2967–2995.
3. Statheropoulos, M., N. Vassiliadis, A. Pappa, Principal component and canonicalcorrelation analysis for examining air pollution and meteorological data, Atmospheric environment, vol. 32, 6, 1998, pp. 1087–1095.
4. Groselj, N., J. Zupan, S. Reich, L. Dawidowski, D. Gomez, J. Magallanes, 2D mapping by Kohonen networks of the air quality data from a large city, Journal of Chemical Information and Computer Science, 44, 2, 2004, pp. 339–346.
5. Slini, T., K. Karatzas, N. Moussiopoulos „Correl ation of air pollution and meteorological data using neural networks", 8-th Int. Conf. on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, pp. 368–372.
6. Munir, S., T. Habeebullah, A. Seroji, E. Morsy, A. Mohammed, W. Saud. Modeling particulate matter concentrations in Makkah, applying a statistical modeling Approach, Aerosol and Air Quality Research, 13,3,2013, pp. 901–100.
7. https://www.sofia.bg/components-environment-air
8. freemeteo.bg

MULTIPLE LINEAR REGRESSION MODELS BASED ON METEOROLOGICAL PARAMETERS FOR FORECASTING OF NITROGEN OXIDES CONCENTRATIONS LEVELS

Marko Uzunov

University of Chemical Technology and Metallurgy – Sofia
e-mail: marko.uzunov@gmail.com

***Keywords**: Nitrogen oxide, nitrogen dioxide, regression model, carbon monoxide, meteorological factors*

***Abstract:** The investigation deals with prediction of the air pollution of Sofia city with nitrogen oxides by applying a multiple linear regression approach.The models were designed based on the data for four meteorological factors: ambient temperature,air humidity, wind speed, sun radiation and content of the carbon monoxide used as additional factor. Data for the period April – June 2017 were used. The models possess index of agreement between 0.8498 and 0.9635; prediction accuracy from 0.7299 to 0.8681, coefficient of determination between 0.7287 and 0.8671 and normalized absolute error from 0.1893 to 0.3735. Most of the models enable predicting the nitrogen oxides pollution with an error below 10 %.*

МНОГОЛИНЕЙНИ РЕГРЕСИОННИ МОДЕЛИ, БАЗИРАНИ НА МЕТЕОРОЛОГИЧНИ ФАКТОРИ ЗА ПРОНОЗИРАНЕ КОНЦЕНТРАЦИОННИТЕ НИВА НА АЗОТНИТЕ ОКСИДИ

Марко Узунов

Химикотехнологичен и металургичен университет – София
e-mail: marko.uzunov@gmail.com

***Ключови думи:** Азотен монооксид, азотен диоксид, регресионен модел, въглероден монооксид, метеорологични фактори*

***Резюме:** Изследването е свързано с прогнозиране замърсяването на въздуха на град София с азотни оксиди чрез прилагане на множествена линейна регресия. Моделите бяха разработени въз основа на данните за четири метеорологични фактора: температура на околната среда, влажност на въздуха, скорост на вятъра, слънчева радиация и съдържание на въглероден оксид като допълнителен фактор. Използвани са данни за периода април – юни 2017 г. Моделите притежават индекс на съгласие между 0.8498 и 0.9635; точност на прогнозиране от 0.7299 до 0.8681, коефициент на детерминация между 0.7287 и 0.8671; нормализирана абсолютна грешка от 0.1893 до 0.3735. Повечето от моделите осигуряват прогнозиране на замърсяването с азотни оксиди с грешка под 10 %.*

Introduction

The problem concerning the air quality in the big cities has become so severe, that effective and timely information about changes in the level of air pollutions is urgently needed.

Nitrogen oxides belong to the most hazardous pollutants. The group of nitrogen oxides includes nitrogen in different valence states, but the harmful emissions mostly consist of NO and NO_2.

Nitrogen oxides are released into the atmosphere mainly in the form of N (II), which reacts with ozone thereby forming NO_2. The main source of NO and NO_2 are petroleum distillates used in automotive engines, and the road transport is the reason for approximately half of the exhausts in Europe's atmosphere. Therefore, the highest concentrations of nitrogen oxides are registered in the urban areas whit overloaded traffic. The thermal power stations and the industrial enterprises are also among the biggest pollutants with nitrogen oxides.It has been found that increased levels of nitrogen

oxides are usually produced in urban zones under stable weather conditions. There are a number of studies related to the impact of different meteorological factors on the concentration of nitrogen oxides, aiming at creating models for predicting the pollutants concentration [1–4]. Some authors state that the most important factors influencing the concentration of nitrogen oxides are the speed and direction of the wind [5].

The development of effective models for forecasting the air cleanness of the urban areas has drawn the attention of researchers nowadays. Although there are many proposed forecasting models and some of them are in use, it is still necessary to develop more accurate and simpler models [6, 7].

The prediction of the hourly concentrations of the pollutants according to data only for meteorological factors, available online in the weather forecast would be of real practical interest. Such approach would ensure preliminary information about the air pollution with the harmful nitrogen oxides.

The aim of this paper is to present the results of the application of MLR analysis in predicting NO_x concentration as the function of four meteorological parameters. In order to account for the influence of the traffic intensity on the NO_x content, one pollutant (CO), which is being emitted as a result of incomplete combustion of the fuels was also included.

Area of investigation

Sofia is the 15th largest city in the European Union with a population of about 2 million. It is located in the central part of western Bulgaria. The city is situated between 500 and 700 m above sea level and occupies an area of about 500 km². The climate of Sofia is temperate continental with an average annual temperature of 10.6 °C. The problem of air pollution in the town strongly depends on its geographical location: Sofia valley is tightly enclosed by mountains which reduce the possibility of self-cleaning of the atmosphere.

Monitoring of the parameters

The parameters used in the present investigation are: (i) air pollutants: nitrogen oxide, NO (μg.m^{-3}); nitrogen dioxide, NO_2 (μg.m^{-3}); carbon monoxide, CO (mg.m^{-3}) and (ii) meteorological indicators: ambient temperature, T (°C); air humidity, W (%); wind velocity, V (m.s^{-1}); sun radiation, R (W.m^{-2}). The survey was executed in the period April–June during 2017 year. The data were downloaded from the WEB of Sofia Municipality [7]. Location of the seven monitoring stations is shown on Fig. 1.

Fig. 1. Location of the automated stations in Sofia, whose data were used in the survey

Modeling method

The multiple linear regression is one of the most commonly used statistical methods for determination of a relationship between air pollution and meteorological parameters. The least squares method were used for calculation of the regression coefficients.

The criteria for the multi collinearity are the values of the regression coefficients in the correlation matrix. When multi collinearity exists, the estimated regression coefficients are not effective (the significance degree of the coefficients is larger than α (0.05). In this case one has to search for some other options to eliminate the negative influence, such as for example, the step-by-step multiple linear regression (MLR) or multiple regression involving new variables of interaction and quadratic functions (MLR + NP). The data were processed by IBM SPSS Statistics 19 and Multi Tab software packages.

The follow indices for validation of the models were used: mean absolute error (MAE), normalized absolute error (NAE), index of agreement (IA), prediction accuracy (PA), coefficient of determination (r^2), mean square error (RMSE) [8].

Computational models

The relations between the concentrations of nitrogen oxides, weather factors and the concentration of CO were modelled by the method of MLR + NP approach, which comprises stepwise multiple regression with quadratic functions and interaction of different variables. The data were modelled without elimination of the large deviations. The models were described by the following equations (Table 1).

Table 1. Equations of the models

Month	***Model***
April	**NO**= – 8.414+ 72.689CO^2 +0.025R– 1.610T*CO- 0.00002059R^2+0.481T
	NO_2= -10.465 + 164.773CO – 67.668CO^2 – 0.399W – 0.061CO*R + 0.019T*W – 1.728T +2.146CO*T + 0.021R – 0.471V^2
	NO_x= –15.634+166.106CO – 0.474W + 0.026T*W-1.295T
May	**NO** = 6.165+67.661CO^2+0.011R-2.061CO*T- -0.000007483R^2+0.039CO*R- 24.711CO-0,001 T*R+0.030T^2
	NO_2= 176.3+ 220.0 CO – 11.01 T – 3.656 W – 14.01 V + 0.0067 R+ + 0.01782 W^2 – 1.781 V^2+ + 4.74 CO*T – 1.466 X1*X3- – 41.66 CO*W – 0.0662 CO*R + 0.07962 T*W + 1.509 T*V+ + 0.2383 W*V + 0.000394 W*R
	NO_x= 108.5+ 236.3 CO- 7.712 T- 2.942 W+ 14.48 V– 0.04565 R+ 83.1 CO^2 + 0.01693 W^2- 3.481 V^2 – 1.820 CO*W – 39.7 CO*V+ + 0.0693 T*W + +1.085 T*V + 0.000785 W*R
June	**NO** = 52.17- 196.9 CO- 0.323 T- 0.3050 W- 0.00373 R+ 159.9 CO^2- -0.000011 R^2+ 0.813 CO*T+ + 0.860 CO*W + 0.02311 CO*R+ + 0.000131 W*R
	NO_2= –175.2 + 75.9 CO + 9.69 T + 1.406 W – 0.56 V + 0.02865 R+ + 123.2 CO^2 – 0.1657 T^2+ 2.98 CO*T – 1.164 CO*W -– 16.94 CO*V – 0.0827 CO*R – 0.0498 T*W+ 0.0942 W*V
	NO_x= –126.9– 185.8 CO+11.21 T+ 1.223 W – 0.0474 R+ + 2.17 V+ 320.7 CO^2- 0.1857 T^2– 0.947 V^2+ 2.93 CO*T- – 0.0537 CO*R – 0.0622 T*W + 0.000838 T*R+ + 0,000798 W*R

The statistical evaluation of the observed and calculated values in the models of nitrogen oxides, for the three months is presented in Table 2.

Table 2. Statistical evaluation of the observed and calculated values

Performance indicator	***April*** (n = 361)			***May*** (n = 491)			***June*** (n = 439)		
	NO	NO_2	NO_x	NO	NO_2	NO_x	NO	NO_2	NO_x
NAE	0.3735	0.1896	0.1893	0.3058	0.2580	0.2505	0.2878	0.2413	0.2355
MAE	3.3325	5.5467	7.2276	1.4295	5.8963	6.8977	1.3614	4.9244	6.0006
RMSE	5.7876	7.9154	11.0481	1.8136	7.2717	8.4195	1.9007	2.3428	7.4514
R^2	0.8527	0.8208	0.8671	0.8139	0.7287	0.7484	0.7683	0.7985	0.8070
IA	0.9591	0.9491	0.9635	0.9067	0.8498	0.8614	0.8815	0.8921	0.8966
PA	0.8564	0.8231	0.8681	0.8816	0.7299	0.7486	0.7570	0.7990	0.8068
Range of VIF	1.0153 –3.112	1.0109 –7.830	1.0173 –2.7777	1.0215 –7.6103	1.0215 –5.1177	1.0146 –5.4171	1.0270 –2.815	1.0221 –3.6483	1.0319 –7.834

n – timepoints number

The results revealed that all models have no problem with multicollinearity, the values of the factors VIF (SPSS-test) are lower than ten. The coefficients of determination for the various models range from 0.73 to 0.87, i.e. 73% to 87% of the nitrogen oxides content changes can be explained by the factors T; W; V; R; CO and their quadratic functions and interactions.

The best fitted models for assessment of the nitrogen oxides pollution are for April. They have the highest levels of accuracy: IA from 0.9491 to 0.9635; PA from 0.8231 to 0.8681; coefficients of determination r^2 from 0.8208 to 0.8671 and the lowest errors: NAE from 0.1893 to 0.3735; MAE from

3.3325 to 7.2276 and RMSE from 5.7876 to 11.0481. For May and June the statistical estimates exhibit somewhat lower accuracy.

The predicted values of the meteorological parameters up to 25 days could be taken from web based platforms. The concentration of CO can be predicted using appropriate models or determined by a process of elimination. For the purpose, any the least probable CO values for the month, time and forecasted meteorological data were consecutively eliminated. The remaining values of CO were averaged. They were assumed as predicted values for CO and were designated as CO_{pr}.

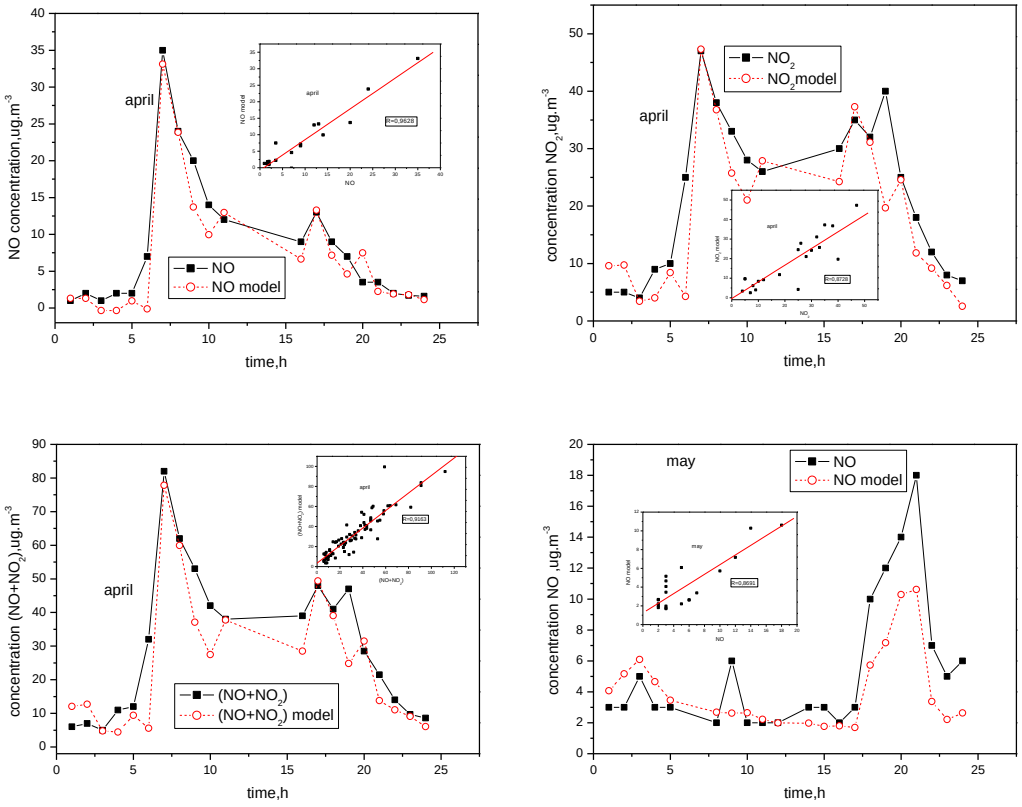
Data from the performed short-term assessment, concerning 24-hour (one day) period were not used in the modeling process. The predicted values for concentrations of nitrogen oxides were calculated using models, based on meteorological forecast indicators and the most likely forecasted concentration of CO, CO_{pr}. The predictions are compared with the measured concentrations of the same oxides and are presented in Fig. 2. The statistical evaluation is given in Table 3. In general, there is a very good quality of the prediction made by the MLR - NP method.

Table 3. Statistical evaluation

Performance indicator	***April*** (n = 20)			***May*** (n = 21)			***June*** (n = 23)		
	NO	NO_2	NO_x	NO	NO_2	NO_x	NO	NO_2	NO_x
NAE	0.2289	0.2282	0.2259	0.3955	0.2179	0.1576	0.2632	0.2681	0.2498
MAE	1.9492	4.9869	6.8608	2.1470	6.3437	4.1051	1.0037	3.8936	4.3282
RMSE	2.7653	7.5083	9.9847	2.8342	5.9206	5.0608	1.2086	5.2195	5.1290
R^2	0.9269	0.7618	0.8385	0.7553	0.7256	0.8077	0.7670	0.7501	0.7600
IA	0.9746	0.9159	0.9403	0.6407	0.7962	0.8920	0.8749	0.8060	0.8576
PA	0.9623	1.0300	0.9472	0.4523	0.9180	0.9633	1.6320	0.9082	0.8694

n – timepoints number

The good assessment of the peak pollution with nitrogen oxides for all months should be noted, and in most models the real hourly values are lower than the predicted ones.



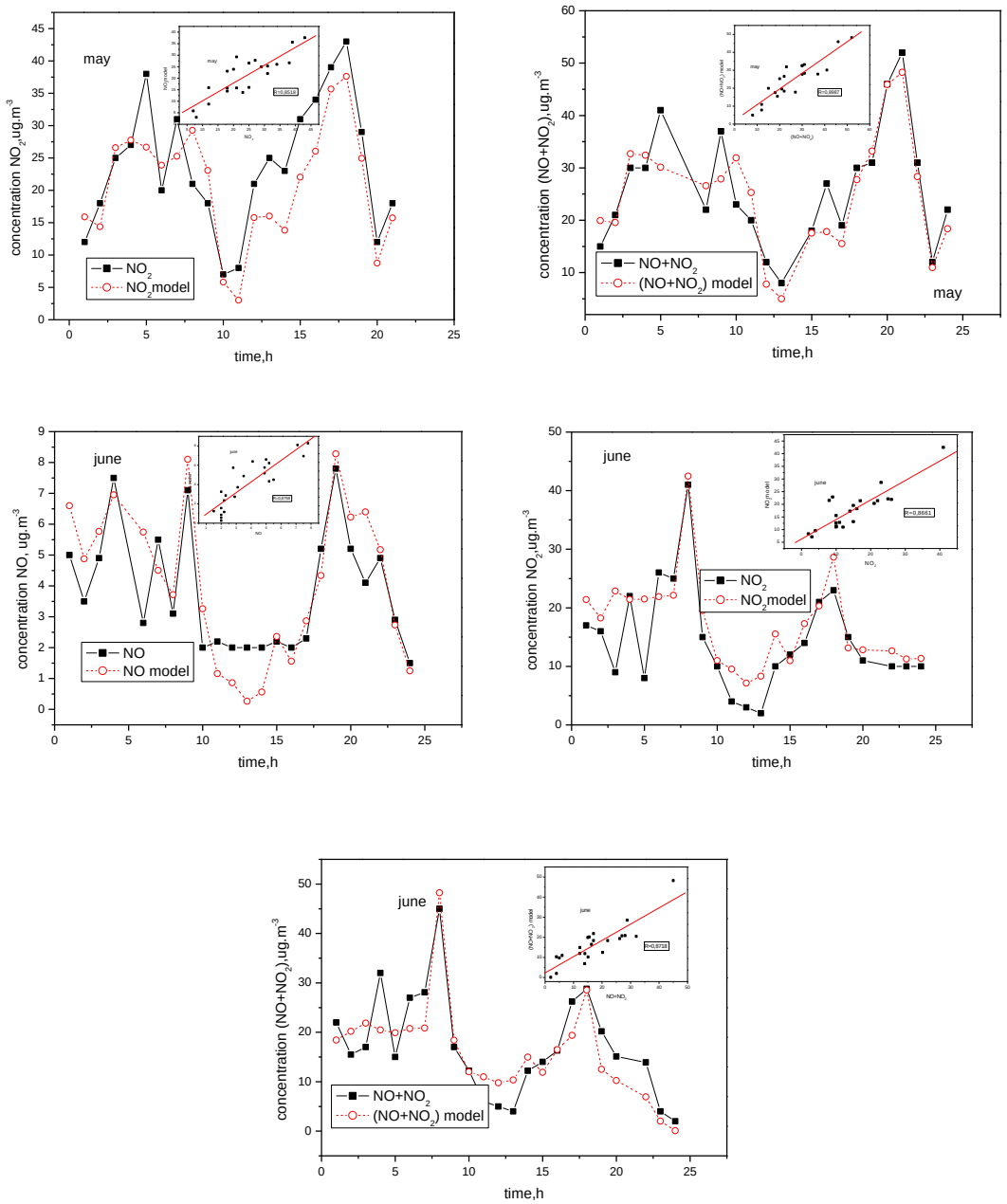


Fig. 2. Comparison between the observed and the predicted concentrations of the nitrogen oxides and their correlation by using MLR (the embedded figures) for April, May, June and for 24 h time duration

The relative errors in forecasting of the maximum concentration of nitrogen oxides are presented in Table 4. The obtained results reveal that the prevailing error values for most models are also below 10 %. The forecasting of the maximum NO concentration for May has the highest relative errors, 22 % and 41 % respectively.

Table. 4. Relative errors for prediction of maximum concentrations of nitrogen oxides over a 24-hour period

Month	***April***		***May***		***June***	
Relative error, %	*time*	*time*	*time*	*time*	*time*	*time*
	7 a.m.	5 p.m.	11 a.m.	6 p.m.	9 a.m.	11 p.m.
NO	5.7	–1.5	41.1	–22	–6.4	–14.8
NO_2	–0.6	–6.6	12.6	–6.4	–24.3	–3.6
NO_x	5.1	–2.9	7.3	–9.0	1.0	–7.1

Conclusions

A statistical investigation was carried out over a three months period deals with the air pollution with nitrogen oxides in Sofia. Empirical models which possess very good adequacy were obtained using the MLR - NP method. In the templates besides linear and quadratic functions, their interactions also were included. The models are characterized by high accuracy. The best fitted models for predicting the air pollution with nitrogen oxides are those for April.

The reliability of the designed models was tested for prediction of the NO_x pollution. The forecasted values for time (t_{pr}); temperature (T_{pr}); wind speed (V_{pr}); humidity (W_{pr}) and radiation (R_{pr}) were used as variables in the test. The estimated concentration of CO (CO_{pr}) used in the models was also determined on the basis of the assessment of the mentioned meteorological indicators.

It was established that most of the models predict the maximum concentration of nitrogen oxides with an error below 10 %. The models proposed in this study predict the concentrations of nitrogen oxides based on only four meteorological indicators which are available in weather forecast web sites. They could be successfully used for prediction and timely information about air pollution with NO_x, both for short and long periods of time. The method MLR-NP was applied is suitable for drawing short-term forecasting models about the content of nitrogen oxides and provides possibilities of prevention of air pollution in large settlements.

References:

1. Gvozdic, V., E. Kovac-Andric, J. Brana. Influence of meteorological factors NO_2, SO_2, CO and PM_{10} on the concentration of O_3 in the urban atmosphere of Eastern Croatia, Environ. Model. Assess. 16, 2011, pp. 491–501.
2. Kumar, A., P. Goyai. Forecasting of air quality in Delhi using principal component regression technique, Atmos. Pollut. Res. 2, 2011, pp.436–444.
3. Slini, T., K. Karatzas, N. Moussiopoulos, Correl ation of air pollution and meteorological data using neural networks" ,8-th Int. Conf. on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 1998, pp. 368–372.
4. Statheropoulos, M., N. Vassiliadis, A. Pappa. Principal component and canonicalcorrelation analysis for examining air pollution and meteorological data, Atmospheric environmentvol. 32, 6, 1998, pp. 1087–1095.
5. Kalbarczyk, R., E. Kalbarczyk. Influence of meteorological conditions on the concentration of NO_2 and NO_x in northwest Poland in relation to wind direction. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Land Reclamation, 38, 2007, pp.81–94.
6. Brunelli, U., V. Piazza, L. Pignato, F. Sorbello, S. Vitabile. Two-days ahead prediction of daily maximum concentrations of SO2, O3, PM10, NO2, CO in the urban area of Palermo Italy, Atmospheric Environment, 41, 14, 2007, pp. 2967–2995.
7. Cai, M., Y. Yin, M. Xie. Prediction of hourly air pollutant concentrations near urban arterials using artificial neural network approach,Transport Res. D-TR E 14, 2009, pp. 32–41.
8. On line at: https://www.sofia.bg/components-environment-air
9. Lu, H. Estimating the emission source reduction of PM_{10} in Central Taiwan, Chemosphere 54, 2004, pp. 805–814.

ВИРТУАЛЕН ЕКСПЕРИМЕНТ С ПОЧВАТА КАТО ФРАКТАЛЕН ОБЕКТ

Мила Илиева-Обретенова

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски" – София
e-mail: milailieva@abv.bg

Ключови думи: *Фрактална размерност, екология, почвознание.*

Резюме: *Описан е виртуален експеримент в две версии, чрез който може да се определи фракталната размерност D_n на различни почви като обобщаваща характеристика на почвената структура. D_n може да се използва при моделирането на различни процеси в екологията, почвознанието и прочие.*

A VIRTUAL EXPERIMENT WITH THE SOIL AS FRACTAL OBJECT

Mila Ilieva-Obretenova

Mining and GeologyUniversity"St. Ivan Rilski – Sofia
e-mail: milailieva@abv.bg

Keywords: *Fractal dimension, ecology, soil science.*

Abstract: *We describe a virtual experiment in two versions, by which one can determine the fractal dimension D_S of different soils. As a generalized characteristic of the soil structure, D_S can be used for practical and other purposes in the ecology, the soil science and etc.*

Въведение

Понятието „фрактал" трайно се настани в науката през втората половина на XX в., макар че, както и в други случаи и то има дълга предистория. Думата „fractus" е от латински произход и означава „нагънат, разцепен, разкъсан". Заслугата за оформянето на съвременното разбиране, развитието на теорията и популяризирането на възникналата фрактална геометрия е на френския математик Б. Манделброт, който е автор на голям брой публикации – статии и книги, включително и преведени на български.

Фракталната геометрия е антипод на Евклидовата геометрия на гладките фигури. В последната линиите са прави, окръжности, елипси или други, но винаги гладки и им се приписва размерност 1; площите са равнини, сфери, цилиндри, елипсоиди или други, но винаги гладки и им се приписва размерност 2; обемите са плътни, без дупки, шупли и имат размерност 3, т.е в Евклидовата геометрия фигурите имат целочислени размери.

Обаче реалният заобикалящ ни свят е изпълнен с фигури и форми, които не са гладки: Земята е сфера, но повърхността й не е гладка; очертанията на морските брегове – например нашият от северната граница до южната е силно начупена линия. Още по-начупен е норвежкият бряг поради фиордите; островните държави и др. Контурите на облаците също са със силно неправилна форма, която при това еволюира с времето. Почвата не е плътна, без шупли като водата, маслото или друга течност, а има пори с различни размери.

Възниква въпросът как да се характеризира фракталността с единично число така, че да отличим по-малко начупената линия на черноморския бряг (фиг.1) от много по-силно начупената линия на скандинавския бряг; по-малко грапавите територии на планетата от по-грапавите планински територии; по-порестите материали от по-малко порестите, например почвите.

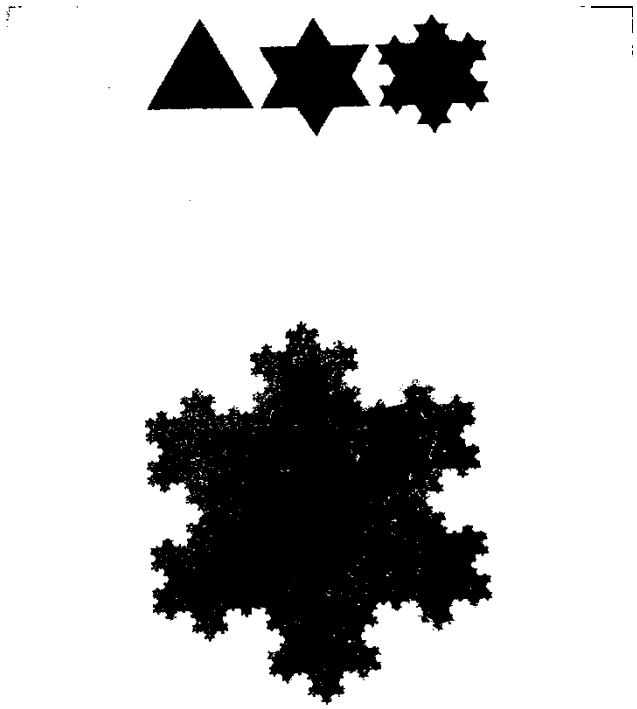
Фиг. 1. Българският черноморски бряг от северната до южната граница

За тази цел служи величината D-размерност, която във фракталната геометрия е нецяло число. За начупена линия $1 \leq D \leq 2$; за нагъната повърхност $D > 2$; за шуплест обем $D < 3$. Много примери за естествени фрактални обекти се съдържат в известната книга от Б. Манделброт [1].

Фракталната логика е използвана за определяне на разпределението на порите в образци различно уплътнена почва [3].

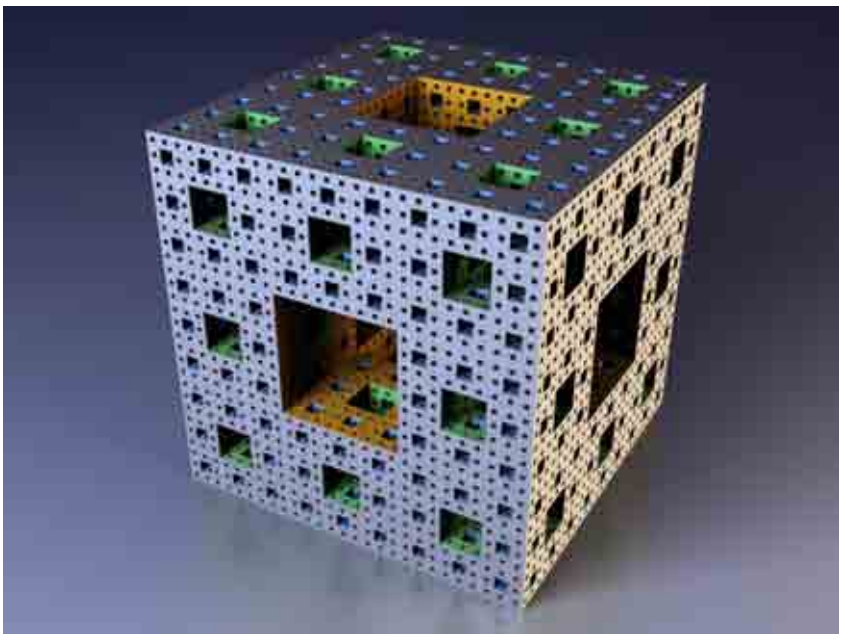
В едно по-ново изследване, чрез фракталната размерност са проучени саждите, образувани при горивни процеси. Саждите, като агрегати и верижки имат фрактална размерност, съответно 1,84 и 1,56 [2].

Не по-малко са примерите за изкуствено, математически генерирани фрактали. Два много популярни примера са дадени на фиг. 2 и 3. В първия пример се вижда как се стига до крайната картинка след безкрайно много пъти прилагане на един и същи алгоритъм за построяване: в началото е равностранен триъгълник. Върху средната третина на всяка от страните му се построяват равностранни триъгълници и т.н.В резултат се получава силно начупена затворена крива, контур с периметър $P_\infty = \infty$. Контурът, обаче загражда площ с крайно лице. Размерността на тази крива се изчислява точно и се оказва $D = 1.26$, т.е. по-голяма от $D = 1$, което беше размерността на гладка Евклидова линия. Известна е под името на автора си – „крива на Кох" или „снежинката".



Фиг. 2. Изкуствено създаден фрактал „снежинка”, *D = 1,26*

Вторият пример (фиг. 3) изобразява обемен фрактален обект, известен като „гъба на Менгер”. Построен е по същия изкуствен начин като „снежинката”, но е по-сложен. Точно изчислената му размерност е $D = 2{,}7268$, т.е. тя е по-малка от 3, което е размерността на обект без пори, шупли.



Фиг. 3. Изкуствено създаден фрактал „гъба на Менгер”, *D = 2,768*

Този пример показва, че един образец, проба от почва, може да се разглежда като фрактален обект (фрактал) и да се характеризира с фрактална размерност D_n,. По този начин, всяка почва ще има своя фрактална размерност D_n , както и една и съща почва при различни условия (суха, влажна, рохкава, замърсена) ще има различно D_n.

По-надолу разглеждаме виртуален експеримент и методика за определяне на D_n.

Теория на метода

Методът може да се нарече „тегловен"и представлява адаптиране на класическия метод от средата на XX век за определяне на дължината на морския бряг.

Ако ε е базова линейна мярка, която налагаме последователно по очертанията на брега, а L_Σ е сумарната дължина на брега, която получаваме, то ще се окаже, че $L_\Sigma = L_{\Sigma(\varepsilon)}$. Ако се извърши това измерване с един набор от базисни дължини, такива, че

(1) $\varepsilon_1 > \varepsilon_2 > \varepsilon_3 > ... > \varepsilon_n \to 0, \qquad N \to \infty$

На практика колкото по-голямо число е N (поне 10, 20, … и т.н.), то резултатът ще е

(2) $L_{\Sigma_1} < L_{\Sigma_2} < L_{\Sigma_3} < ... < L_{\Sigma_N} \to \infty, \qquad N \to \infty$

Такъв род процедури водят до зависимост

(3) $L_\Sigma(\varepsilon) \sim \varepsilon^{-m}, m > 0$.

Тогава величината $D = 1 + m$ ще се нарича размерност на бреговата линия, като очевидно $D > 1$. Освен това, показателят „m" в (3) се оказва нецяло число, така че и $D = 1 + m$ е нецяло. Затова D е фрактална размерност и характеризира „начупеността"на брега. Ако последният беше гладка, най-просто права линия, то с каквото и ε_i $(i = 1, 2...)$ да го мерим, ще получаваме едно и също $L_\Sigma = const < \infty$.

В литературата има данни за стойностите на D за различни географски обекти. Исторически за пръв път брегът на Англия е измерен като фрактал и $D = 1{,}22$, т.е. $m = 0{,}22$.

Описание на виртуален експеримент – първи вариант

В нашия случай ще разгледаме не линия, както при морския бряг, а почвен обем (маса).

Предлаганият виртуален опит се състои в следното.

Налице са N на брой цилиндрични пръстени с радиуси R_i и височина също R_i, така че обемът на всеки един е $V_i = \pi R_i^2 . R_i = R_i^3$, предназначен за вземане на почвени проби в ненарушен състав.

Нека

(4) $R_1 < R_2 < R_3 < ... < R_i < ... < R_N$,

където N е равно поне на 10. По-добре е, ако е по-голямо. С тях се вземат почвени проби, почвени монолити. Чистото тегло на всяка проба, без теглото на цилиндъра, означаваме с M_i $(i = 1, 2, ..., N)$.

Очевидно

(5) $$M_1 < M_2 < M_3 < ... < M_i < ... < M_N$$

Ако в цилиндрите се наливаше течност, вода и др., обемът щеше да се запълни без празнини, дупки и тогава

(6) $$M_i \sim V_i \sim R_i^3, \ i = 1, 2, ..., N$$

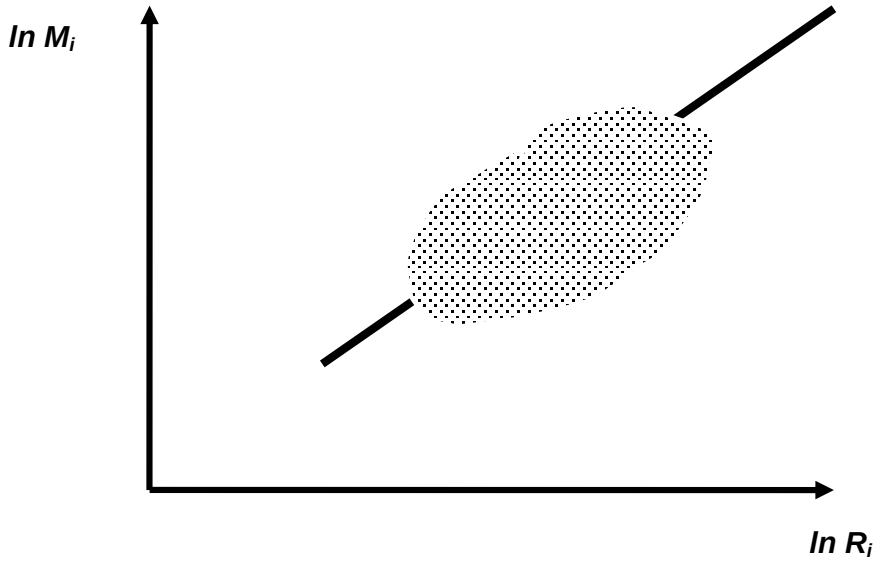
Понеже между почвените частици има въздух или вода в порите, то логично е да се очаква, че

(7) $$M_i \sim R_i^{D_n}, \quad D_n < 3$$

След логаритмуване на (7) се получава

(8) $$\ln M_i \sim D_n \ln R_i \ ,$$

т.е. D_n е ъглов коефициент на права в координатна система $(\ln M_i , \quad \ln R_i)$ (фиг.4).



Фиг. 4. Права в координатна система $(\ln M_i , \quad \ln R_i)$ с ъглов коефициент. D_n

Колкото повече експериментални точки има (по-голям е N броят на пробите), толкова по-точно може да се локализира праволинеен участък в зависимостта (8).

Така се получава едно число за D_n – сумарна характеристика на фракталната структура на пробата.

Експериментът може да се осъществи с нарушени или ненарушени почвени образци, сухи или влажни, от един и същи вид, замърсени с различни отпадъци или тежки метали и прочие.

Изискването на метода е прецизно вземане на почвени монолити в цилиндричните пръстени и точното им претегляне в полеви или лабораторни условия.

Втори вариант – експеримент с плътност вместо с маса

Ако в обем V масата е M, то $\rho = M/V$ е плътност.

Очевидно, ако имаме предвид (7)

(9) $$\rho \sim M_i / V_i \sim R_i^{D_n} / \pi R_i^3 \sim R_i^{D_n - 3}, \quad D_n < 3$$

Или в друго означение

(10) $$\rho(R_i) \sim R_i^{-m}, \quad m > 0$$

Следователно, $m = 3 - D_n$ или $D_n = 3 - m$, като се очаква $0 \leqq m \leqq 1$. При плътен материал без дупки, вода, масло и др., ще се получи $m = 0$ и $D_n = 3$. Колкото по-шуплест е материалът, толкова по-голямо ще е „m", респективно, по-малко ще е D_n.

По-нататък, тези количествени разглеждания могат да намерят място при моделиране на различни процеси в екологията, почвознанието и др.

Заключение

В заключение може да се каже че е направено едно общо разглеждане на фракталните свойства на масата и плътността на почвата. Такива педогенни интерпретации са приложени вече в частни случаи спрямо фракталния характер на разпределението на порите с различни размери; контура на агрегатите, които се получават при различни системи на обработка на почвата.

Фракталната логика дава възможност по нов начин да де оценяват такива фактори като солевата концентрация, pH, нивото на подпочвените води, скоростта на филтрация на водите в почвата, замърсяването и прочие.

Литература:

1. Манделброт, Б. 1996. Фрактални обекти, форма,случайност и размерност, СУ „Св. Климент Охридски", 275 с.
2. Dhoqina, P et al. 2018. Fractal Dimension of Soot Aggregates, 10th Jubilee Int. Conference of BPU, 26–30.08.2018, Sofia, Bulgaria.
3. Lipec, J. et al. 2002. The fractal dimension of pore distribution pattern in variously compacted soil, Soil Tillage Research, 47, 61–66.

ВЛИЯНИЕ НА ПРОМЕНИТЕ В СЛЪНЧЕВАТА И ГЕОМАГНИТНАТА АКТИВНОСТ ВЪРХУ БИОСФЕРАТА

Светла Димитрова

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

Ключови думи: *Космическо време, здраве, сърдечно-съдова система*

Резюме: Разположени в хелиосферата, Земята и околоземното пространство са под непрекъснатото влияние на Слънцето, което е източник на топлина и светлина, поддържащи нашата естествена околна среда. Видимата и невидимата радиация, излъчвани от Слънцето поставят въпроса и за възможни неблагоприятни ефекти върху здравето на хората и човешката дейност. Тази статия разглежда получени през последните години резултати от интердисциплинарни изследвания в областта на хелиобиологията, провеждани от различни изследователски групи, чиято цел е да разкрият възможни ефекти на промените в слънчевата и геомагнитната активност върху здравето на хората.

SOLAR AND GEOMAGNETIC ACTIVITY EFFECTS ON BIOSPHERE

Svetla Dimitrova

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

Keywords: *Space weather, health, cardio-vascular system*

Abstract: The Earth is situated in the heliosphere and thus continually affected by the Sun, which is a source of heat and light that maintains our habitual environment. The Sun, as the origin of visible and invisible radiation influence, poses a health and safety threat to humans and to all kinds of human activities. This article reviews results obtained during the last years from interdisciplinary studies in the field of heliobiology performed by different research teams to reveal potential effects of solar and geomagnetic variations on human health.

Въведение

Публикувани са много изследвания, описващи широк спектър от физиологични, психологични и поведенчески промени, свързани с вариациите на геомагнитната (ГМА) и слънчевата активност (СА). Редица изследвания показват, че нервната и сърдечно-съдовата система се повлияват от физическите фактори на околната среда най-изразено, но биофизичните механизми на въздействие все още не са установени [1–3]. До последното десетилетие на миналия век, изследванията в областта на хелиобиологията не са значителни на брой, но след това техният брой нараства, като повечето от тях са насочени към връзката между ГМА и функционалното състояние на сърдечно-съдовата система.

Изследванията на възможното влияние на космическото време върху здравето на хората показват, че резките и внезапни промени в ГМА и СА, както и геомагнитните бури могат да бъдат стрес фактори, които променят регулаторни процеси в човешкия организъм и повлияват дейността на неврологичната и сърдечно-съдовата система, кръвното налягане, дишането, имунната, репродуктивната система [4–7], мелатонин-серотониновия баланс [8–10]. Геомагнитните смущения се свързват със значителни увеличения на броя хоспитализирани във връзка с депресии, ментални и психиатрични заболявания, опити за самоубийства, убийства и пътни инциденти [11–17]. Промените в ГМА могат също да обострят съществуващи заболявания и изследванията ги свързват със значително нарастване на сърдечните аритмии,

промени в кръвния поток, повишено кръвно налягане, сърдечно-съдови заболявания, случаи на инфаркт на миокарда и леталните изходи от тях, случаи на внезапна сърдечна смърт, епилептични припадъци [18, 5, 19–33].

В направен литературен преглед на изследванията в областта през 2006 г. се правят следните основни заключения: 1) Геомагнитните смущения имат по-изразен ефект върху хората на по-високи ширини; 2) Необичайно високите нива на ГМА оказват негативно влияние върху сърдечно-съдовата система; 3) Необичайно ниските нива на ГМА влияят неблагоприятно на човешкото здраве; 4) Само част от хората се повлияват неблагоприятно от геомагнитните смущения; 5) Вариабилността на сърдечната честота (ВСЧ) има отрицателна корелация с промените в ГМА [34].

Провеждани изследвания през последните години

Интерес представляват наскоро получени резултати, при изследване проведено за период от 2.5 години в Литва на връзката между спешните повиквания за високо кръвно налягане и ГМА, слънчевия вятър (СВ) със скорост > 600 km/s и параметри на метеорологичното време [35]. Резултатите от анализите разкриват, че влиянието на космическото време е различно в зависимост от часа на обаждането. В сутрешните часове до обяд повишеният риск бил свързан с геомагнитни бури. В часовете от след обяд до вечерта рискът се повишавал при много ниска ГМА и високо-скоростен СВ (ВССВ), а през нощта до ранните сутрешни часове само при ВССВ след геомагнитни бури.

Съгласно изследванията на различни автори в областта, повишената ГМА, особено геомагнитните бури се свързват с активиране на дейността на симаптикусовата нервна система [36, 37]. Наред с това след геомагнитни бури, параметрите на ВСЧ, свързани с регулацията на парасимпатиковата нервна система са значително понижени в сравнение с наблюдаваните в дни без геомагнитни бури. Съгласно получените резултати в това изследване, в часовете от сутринта до обяд, когато е активна симпатикусовата дейност, се повишава риска от спешни обаждания във връзка с повишено кръвно налягане в дните с геомагнитни бури и не се наблюдава промяна в повикванията в дните с много ниска ГМА. В следобедните часове, когато преобладава парасимпатиковата активност, е установен повишен риск от повишаване на кръвното налягане в дните с много ниска ГМА. Фактът, че както необичайно високите, така и необичайно ниските стойности на ГМА могат да имат неблагоприятен ефект е установен и в други изследвания [26, 27, 34, 38, 39].

Авторите установяват, че температурата оказва по-силно влияние върху по-възрастните пациенти. Влиянието на много ниската ГМА в следобедните часове било по-изразено при по-младите пациенти. При възрастните, неблагоприятното влияние било в дните с геомагнитни бури, съчетани с ВССВ. При младите този ефект бил наблюдаван по-късно, в дните с ВССВ след развитието на геомагнитните бури. Резултатите показват, че вероятно възрастните пациенти са по-чувствителни към тези параметри на космическото време. Съгласно по-ранно проучване на същите автори, периодите с повишена ГМА и геомагнитни бури, както и с индекси на повишена СА по време на хоспитализацията на пациенти с остри коронарни синдроми са имали по-силно неблагоприятно влияние върху леталните изходи при пациенти над 70 годишна възраст [40]. Друго проучване [41] установява, че броят на случаите на инфаркт на миокарда в дните с Форбуш намаления и много силни геомагнитни бури са били по-високи за пациентите на възраст над 65 г. Наблюдаваните вариации на физиологичните параметри след повишаване на ГМА са в съответствие и с други изследвания на кръвното налягане, СЧ и ВСЧ [21–25, 42, 43].

Проведени са изследвания [44] с цел определяне дали съществуват разлики в честотата на пароксизмална предсърдна фибрилация (неравномерни, бързи рефлекторни контракции на сърдечния мускул) и броя на сърдечните удари в дни с различна ГМА за период от 3 години. Установена е силна отрицателна корелация между пароксизмалните фибрилации и нивото на ГМА. Броят на инфарктите бил също със силна отрицателна корелация с нарастването на ГМА, но само при мъжете под 65 годишна възраст. Авторите заключават, че тези данни показват повишена сърдечна електрическа нестабилност по време на периоди с най-ниска ГМА.

Изследван е кръвния поток на пациенти с исхемична болест на сърцето [45]. Промените в капилярния поток в 71.5 % от пациентите с инфаркт на миокарда и в 64.8 % от пациентите с ангина пекторис (силна гръдна болка вследствие на недостиг на кислород в сърдечния мускул) били свързани с геомагнитните бури. Броят на пациентите с исхемична болест на сърцето, повлияни от геомагнитните смущения бил 2.5 пъти по-голям от тези, повлияни от атмосферното налягане.

В друго изследване [46] е показано, че по време на геомагнитни бури, броят на случаите на инфаркт на миокарда се увеличава 2.5 пъти, броят на острите мозъчни инсулти 2 пъти, на случаите на ангина пекторис и сърдечна аритмия 1.5 пъти, а на смъртните случаи 1.2 пъти в сравнение с периодите без геомагнитни бури.

Изследвана е смъртността от инфаркт на миокарда в Минесота за 29-годишен период [19] и е установен 10.5 годишен цикъл, подобен на този на СА.

Изследване, проведено на ниски ширини [47] е анализирало инфарктите за 5 болници в гр. Хавана за период от 7 години. Резултатите показват, че леталните изходи корелират с активността на геомагнитните бури, отчитана с Ap-индекса, като граничните стойности са между 20 и 50 (почти минималния праг за геомагнитна буря). Те установяват двоен пик на смъртността – първият три дни преди, а вторият един ден след регистрирането на геомагнитната буря.

Трябва да се отбележи, че се появи и развива нов клон в клиничната космическа биология, разглеждащ възможната роля на активността на космичното лъчение (КЛ), измервана чрез неутронната активност на повърхността на Земята и високо-енергийните протонни потоци върху сърдечно-съдовото състояние, включително инфарктите, патогенезата на животозастрашаващите сърдечни аритмии, внезапната сърдечна смърт и др. [48, 49, 50–54].

Проведени са изследвания на пациенти с имплантиран кардиовертер-дефибрилатор (ICD) [55]. Сравнението на произведените ICD електрошокове показва, че близо половината от тях са възникнали в дните с най-ниска ГМА. Установена е силна отрицателна корелация между броя на електрошоковете и нивото на ГМА, както и значителна и статистически достоверна разлика между броя ICD електрошокове в дните с най-ниска ГМА в сравнение с останалите дни с повишено ниво на ГМА. Авторите предполагат, че вероятно ГМА има анти-аритмичен ефект.

В последващо изследване [51] авторите установяват, че неутронната активност е значително по-висока в дните с ICD електрошокове в сравнение със средно-дневното ниво за изследвания период от 1096 дни. Дали тази връзка е директно последствие на ниската ГМА или е индиректна от все още неизвестни фактори, индуцирани от ниската ГМА, или дали неутроните играят независима роля в патогенезата и времето на сърдечните аритмии остава да бъде изяснявано.

От гореизложените изследвания се вижда, че физичните фактори на околната среда може също да играят значителна роля в промените на човешката биохимична каскада и риска от фатални аритмии, а те са най-честия механизъм на случаите на внезапна сърдечна смърт (СВСЧ). Въпреки, че предсказването на СВСЧ отдавна е признато за неефективно, тези изследвания показват, че времето на възникването на сърдечните аритмии (атриални и вентрикуларни екстрасистоли, вентрикуларни тахикардии, вентрикуларни фибрилации и ВСЧ) е инверсно свързано с нивото на ГМА.

Изследвани са периоди с леки геомагнитни смущения, съчетани с повишени нива на активността на КЛ и са установени значителни нараствания на спешните случаи и фаталните изходи от всякакъв произход през тези периоди, като най-значителен бил броят на мозъчните удари и СВСЧ, което предполага, че КЛ са важен фактор, повлияващ здравето на по-възрастната популация [3, 56, 57].

Съгласно данни, събрани от спешни центрове за сърдечно-съдови болести, месечният брой на СВСЧ корелира положително с високо-енергийните (> 90 MeV) протонни потоци и отрицателно с нивата на ГМА и СА [48, 58]. Тези резултати се потвърждават и от следващи изследвания за друг географски район [53, 59], в които резултатите показват, че времето на настъпване на СВСЧ корелира с параметрите на космическата физична активност. Установено е, че броят на СВСЧ е по-висок в дните с най-високо и най-ниско ниво на ГМА. Относително редките геомагнитни бури концентрират повечето СВСЧ в дните с най-ниска ГМА. Дните със СВСЧ са с по-висока активност на КЛ. Месечният брой на СВСЧ бил с отрицателна корелация с ГМА и СА и с положителна с нивото на активността на КЛ. Установени са различия и в половете: мъжете били по-чувствителни и по-силно повлияни.

Stoupel [60] е направил кратък обзор на изследвания, проведени в областта на клиничната космобиология, взимайки в пред вид възможните връзки между животозастрашаващите сърдечни аритмии, внезапната сърдечна смърт и нивото на физични фактори на околната среда (ГМА, КЛ и високо-енергетичните протонни потоци), които могат да бъдат допълнителен патогенетичен фактор, влияещ на разпределението във времето на разглежданите кардиологични инциденти. Авторът заключава, че има инверсна връзка между честотата на сърдечни аритмии и СВСЧ и дневните нива на ГМА. Съгласно резултатите от различни изследвания, авторът предполага, че ГМА има предпазна роля върху сърдечните аритмии и СВСЧ, особено при пациенти с увреден сърдечен мускул.

Вариабилността на сърдечната честота (ВСЧ) измерва измененията между последователните удари на сърдечната честота (СЧ) и се използва като показател за

дейността и динамиката на автономната нервна система (АНС). Използването на ВСЧ се увеличава значително през последните десетилетия в научните изследвания и клиничните лечебни приложения [61–64]. ВСЧ може да бъде определяна в честотната област (frequency domain analysis), като се изчислява спектрална плътност на мощността в нискочестотната област LF 0.04–0.15 Hz, във високочестотната област HF 0.15–0.4 Hz, както и на съотношението на тези две компоненти. Във времевата област (time domain analysis) обикновено се определят средната, минималната и максималната дължина на последователните удари на СЧ честота, т.нар. R-R интервали, стандартното отклонение на нормалните R-R интервали (*SDNN),* средноквадратична стойност на разликите на последователните R-R интервали (*RMSSD)*.

Високочестотната компонента HF съответства на ритми с периоди 2.5–7 s отразява дейността на парасимпатиковата система, свързана основно с дишането. LF компонентата изразява ритми с периоди 7–25 s и се предполага, че отразява симпатиковата дейност, както и барорецепторната активност. Съотношението LF/HF отразява баланса между симпатиковата и парасимпатиковата дейност [65]. Компонентата VLF отразява сърдечните ритми с периоди 25–300 s. Въпреки че всички параметри на ВСЧ, отразяващи намалена ВСЧ са свързани с повишен риск от сърдечно-съдови инциденти, VLF корелира по-силно с леталните изходи [66–69].

Редица изследвания установяват значително намаляване на ВСЧ по време на геомагнитни бури, което показва, че вероятно промените в ГМА са свързани с повишен риск от коронарни заболявания и инфаркти и предполага, че сърдечно-съдовата система се влияе от геомагнитните смущения [3, 7, 19, 23, 70–76]. Няколко изследвания с анализи на седмични ЕКГ регистрации установяват около 25 % намаление на VLF по време на геомагнитни бури в сравнение с дните със спокойна ГМА [71–73, 77]. Понижените стойности на VLF най-силно корелират с повишения риск от летален изход докато HF компонентата, отразяваща парасимпатиковата активност не е чак такъв прекурсор, въпреки че ниските стойности на HF ритъма се свързват с намалена способност за саморегулиране на мислите, емоциите и поведението [61, 67].

Някои изследвания установяват „изпреварваща“ реакция, която се появява няколко дни преди началото на геомагнитните бури със значителни промени в кръвното налягане, СЧ, ВСЧ, биологичната проводимост и психо-физиологични реакции [3, 21–25, 78–80].

Изследвана е ВСЧ на 16 здрави доброволци в продължение на 5 месеца, като са правени седмични 24–72 часови Холтер регистрации [81]. Проучването потвърждава, че дейността на АНС, отразена чрез параметрите на ВСЧ, отговаря на промените в ГМА и СА по време на периодите на спокойна ГМА и се активира за различни периоди от време в някакви моменти след промените на различните изследвани фактори на околната среда. Авторите установяват, че повишаването на скоростта на слънчевия вятър (ССВ) корелира с увеличаване на СЧ, което се отчита като биологична стрес реакция. Повишението на КЛ, слънчевия радио поток (СРП) и мощността на Шумановия резонанс (МШР) били свързани с повишаване на ВСЧ и парасимпатиковата активност. Авторите заключават, че изследванията потвърждават хипотезата, че енергийните процеси в околната среда влияят на психо-физиологичното състояние и могат да въздействат на хората по различен начин в зависимост от тяхната чувствителност, здравословно състояние и адаптивни способности.

Проведени 24-часови Холтер изследвания на 10 здрави доброволци в продължение на 31 последователни дни [3] също показват, че по време на период на геомагнитна буря ССВ корелира положително със СЧ, което може да се интерпретира като физиологична стрес реакция с ефект, продължаващ и след бурята и е в съответствие и с други изследвания [23, 81].

Авторите установяват положителна корелация между СРП (F10.7) и КЛ за повечето от индексите на ВСЧ и отрицателна корелация със съотношението LF/HF на ВСЧ [3]. Това предполага, че се повишава парасимпатиковата активност на нервната система по време на нарастване на СРП и КЛ [61]. Този резултат е в съответствие с изследване, установяващо силна положителна корелация на HF компонентата на ВСЧ със СРП, което води до засилване на парасимпатиковата активност [81]. Предходно изследване на 1 643 участници в 51 страни установява, че увеличеният СРП е свързан с по-малка умора, умствена яснота и положителен ефект, докато повишаването на скоростта на СВ има обратния ефект [82]. Вероятен полезен ефект на СРП е наблюдаван и в други изследвания, установяващи силна отрицателна корелация с броя на смъртни случаи с различен произход [83, 84]. СРП може да е важен медиатор на „изпреварващата“ биологична реакция, наблюдавана още от Чижевски, която може да възникне няколко дни преди увеличението на СВ да достигне до Земята и да създаде геомагнитни смущения. Чижевски предполага, че някакъв тип неизвестна радиация, излъчвана от Слънцето е причината за изпреварващите биологични реакции. Повишената слънчева радиация, за която предполага Чижевски, е свързана с коронарните изхвърляния на маса и

достига до Земята само за 8 минути за разлика от плазмения поток изхвърлен от Слънцето, на който му е необходим период до 3 дни да достигне до магнитосферата на Земята и да причини геомагнитни смущения. Наред със СРП, други прекурсори са и останалите източници на радиация като рентгеновите X-ray, КЛ и УВ емисиите от Слънцето по време на коронарни изхвърляния на маса.

През първия двуседмичен период на изследването [3], КЛ били със слаба и отрицателна корелация с параметрите на ВСЧ, но със силна положителна корелация с LF/HF. През този период е имало внезапно силно увеличение на ССВ и силно намаление на КЛ в началото на периода в резултат на умерена геомагнитна буря, която е повлияла параметрите на ВСЧ. В периода след регистрирана много силна буря, когато КЛ започват да нарастват докато намалява СВ, е установена силна положителна корелация на параметрите на ВСЧ с КЛ и отрицателна със СВ. Това предполага, че КЛ може да има по-силно влияние върху АНС отколкото СРП. Установените предимно отрицателни корелации между МШР и ВСЧ, регистрирани по време на много силната буря и след нея представляват интерес, тъй като подобно изследване [81] открива, че МШР е силно и положително свързана с повишаването на ВСЧ. Това предполага положителен ефект на увеличената МШР, което е също подкрепено от изследвания, установяващи намаляване на кръвното налягане по време на периоди с увеличена МШР [85].

Установената силна положителна корелация между КЛ и ВСЧ в [3, 81], предполага положителен ефект на повишеното космично лъчение [81]. Други изследвания също установяват положителни ефекти при здрави лица. Едно такова изследване разкрива силна отрицателна корелация на серумния Ц-реактивен протеин (индикатор за възпалителни процеси) и КЛ [86].

Заключение

Изложените резултати от направения литературен преглед показват, че въпреки нарастването на броя и качеството на изследванията в областта през последните две десетилетия, те са все още спорадични и че трябва да се положат усилия да бъдат продължени и да се установят механизмите на въздействие. Необходими са интердисциплинарни изследвания и подходи, включващи хора от различни научни области и държави. Трябва ясно да се дефинират основните рискови фактори на космическото време, както и приликите и разликите между различните параметри на космическото време от гледна точка на тяхното въздействие върху здравето на хората. Това може да даде насоки и указания какво е необходимо да се направи с цел предотвратяване на възможните неблагоприятни ефекти на космическото време върху хората.

Литература:

1. Babayev, E., N. Crosby, V. Obridko, and M. Rycroft. In Adv. in Solar and Solar Terrsetrial Physics (eds G. Maris & C. Demetrescu) 329–376, Research Signpost, 2012.
2. Khorseva, N. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics 49, 839–852, 2013.
3. McCraty, R., et al. Int. J. Environ. Res. Public Health, 14(7), 770, 2017.
4. Cherry, N. Natural Hazards 26, 279–331, 2002.
5. Ghione, S., L. Mazzasalma, C. Del Seppia, and F. Papi. J. Human Hypert. 12, 749–754, 1998.
6. Hamer, J. R. Northrop Space Labs, 65–199, 1965.
7. Chernouss, S., A. Vinogradov, and E. Vlassova. Natural hazards 23, 121–135, 2001.
8. Burch, J. B., J. S. Reif, and M. G. Yost. Neuroscience Letters 266, 209–212, 1999.
9. Rapoport, S. I. et al. Klin Med (Mosk) 75, 24–26, 1997.
10. Bergiannaki, J.D., T. J. Paparrigopoulos, C. N. Stefanis. Experientia 52, 253–258, 1996.
11. Gordon, C., and M. Berk. South African Psychiat Rev 6, 24–27, 2003.
12. Kay, R. W. British Journal of Psychiatry 164, 403–409, 1994.
13. Kay, R. W. Schiz Res 66, 7–20, 2004.
14. Nikolaev, Y. S., Y.Y. Rudakov, S.M. Mansurov, and L.G. Mansurova. Reprint N 17a, Acad. Sci USSR, IZMIRAN, Moscow, 29, 1976.
15. Oraevskii, V. N. et al. Biofizika 43, 819–826, 1998.
16. Halberg, F., et al. Biomed Pharmacother 59(1), S100–108, 2005.
17. Berk, M., S. Dodd, and M. Henry. Bioelectromagnetics 27, 151–155, 2006.
18. Halberg, F., G. Cornelissen, R, McCraty, and A. Abdulgader. World Heart J. 3, 1–40, 2011.
19. Cornelissen, G. et al. J. of atmospheric and solar-terrestrial physics 64, 707–720, 2002.
20. Villoresi, G., N. Ptitsyna, M. Tiasto, and N. Iucci. Biofizika 43, 623–632, 1998.
21. Dimitrova, S., I. Stoilova, and I. Cholakov. Bioelectromagnetics 25, 408–414, 2004.
22. Dimitrova, S. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol. 70, pp. 420–427, 2008.
23. Dimitrova, S., I. Angelov, and E. Petrova. Nat. Hazards, 69, 25–37, 2013.

24. Dimitrova, S., et al. Advances in Space Research, 641–648, 2009.
25. Papailiou, M., et al. Natural Hazards, 61 (2), 719–727, 2012.
26. Dimitrova, S., et al. Sun and Geosphere, 4(2), 72–78, 2009.
27. Dimitrova, S., et al. Sun and Geosphere, 4(2), 84-–88, 2009.
28. Stoupel, E. J. Basic Physiol.Pharmacol. 4, 357–366, 1993.
29. Persinger, M. A. Int J Biometeorol 38, 180–187, 1995.
30. Doronin, V. N. et al. Biofizika 43, 647–653, 1998.
31. Giannaropoulou, E. et al. Natural hazards 70, 1575–1587, 2014.
32. Stoupel, E., C. Wittenberg, J. Zabludowski, and G. Boner. J Hum Hypert. 9, 293–294, 1995.
33. Caswell, J. M., T. N. Carniello, and N. J. Murugan. Int. J. biometeorology 60, 9–20, 2016.
34. Palmer, S. J., M. J. Rycroft, and M. Cermack. Surv Geophys 27, 557–595, 2006.
35. Vencloviene J., A. Braziene, and P. Dobozinskas. Atmosphere, 9, 114, 2018.
36. Gurfinkel, Y.I., et al. Biophysics, 40, 793–799, 1995.
37. Breus, T.K.; Baevskii, R.M.; Chernikova, A.G. J. Biomed. Sci. Eng. 5, 341–355, 2012.
38. Stoupel, E., et al. Cardiol. J., 15, 437–440, 2008.
39. Vencloviene, J., et al. Int. J. Biometeorol., 57, 797–804, 2013.
40. Vencloviene, J., et al. Int. J. Biometerol., 58, 1295–1303, 2014.
41. Mendoza, B., and R. Diaz-Sandoval. Nat. Hazards, 32, 35–36, 2004.
42. Papailiou, M., et al. Adv. Space Res., 48, 1545–1550, 2011.
43. Galata, E., et al. Astrophys. Space Sci., 362, 138, 2017.
44. Stoupel E., J. Martfel, and Z. Rotenberg. J Basic Clin Physiol Pharmocol 5 (3–4):315-329, 1994.
45. Gurfinkel' IuI, et al. Biofizika, 40(4):793–799, 1995.
46. Gurfinkel, I.I., V.P. Kuleshova, and V.N. Oraevskii, Biofizika 43(4), 654, 1998.
47. Taboada, R.E.R., P. Figueredo, and S. Figueredo, Geofisica International, 43(2), 265, 2004.
48. Stoupel, E., et al., Med. Sci. Mon., 10(2), CR80, 2004.
49. Stoupel, E., et al., J. Basic Clin. Physiol. Pharmacology, 17(1), 45, 2006.
50. Stoupel, E., et al., J. Basic. Clin. Physiol. Pharmacology, 11(1), 63, 2000.
51. Stoupel, E., et al., J. Basic Clin. Physiol. Pharmacology, 17(1), 55, 2006.
52. Stoupel, E., E. S. Babayev, F. R. Mustafa, et al., Med. Sci. Monit., 13(8), BR175, 2007.
53. Stoupel, E., E. S. Babayev, F. R. Mustafa, et al., Sun and Geosphere, 1(2), 13, 2006.
54. Styra, D., et al. Int. J. Biometeorology, 49(4), 267, 2005.
55. Stoupel, E., et al., Pacing and Clinical Electrophysiology. 28, 777, 2005.
56. Stoupel, E., et al. Health 5, 855-861, 2013.
57. Stoupel, E. et al. Journal of Biomedical Science and Engineering 4, 426, 2011.
58. Stoupel, E., et al., J. Clin. Basic Cardiology, 5(3), 225, 2002.
59. Stoupel, E., et al., J.Interventional Cardiac Electrophys.18(1), 99, 2007.
60. Stoupel, E., Indian Pacing and Electrophysiology Journal, 6(1), 49, 2006.
61. McCraty R., and F. Shaffer. Glob. Adv. Health Med., 4, 46–61, 2015.
62. McCraty, R., and M. Zayas. Frontiers in psychology 5, 1–13, 2014.
63. Ginsberg, J. P., M. E. Berry, and D. A. Powell, Alternative Therapies in Health and Medicine 16, 52–60, 2010.
64. Thayer, J.F., A. Hansen, E. Saus-Rose, and B. Johnsen. Ann Behav Med 37, 141–153, 2009.
65. Camm, A. J. et al. Circulation 93, 1043–1065, 1996.
66. Schmidt, H. et al. Critical care medicine 33, 1994–2002, 2005.
67. Tsuji, H. et al. Circulation 90, 878–883, 1994.
68. Hadase, M. et al. Circulation journal: official J.Japanese Circ.Soc. 68, 343–347, 2004.
69. Tsuji, H. et al. Circulation 94, 2850–2855, 1996.
70. Watanabe, Y., et al. Biomed Pharmacother 55(1), 76s–83s, 2001.
71. Otsuka, K. et al. Biomed Pharmacother 55(1), 51s–56s, 2001.
72. Otsuka, K. et al. Computers in Cardiology 2000, 453–456, 2000.
73. Otsuka, K. et al. Scripta Medica (Brno) 73, 111–116, 2000.
74. Gmitrov, J. and C. Ohkubo. Electro-and Magnetobiology 18, 291–303, 1999.
75. Breus, T. K., R. M. Baevskii, and A. Chernikova. J. Biomed. Sci. Eng., 5, 341–355, 2012.
76. Baevsky, R. et al. Scripta medica 70, 201–206, 1997.
77. Oinuma, S. et al. Biomedicine & pharmacotherapy 56, 284–288, 2002.
78. Dmitreva, I., et al. Astronomical and Astrophysical Transactions 19, 67–77, 2000.
79. Khabarova, O., and S. Dimitrova. Sun and Geosphere 4, 60–71, 2009.
80. Khabarova, O. Biophysics 49, S60, 2004.
81. Alabdulgader A., R. Mc. Craty, et al. Scientific Reports, 8:2663, 2018.
82. McCraty, R., A. Deyhle, and D. Childre. Glob. Adv. Health Med., 1, 64–77, 2012.
83. Mathie, R., and I. Mann. Geophys. Res. Lett., 27, 3261–3264, 2000.
84. Stoupel, E. et al. Sun Geosphere, 1, 13–16, 2006.
85. Mitsutake G., et al. Biomed. Pharmacother., 59, S10–S14, 2005.
86. Stoupel, E., E. Abramson, P. Israelevich, J. Sulkes, and D. Harell. Eur. J. Int. Med., 18, 124–128, 2007.

ON THE POSSIBILITY OF POWERFUL UNDERGROUND EXPLOSIONS IMPACT TO RELEASE OF THE EARTH'S CRUST STRESSES AND ON THE DEVELOPMENT OF HURRICANES

Gennady Belyaev[1], Boris Hotinov[2], Vladimir Kostin[1], Olga Ovcharenko[1], Elena Trushkina[1]

[1]Institute of Terrestrial Magnetism Ionosphere and Radio Wave Propagation – RAS
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

Keywords: *satellite, external ionosphere, space monitoring, nuclear experiments, earthquakes, mesoscale atmospheric processes, tropical cyclones, vertical formations.*

Abstract: *Observations from the Cosmos-1809 satellite of ionospheric effects in the summer of 1992 after nuclear experiments (NE) at the Nevada test site and subsequent earthquakes in California and changes in the dynamics of hurricanes in the Pacific and Atlantic Oceans are presented. It is considered how an earthquake in the area of Inland Empire 1992-04-22 stimulated the development of tensions in this area, which were dropped after the NE in June 1992. It is discussed how the stratosphere dustiness after the Pinatubo volcano eruption modifies cyclogenesis which intensifies after the nuclear explosions in September 1992.*

О ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОЩНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВЗРЫВОВ НА СБРОС НАПРЯЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ И РАЗВИТИЕ УРАГАНОВ

Геннадий Беляев[1], Борис Хотинов[2], Владимир Костин[1], Ольга Овчаренко[1], Елена Трушкина[1]

[1]Институт Земного Магнетизма, Ионосферы и распространения радиоволн – РАН
[2]Институт Космических Исследований и Технологий – БАН
e-mail: belyaev@izmiran.ru; bmh@space.bas.bg

Ключевые слова: *спутник, внешняя ионосфера, космический мониторинг, ядерные эксперименты, землетрясения, крупномасштабные атмосферные процессы, тропические циклоны, вихревые явления.*

Абстракт: *Представлены наблюдения ионосферных эффектов со спутника «Космос-1809» летом 1992 года после ядерных экспериментов (ЯЭ) на испытательном полигоне в Неваде и последовавших землетрясений в Калифорнии, а также изменение динамики ураганов в Тихом и Атлантическом океанах. Считается, что землетрясение в районе Inland Empire в Южной Калифорнии 1992-04-22 стимулировало развитие напряженности в этой области, которые были сброшены после ЯЭ в июне 1992 года. Обсуждается вопрос о том, как запыленность стратосферы после извержения вулкана Пинатубо изменяет циклогенез, который усилился после ядерных взрывов в сентябре 1992 года.*

Introduction

Earthquakes and tropical cyclones (TC) are the most powerful natural sources, leading to great environmental and economic damage. This paper examines how strong explosions can influence the development of TC and cause earthquakes by analyzing data from underground nuclear tests (UNT) on the Nevada Test Site (NTS). The following periods were chosen:

1. June 1992. At this time, according to the US seismic service, the movement of the crustal plates along the San Anders Fault was approaching a critical state preceding a strong earthquake. [1-3];
2. September 1992. During this period, due to the eruption of super volcanoes, an anomalous change occurred in the two-year stratospheric circulations [4–6].

According to the 1963 International Treaty, the capacity of an underground nuclear explosion (UNE) should not exceed 150 kilotons. Therefore, the magnitude of the earthquake caused by the UNE does not exceed 5–6 units. Electromagnetic, acoustic and seismic effects of UNE on the ionosphere are considered in monographs [7–8]. The authors of this report used both ground-based and satellite measurements. Ground-based measurements of electromagnetic radiation in the ELF range after each of the 11 UNT were performed at the Semipalatinsk test site [9]. Satellite (Cosmos-1809) measurements of the parameters of the ionosphere were obtained over the nuclear test sites of the USA, USSR and France after 20 UNT [9–10].

Various methods for earthquake predicting are discussed in the book [11]. Examples of unusual ionospheric observations made by the DEMETER satellite over seismic regions are presented in the work [12]. Currently method variations of the total electron content in the ionosphere from GPS data recorded during earthquake is widely used [13–14].

I. Particularities of ionospheric perturbations over California and Nevada in June 1992 according to data from the Cosmos-1809 satellite

Nearly the entire west coast of North America was dominated by a subduction zone. The plate margin that remains in California is that of the strike-slip San Andreas Fault. The 1992 Landers earthquakes began on April 23 with the M_W 6.1 1992 Joshua Tree preshock and form the most substantial earthquake sequence to occur in California in the last 40 years [2]. The largest earthquake sequence to occur in California in 1992 are presented in Table 1. The Landers mainshock occurred near the southernmost extent of the Eastern California Shear Zone, an 80km wide, more than 400km long zone of deformation.

Since the deformation zone extends northward to the NTS, the effect of UNT on the ionospheric precursors of the Landers earthquake should be analyzed. Table 2 shows the characteristics of the considered UNT [15, 16]. Changes in the some parameters of the upper ionosphere plasma inside the plasmasphere (L < 1.75), which projected on the E-layer over the NTS, before the Landers earthquake is shown in Fig.1. It should be noted strong fluctuations of the electron density Ne on L ~ 1.3 west of the San Andreas Fault on the meridian 226 E observed on June 10. Ne fluctuations (L ~ 1.5) on June 24 at the 241 E meridian seem to be related to the impact of the tropical storm Blias and hurricane Celia.

Table 1. The largest earthquakes sequence to occur in California in 1992

Date	Name	Area	Mag.	Time, UT	Epicenter	Depth, km
1992-06-29	Little Skull Mountain	Inland Empire	5.7 M_w	10:14	34.2°N 116.4°W	9.6
1992-06-28	Big Bear	Inland Empire	6.5 M_w	15:05	34.2°N 116,8°W	5
1992-06-28	Landers	Inland Empire	7.3 M_w	11:57	34.2°N 116.4°W	1.09
1992-04-26	Cape Mendocino	North Coast	6.6 M_w	11:18	40.4°N 124.4°W	21.7
1992-04-26	Cape Mendocino	North Coast	6.5 M_w	7:42	40.6°N 124.3°W	19.3
1992-04-25	Cape Mendocino	North Coast	7.2 M_w	18:06	40.4°N 124.1°W	10.5
1992-04-23	Joshua Tree	Inland Empire	6.1 M_s	04:51	34°N 116.3°W	11.6

Table 2. United States' Julin series tests and detonations [15, 16]

Name	Date time (UT)	Location	Elevation+ height	Delivery Purpose	Yield	Notes
Victoria	19 June 1992 16:45:00	NTS 37.01°N 116.01°W	1,179 m 244 m	underground shaft, weapons development	80 t	
***Galena-Green* - 3**	23 June 1992 15:00:00.07	NTS 37.12°N 116.03°W	1,269 m 400 m	underground shaft, safety experiment	less 5 kt	Simultaneous, same hole.

***Galena-Orange* - 2**	23 June 1992 15:00:00.07	NTS 37.12°N 116.03°W	1,269 m 400 m	underground shaft, safety experiment	less 5 kt	Simultaneous, same hole.
***Galena-Yellow* - 1**	23 June 1992 15:00:00.072	NTS 37.12°N 116.03°W	1,269 m 400 m	underground shaft, weapons development	less 5 kt	Simultaneous, same hole.
Hunters Trophy	18 September 1992 17:00:00	NTS 37.21°N 116.21°W	1,827 m 385.3 m	underground tunnel, weapon effect	4 kt	
Divider	23 September 1992 15:04:00	NTS 37.02°N 115.99°W	1,208 m 426 m	underground shaft, weapons development	5 kt	Last U.S. nuclear test

The appearance of an anomalous ELF signal in the 140 Hz channel at L ~ 1.6 is a characteristic ionospheric precursor of an earthquake [9,11]. The trough in the 4600 Hz channel at L ~ 1.5 is observed over the Landers earthquake zone after UNT Victoria. Intensive oscillations at the lower hybrid frequency (NGR) are usually observed in 4600 Hz channel band. The injection of light hydrogen ions into the upper ionosphere shifts up the frequency of the NGR and intense oscillations leave the 4600 Hz channel band.

Signal changes in the canals of 4600 Hz and 15 kHz were observed the day after UNT Galena (a series of three UNEs). It was previously illustrated by the example of UNE Texarkana 11 Feb 1989 that ionospheric effects after UNT (with Yieid less than 10 kt) are recorded only on the experimental day before terminator pass [9].

Anomalous signals at L ~ 1.18 are associated with the impact on the ionosphere of the hurricane Celia. Its intensity reached the fourth category on June 27.

The following Fig.2 presents the Cosmos-1809 satellite instruments data in 4 and 6 hours after the aftershock on June 29. At 15:04 UT (L ~ 1.5), the satellite trajectory intersects a region whose projection onto the E-layer of the ionosphere is above the Landers earthquake zone. The following effects are found in this area:

1. Cavern of low density and high electron temperature up to 5 %;
2. Strong Ne fluctuations up to 2 %;
3. Strong cavity of the oscillation intensity in the 4600 Hz channel with a sharp boundary, which is typical after the passage of an acoustic wave from the UNE and an earthquake through the F-layer of the ionosphere [9];
4. Characteristic narrow jump in the 4600 Hz channel, which indicates a formed channel for the passage of whistlers along the magnetic field to the southern hemisphere;
5. Longitudinal electric field up to 5 mV/m, which confirms the presence of the magnetospheric channel.

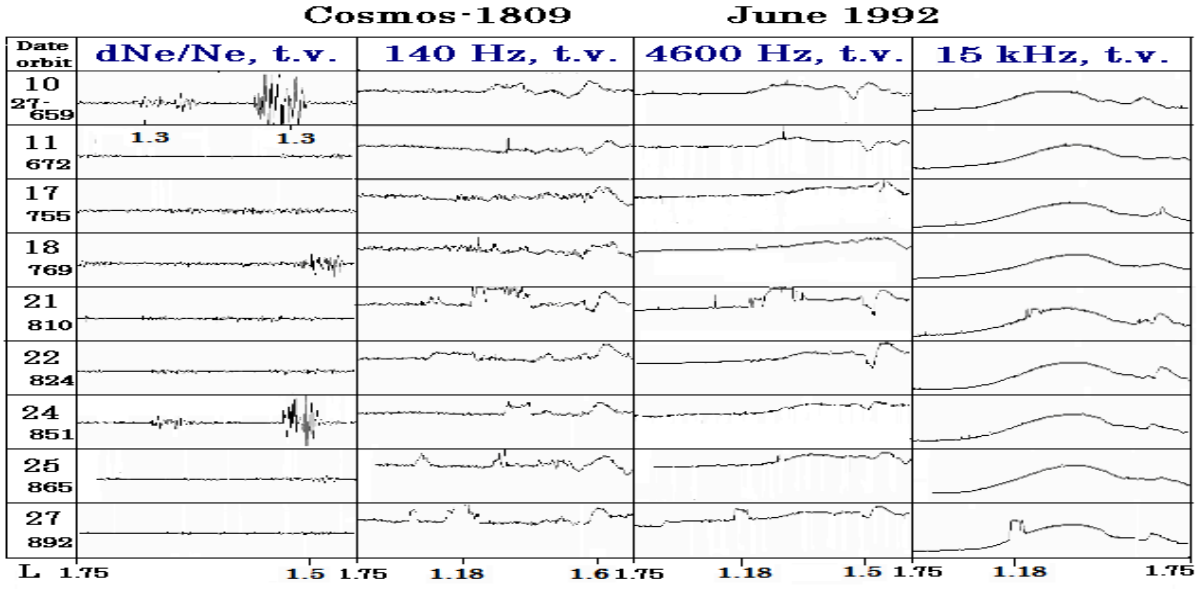


Fig. 1. Fluctuation sequence of Ne and the average amplitudes of electrical oscillations at some frequency intervals near the NTS meridian (116 W) and the magnetoconjugated region (L < 1.75) from June 10 to June 27, 1992 (LT = 10.5) before the Landers earthquake start

II. Particularities of the development of tropical cyclones after nuclear testing in September 1992

Though September is the climatological peak of hurricane season 1992, an increase in wind shear prevented tropical cyclogenesis in the first half of the month [17]. Fig. 3 shows the intensities of the TC in the Atlantic Ocean and the eastern part of the Pacific Ocean for this period. There were two TC around America before the Hunters Trophy UNT. The center of the tropical storm Roslin was 19.3 N, 126 W and the wind speed 60 knot June 18. TC Bonnie had its origins in a non-tropical weather system. TC Bonnie moved slowly along a counterclockwise path before strengthening into a hurricane at 18:00 UT September 18.

Figure 3 shows that the Bonnie, Tina, and Seymour TSs were sharply intensified after the UNT Hunters Trophy. The tropical wave which triggered the formation of Seymour moved off the African coast on 1 September. Tina formed from tropical wave over the west coast of Africa near Dakar and over the Cape Verde Islands on the 5-6th of September. Satellite images indicate that late 16 September the amount of deep convection associated with the wave increased and became concentrated over a small area centered about 650 км to the south of Acapulco, Mexico. However, it was not until the 17th that the two interacting systems became a tropical depression. Seymour moved to the west-northwest and northwest reaching hurricane status at 12:00 UT 19 September.

Characteristics of the six TCs have changed sharply after the Divider UNT, which follows from Fig. 3 and Fig. 4. The acoustic impact of UNE on the atmospheric systems of Roslin, Seymour and Tina led to a simultaneous drop in intensity TC near the west coast of America. TC Seymour and Tina began to rotate relative to each other, since the distance between their centers was less than 1,400 km (Fujiwhara effect). Then Tina absorbed Seymour and the joint reinforcement of Tina and Roslin began. The behavior of interacting TCs in the stratosphere disturbed by the eruption of the Pinatubo volcano is explained by the change in the propagation of infrasonic waves [18]. It should be noted that there is another physical mechanism associated with galactic cosmic rays, affecting the development of the TC, where the content of aerosols in the atmosphere plays an important role [19].

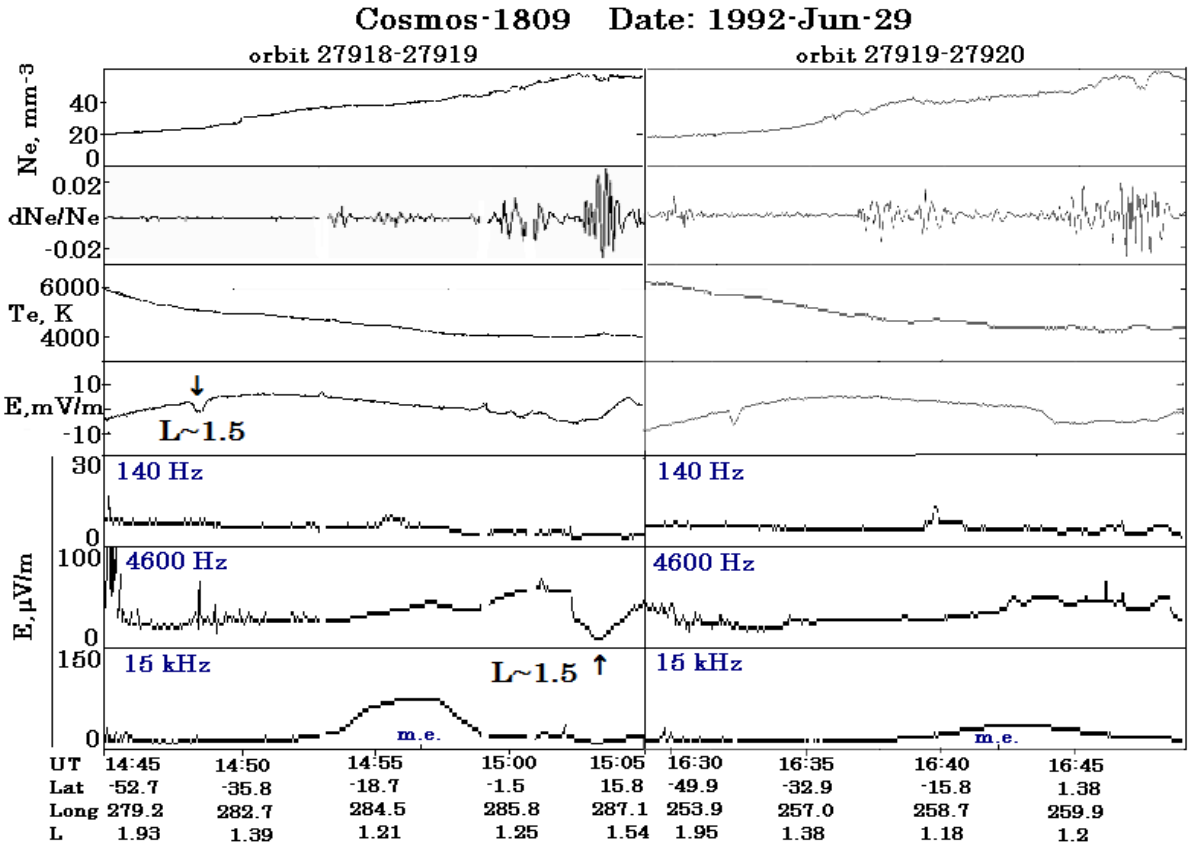


Fig. 2. Perturbations of the upper ionosphere at 4–6 hours after the Landers earthquake

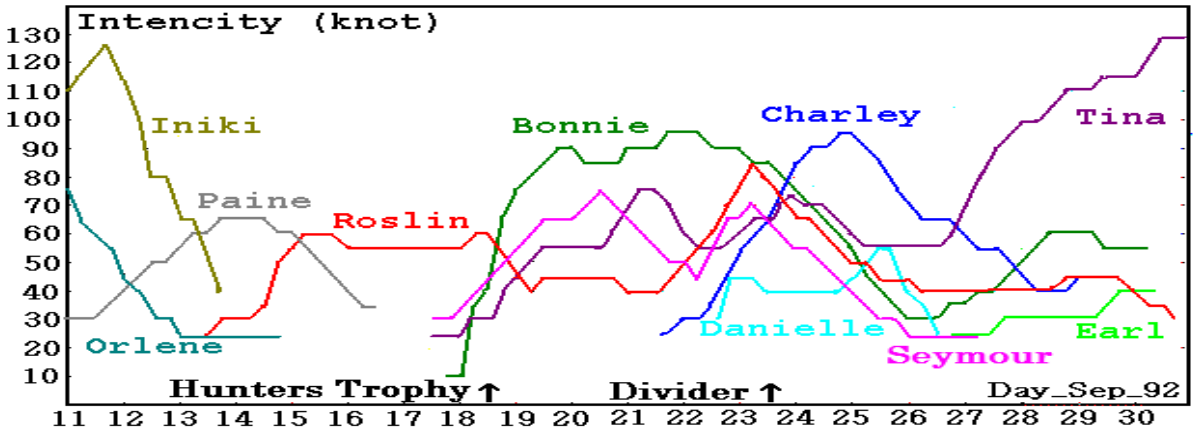


Fig. 3. TC intensities in the Pacific and Atlantic oceans from September 11 to September 30, 1992. Arrows indicate the moments of the Hunters Trophy and Divider UNTs.

From the point of view of meteorologists the second cycle of intensification was underway on the 24th when Tina made a rather sharp turn to the north-northeast, onto a heading toward the west coast of Mexico. The turn coincided with a weakening of the ridge to the north and with a mid- to upper-level trough moving eastward to the north of Tina [17].

Near the east coast of America the acoustic impact of UNE on TC Danielle slightly reduced its intensity (Fig. 3) and sharply changed its trajectory (Fig. 4). The impact of UNE on the more distant interacting atmospheric systems Bonnie and Charley, which began to rotate, also sharply changed their trajectories. Comparison of electron density Ne on 10 consecutive orbits (Fig. 4), which took place at the same local time LT ~ 21: 40, shows that only on orbit 29116 its significant increase is observed. This orbit intersected the plane of the magnetic meridian passing through the NTS. The growth of Ne occurred over the zone of influence of Roslin, Seymour and Tina, which is associated with the acoustic impact of UNE. Separate narrow peaks of Ne over the TC which is typical for single strong non-interacting TC are not highlighted in Fig. 4 [9].

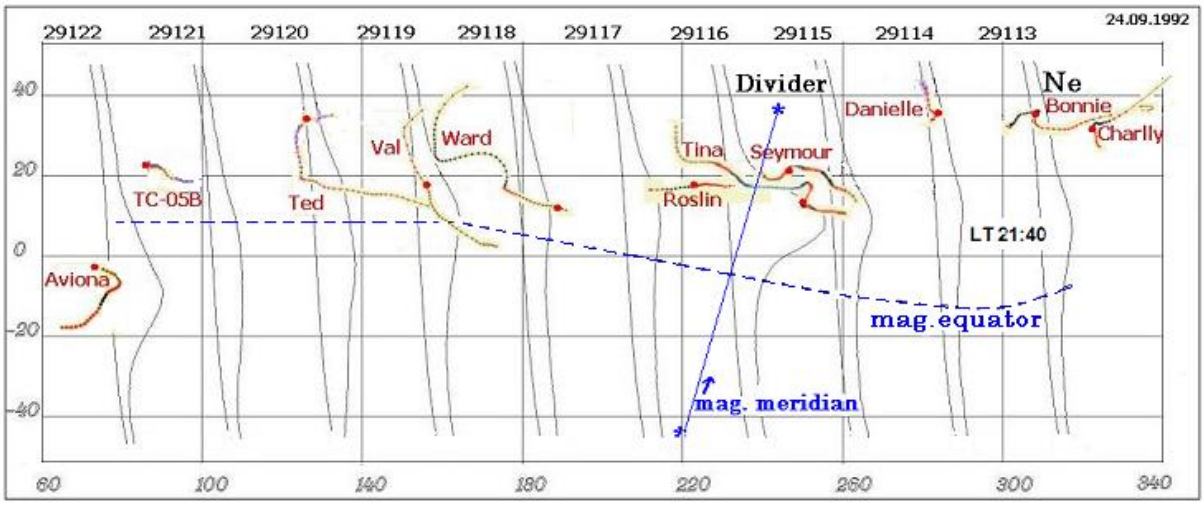


Fig. 4. Electron density after the UNT Divider. The points on the TC trajectories indicate the centers of the cyclones at the time of the satellite pass.

Fig. 5 presents some parameters of the ionosphere near the NTS meridian after the evening terminator on the day of the experiment. Due to the declination of the magnetic field, the height of the sun shadow in the plane of the satellite trajectory is higher in the northern hemisphere (2265 km at the NTS latitude) than in the magnetically conjugated region of the southern hemisphere (less than 1000 km). Therefore, the influence of UNE on the TC is better determined in the southern hemisphere. At orbit 29115 the periodic structure in the 4600 Hz channel apparently reflects the appearance of moving ionospheric disturbances after the acoustic wave enters the E-layer. Some of the maxima in the 15 kHz channel before the magnetic equator (m. e.) and behind it coincide with the projection of

the magnetic field on the E-layer of the ionosphere above TC Seymour, Roslin and Tina. At orbit 29116 the appearance of a diffuse structure in the 15 kHz channel over the NTS ($L < 1.7$) is well distinguished, which apparently reflects the appearance of a sporadic E-layer due to precipitating electrons in the conjugate ionosphere. After the morning terminator passes through the NTS such particularities do not differ on orbits 29222 and 29223.

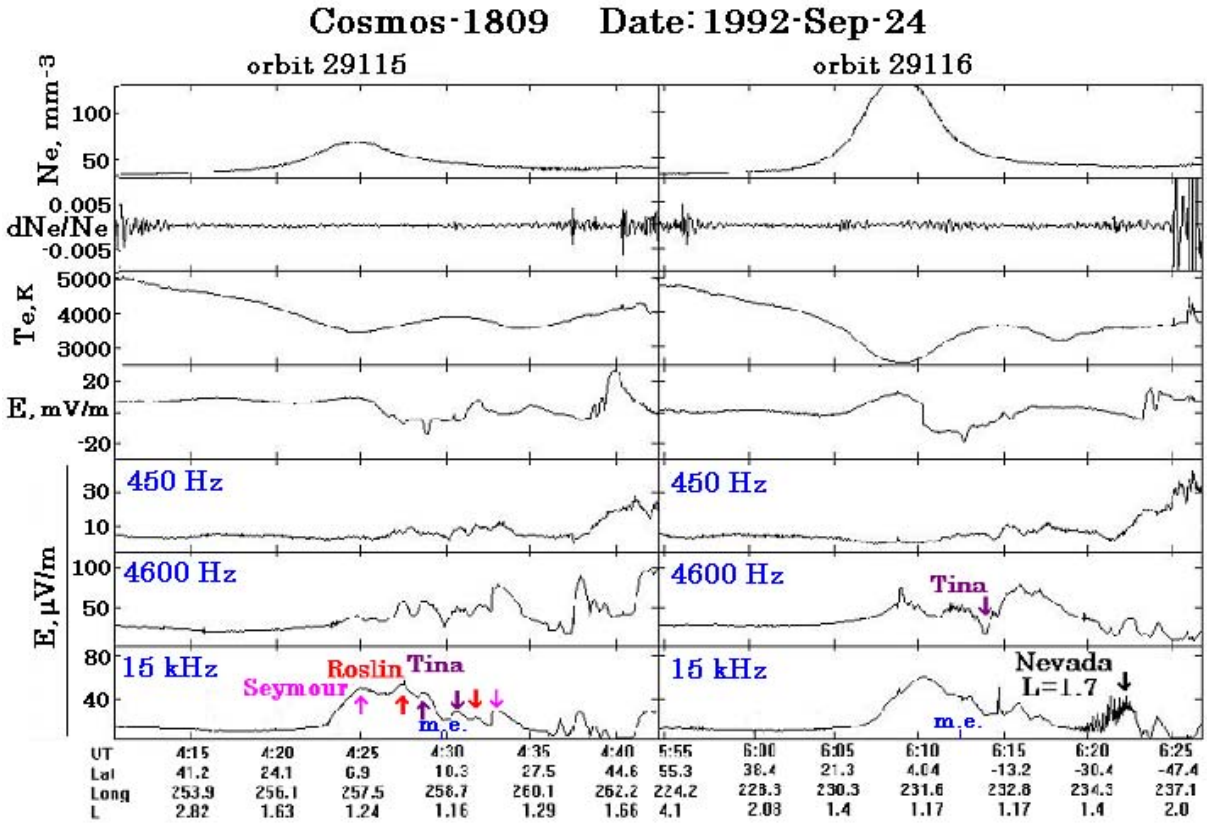


Fig. 5. Ionosphere parameters at satellite pass closest to the NTS after the Divider UNT

Summary

1. The seismic impact of the UNE Victoria and Galena in June 1992 on the San Andreas Fault, which has accumulated critical stress, appears to have caused the Landers earthquake. This conclusion confirms the appearance of ionospheric disturbances over California and Nevada, recorded from the Cosmos-1809 satellite. In the future, it is planned to compare this conclusion with the dynamics of the stress state in Southern California based on the geomechanical model and current seismicity [20].

2. The acoustic impact of the UNE Hunters Trophy and Divider on the global TC system is associated with the quasi-Biennial oscillation of zonal wind after the eruption of the Pinatubo volcano. A sharp change in the intensity and trajectory of the TC in the waters of the Atlantic Ocean and the eastern part of Pacific Ocean after UNE appears to be described by nonlinear dynamics of planetary magnetized Rossby waves [21], which requires additional investigation.

Reference:

1. Harris, R. A. The Loma Prieta, California, Earthquake of October 17, 1989 – Forecast. U.S. Geological Survey professional paper 1550-B. 1998.
2. Hauksson, E., Jones L., Hutton K., Eberhart&Phillips D. The 1992 Landers Earthquake Sequence: Seismo-logical observations // J.Geoph. Res. Solid Earth. Vol. 98, Is. B11. pp. 19477–20039.1993.
3. Gizzi, F. T. Worldwide trends in research on the San Andreas Fault System // Arab J. Geosciences. 8 (12). pp. 10893–10909. 2015. doi:10.1007/s12517-015-1878-4.
4. Eliseev, A. V., Mokhov I. I. Amplitude-phase characteristics of the annual cycle of surface air temperature in the Northern Hemisphere // Adv. Atmos. Sci. Vol. 20.No. 1. pp. 1–16. 2003.
5. Mokhov, I. I., Eliseev, A. V. Changes in the characteristics of the quasi-Biennial oscillation of zonal wind and temperature in the equatorial lower stratosphere // Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics. Vol. 34. No 3. pp. 291–299. 1998.

6. Gruzdev, A. N., Bezverkhnii, V. A. Quasi-Biennial oscillation in the atmosphere over north America from ozonesonde data // Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics. Vol. 41. No.1. P. 29-42. 2005.
7. Сурков, В. В. Электромагнитные эффекты при взрывах и землетрясениях. М.: МИФИ. 2000.
8. Гохберг, М. Б., Шалимов С. Л. Воздействие землетрясений и взрывов на ионосферу. М.: Наука. 2008.
9. Беляев, Г. Г., Костин В. М. Проявление мощных естественных и антропогенных процессов в ионосфере и на Земле / Электромагнитные и плазменные процессы от недр Солнца до недр Земли. Сборник ИЗМИРАН-75. Ред. В.Д. Кузнецов. С. 170-184. 2015. www.izmiran.ru/IZMIRAN75/IRP/Belyaev.pdf
10. Беляев, Г. Д., Костин В. М., Трушкина Е. П., Овчаренко О. Я. Вариации параметров плазмы верхней ионосферы после подземных ядерных испытаний // Сб. докладов 5-й Международ. конф. Солнечно-земные связи и предвестники землетрясений». ИКИР ДВО РАН. С. 342–348. 2010.
11. Hayakawa M. Fundamentals of earthquake prediction. Singapore: J. Wiley & Sons. 2015.
12. Parrot, M., Berthelier J. J., Lebreton J. P., Sauvaud J. A., Santolik O., Blecki J. Examples of unusual ionospheric observations made by the DEMETER satellite over seismic regions // Phys. Chem. Earth. 31. P.486. 2006.
13. Ruzhin, Y. Y., Sorokin V.m., Yashchenko A. K. Physical mechanism of Ionospheric total electron content perturbations over a seismoactive region // Geomag. Aeronomy. Vol. 54. No. 3. P. 337-346. 2014.
14. Afraimovich, E. L., Astafieva E. I., Gokhberg M. B., Lapshin V. M., Permyakova V. E., Steblov G. M., Shalimov S.L. Variations of the total electron content in the ionosphere from GPS data recorded during the Hector Mine earthquake of October 16, 1999, California // Russ. J. Earth Sci. V. 6. No. 5. P. 339–354. 2004.
15. Allen, B. M., Drellack S. L., Townsend M. J. Surface Effects of Underground Nuclear Explosions. U.S. Department of Energy Report DOE/NV/11718-122, 1997,147 p.
16. Grasso, D. N. Geologic Surface Effects of Underground Nuclear Testing, Yucca Flat, Nevada Test Site, Nevada. USGS Open-File Report 00-176. 2000, 20 p.
17. Lawrence, M. B., Rappaport, E. N. Eastern north Pacific hurricane season of 1992. Monthly weather review. Vol. 122. P. 549-558. 1994.
18. Boychev, B., Belyaev G., Kostin V., Ovcharenko O., Trushkina E. Ionosphere parameters changing by interactive tropical cyclones according to Cosmos-1809 and Intercosmos Bulgaria-1300 satellite data // SunGeo. V. 13. No.1. P. 31-39. 2018.
19. Bounder, V. G., S. A. Pulinets. Effect of mesoscale atmospheric vortex processes on the upper atmosphere and ionosphere of the Earth, Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. Vol. 48. No. 9. P. 871–878. 2012. doi:10.1134/S0001433812090034.
20. Bounder, V. G., Garagash I. A., Gokhberg M. B. The dynamics of the stress state in Southern California based on the geomechanical model and current seismicity: Short term earthquake prediction. Russ. J. Earth Sci. Vol. 17. ES1005. 2017. doi:10.2205/2017ES000596.
21. Aburjania, G. D. Self-localization of planetary wave structures in the ionosphere upon interaction with nonuniform geomagnetic field and zonal wind // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. Vol. 47. No. 4. P. 533-546. 2011.

НОВИ ВИСОКОТЕХНОЛОГИЧНИ РЕШЕНИЯ НА ЕКОЛОГИЧНИ ПРОБЛЕМИ В СТРОИТЕЛСТВОТО

Петър Бодуров, Васил Генчев

Разрушител 2016 ООД
e-mail: pbodurov@tu-sofia-bg.com; genchev@tu-sofia-bg.com

Ключови думи: *Индустриален Ракетен Двигател (ИРД),Чук за забиване на пилоти (ЧЗП), Чук за забиване на пилоти под вода (ЧЗПВ), Чук за разбиване на скали (ЧРС.)*

Резюме: *Разгледани са нови високотехнологични решения на екологични проблеми в строителството. Предложен е нов двигател, който работи на принципа на ракетните двигатели, за задвижване на индустриални машини, по-точно строителни чукове. Разгледаните чукове, защитени с патенти в Германия и България, създават нови възможности в дейностите по укрепване на брегове и свлачища, за стабилизиране на платформи за добив на нефт и за разрушаване на скали на недостъпни места.*

NEW HIGH-TECHNOLOGICAL SOLUTIONS TO ECOLOGICAL PROBLEMS IN CONSTRUCTION

Petar Bodurov, Vasil Genchev

Destroyer 2016 Ltd.
e-mail: pbodurov@tu-sofia-bg.com; genchev@tu-sofia-bg.com

Keywords: *Industrial Rocket Engine (IRE), Pilot Drilling Hammer (PDH), Pilot Drilling Hammer under water (PDHW), Rock Destroying Hammer (RDH).*

Abstract: *New high-tech solutions to ecological problems in construction are being considered. A new engine is being proposed, which runs on the principle of rocket engines, for the propelling of industrial machines, in particular for construction hammers.The patented hammers protected by patents in Germany and Bulgaria create new opportunities for the strengthening of shores and landslides with the help of pile driving, stabilization of oil platforms in the oceans and the destruction of rocks in inaccessible locations.*

Въведение

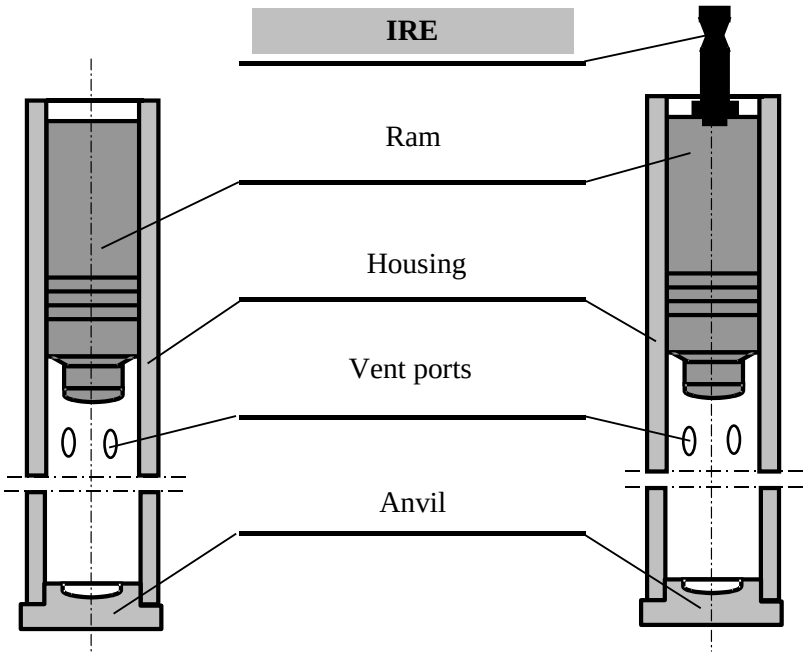
Технологията на забиване на пилоти чрез издигане на ударна част(УЧ) на известна височина и свободното й падане върху забивания пилот не е променена вече 8000 години. Променят се само начините за издигане на УЧ. Първо с коне, 1710 г., с парен чук,1883 г., с дизелов двигател, 1938 г.,и с хидравличен цилиндър,1963 г. Но същността на забиването остава – забива се с помощта на свободно падаща УЧ. Съвременното строителство включва земеукрепителни дейности, които изискват забиване на пилоти под ъгъл 45º и хоризонтално. Съществуващите забивни чукове не могат да реализират това. Друга строителна дейност е укрепването на плаващите нефтени платформи. За тяхното закрепване на океанското дъно е нужно да се забият поне 5 пилота. Тези чукове имат и екологични проблеми.Проблем е и разрушаването на големи скални късове, които се образуват при взривни дейности в открити мини и кариери и при каменопади в планините. Докато за големите скални късове в мините и кариерите има някои решения, за опасните скални късове при каменопадите на труднодостъпни места почти няма добри решения.

В настоящия доклад разглеждаме примерни модернизации на съществуващите забивни чукове (ЧЗП) за решаване на изброените по-горе проблеми както и нови решения.

Земеукрепване

През 1843 г. шотландският изобретател James Nasmyth построява парен чук за забиване на пилоти. Но едва през 1883 г. немската фирма MENCK започва да забива регулярно пилоти с парна установка. През 1923 г. немската фирма DELMAG се заема с въвеждането на дизелов двигател за издигане на УЧ. Дизеловият чук се оказва много удобен за забиване и се превръща в най-масовият забивен чук. В момента в света работят над 65 000 броя дизелови чукове. Недостатък на дизеловия чук се оказва ограничената максимална маса на УЧ. Немската фирма Bauer успя да повиши масата на УЧ на 27 000 kg, и за сега изглежда, че това е възможният максимум за дизеловите чукове за забиване на пилоти. За да отговори на появилата се нужда от чукове с по-голяма УЧ през 1963 г. немската фирма KRUPP създава хидравличен ЧЗП, при който издигането на УЧ се осъществява с помощта на хидравличен цилиндър. Така става възможно да се построят хидравлични ЧЗП с УЧ над 50 t – до 125 t. Изброените видове ЧЗП нанасят удар с максимална скорост на УЧ до 7 m/s. При свободното падане на УЧ най-удобно е отвесното забиване на пилоти, но се прилага и наклонено забиване на пилоти – до 30˚ спрямо вертикалата. Предлагаме схема за модернизиране на ЧЗП, Фиг. 1, като се запазва устройството за издигане на УЧ - парно, дизелово или хидравлично, но се въвежда активно задвижване на УЧ за нанасяне на удар с помощта на монтирания върху нея Индустриален ракетен двигател (ИРД), Фиг. 2 [1]. Така се елиминира действието на земната гравитация и се създава възможност на ЧЗП за нанасяне на удари и забиване на пилоти под всякакъв ъгъл в пространството. Друго предимство е еквивалентното увеличение на масата на УЧ и от там и енергията на удара. Известно е, че забитите с по-висока скорост пилоти имат по-висока товароносимост – поради по-доброто уплътняване на почвата около пилотите. Добавеното активно действие на ИРД към това на земната гравитация позволява изменение на енергията на удара без да се променя височината на падане или масата на УЧ. Друго предимство се очертава в уникалната способност на ИРД да упражнява така наречения сложен или комбиниран удар, при който в момента на удара работещият ИРД упражнява и пресово усилие. Въвеждането на активна УЧ ще позволи също революционизиране на конструкциите на ЧПЗ и на технологията на забиване. Очертава се перспектива да променим и оптимизираме една хилядолетна технология на забиване на пилоти.

1. Before the modernization 2. After the modernization



Фиг. 1. Модернизация на дизелов чук за забиване на пилоти

Смятаме за неправилно забиването на пилоти да се извършва само със скорости 6–7 m/s. Едно елементарно увеличение на скоростта на забиване само с 2 m/s, например от 7 m/s да се увеличи на 9 m/s, ще доведе до снижение на масата на УЧ с около 40 %.

Използването на метални пилоти изцяло обезсмисля възраженията за забиване с по-високи скорости.

a/ b/ c/

Фиг. 2. Чук за забиване на пилоти модел Ур-2, задвижван с ИРД: а/ ИРД. б/ Монтаж на ИРД-2, заедно със шлангове – 2 броя за въздух и 1 за керосин, върху УЧ с маса 500 kg.
в/ Изпитания на чук модел УР-2 с ИРД.

Предлагаме да се премине към забиване със скорости от порядъка 9-11 m/s, и дори 12 m/s. Така ще се постави край на този неоправдан и скъп гигантизъм при ударните части.
На фона на сполетелите през последните години Европа, Азия и Америка катастрофални наводнения и земетресения, се очертава строителството в земетръсни зони (при тях са необходими до 90 % забити под наклон около 45º пилоти), укрепването на брегове, свлачища, пристанища и мостове(около 20–30 % от забитите пилоти трябва да са хоризонтални). Годишно само в Европа се извършват земеукрепителни работи за не по-малко от 100 милиарда евро.

Смятаме, че в близките години ЧЗП с ИРД ще заемат монополно приложение при забиване на пилоти под различни ъгли. Освен това те са много подходящи за условията на Крайния Север, т.е. представляват интерес за Русия, Канада, САЩ и Скандинавия.

Забиване на пилоти под вода

През последните десетилетия добивът на нефт от океанското дъно непрекъснато нараства. Смята се, че 2/3 от запасите на нефт са под вода. Особено перспективен се очертава добивът на нефт от дъното на Северния ледовит океан, който е със средна дълбочина около 4000 m. Нараства броят на плаващите платформи, чиято единична цена е над 1 милиард долара. Също се разработва идеята за закотвяне на плаващи платформи, на които да се разполагат ветрогенератори. Върхът на възможностите на сегашните чукове за забиване на пилоти под вода е да забият пилот, който представлява стоманена тръба с външен диаметър около 2 m и дължина 100 m, с маса около 400 000 kg, на океанско дъно на дълбочина не по-голяма от 3 000 m. За сигурно закотвяне на нефтена платформа е необходимо да се забият до 6 такива пилота, като за забиването на един пилот са нужни до 5 000 удара с падаща УЧ с маса не по-малка от 20 000 kg. Падащата УЧ на съществуващите чукове се издига в изходно положение с помощта на хидравлични цилиндри и нанася удар със скорост не повече от 6 m/s, като пада свободно в херметичен корпус, в който се поддържа въздушна среда с високо налягане. Тази схема е много скъпа и сложна за реализация и експлоатация, като също е трудно осъществима на по-големи от 3 000 m дълбочини и ограничава както скоростa на удара на ударната част, така и масата ѝ. Освен това пилотите се забиват само вертикално. Съществува и екологичен риск от замърсяване на околната водна среда при авария на използваното хидравлично оборудване.

Предлаганата конструкция на чук за забиване под вода (ЧЗПВ) не изисква сложно и скъпо херметизиране на УЧ при преместванията й [2]. Околната вода обхваща изцяло елементите на чука и затова той може да работи безпроблемно и на най-големи дълбочини. За задвижване на ударната част ще се използват електрически ракетни двигатели (ЕИРД).

Наличието на активна УЧ позволява безпроблемно забиване на пилоти под всякакъв ъгъл в пространството. Също така може да се реализират по-високи скорости на УЧ без да се увеличава височината на падането й. Така предлаганият ЧЗПВ се различава съществено от съществуващите чукове по две причини – не се херметизира, за да се пренесат и под вода условията, при които работят ЧЗП на сушата, и двете движения на УЧ – издигане и падане ще се осъществяват от ЕИРД. Радикалното решение за работа на ЧЗПВ на практически всякакви дълбочини е да се използва за работно тяло околната вода, която сама, без необходимост от помпи или други съоръжения, ще изпълва ракетните камери. При следващо нагряване и изпаряване на водата, която е изпълнила ракетните камери, тя ще изтласква останалата вода през соплото на камерите и ще създава реактивна тяга. Необходимата електрическа енергия за нагряване и изпаряване на водата в камерите ще постъпва по кабел от разположен над чука кораб или от друг енергоизточник – например от сушата, по подводен кабел. При нагряване и изпаряване на работното тяло с помощта на лазер може да се използва и оптически проводник. Лазерният ракетен двигател се очертава като извънредно перспективен, защото безпроблемно осигурява нагряване с температури от 7 000 до 10 000 ˚C. Електрическите ракетни двигатели се разработват отдавна и няма проблеми те да се разработят и за задвижване на индустриални машини. Проблемът при тях е, че са разработвани изключително за космически полети, а това означава, че се налага да се съобразяват с дефицита на работно тяло и енергия в Космоса. За това тези двигатели са разработвани за създаване на много малки усилия. В нашия случай, за задвижване на ЧЗПВ – в условията на земните водоеми, не е проблем осигуряване на нужната енергия, в случая електрическа, както и наличието на практически неограничени количества работно тяло – околната водна среда.

Чук за разбиване на скали (ЧРС)

Известни са два вида чукове за разбиване на материали – многоударни и едноударни. У нас се използват само многоударни чукове, които разрушават с множество удари. Тези чукове са само за разрушаване на изкуствени материали като бетонни конструкции, тухлени зидове и асфалт. В чужбина се използват и едноударни чукове, с които се разрушават по-големи скални блокове, които се получават при взривни работи в открити рудници. Тези чукове са хидравлични и с падащи УЧ, с маса до 8350 kg, и с верижен носач с маса 60000 kg. Максималната им скорост на удара е до 4,85 m/s. Общ недостатък на описаните чукове е, че могат да се използват само при наличие на пътна настилка и имат достъп на разстояние до 12 m. Разработеният от нас прототип на чук за разбиване на скали (ЧРС) реализира за първи път в света висока, до 21 m/s, скорост на удара, която се оказа извънредно ефективна за разрушаване на скали. Въвеждането за първи път на реактивно задвижване с ракетен двигател с твърдо гориво (Фиг. 3), позволява постигане на висока скорост на удара при минимална маса на съоръжението.

а/ б/

Фиг. 3: а/ Ракетен двигател с твърдо гориво, б/ Прототип на ЧРС върху скален блок от андезит

Прототипът ни има обща маса едва 1700 kg и УЧ от 700 kg. Тези малки маси позволяват при експлоатацията на ЧРС да се използва всякаква транспортна техника – от автокран до вертолет и достъп до най-недостъпни места. Поради малката си маса ЧРС безпроблемно може да се използва и при каменопади в недостъпни за техниката места. Задвижването на УЧ с ракетен двигател опозволява нансяне на удар под всякакъв ъгъл, което е огромно предимство при ликвидиране на последствията на каменопади. Установихме също, че поради високата скорост на удара ориентацията на ръба на бойника на УЧ е без значение.Тестовете с ЧРС проведохме със скални блокове от минерала андезит, който се добива в кариера до с. Братя Кумчеви, Новозагорско. Якоста на минерала андезит е като на гранита и той масово се използва като пълнеж на бетон и асфалт. Нашият прототип е в момента най-мощният чук за разбиване на скали в света! Има уникална конструкция, уникални възможности и уникални приложения!

Изводи

Използването на задвижване, което работи на принципа на ракетните двигатели, позволява създаване на машини с нови уникални възможности в строителството.

Литература:

1. Deutsches Patent DE 10 2006 014 292 B4 2013.01.03, Rammgerät, Bodurov Petar, Sofia, Bulgaria.
2. Bodurov, P. et al., Underwater Pile Driving Hammer with Active Impact Body, Mechanical Engineering Research, Vol. 2, № 1, 2012, pp. 81-–87.

.

S E S 2 0 1 8
Fourteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
7 – 9 November 2018, Sofia, Bulgaria

ЕКОЛОГОСЪОБРАЗНОТО СТРОИТЕЛСТВО КАТО МАРКЕТИНГОВ ИНСТРУМЕНТ НА СЪВРЕМЕНАТА СТРОИТЕЛНА КОМПАНИЯ

Ива Николова[1], Панчо Николов

[1]Висше строително училище (ВСУ) "Любен Каравелов"- София
e-mail: kosovic_iva@yahoo.com, pancho_nikolov@mail.bg

Ключови думи: *Зелен маркетинг, Строителна компания, Зелено строителство, Устойчивост на околната среда, Екологосъобразно строителство.*

Резюме: *Все повече строителни компании, проявяват загриженост и ориентация към използването на маркетингови дейности свързани с опазването на околната среда. Екологичното строителство и концепцията за по-интелигентен начин на живот предлагат много предимства. Не е много далеч времето, когато изграждането на "зелени" сгради ще бъде стандарт на деня, и зелените сгради ще играят каталитична роля в решаването на проблемите на изменението на климата. Хората трябва да бъдат чувствителни към това как зелената технология ще бъде от полза за техния живот. Тъй като широката общественост осъзнава по-добре ползите от зелените сгради, строителните компании трябва да станат творци и да намерят нови начини за маркетинг и продажба на зелени сгради, като по този начин създават благоприятна атмосфера за експоненциален ръст на сектора.*

THE ENVIRONMENTAL CONSTRUCTION AS A MARKETING TOOL OF THE MODERN CONSTRUCTION COMPANY

Iva Nikolova[1], Pancho Nikolov

[1]University of Structural Engineering and Architecture (VSU) "Lyuben Karavelov"- Sofia
e-mail: kosovic_iva@yahoo.com, pancho_nikolov@mail.bg

Keywords: *Green marketing, Construction company, Green construction, Environmental Sustainability, Ecological construction.*

Abstract: *A growing number of construction companies show increasing preoccupations for environment-oriented marketing activities. The environmental construction and the concept of smarter living offers many benefits. The time is not very far, when going green and constructing green buildings will be the norm of the day, and green buildings will play a catalytic role in addressing issues of climate change. People should be sensitive as to how green technology will benefit their life. As the public becomes more aware of the benefits of green buildings, construction companies should get creative and find new ways to brand, market and sell green buildings, hence creating a conducive atmosphere for the sector to grow exponentially.*

Въведение

Терминът екологичен (зелен, природен или устойчив) маркетинг се отнася за "планиране, изпълнение и мониторинг на разработването, ценообразуването, популяризирането и дистрибуцията на продукти по начин, който отговаря на следните критерии: нуждите на клиента са удовлетворени, целите на организацията са изпълнени, процесите са в съответствие с екосистемите [1]. Устойчивият маркетинг и екологичната ориентация се разглеждат като ценни стратегии за подобряване на конкурентоспособността на строителната компания. Fraj-Andres [2] показва, че стратегиите за околната среда имат положително влияние върху конкурентоспособността на строителната фирма, докато Hartman и Yu-Shan [3, [4]

твърдят, че ползите включват подобряване на корпоративния имидж и репутацията на строителната компания.

Зелените маркетингови стратегии и интегрирането на принципите за устойчиво развитие в дългосрочната стратегия на организацията са предизвикателство за строителите по света. В резултат на условията на разрушителната колебливост на цените на енергията и несигурността на предлагането, ограничените ресурси и политическият натиск, законодателните и социални действия за смекчаване на изменението на климата, се появяват много възможности за иновации в строителната индустрия чрез по-добри продукти, с по-малко отрицателно въздействие върху здравето и околната среда.

“Зеленият маркетинг” произхожда от края на 80-те години на миналия век. Зелените строителни компании се появяват в резултат на ново образувания пазарен сегмент породен от нуждите на природо осъзнатите потребители. Акцентът е върху строителния продукт и неговото представяне. Маркетинговите зелени стратегии са формирани спрямо особеностите характерни за сегмента, като по този начин строителните продукти добавят екологична стойност.

Зеленото строителство като маркетингов инструмент в строителната компания

Предлагането на строителни продукти, които са определени като екологично безвредни (екологични), могат да се определят като нова тенденция в маркетинговата комуникация в строителната компания. Интересът към проблемите и аспектите на околната среда в момента нарастват. Поради това употребата на клиентската чувствителност към екологичните проблеми, от маркетинговите инициативи с екологична насоченост представя екологичните предимства и целият комплекс: от грижа и загриженост, които могат да бъдат печеливши за строителния бизнес.

Зелената реклама е нов феномен, идващ от развитите икономики. Към този инструмент за комуникация потребителите имат малко доверие. Рекламата, определена като "зелена", трябва да отговаря поне на един от следните три признака:

1. Изрично/имплицитно да установява връзката между строителния продукт/услуга и околната среда.
2. Да насърчава "зеления начин на живот".
3. Да показва екологичната отговорност на строителната компания.

Зеленият маркетинг е реализирането на маркетингова програма, насочена към екологичния пазарен сегмент [5]. Зеленият маркетинг е маркетинг на строителните продукти, които се определят като безопасни за околната среда [6]. Този вид маркетинг е усилието да се произвеждат, рекламират, опаковат и рециклират строителни продукти чувствителни към проблемите на околната среда [7]. По отношение на строителството, един от най-разпространените и най-добре познатите зелени строителни продукти е строежът на енергийно ефективни екологични сгради, които са с ниски оперативни разходи, благоприятстват човешкото здраве и опазват околната среда.

Зелените конструкции или екологосъобразните сгради са проектирани, така че да намалят ефекта от строителството им върху хората и околната среда, чрез [8]:

- Ефективно използване на енергия, вода и други ресурси.
- Защита на здравето на потребителите и подобряване на тяхната производителност.
- Намаляване на отпадъците, замърсяването и влошаването на околната среда.

Внасянето на природата в градовете и урбанизираните територии винаги е било много желано от урбанисти и архитекти. Създавани са много устройствени планове с голямо съдържание на зелени площи и свободни пространства, тъй като е установено, че за собствениците на земята е от голямо значение да бъдат близко до природата. Да бъдеш близо до природата, да можеш да докоснеш дървото, да ходиш бос по тревата, има толкова дълбоко значение и идея за всеки човек, че то нулира всички негативи. Актът за озеленяване на сграда, за озеленяване на автобусна спирка, павилион, поставяне на градина върху съществуваща сграда прави дълбоко изявление за начина, по който виждаме или начина, по който трябва да виждаме света. Сградите със зелени покриви се превръщат в завладяващи предмети. Тревата и растителността на земята имат своето естествено хоризонтално пространство, затова защо да е проблем да сложим почва на покрива на сградата и да започнем да отглеждаме там растителност. Някои намират това за по-скоро странно отколкото екологично, но то свързва хората с природата [9].

Един от начините да се създаде зелен продукт е да направиш част от него така, че да се счита за безопасен за околната среда, например една сграда е екологична ако притежава зелен покрив. Зеленият покрив е покрив частично или напълно покрит с растителност и почва или върху който расте средна растителност, засадена върху хидроизолационната мембрана. Той може да включва и допълнителни слоеве, като коренова бариера, дренаж и напояване. Екологичният дизайн все още е в много ранна детска възраст. Напълно зелената сграда или напълно зеленият град още не съществуват.

Има толкова много теоретична работа, технически изследвания, екологични проучвания и т.н., които трябва да бъдат направени и тествани преди да можем да кажем, че имаме зелена сграда или жилище.

От друга страна, екологичният дизайн, както го познаваме днес, предлага огромен потенциал за превръщането на нашите сгради в зелени продукти или системи. Важно е да се определи как жилищата могат да бъдат енергийно ефективни и екологично устойчиви, как да се намалят оперативните разходи по време на жизнения им цикъл и по този начин да спестят пари, енергия и природни ресурси [10].

Сивата вода е част от затвореното виждане за водния цикъл в сградата, състоящо се от дъждовна вода, кладенец и източници на питейна вода. Сивата вода се отнася до повторното използване на вода, изцедена от вани, душове, перални машини и мивки (домакински отпадъчни води, с изключение на отпадъците от тоалетни) за напояване и други приложения за опазване на водите [11]. Употребата на вода се е увеличила, и на много места наличността на вода намалява до рискови нива. Повече от осемдесет страни, с 40 % от световното население, вече са изправени пред недостиг на вода. Разходите за водната инфраструктура са се увеличили драстично.

Качеството на реките и подземните води е влошено, в резултат на замърсяването с отпадъци и замърсители от градовете, промишлеността и селското стопанство. Трябва да преосмислим начина по който използваме водата за да започнем да я използваме колкото се може по-ефективно [12]. Сградите могат да имат значително по-ниско общо потребление на енергия и могат по-рационално да използват суровините и източниците на енергия без да указват прекомерна тежест върху околната среда и да намалят комфорта на хората, живеещи в тях. Съществуват много начини за постигане на зелен продукт, също така зеления продукт може да бъде представен под различни форми но всичките тези неща не са обект на настоящото изследване. Целта на настоящата статия е да промени възприятието на строителната компания.

Екологичната устойчивост се интересува от подобренията в дългосрочните и краткосрочните резултати чрез задоволяване на икономическите, социалните, културните и технологичните нужди [13, 14]. Осведомеността се е увеличила относно глобалните проблеми пред екологичната устойчивост в резултат на срещата на върха на ООН в Рио де Жанейро през 1992 г., протоколите от Киото и по-скорошната среща в Копенхаген. Бяха представени концепции и практики за устойчиво развитие. Устойчивото строителство се описва като част от устойчивото развитие, включващо проектиране, изготвяне на тръжна документация, планиране и организиране на строителната площадка, подбора на материалите, рециклирането и минимизиране на отпадъците [15]. Строителните индустрии потенциално имат значителен принос да направят както строителството, строителните материяли и свързаните професионални услуги около 10 % от БВП и са главен работодател в развиващите се страни [16]. Как отговаря строителната индустрия на поставените предизвикателства е въпрос на прилагане на практики и направени проучвания.

В българското законодателство са влезли редица европейски изисквания по отношение на екологичното строителство – Закон за управление на отпадъците, Закон за устройство на територията (чл. 169 и 169а), Наредба за управление на строителните отпадъци и влагане на рециклирани строителни материали от 2017 г., Наредба РД 02-20-1 от 2015 г. с пълно съобразяване с изискванията на Регламент 305/2011 г на ЕП и ЕК.

Екологизацията на строителството обединява различни по характер разработки, в които икономическата ефективност отстъпва на екологичните приоритети:

- необходимо е да се използват нови строителни материали, които са леки, с добра топлоизолация и не емитират токсични вещества;

- строителните конструкции да гарантират икономия на енергия. Оптимално решение са пасивните къщи, топлинната изолация/санирането/ на многофамилните жилища, създаване на екологизирани градове. Пасивни са нарични къщите (жилищата), които имат най-нисък разход на енергия. Когато за една къща се каже, че тя е пасивна това означава, че тази къща има почти нулево потребление на енергия.

- да се премине към изграждане на сгради от по-лек тип, като вместо тежки сглобяеми елементи от бетон се използват относително леки, но с висока топлинна изолация материали;

- от екологична и икономическа гледна точка е целесъобразно съществуващите панелни сгради да бъдат преустроени на база използване на нови строителни материали [17].

"Зеленият маркетинг" се превърна в термин, произхождащ от Европа, който се прилага, за да отразява и популяризира практиките на екологичната устойчивост [18]. Зеленият маркетинг включва продукти и процеси по начини, които облагодетелстват клиента, доставчика и околната среда [19]. Зеленият маркетинг има за цел да обедини маркетинга и екологичната устойчивост.

Независимо от сравнително по-краткия исторически опит на използване на зелени продукти, технологиите за тяхното производство бързо се усъвършенстват. Произведените по този начин продукти са търсени на пазара, поради основното си предимство, че са екологосъобразни [20, 21, 22, 23].

Заключения

Усеща се засилване на натиска за идентифициране на въздействието върху околната среда от страна на клиентите.

Зеленият маркетинг е един от инструментите на модерния маркетинг, който добива все по-голямо значение и популярност в наши дни, защото показва на клиентите въздействието върху околната среда на предлагания продукт.

Всичко казано до тук води до необходимост строителната компания да възприеме засилващото се значение на екологичните аспекти в производството. Като това може да бъде свързано само с възприемането на „зеленото“ в големите градове, чрез създаване на зелени и екологични сгради или чрез реконструкция на съществуващите.

Като цяло строителните предприятия за момента избягват употребата на зелен маркетинг. Въпреки факта, че осъзнават необходимостта от възприемане на този въпрос. Най-голямата пречка е финансирането. Употребата на зеления маркетинг е свързано с увеличение на разходите, а строителните компании не могат да приемат лесно това увеличение. Поради това има необходимост от по-нататъшно проучване дали с използването на зеления маркетинг в строителната компания ще се увеличът печалбите.

Благодарности

Настоящата публикация е в резултат на изпълнение на проект с тема: „Изследване на маркетинга в строителството: разработване на референтна рамка“ с ръководител доц. д-р инж. В. К. Стоянов по приоритетно направление: „Материали, технологии и мениджмънт в строителството“. (сигн. 04-2018г. към Висше Строително Училище (ВСУ) „Любен Каравелов“- София).

Литература:

1. Garcia-Rosell, J. C., (2009). A Multi-Stakeholder Perspective on Sustainable Marketing, Oulu University Press.
2. Fraj-Andres, E., Salinas-Martines E. and Matute-Vallejo J., (2009). A Multidimensional Approach to the Influence of Environmental Marketing and Orientation on the Firm’s Organizational Performance. Journal of Business Ethics 88 (2), 263–286.
3. Hartmann, P., Forcada Sainz F. J. and Apaolaza Ibáñez V., (2004). Superando los Límites Medioambientales de la Empresa: Un Estudio Experimental del Efecto del Posicionamiento Ecológico en la Actitud Hacia la Marca. Cuadernos de Gestión. 4 (1), 83–95.
4. Yu-Shan, C., (2008). The Driver of Green Innovation and Green Image – Green Core Competence. Journal of Business Ethics, 81(3), 531–543.
5. KARL, E., HENION, I., KINNEAR, T. Green Market Research anyone? A study on Green Market Research practice among companies. National Workshop on Ecological Marketing 2. vydanie. Austin: NERVI.2008.
6. AMERICAN MARKETING ASSOCIATION [online]. Chicago: AMA. 2014. [cit. 2014-10-01]. Dostupné z: https://www.ama.org/AboutAMA/Pages/About.aspx.
7. KOTLER, P., et al. Principles of marketing. London: Pearson Education, 2005. ISBN-13: 978-0-273-68456-5
8. SMOLA, J.: Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů, 2011, Grada, ISBN 978-80-247-2995-4
9. DUNNETT, N. et al. Small green roofs, London: Timber press, 2011.
10. COIMBRA, J., ALMEIDA M. Challenges and benefits of building sustainable cooperative housing, [online]. Elsevier. 2013. [cit. 2014-10-01]. Dostupné z: dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.01.003
11. British Standard BS 8528-1:2010. Geywater systems - Part 1: Code of practice. UK: BSI, 2010.

12. The Analysis of the Possible Use of Harvested Rainwater and its Potential for Water Supply in Real Conditions / Gabriel Markovič, Daniela Káposztásová, Zuzana Vranayová - 2014. In: WSEAS Transactions on Environment and Development. Vol. 10 (2014), pp. 242–249. ISSN 2224-3496.
13. Sage, A. (1998) Risk Management for Sustainable Development, Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 5, 4–15.
14. Preece, C., Low, S., Padfield, R. & Papargyropolou, E. (2011) Developing and marketing sustainable construction services, Proceedings of Management and Innovation for a Sustainable Built Environment CIB Conference, 20–23 June, Amsterdam.
15. Langston, C. and Ding, G. (eds.) (2001) Sustainable Practices in the Built Environment, Butterworth-Heinemann, Oxford.
16. Ive, G. & Gruneberg, S. (2000) The Economics of the Modern Construction Sector, Macmillan, London.
17. Байков, Б.; Екология; Нов Български Университет, 2012г. ISBN 978-954-535-714-5
18. Cai, W. & Li, H. (2008) Green marketing and sustainable development of garment industry: a game between cost and profit, International Journal of Business and Management, 3, 81–85.
19. Polonsky, M. (1994) An introduction to green marketing, Electronic GreenJournal, 1.4, 1-10.
20. Николов, П.; (2012) Изборът на технологии за производство на биодизел в България. Екологична оценка на модулни инсталации; Екологизация 2012, НБУ.
21. Hedley Smyth; (2013) “Green” or Maturing? Environmental Sustainability in Marketing and Business Development amongst Construction Majors; School of Construction and Project Management, University College London; Nordic Conference on Construction Economics and Organisation.
22. Zuzana Poórová, Tomáš Mandičák, Karol Hrubý; PERCEPTION AND USE OF GREEN MARKETING IN CONSTRUCTION ENTERPRISES IN SLOVAKIA; The article presents a partial research result of project VEGA - 1/0677/14 „Research of construction efficiency improvement through MMC technologies”.
23. Stoyanov, V., N. Stankov; (2012) An Overview of Decision-Making Approaches for Determining Shape Size and Allocation of the Temporary Facilities on the Construction Site. 2-ра Международна научна конференция “Образование, наука, иновации”, ЕПУ 2012.

БЕЗПИЛОТНА АВИАЦИОННА СИСТЕМА ЗА РАДИАЦИОННО РАЗУЗНАВАНЕ, АЕРОГАМА СКАНИРАНЕ И КАРТИРАНЕ

Иван Вълчинов[1], Диана Вълчинова[1], Гаро Мардиросян[2], Светослав Забунов[2]

[1]Екопрогрес Интернешънъл ООД
e-mail: office@ecoprogress.net
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: svetoslavzabunov@gmail.com

Ключови думи: *Безпилотна система, радиационно разузнаване*

Резюме: *В доклада са описани съвсем накратко устройството и действието на Безпилотна авиационна система, предназначена за радиационно разузнаване на местност, търсене и откриване на източници на гама лъчение. Системата е обект на патентна защита.*

THE UNMANNED AVIATION SYSTEM FOR RADIATION INTELLIGENCE, AEROGAMMA SCANING AND MAPPING

Ivan Valchinov[1], Diana Valchinova[1], Garo Mardirossian[2], Svetoslav Zabunov[2]

[1]Ecoprogres international LTD
e-mail: office@ecoprogress.net
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: svetoslavzabunov@gmail.com

Keywords: *Unmanned system, radiation reconnaissance*

Abstract: *In The unmanned aviation system for radiation* intelligence *(UASRI)* is *designed to perform radiation localization, search and detection of gamma radiation sources. The presented innovation is subject to patent protection.*

Общо описание

- Безпилотната авиационна система за радиационно разузнаване (БАСРР) може да се разполага на безпилотно летателно средство без използване на специално оборудване.
- БАСРР не изисква, но и не изключва управление и контрол от страна на оператора.
- БАСРР се състои от високочувствителен спектрометричен детекторен блок, GPS, GPRS, бордови компютър (PC), операторска станция, сървър и програмно осигуряване.

Данните от БАСРР чрез GPRS се предават в сървър, от където по интернет постъпват в потребителския PC за наблюдение в реално време, както и за последваща обработка.

Безпилотна авиационна система за радиационно разузнаване (БАСРР)

БАСРР е предназначена за мониторинг и оценка на радиационната обстановка на природни и антропогенни обекти с използване на безпилотно летателно средство, идентифициране на източниците, картографиране на нивото на радиация, търсене на загубени източници на йонизиращо лъчение, контрол при пренасяне на радиоактивни вещества, установяване на последствията от аварии в ядрено-енергетични обекти, откриване на следи от изпитания или използване на ядрено оръжие, вземане на проби и източници за лабораторен анализ и погребването им и др.

Предшестващо състояние на техниката

Известно е използването на пилотирани летателни апарати за авиационно разузнаване и картиране на източници на йонизиращи лъчения, при които измервателната апаратура се намира на борда на летателното средство.

Недостатъци на известните системи са сравнително високата скорост на летене при мониторинга на изследваните обекти, което намалява разделителните способности по пространство и по време, отразяващо се на точността на резултата. Друг недостатък е, че поради ограничената долна граница на полет на пилотираните летателни средства измерването се извършва от сравнително висока височина, което намалява в квадратична зависимост достигналата до измервателната апаратура мощност на еквивалентната доза (МЕД). Освен това, при пилотиран полет над силно замърсени в радиоактивно отношение при ядрени инциденти обекти, летателният персонал е подложен на мощно облъчване с трайни тежки здравословни последици.

Възниква необходимост от създаването на безпилотна авиационна система за радиационно разузнаване, която да е лишена от тези недостатъци.

Задачата на БАСРР

Безпилотната авиационна система за радиационно разузнаване има за задача да отстрани недостатъците при използване на други летателни и наземни средства за радиационно разузнаване на природни и антропогенни обекти чрез търсене и откриване на източници на йонизиращи лъчения и тяхното идентифициране чрез спектрометрия и картиране. Благодарение на спектрометрирането се определя вида на източника на радиационно замърсяване. БАСРР извършва и картиране на изследваните обекти във формат 3D на Google World, като видът и мощността на източника на радиация се регистрират в цветови код. БАС позволява взимане на проби и източници от замърсените участъци за последващ лабораторен анализ и погребване.

Предимства на БАСРР

Предимствата на безпилотната авиационна система за радиационно разузнаване са, че радиационното разузнаване се извършва чрез безпилотно летателно средство, което позволява изследване от минимална височина с минимална скорост (на практика до 0), вследствие на което разделителната способност по пространство и по време се оптимизира. Минималната височина гарантира максимална достоверност на измерените мощности и на спектрограмата. Оперирацият състав е на безопасно разстояние и е максимално защитен от облъчване.

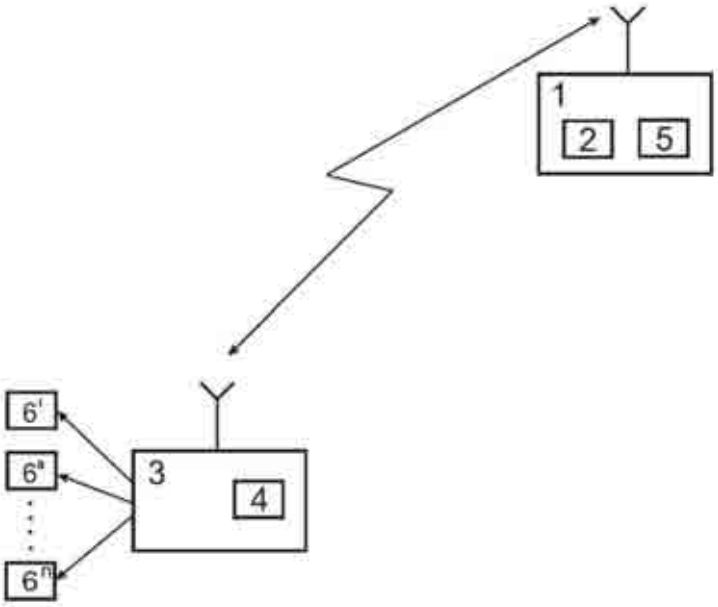
БАСРР позволява кацането на летателното средство върху обследвания обект и вземане на проби и източници за лабораторен анализ и погребване, както и механични действия над източника на радиация.

Действие на БАСРР

Безпилотният летателен апарат, управляван дистанционно чрез радиосигнали от операторската станция се насочва към изследвания обект, използвайки получената чрез двупосочната радиовръзка информация от GPS и видеоинформация от измервателния комплекс, а при възможност и чрез визуален контакт. Програмното осигуряване на сървъра към операторската станция и компютъра на измервателния комплекс осигуряват оптимално позициониране над изследвания обект. Получените данни от измервателния комплекс се предават в реално време в сървъра на операторската станция, откъдето по стандартни формати достигат до устройствата на потребителите.

Структура на БАСРР

Безпилотната авиационна система за радиационно разузнаване се състои от безпилотен летателен апарат – дрон, измерителен комплекс, компютър, операторска станция, сървър и устройства на потребители, и се характеризира с това, че на борда на безпилотния летателен апарат (1) са монтирани измерителен комплекс (2) и компютър (5), като безпилотният летателен апарат (1) е свързан чрез двустранна радиовръзка с операторска станция (3), в която се намира сървърът (4), като от своя страна сървърът (4) е свързан с устройства на потребителите (6^{I},6^{II}...6^{n}).



Фиг. 1. Обща блокова схема на Безпилотната авиационна система
за радиационно разузнаване

Литература:

1. IAEA - JECDOC 1092.
2. Дровников, В. В., М. В. Егоров и др. Разработка аэрогамма - спектрометрических технологии поиска и идентификации техногенных радиоактивных источников. Московский инженерно-физический институт (МИФИ), Москва, 2002, 15 с.
3. Вълчинов, И., Гецов П., Вълчинова Д., Мардиросян Г. и др. Безпилотна авиационна система за радиационно разузнаване. Свидетелство за регистрация на полезен модел № 2593/05.06.2017. Патентно ведомство на Република България.

S E S 2 0 1 8
Fourteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
7 – 9 November 2018, Sofia, Bulgaria

THE MEANING OF THE ANCIENT MESSAGES THROUGH THE STONE ART IN MACEDONIA

Stojan Velkoski, Jane Velkoski, Mihail Velkoski

GAPE Institute, Skopje
e-mail: contact@igape.edu.mk

***Key words**: Stone art, cultural heritage, hidden gold seekers*

***Abstract.** The ancient civilizations undoubtedly developed a culture that included all sciences, and wrote their messages on papyrus, skin etc. Those matters were easily degradable. Therefore, we have only few such exhibits in some of the world museums. The ancient peoples left messages on stone, which is nowadays known as stone art. Those inscriptions survive the ages without being damaged, bearing certain meaning and purpose. A large part of them has been destroyed either by careless gold seekers or because of negligence. About a hundred gold seekers surveyed reveal that the stone drawings very often indicate hidden treasure. So, they destroy the drawing forever. The truth is that those drawings are several thousands of years old and carry information to the future generations. A scientific approach to such stone art works will unveil many facts about the past civilizations. Everything depends on our readiness and capacity to understand them. Those works reveal many elements of everyday life, but also of the political, military and economic area of the pre-ancient civilizations. Those inscriptions carry a spiritual element as well, and the only question is whether we are ready to understand the messages they convey, preserve and bestow them to the future generation.*

INTRODUCTION

Stone art dates from prehistoric times and it represents art, culture and spirituality. Besides, it conveys some messages as well. Each element carved or made in/of stone is part of the spiritual heritage of a society and is protected by law. The teritory of the Republic od Macedonia inherited the age-old culture from those prehistoric times, and thrives in stone art as a legacy of millenial civilisations. The field researches conducted by the Skopje GAPE Institute in the past 20 years, which are still in process, revealed just a small portion of the secrets related to stone art. Cave engravings and sculptures but also inscriptions left by civilisations much older than 5,000 years ago have been discovered.

Gold seekers are obsessed with their findings and consider that each piece of stone art is a map to a hidden treasure, and they therefore destroy the location allegedly preventing the discovery of the said teasure from somebody else. Mr. Dushko Aleksovski is one of the prominent researchers and analyst of the Balkan stone art. He possesses a collection of photographies from various parts of Macedonia dating from different periods of time. All those stone-art documents will be subject to further observation and scientific purposes.

Consequences of the destruction of stone art artefact:

Mislead by the idea that those who found an artefact become its owners, illegal treasure seekers will destroy it without any further thought or care. By demolishing the spiritual records and the other stone-engraved artistisc and historic elements, they are unaware of the consequences of that vandal act which can repercutrate: 1) *On their health condition and the health condition of their family members:* the analysis of this aspect indicate certain subtle phenomena incurred the energy and spiritual plan. This process is not sufficiently known and can onset certain indirect effects on the health condition and the life of the perpetuator and their family. If the respective engraving or work of art has been made by the ancient shamans and mystics, who, by their mantras or other spiritual acts known to them, embedded certain memory, information or a code corresponding to the universe, the said engraving provides for some contact with the so-called cosmic information generator, that is, the treasury of spiritual information. That treasury accumulates all the events, good and bad, related to human existence. With their mental or spiritual senses, people, consciously or not, provide or become aware of diverse information, thoughts and ideas. Upon the death of a person, the matter stays on Earth, whereas all information and spiritual skills remain in the universal spiritual treasure, wherefrom we, the person's

successors, receive ideas and thoughts, creating a type of exchange and distribution of the thought and ideas of the people on our planet (Fig. 1).

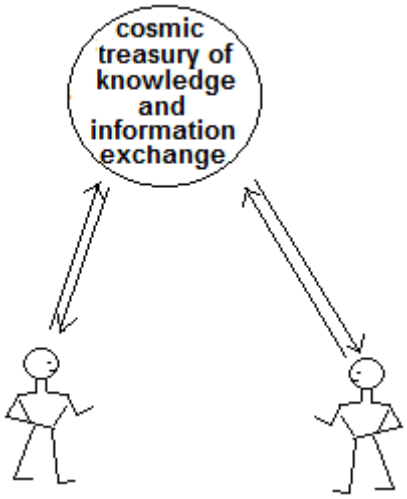


Fig. 1. Cosmic treasury of information

By interrupting this centrury-old connection, the destroyer can easily absorb some quantic destructive energy, which will leave negative effects of their own or their family members' health condition. We, as a civilisation, can only identify the consequence, but are unable to discern the real reason. This is exactly what the research proves. A considerable number of treasure seekers encountered problems or contracted some disease after they have destroyed some piece of stone art. Some of them even lost their lives. 2) *Cultural and historic loss*, as several thousands of years ago stone was used as building material but also as basis to bestow culture and information on good and bad luck, love or hatred, oaths or blessings, war or peace etc. The destruction of this element entails an anihilation of an important connection that supported or deny historic or culture facts. The destruction of the work implies destruction of important elements of culture or history of mankind. 3) *Legal responsibility*, as each destruction or illegal trading of cultural artefacts is a crime and is sanctionable in every society. Therefore, the destroyers of the cultural heritage can easily confront criminal repercussion.

MATERIAL AND METHODS

The research includes about one hundred treasure seekers, farmers, hunters, mounteneers and other people from Macedonia, but also from Bulgaria, Serbia, Greece and Albania.

The research also included several locations in Macedonia, and consisted of photographying, discussions with locals and with gold seekers, exchange of photographies and information, education of the citizens about the preservation of the cultural heritage. It is possible that a large number of the drawings that have been evidenced do not exist any more, but records thereon remain with the scientific researchers.

Description and meaning of the photographies:

The gold seekers interpret stone art in the following way: Fig. 1: According to them, the purpose of this engraving is to indicate that the treasure is to be sought along a river or a spring bank and the distance where it is located corresponds with the dots on the fins indicating steps upwards, while the fish id the symbol of early Christianty (Fig. 2). This engraving includes an arrow pointed upwards but also to the right for some degrees, and the dots indicate the depth where the treasure can be found. Fig. 3 represents a snake and a hammer, refering to some obstacles or traps that will be encountered while seeking for the treasure, but there is also a tool to provide for safety – this is a kind of a document on the location including all instructions on how to reach the hidden treasure; Fig. 4 depicts an engraving of a snake of which the body corresponds to the meanders of the nearby river, whereas there is some underground entrance into some treasure cave where the snake's head is; still there are some dangerous obstacles (traps, poisons or spiritual parasites); Fig. 5 – An engraving representing a camel in motion, referring to an old road and the existence of another sign in the direction of the camel's head which is to be followed to reach something hidden (old weapons, maps and letters or gold pieces); Fig. 6 – A big snake figure, indicating ancient mines containing some treasure and located probably in the direction of the snake's head, or from the direction wherefrom it is coming, while the curvatures of

the snake's body indicate the meanders of a road or a river. The distance to the treasure is proportionate (for example, 1:1000) to the length of the snake and the snake's head is the target.

Fig. 7 represents a map of alleged hidden treasures, with marked streams and a river with old buildings and hills, originally drawn on skin; Fig. 8 – A stone-engraving of a bear with its three cubs; some say that this indicates treasure hidden in 3 utensils, in the direction of the animals' obliquely upward movement; Fig. 9 is an engraving of a hen with five chicks of which one is on its back looking backward. This would indicate that another sign of a hidden treasure is to be sought backwards, in the direction where the chick is looking; Fig. 10 – Stone ovens, there is a cross whose arm ends in a small circle in the same direction, proportional to the cross hand's length in cm. There used to be golden coins which have been detected and removed; Fig. 11 – A map with a scheme of signs to be followed by the seekers towards the alleged buried treasure. Fig. 12–14 – Pre-historic stone-engravings on Belasica mountain (Aleksovski). It is considered that the geometric figures refer to something cosmic, or something still unknown to us; Fig. 15–17 represent artworks –mosaics each speaking of itself and of the cultural level achieved in Macedonian antiquity. Fig. 17 presents a reindeer directed towards an extraterrestrial creature by a flying snake. In modern times, the people in the village of Stracin, near Kumanovo report having noticed some snake-shaped flying creatures after the installment of the NATO forces in that area; Fig. 18–19 stone crosses on tombs of fallen or deceased Knights Templar (village of Premka, Kichevo). Fig. 20 – The meaning of the symbols compared to the alphabet.

Fig. 1. A fish

Fig. 2. Arrows and marks

Fig. 3. A hammer and a snake

Fig. 4. An engraved snake

Fig. 5. An engraved camel

Fig. 6. A snake

Fig. 7. An oriental map copied from a skin

Fig. 8. A stone engraving a bear with three cubs

Fig. 9. A stone engraving of a hen with five chicks

Fig. 10. Stone ovens, A, an engraved cross, of which one hand end with a circle:
there used to be gold coins burried iun this direction, horisontally B,
which were taken out by somebody

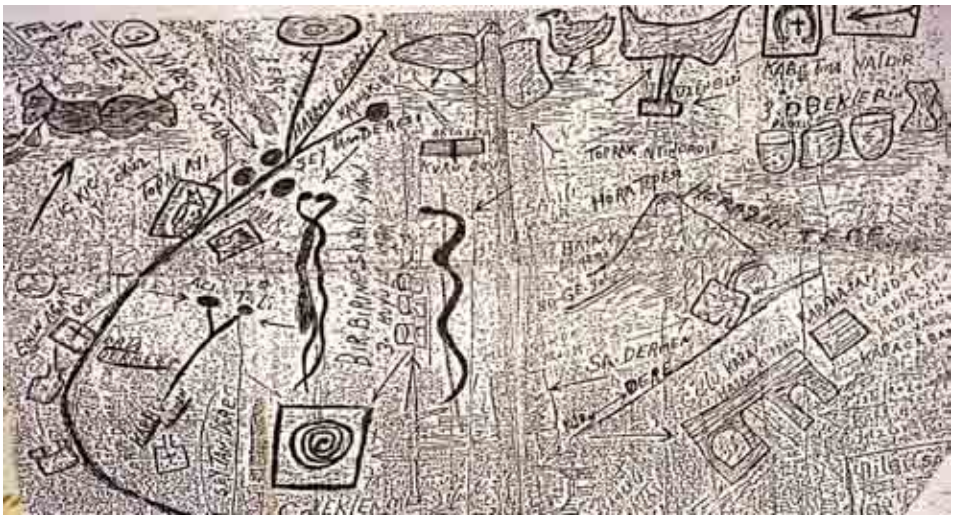


Fig. 11. A copied map bearing signs of alleged burried cold coins

Fig. 12. Pre-historic stone on
Belasica mountain (Aleksovski)

Fig. 13. Pre-historic stone on
Belasica mountain (Aleksovski)

Fig. 14. Pre-historic stone
on Belasica mountain (Aleksovski)

Fig. 15. Heraclea, a mosaic, big
basilica, exonartex, a detail

Fig. 16. Heraclea, a big basilica
nartex, a detail

Fig. 17. Ohrid, a polygonal
Christian temple

Fig. 18. A Templar knights' cross in the village of Premka, Kichevo

Fig. 19. A Templar knights' cross in the village of Premka, Kichevo

Fig. 20. The meaning of stone art compared with the alphabet

PURPOSE

The purpose of this paper is to provide a deeper insight into the meaning and decoding of stone art and to register them into adequate records. The purpose is also to educate the illegal gold seekers and the population in general and explain why it is incorrect to destroy stone art and other cultural heritage items.

RESULTS

The result of this research is the documentation of certain rather important elements and findings of stone art which were unknown until now. The result is also the increase of the awareness of the population about the protection of the cultural heritage. All these processes are already giving their results in the preservation of cultural heritage.

CONCLUSION

It can be concluded from the above that Republic of Macedonia possesses plenty of stone art from different historic periods. There is lack of information about stone art throughout the Balkans and a tendency of its destruction, on purpose or as a result of negligence. It is necessary that the Government take a comprehensive scientific and educative approach as early as in the education system to stone art and prepare a national strategy of its protection. Stone art is the basis and the future of the Macedonian and world culture and cultural heritage. It does not belong to one ethnicity or nation, but is part of the civilization and culture of mankind, to be preserved and bestowed for the future generations.

References:

1. Stojan Velkoski. PROTECTION OF MACEDONIAN STROCTURAL HERITAGE WITH COMBINED GEOBIOLOGICAL, HYIDROGEOLOGICAL AND ECOLOGICAL METHODS.
2. Stojan Velkoski, Jane Velkoski.THE LEGENDS ABUT THE HIDDEN TREASURE, THE REASONS FOR DESTRUCTIION OF THE CULTURAL HERITAGE OF MACEDONIA .pdf
3. Stojan Velkoski. RETROSPECTION ON THE CONNECTIONS BETWEEN ANCIENT MACEDONIAN MEDICINE AND MEDICINE OF MODERN TIMES, Sci. Confefer. SPACE, ECOLOGY, SAFETY, SES-2011, 29.11–01.12 2011, Sofija.
4. Stojan Velkoski, Kiro Ristov, Vesna Mirjanoska, Viktorija Bojadjiev. PROTECTION OF THE CULTURAL HERITAGE IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA, NBU, Sofia, 2013. .
5. Stojan Velkosk. FREEMASONRY – HISTORY AND PURPOSE. Sci. Confefer. SPACE, ECOLOGY, SAFETY, SES 2014, 12–14 November 2014, Sofia.
6. Marina Sazdovska, Stojan Velkoski. CRIMINAL AND LEGAL PROTECTION OF THE CULTURAL HERITAGE AND THE NATURAL RARITIESIN REPUBLIC OF MACEDONIA, Sci. Confefer. SPACE, ECOLOGY, SAFETY, SES 2015, Sofia.
7. Стојановски А., Катарџиев И., Зографски Д., Апостолски М. ИСТОРИЈА НА МАКЕДОНСКИОТ НАРОД, Култура, Скопје, 1988.
8. Донски А. ТАЈНАТА НА БАКАРНАТА КНИГА, Штип, 2009.

9. Балабанов К., Николовски А., Ќорнаков Д.: СПОМЕНИЦИ НА КУЛТУРАТА НА МАКЕДОНИЈА, Мисла, Скопје, 1980.
10. Стојановски А., Ѓоргиев Д. НАСЕЛБИ И НАСЕЛЕНИЕ ВО МАКЕДОНИЈА – XV И XVI ВЕК, Институт за национална историја, Државен завод на РМ, Скопје, 2001.
11. Rose – Marie & Rainer Hagen, EGYPT, People – Gods – Pharaohs, Taschen GmbH, Köln, 2005.
12. Ancevski Z., Blazevska Lj., Korzenski F., Misik S., Tasevska M. MACEDONIA CULTURAL HERITAGE, Misla. Skopje, 1995.
13. Острогорски Г. Историја на Византија, Наша книга, Скопје, 1992;
14. Брајановски Б. Тајната на закопаното богатство, Алфа 94, Скопје, 2014;
15. Брестед Х.: Историја на древен Египет, Марија Арабаџиева, Софија, 2008.
16. Хелсинг Ј.: Тајните општества 3, Дилок, Софија, 2014.
17. Тасевски Н. Времето и знаците, Напредок, Тетово, 2007.
18. Карен Е. Клеопатра, Феникс, Скопје, 2007.
19. Библија стар и нов завет, Кршћанска садашњост, Загреб, 1983.
20. Свето писмо (Библија), Македонска книга, 2001.

ИКОНОМИКА И ПРИРОДА

Надя Маринова

Нов български университет
e-mail: nmarinova@nbu.bg

Ключови думи: *пазарната оценка, рентата, разходния подход, алтернативната стойност, общата икономическа ценност, екологизация, природни ресурси, икономическо равновесие, ефект, ефективност*

Резюме: *За определянето на икономическата ценност на природните ресурси и природните услуги се използват подходи, базиращи се на: пазарната оценка, рентата, разходния подход, алтернативната стойност, общата икономическа ценност (стойност). На база на тях може да се оценява, макар и приблизително, икономическата ценност на природата.*

За съжаление съществуват недостатъци в пазарната оценка, които могат да доведат до намаляване ефекта от екологизацията на икономиката.

Екологизацията на икономиката означава по-разностранен и заедно с това по-системен подход към заобикалящия човека материален свят, по-голямо осъзнаване на ролята на природата в живота на човека.

ECONOMY AND NATURE

Nadia Marinova

New Bulgarian University
e-mail: nmarinova@nbu.bg

Keywords: *market assessment, rent, expense approach, alternative value, total economic value, ecology, natural resources, economic equilibrium, effect, efficiency*

Abstract: *In order to determine the economic value of natural resources and natural services, approaches based on: market assessment, rent, cost approach, alternative value, total economic value (value) are used. On the basis of these, it can be estimated, albeit roughly, the economic value of nature.*

Unfortunately, there are shortcomings in the market assessment, which may lead to a reduction in the impact of the greening of the economy.

Ecologisation of the economy means a more versatile and more systematic approach to the material world around the world, a greater awareness of the role of nature in human life.

Важно направление за опазването на природата се явява икономическата оценка на природните ресурси и екологизацията на икономиката.

Природата изпълнява три основни функции в полза на обществото:

• осигуряване на природни ресурси;

• асимилиране на отпадъците и замърсяванията;

• осигуряване на природни услуги (здравни, естетически и др.)

Тези функции могат да бъдат представени като компоненти на една обща функция на природната среда – съхранение на човешкия живот.

Историческият опит показва, че нито централизираната икономика, нито пазарната икономика се оказаха способни да оценят реалното значение на чистата околна среда, на природните ресурси и да отчетат тяхната реална цена. Намаляването на цената на екологичното благо или даже неговата нулева оценка води, в частност, до снижаване на екологическите загуби, на външните разходи в цената. Този момент много точно е отбелязан от немския учен Ернст фон Вайцзекер: “Бюрократичният социализъм рухна, защото не позволяваше на цените да показват

икономическата истина. Пазарната икономика може да погуби околната среда и себе си, ако не позволи на цените да показват екологичната истина."

Реалните цени на природните ресурси позволяват по-обосновано да се определи икономическата ефективност на алтернативите на развитието. Например, широко е разпространено мнението за електрическата енергия, изработвана от ВЕЦ, като за най-евтин вид електроенергия в сравнение с термичните и ядрените електроцентрали. Но при строителството и експлоатацията на ВЕЦ никога не се е отчитала цената на хилядите хектари потопени земи.

Неадекватната оценка на природните ресурси води към намаляване ефекта от екологизацията на икономиката. С милиарди долари се оценяват ежегодните загуби от нефта, деградираните земи, гори и различни изкопаеми. Целесъобразно е да се включва оценката на природните ресурси в националното богатство на страните. Досега това не се прави, което свидетелства за недооценка на екологичния фактор. Тази оценка е важна съставна част на националното богатство, отразяваща природния потенциал на страната. Този потенциал наред с общественото богатство (натрупаните производствени и непроизводствени фондове) в голяма степен определя развитието на икономиката в перспектива.

За много страни в света ориентацията към традиционните икономически показатели в близка перспектива може да има най-негативни последствия. Бързият ръст на тези показатели може да се постигне с ускорен добив на нефт и газ, на руда и въглища по открит способ, с изсичане на горите, увеличаване натоварването на почвите, използването на евтини "мръсни" технологии, което за съжаление в определена степен и сега става. Много енергийни и аграрни програми, ориентацията към увеличаване добива на полезни изкопаеми ще позволи да се увеличат традиционните макроикономически показатели. Обаче, са очевидни и извънредно негативни екологичните последствия от такъв курс за много страни.

Икономистите-еколози се опитват да оценяват природните ресурси и екологичните функции и да повишават "конкурентоспособността" на природата в борбата с техногенните решения. Това е трудна задача, дори за това, че за много природни блага и услуги няма традиционни пазари и стандартно търсене и предлагане.

За определянето на икономическата ценност на природните ресурси и природните услуги се използват подходи, базиращи се на: пазарната оценка, рентата, разходния подход, алтернативната стойност, общата икономическа ценност (стойност). Не всички от тях, обаче, са добре разработени и дори присъстват противоречиви моменти, но на тяхна основа може да се оценява, макар и приблизително, икономическата ценност на природата. Изброените подходи не са "чисти" и до голяма степен се пресичат, но всеки един от тях притежава характерни черти.

Първо. Пазарната оценка на такива ресурси като нефт, газ, гори и други и нейните изменения позволява да се регулира ефективността на тяхното използване, благодарение на ценовия сигнал за техния дефицит. Обаче, деградацията на околната среда, изтощаването на природните ресурси, прекомерното замърсяване, на които сме свидетели, показват ниска ефективност на пазарните механизми. Цените, формиращи се на "природните" пазари, често дават изкривена картина за истинската ценност на природните блага, не отразяват реалните обществени разходи и изгоди от използването на екологичните фактори. В резултат на това се формира неадекватна оценка за дефицитността на ресурсите, за размера на търсенето и предлагането, което създава занижени стимули за ефективното използване на природните ресурси и опазването на околната среда. Традиционният пазар позволява повече или по-малко удовлетворително да оцени само една функция на околната среда - осигуряването на природни ресурси, а другите две изключително важни екосистемни функции - асимилация на отпадъците и замърсяванията, осигуряване на хората разнообразни природни услуги, не намират адекватно отражение в пазарната система.

Второ. За рентния подход е важен, преди всичко, фактът ограниченост и уникалност на ресурсите. Обикновено под икономическа рента се разбира цената (арендното заплащане) за използването на природните ресурси, запасите от които са ограничени. С други думи, рентата има място при ограниченост, не еластичност на съвкупното предлагане на природни ресурси. В този случай търсенето се явява единствен действен фактор, определящ рентата, при пасивно предлагане. Често се говори и за рентен доход за собственика на ресурси, който се образува от тяхната експлоатация.

В теорията има място и така наричаната диференциална рента, получавана в резултат на различните качества на природните ресурси, тъй като ресурсите с по-добро качество позволяват, при равни други условия, да се получават много по-добри икономически резултати в сравнение с по-бедните природни ресурси. Аналогичен ефект поражда местоположението и транспортният фактор.

Разликата в получаваните резултати при различни качества на природните блага и тяхното местоположение са основа за диференциалната рента и определя нейната величина.

Трето. Разходният подход при оценка на природните ресурси е очевиден и разбираем и може да служи като изходна точка при определяне цените на природните ресурси. Този подход широко се прилага за оценка стойността на възстановяването на дадено природно благо при неговата загуба или деградация. В този случай се пресмятат компенсиращите потенциални разходи, необходими за замяна на загубения или повреден ресурс с идентичен в даденото или алтернативно място. Например, ако в резултат на добив на полезни изкопаеми се изземва или разрушава плодороден почвен слой, минималната икономическа оценка на загубената или деградиралата почва ще бъде съизмерима с разходите за рекултивацията или за повишаване плодородието на друг участък за компенсиране загубите от първия.

Четвърто. Концепцията за алтернативната стойност (пропуснатите изгоди) е една от основополагащите в икономическата теория. В икономиката на природоползването алтернативните стойности позволяват да се оцени природен обект, ресурс, имащи занижена пазарна цена или нямащи такава, и чрез пропуснатите доходи и изгоди, които биха могли да се получат при използването на дадения обект, ресурс за други цели.

Концепцията за алтернативната стойност в определена степен е свързана с разходния подход. Колкото по-малка е алтернативната стойност на природното благо, толкова по-малки са разходите за компенсиране на икономическите загуби за съхраняването на това благо.

Пето. Подходът за общата икономическа ценност (стойност) формира величина, която е сума от четири показателя:

• стойност на използването (потребителната стойност) - пряка, косвена и възможна;
• стойност на не използването;
• стойност на отложената алтернатива;
• стойност на съществуването.

Най-лесно се поддава на икономическа оценка пряката стойност на използването или потребителната стойност. Най-сложно се определя косвената стойност на използването. Този показател най-често се прилага в глобален мащаб (в мащаба на цялата планета) или в достатъчно широк регионален аспект. Това се обяснява с възможното несъвпадение на глобалните и локалните изгоди. Това, което е неизгодно за отделни региони или страни, може да се окаже жизнено важно за други страни и за цялата планета. Например, изсичането на тропическите гори, загубата на редки видове флора и фауна в отделни страни оказва негативно въздействие върху биосферата на цялата планета. Локалните изгоди от такива действия са многократно по-малки от глобалните изгоди при запазването на тези природни ресурси. Тази ситуация е типична за много развиващи се страни.

За практическо решаване на това противоречие на международно ниво е създаден Глобален екологичен фонд, основната цел на който е да инвестира в природозащитни мероприятия, не даващи значителна локална изгода (запазване на биоразнообразието и тропическите гори), но важни за цялата планета.

Още по-сложна за разчети е възможната стойност. Тя е свързана с консервацията на биологичните ресурси за възможно използване в бъдеще, т.е. за бъдещо използване. В този случай възможната стойност представлява коригирана сума на пряката и косвената стойност на използване.

Стойността от не използването се базира на така наричаната стойност на съществуването, която се явява опит икономически да се оценят достатъчно деликатните етични и естетични аспекти - ценността на природата като такава, естетичната ценност на природата за човека, дългът пред бъдещите поколения за запазване на природата и т.н. При оценка на тази стойност се използват опростени икономически подходи от типа “готовност да се плати” и се правят опити за формирането на “сурогатни” пазари. Широко се използват и анкетните методи.

Избирайки варианти на развитие, различните проекти и направления за екологизация на икономиката, макар и в общи черти, е необходимо да притежават критерии, за да се преценява кой вариант е по-добър. В икономиката критериите за един проект се отнасят до понятието икономическа ефективност. Механизмът за този избор е свързан със съпоставянето на разходите и изгодите (резултатите) в парично изражение. Даденият подход се определя като анализ на “разходи – изгоди”.

Следва ясно да се разграничават понятията ефект и ефективност. Много често постигането на голям ефект може да изисква огромни разходи, което да го направи икономически неефективен.

В живота непрекъснато се налага да се съпоставят разходите с получените от тях изгоди. В качеството на изгоди могат да се явяват разнообразни резултати. Общо правило за нормално икономическо решение е потенциалните изгоди да са по-големи от разходите. Колкото по-голяма е тази разлика, толкова по-успешни в икономически смисъл са вложените средства. Този подход е действен за ограничен отрязък от време, когато не се отчита инфлацията. Всичко става по-

сложно, когато се разглежда многогодишен проект. В този случай се налага да се съпоставят съвременните разходи и изгоди с бъдещите разходи и изгоди. Става необходимо да се въвежда факторът дисконтиране, което позволява да се сравняват днешните пари с бъдещите, т.е да се преведат "бъдещите" пари към съвременния момент. Така "бъдещите" пари в определени случаи след привеждането (дисконтирането) им към настоящия момент могат да се окажат по-малко от "съвременните". За съжаление, смесването на понятията разходи, изгоди, печалба, ефект, ефективност, техните неправилни разчети, не отчитане на фактора време, в икономическата практика се среща достатъчно често, което води до приемането на неправилни икономически решения.

Проблемът за дисконтирането и определянето на величината на коефициента на дисконтиране (ставки на дисконта) има дискусионен характер в научната литература. Обаче, е очевидно, че колкото е по-голям коефициентът на дисконтиране, колкото повече ценим съвременните пари и днешните изгоди, толкова по-малко значение имат бъдещите изгоди, разходи и ущърб. Прилагането на високи ставки на дисконта провокира стремежа към свръх експлоатация на природните ресурси за получаване на бърза възвращаемост на инвестициите. По такъв начин се дава приоритет на днешното благосъстояние и съответно се минимизират бъдещите изгоди и възможни загуби, което е свойствено за екологичните проекти с техните отдалечени ефекти и изгоди. Например, от позициите на традиционния подход "разходи - изгоди" такова екологично мероприятие като залесяването се оказва слабо конкурентно, тъй като срокът за възвращаемост е от порядъка на 50–70 години. От друга страна, проекти, които могат в перспектива да нанесат огромни загуби и вреда на природата, при традиционния подход могат да се окажат ефективни при значително занижаване на бъдещите разходи.

В съвременния свят се използват редица методи и подходи за преодоляване на "дискриминацията" при дисконтирането по отношение на екологичните проекти. Важно значение придобива получаването на възможно най-пълна икономическа оценка за ценността на природните блага и услуги, което съществено влияе върху показателите разходи и изгоди. Голяма роля може да играе детайлното отчитане на бъдещите екологични рискове и неопределеност, което намалява привлекателността на проекти с неясни икономически последствия.

Много често ефективността на икономическите проекти се намалява с величината на еколого-икономическия ущърб. Този ущърб се разглежда като парична оценка на негативните изменения в околната среда в резултат на нейното замърсяване, от качеството и количеството на природните ресурси, а също и от последствията при тези изменения. Екологичният ущърб и неговите последствия могат да се проявяват в най-различни видове и области: влошаване здравето на хората вследствие употреба на замърсена вода и замърсен въздух; намаляване урожайността в селското стопанство от замърсени от промишлеността поземлени площи; намаляване срока на използване на оборудването поради корозия на метала и т.н. Обикновено при измерването на ущърба в природата първоначално се показват измененията/влошаването в натурални показатели, а след това се дава тяхната икономическа оценка.

В практически план достатъчно добре е изучен такъв вид ущърб като икономическия ущърб от замърсяването на околната среда. Заедно с разходите за предотвратяване на замърсяванията той формира екологичните разходи на производството.

Една от най-важните задачи на икономическите мероприятия, свързана с една или друга степен на екологично въздействие, се явява минимизирането на екологичния ущърб. Съществуват редица икономически подходи, позволяващи да се оцени екологичното въздействие. Най-добре тези подходи са разработени в две направления: първо, използване на пазарните цени за оценка въздействието върху стоките и услугите и второ, оценка, основана върху използването на величината на непосредствените разходи.

Екологизацията на икономиката означава по-разностранен и заедно с това по-системен подход към заобикалящия човека материален свят, по-голямо осъзнаване на ролята на природата в живота на човека. Екологизацията на икономиката е необходимо условие и главна съставна част на екологичното развитие. По своята същност това означава екологизация на целия социално-икономически начин на живот и развитие на обществото.

Основните компоненти на екологизацията на икономиката включват:

• кардинално преразглеждане структурата на инвестициите в икономиката в полза на ресурсоикономичните отрасли;

• включване на екологичните условия, фактори и обекти, в това число и възобновимите ресурси, в качеството им на икономически категории като равноправни с другите категории богатства;

• подчиняване икономиката на природните ресурси и икономиката на производството на екологичните ограничения и принципи за балансирано природоползване;

• преминаване към стратегия за качествен ръст на производството на основата на промяна на отрасловите структури и технологични нововъведения под еколого-икономически контрол;

• съществено разширяване на системата за заплащане на природоползването чрез преход към нов механизъм на ценообразуване, напълно отчитащ екологичните фактори, загуби и рискове;

• отказ от остатъчно-разходния подход към опазването на околната среда и включване на природозащитните функции непосредствено в икономиката на производството;

• намаляване диктата на предлагането и изкуственото стимулиране на страничните потребности, намаляване ненужното разширяване асортимента на стоките и услугите при засилване екологичния контрол за тяхното качество.

Екологизацията на икономиката е насочена към намаляване природоемкостта на производството. Това предполага преместване центъра на икономическия анализ от разходите и междинните резултати към крайните резултати от икономическата дейност и по-нататък към прогнозируеми тенденции в икономическото развитие. В този контекст всичко, което се говори за дълга на човека към природата, не е празна декларация, а отражение на реалния в икономически смисъл дълг към бъдещите поколения, дълг, който подлежи на количествена оценка и плащането на който е неизбежно.

Една от трудностите пред съвременната икономическа теория е включването на екологичните ценности и фактори в числото на икономическите категории. Проблемът има своеобразна история. От всички ценности на заобикалящия ни свят марксовата политическа икономия допускала в кръга на икономическите категории само продуктите на човешкия труд. Това създавало трудности за теоретиците на природоползването и даже станало препятствие за установяване цените на възобновимите природни ресурси. Трудностите произтичали от това, че от позициите на житейския здрав смисъл условията, при които в околната за човека среда се оказват фактори като слънчева светлина и топлина, чиста вода и свежа зеленина, притежават не само повишена „ценност", но и напълно реална стойност, макар за тяхното наличие не е бил изразходван човешки труд. За преодоляването на тези трудности се прилагали различни логически конструкции, например, че природата мълчаливо и незримо „се труди" заедно с човека и за човека. За възобновимите ресурси, такива като слънчевата енергия, се говори, че те са извън границите на икономическите измерения и, следователно, зад границите на представите за националното богатство. Но това не обяснява, защо при покупката на жилище се плаща по-голяма цена /при равни други условия/ за апартамент откъм слънчевата страна. Положението, съгласно което стойността означава овеществен в стоката труд и нищо повече, изключва от разглеждането категорията полезност. Това придава на цялата трудова теория за стойността ярко изразен разходен характер и противоречи на фактите. В действителност стойността като ценност представлява синтез от резултати и разходи, изразяващи единството на всички възпроизводими и невъзпроидими ресурси, в това число и природните ресурси и екологичните условия. Не може да съществува никаква стойност, която не съдържа екологичната същност или в създаването на която в една или друга форма не участват условия и фактори на околната среда. Дори и упорито да се отстоява трудовата теория за стойността, то все пак не съществува труд извън неговата биологична природа и екологична обусловеност.

Въвеждането на екологични фактори в числото на икономическите категории разширява сферата на приложение на съвременния вариант на теорията за икономическото равновесие и реанимира концепцията за пределната полезност.

Драматизмът на съвременната епоха е в това, че концепцията за пределната полезност става все по-приложима към състоянието на биосферата и към планетарните запаси от почви, гори, прясна вода и даже въздух, т.е. към тези ресурси, които винаги са смятани за „не икономически" или „свободни" блага. А те придобиват все по-голяма реална стойност за човечеството. Обаче, даже в такъв комплексен показател, като брутния вътрешен продукт и досега не се отчита екологичният компонент.

Брутният вътрешен продукт, т.е. пазарната стойност на всички стоки и услуги, произведени в страната за една година, се явява важен показател за състоянието на икономиката. При сравняването на икономиките на различни страни той дава известна представа за различията в националното благосъстояние, но не служи за негова строга количествена характеристика.

Струва си да се напомни, че за всяка единица маса произведена продукция се падат до 10 и повече единици маса отпадъци. Ако цялата тази маса има нулева стойност, то това никак не може да повлияе на БВП. Но фактически отпадъците имат отрицателна стойност, тъй като замърсяват земята, въздуха, водата, храната и по този начин намаляват осигуреността на хората от необходимите условия за живот, намаляват тяхното благосъстояние. Разходите, свързани с

производството на БВП, не се приспадат от обема на съвкупното производство и по този начин БВП увеличава нивото на нашето материално благосъстояние. По ирония на съдбата колкото е по-голям обемът на БВП, толкова повече се замърсява околната среда и мащабите на изкривяването на БВП. Когато производителят замърсява околната среда и държавата прави разходи за нейното очистване, тези разходи се прибавят към обема на БВП, в същото време като стойност самото очистване не се приспада.

На това може да се погледне и под друг ъгъл. В обема на БВП влиза сумата на амортизационните отчисления за обновяване на основните производствени фондове За тази цел се отчита амортизацията на съоръженията и оборудването в процеса на производството, но не се отчита амортизацията, влошаването на състоянието на околната среда. Резултатът е същия – БВП завишава видимото благополучие. Разликата между номиналния и реалния БВП може да бъде достатъчно съществена. Доколкото върху номиналните значения на БВП се строят много разчетни параметри на икономиката, тази системна „екологична грешка", снижава дълга на икономиката пред околната среда и здравето на хората и задълбочава екологичната ситуация. По този повод редица експерти в областта на екологията отбелязват, че икономическият прогрес може да доведе, колкото и парадоксално да звучи, към пряко влошаване на жизнените условия.

Една от първите задачи на екологизацията на икономиката следва да бъде поправянето на тази грешка. Необходимо е да се преодолее съпротивата на икономистите и до се постигне разбирането, при разчетите на БВП и другите базови параметри на икономиката задължително да се отчитат различните страни на влиянието на производството и потреблението върху състоянието на околната среда. Обаче, следва да се отчита, че препятствие в тази насока са не само традициите или неразбирането, колкото отсъствието на пазарната стойност на факторите, свойствата, качествата на околната среда, както и отсъствието на техен развит пазар – пазар на природните условия и факторите на околната среда. Наблюдават се само отделни признаци във вид на надценка за повишено екологично качество на стоки и услуги, а също и в елементите на рекреационния и туристическия бизнес. Що се отнася до плащанията, глобите, квотите и лицензите, свързани с експлоатацията на природните ресурси и замърсяването на околната среда, то тези механизми са свързани не със свободния пазар, а с държавното регулиране на природоползването.

Заключение

Историческият опит показва, че нито централизираната икономика, нито пазарната икономика не се оказаха способни да оценят реалното значение на чистата околна среда, на природните ресурси и да отчетат тяхната реална цена. Намаляването на цената на екологичното благо или даже неговата нулева оценка води, в частност, до снижаване на екологическите загуби, на външните разходи в цената.

Екологизацията на икономиката е необходимо условие и главна съставна част на екологичното развитие. По своята същност това означава екологизация на целия социално-икономически начин на живот и развитие на обществото.

Литература:

1. Маринова, Н. Икономика на природоползването. 2015
2. Bankoff, G. et all. Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People. 2003.
3. Ernst von Weizsäcker: Aus seinen Gefängnisbriefen 1947–1950. Scheufele, Stuttgart z.j.
4. Tellier, Luc-Normand. Urban world history: an economic and geographical perspective. PUQ, 2009.
5. Human Domination of Earth's Ecosystems // Science 277 (5325), 1997.
6. The Young People and Environment – Between the Concern and the Proenvironmental Behaviour. В: „Наука в высшей школе: проблемы интеграции и инноваций". Государственный университет Самара, Россия, 2011, с. 111–115.

S E S 2 0 1 8
Fourteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
7 – 9 November 2018, Sofia, Bulgaria

EVOLUTION OF BIOSPHERE AND ITS PHYSICAL AND ECOLOGICAL MODEL

Kh. Davarashvili[1], T. Zhvitiashvili[1], A. Aleksandrov[2], T. Adeishvili[3]

[1]Akaki Tsereteli State University – Georgia
[2]Bulgarian Astronaut
[3]The Academy of Ecological Science of Georgia
e-mail: alexblag@spnet.net

Key words: *paleobiology, archaic, prokariotyk, cyanobacteria, biota, anaerobic, chlorophyll, Phanerozoic, Proterozoic, eukaryotic, homeostas; consumant, biogeocenosis, dokembrian, Permian, Cretaceous, paleoclimatology*

Abstract*: Paleo biological data is an example of extinction of the whole groups of organisms. These evident events are usually referred to as global ecological crisis or catastrophes. Very frequently, they are described by extraordinary processes of global range, which have actually taken place in the history of Earth and have had a significant role in the development of the biosphere. The problem is how and what they influence. That's why, in order to find out the essence of evolution of life on Earth over a long period of time, it is very important to define which processes are essential and how they are linked to the whole history of the biosphere, generally bio ecological evolution. To answer these questions, we must imagine which evolutionary changes of organisms, ecosystems and, generally, the biosphere are regular, which of them are comparatively random, which are conditioned by external factors and which are defined by inner characteristics of these systems. We should also find out which variations of the features of the systems are important for their perfect functioning, which of them have the least influence on their existence and further evolution.*

The present paper deals with the solution of these issues and problems on conceptual level and presents physical and ecological model of the biosphere.

In physical evolution of the biosphere, a significant role is played by the constant growth of energy current. It should be noted that little is known about the earliest stages of development of life on our planet. Some data about it is presented in different works [1, 2, 3, 4]. But, without doubt, at the end of archaic era, about 2,5 million years ago, life was widely spread on Earth and it was mainly located in hydrosphere. For its existence, prokaryote biosphere of the ancient archaic era used chemical mineral sources, including energy, which were found in the earth geosphere, including hydrosphere and lithosphere. The Sun supported life on planet indirectly. It mainly conditioned chemical cycle and general temperature and climate balance. Approximately 2 billion years ago, after the creation and wide distribution of photosynthetic organisms (first of all, cyanobacteria), biosphere biota in the process of creation of atmospheric oxygen changed, as oxygen was a powerful poison for the majority of anaerobic organisms characteristic for archaic era. Biosphere life and, therefore, its physical evolution became dependent on the electromagnetic radiation of the visible part of the sun specter, which was especially effective in the period of the activity of the sun [4, 5].

At the early stage of evolution of photosynthetic biosphere, physical evolution was adjusted with the improvement of chemical mechanisms of photosynthesis and was revealed in strengthening of chlorophyll efficiency. At the same time, the most effective chlorophylls were created, in fact, the producers of main organics substances of the biosphere. In Phanerozoic epoch (the last 550–570 million years) chemical evolution of photosynthesis finished and the eukaryotic life which began in Proterozoic era started to spread to land [6, 7]. It was supported by the fact that eukaryots themselves had the ability to create such complicated multicellular organisms which were equipped with special tissues and organs necessary to perform different functions. It conditioned the creation of numerous possibilities and ways for the existence of these organisms in the environment. Extracting water from the upper level of soil with roots and moving photosynthetic organisms to the surface, where there were better light conditions, is one of the impossible methods for unicellular organisms. The growth of photosynthetic ability of surface vegetation and the physical evolution of the biosphere connected with this process develop as a result of the creation and development of special adapting factors, which

conditioned the growth of the area of photosynthetic surfaces. Thus, Phanerozoic stage of the evolution of the biosphere was significantly linked to the photosynthetic changes of surface vegetation. The data shows that the alteration of the surface vegetation communities in the process of its Phanerozoic evolution was the following: the solar energy current acquired by the biosphere importantly grew during that period of time. Therefore, it is logical to assume that the given tendency, namely, the growth of energy current used by the biosphere in the process of evolution was characteristic for all stages of its development. Such hypothesis is one of the main proofs of physical and ecological conception of the biosphere evolution.

Undoubtedly, the growth of energy current in the biosphere leads to the growth of the number of organic substances which are created and, at the same time, participate in the cycle of the biosphere, to the creation of new life licenses. The increase in the difficulty of biosphere organization is also connected with the increase in the differences between biological forms and to the so-called process of progressive evolution of some of them [8, 9].

The general model of the physical evolution of the biosphere means that each bio system "strives" to achieve such functioning that its energy current won't decrease, that's why each interruption in the process of acquiring energy encourages the bio system to physical evolution [3, 10]. This model can be used to describe physical evolution of the biosphere during Phanerozoic and, in this case, discuss the events which lower the productivity of photosynthesis throughout the planet.

In order to prove the proportion of the magnitude of the existing changes acquired by the given Phanerozoic biosphere during the interruption of the energy current and the current of general biosphere, it is necessary to prove the proximity between the biosphere and the ideal bio system. It means that energy interruptions are the situations when the productivity of photosynthesis is decreased according to external reasons which create the conditions for producing new, more effective producents. In case of unchanged conditions, the process of evolution of the biosphere and ecosystems stops [10].

The latter is easier to prove if we consider that the biosphere, ecosystems and their representative fragments are presented as eco biotic bio systems, which deter evolution in different ways and directions, if the external conditions remain unchanged. Indeed, the permanence of the internal environment in the established bio systems and also morphogenetic and morphofunctional restrictions, which narrow the specter of possible changes of organisms in the process of evolution, usually condition only ecological and neutral or, in other words, non-directional, non-final evolution. In this case the ecological features of populations don't change, which supports the stability of ecosystem's inner environment, i.e. establishes ecological homeostasis.

In case of interruption of planetary range which decreases the productivity of photosynthesis the balance between different trophic levels of bio systems is disturbed, the demand for organic substances exceeds their production by producents, which causes critical situation. The number of traditional producents and their consumers reduces, while more effective among the producents acquire the skill of selection. This means the creation of specific conditions during which evolution becomes directed. All these events lead to the predicted structural changes in the vegetation communities. The appearance of new producents is followed by the creation of new groups of producents and consumers and, finally, there are irreversible changes in composition of species, the number of populations, energetics and the characteristic features of successive cycle, which is surrounded by crisis processes of ecosystems. Such changes in ecosystem result in the creation of ecosystems filled with more effective producents and new consumers [4]. It is clear that in respect of biosphere energetics, the most important among these ecosystems are massive, i.e. new biogeocenoses.

Thus, if, as a result of the influence of external factors on the biosphere of the planet, conditions change so significantly that the biosphere is unable to use the solar energy current acquired earlier, then we have the ecological crisis of ecosystems which later includes the whole biosphere. This may cause the establishment of biosphere systems carrying new, more effective producents. If, after this, the earlier conditions restore, then on completion of the interruption, the new system of the biosphere will use more energy current than it used before the interruption. This mechanism is discussed in the physical and ecological model of the biosphere evolution.

It should be noted that insignificant changes in external conditions are not interruptions and don't cause ecosystem to reassemble, as in a certain diapason ecosystems can adapt to the altered external conditions. Besides, powerful and rapid changes in planetary conditions must cause not the physical evolution of the biosphere but its catastrophe, during which a lot of biological forms become extinct and the energy current used by the biosphere decreases sharply. That's why, while discussing the mechanism of physical and ecological evolution of the biosphere, we should take into consideration that it can "work" in a limited diapason of changes in external factors.

In some respects, the above given mechanism resembles the mechanisms presented by Eldridge and Gould [11] and also Krasilov [12], within the so-called interrupted balance, which establishes between critical epochs. This hypothesis also discusses the selection mechanisms of new

biological forms which are found at some stages of biosphere evolution. According to the data presented by different authors [13, 14, 15], the most critical epochs are late Dokembrian, Permian, Upper Cretaceous and Upper Silurian periods. Sometimes, critical epochs in the history of the biosphere are referred to as *revolutionary epochs*.

Of course, none of the scientific information about the history of the Earth is complete. Despite this, there is quite enough data about the past of our planet. Based on astrophysical, paleomagnetic, geological, paleoclimatic, paleoecological and many other data [4, 15], we can assume that the change in the parameters of the Earth orbit as well as the periodical decrease in emission of carbon dioxide from fossils, are the most important reasons which cause interruptions in the whole biosphere.

Let's discuss this evidence separately.

The fluctuations of the parameters of the Earth orbit are tens of thousands of years old, which cause the changes in the duration of seasons as well as ice age on the planet's high longitude. According to M. Milankovich and some others [4, 16, 17, 18], these fluctuations are caused by the gravitational interdependency created on the Earth by other objects of the solar system. As a result, there are periodical movements of the Earth orbit to ellipsis. There is also axis precession of the earth orbit (period 23–25 thousand years). The change in the orbit eccentricity causes periodical changes in the general current of the sun radiation by approximately 0.3 %. At the same time, other changes of the planet do not influence general insolation, though, in high longitude, they influence the length of the seasons and the climate of non-equator zones. According to some specialists [19], the change of eccentricity conditions physical evolution during Phanerozoic, while other variations of the orbit's parameters cause periodical changes in climatic zones.

In order to calculate this data and theory and prove the possibility of using the model of physical evolution of the biosphere, it is necessary to find the method which will help to estimate the acquired energy current. In case of Phanerozoic biosphere, we can use the data about photosynthetic ability at a certain stage of the evolution of vegetation communities. Namely, this is the data according to photosynthetic index of the main biogeocenosis.

The concept of *photosynthetic index* is the generalization of the concept of leaf bearing index [20] and spreads to all forms of photo synthesizers. It is clear that in the late vegetation communities the number of these indices can be more than one. In this respect, modern rainforests are leading, as their index reaches thirty.

If we consider that surface multicellular producents of Phanerozoic era use the same chlorophylls to produce organic substances, then we can conclude that the energy current obtained at a certain stage of Phanerozoic evolution is proportional to the average photosynthetic index of land. Unfortunately, it is impossible to make more or less accurate calculations about the length of Phanerozoic period but the usage of the data of maximum photosynthetic index of vegetation communities in different periods of the biosphere evolution is quite enough for approximate calculation.

If we take the interval of time between Devonian and Neogene periods, then, according to calculations [19], the change in maximum photosynthetic index was dozens in number. In the same period, i.e. for 400 million years, there were 4000 interruptions as a result of periodical change in the orbit's eccentricity. Generally, the number of interruptions must have been more because the ideal movements on land are not ideal, that's why other kinds of changes in the orbit's parameters also played their role (leave alone other factors). If we consider interruptions nearly identical, the average quantity of the interruptions will be approximately 0,25 %. This value is close to the fluctuations in solar insolation created as a result of eccentricity changes (~ 30 %) [4, 21]. If we consider that the quantity used in these calculations is approximate, that these are some other factors which influence the growth of photosynthetic index and that this growth is a nonlinear event in time, then this kind of coincidence is very important and this proves the accuracy of physical and ecological model of the biosphere evolution.

In the biosphere, other important interruptions are the changes of the amount of carbon dioxide used in photosynthesis: carbon dioxide is a limiting factor and its lack causes the degradation of the efficiency of producing organic substances by vegetation communities, the same happens during the reduction of solar insolation. Geological data shows that the emission of gases from the earth changes significantly and lasts approximately 200 million years, which is close to the period of time necessary for the solar system to rotate around the center of galaxy, i.e. one galactic year [21]. All this enables us to express different hypothesis about the connection between the biosphere evolution and galactic processes [22].

The supposition about 200-million-year period is proved by paleontological data which shows that the beginning of wide distribution of macrotaxons of important surface vegetation coincides with the end of the epoch of the reduction of gas emission. At this time, the wide distribution of new macrotaxons of surface animals develops in twice as short period, and the origin of new forms of progressive life is dated 100 and more million years before compared to their wide distribution [13].

Thus, the decrease of carbon dioxide current can also be discussed as an interruption, which must be taken into account in the physical and ecological model of the biosphere. It makes nearly the same contribution in the biosphere evolution as the changes in the parameters of the earth orbit.

Some works [23] mention the galactic period of 25–30 million years, which corresponds to the change in the position of the solar system to its galactic orbit, though there is still no data to prove that these variations are important in the evolution of the biosphere.

Besides, a lot of geological and, namely, paleontological data reveals that in the history of the development of earth, there are periods which are characterized by different planetary conditions. During Phanerozoic period there was an important change in the gas contents of the atmosphere, the earth's climatic systems altered, the climate in different parts of the planet changed. At the beginning of Mesozoic era, the united supercontinent *Pangaea* started to separate, creating separate continents. It is beyond doubt that these processes also had certain influence on the evolution of the biosphere [24].

The evolution of the biosphere must have been influenced by such extraordinary processes which are connected with the earth's collision with the gigantic meteor, or the fall of small meteorites, catastrophic volcanic eruptions and earthquakes, rapid changes in the flowing of seas and oceans, the reductions of sun radiation necessary for vegetation (which must be linked to the passage of the solar system through galaxy dust clouds [21]) and other less exotic events. These global cataclysms must have occurred in the history of earth and must have speeded up the evolutionary process of its biosphere. Despite the importance of any of these cataclysms in the history of our planet, their influence on the physical and ecological evolution of the biosphere was single and relatively short compared to the systematic and multiple influences which are connected with the variations of parameters characteristic for the earth orbit.

The influence of these factors conditions the growth of biosphere energy current which is caused by the origin of new producents which use the sun energy current more effectively. For example, in the surface vegetation communities, the energy current in Phanerozoic epoch increased, new ecosystems and biogeocenosis were created, which made a significant influence on the evolution of the biosphere.

References:

1. Van Valen L. M., Energy and Evolution. Evol. Theory, Vol. I, 1976.
2. Раутиан, А. С. Палеонтология как источник сведений о закономерностях и факторах эволюции. Современная палеонтология. М., Т. 2., 1988 (Rautian A.S. Paleontology as a source of information about the regulations and factors of evolution. Modern paleontology. M. 1988).
3. Старобогатов, Я., Левченко В. Экоцентрическая концепция макроэволюции. Жур. общей биологии, С.П. № 4, 1993 (Starobogatov I., Levchenko V., Ecocentric conception of macroevolution. Jour. Of general biology, S. P. #4, 1993).
4. Adeishvili, T., Jikia M., Adeishvili M. medicinis sabunebismetyvelo safuZvlebi. Medicinis kosmogeofizikuri safuZvlebi. III nawili, quT, 2016 (Adeishvili T., Jikia M., Adeishvili M., Natural Basics of Medicine. Cosmogeophysical basics of Medicine. Part III, Kut., 2016).
5. Adeishvili, T., Zhvitiashvili T., Davarashvili Kh., Adeishvili M. Medicinis sabunebismetyvelo safuZvlebi. Medicinis astrobioekologiuri safuZvlebi. I nawili, quT,, 2014 (Adeishvili T., Zhvitiashvili T., Davarashvili Kh., Adeishvili M., Natural Basics of Medicine. Astro-bio-ecological Basics of Medicine. Part I, Kut., 2014)
6. Видаль, Г. Древнейшие эукариотические клетки. В мире науки. №4, М., 1984 (Vidal G., Ancient Eukaryotic cells. In the world of Science. #4. M., 1984).
7. Adeishvili, T., Nakashidze V., Naveriani T., kosmogenuri faqtorebis gavlena biosistemebze, quT. 2004 (Adeishvili T., Nakashidze V., Naveriani T., The influence of cosmogenic factors on biosystems. Kut., 2004)
8. Spunders, P. T., Ho M. W., On the increase in complexity in evolution, J. Theor. boil., Vol. 90, 1981.
9. Старобогатов, Я. И., Проблема видеообразования. Итоги науки и техники. Общая геология. М.: ВИНИТИ, вып. 20, 1985.
10. Adeishvili, T., Davarashvili Kh., Zhvitiashvili T. Biosistemis fizikuri evoluciis modelis sakiTxisaTvis. Samecniero Jurnali "ekologiis problemebi", t. V, 2017 (Adeishvili T., Davarashvili Kh., Zhvitiashvili T. On the model of physical evolution of bio system. Scientific journal "Problems of Ecology", vol. V, Kut., 2017).
11. Красилов, В. Нерешенные проблемы теории эволюции. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986 (Krasilov V., Unsolved problems of the theory of evolution. Vladivostok: USSR, 1986).
12. Eldredge, N., Gould S.T. Punctuated equilibrium: an alternative to phyletic gradualism. Models in Paleobiology. San Francisco, 1972.
13. Жерихин, В. Развитие и смена меловых и кайнозойских фаунистических комплексов. М.: НАУКА, 1978 (Zherikhin B., The development and change of Cretaceous and Cenozoic faunal complexes. M.:NAUKA, 1978)
14. Соколов, Б. Вендский период в истории Земли. Природа, №2, 1984 (Sokolov B., Vendian period in the history of Earth. Nature, #2, 1984).
15. Adeishvili, T., Verulashvili M., Saghinadze M., Naveriani T. Astronomiis safuZvlebi. naw. I, II. quT., 2013 (Adeishvili T., Verulashvili M., Saghinadze M., Naveriani T., Basics of Astronomy, part I, II, Kut., 2013)

16. Миланкович, М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М.-Л.: ОНТИ, 1939 (Milankovich M., Mathematical climatology and astronomical theory of climate fluctuations. M.-L.: 1939).
17. Будико, М. Глобальная экология. М.: Мысль, 1977 (Budiko M., Global ecology. M.: Thought, 1977)
18. Джон Б. Ритм, причина и прогноз Зимы нашей планеты. М.: Мир, 1982 (John B., Rhythm, reason and prognosis of the winter of our planet. M.: Peace, 1982).
19. Левченко, В. Модели в теории биологической эволюции. СПб.: Наука, 1993 (Levchenko V., Models in the theory of biological evolution, Science, 1993).
20. Федоров, В., Пильманов Т. Экология. М.: изд-во МГУ, 1980 (Fedorov V., Pilmanov T., Ecology. M: ed. MSU, 1980).
21. Adeishvili, T., astrofizikis safuZvlebi. quT., 2016 (Adeishvili T., Basics of astrophysics. Kut., 2016)
22. Гуревич, Л., Чернин А.. Введение в космогонию. М.: Наука, 1978 (Gurevich L., Chernin A., Introduction to cosmogony. M.: Science, 1978).
23. Багдасяров, Ю., Галактическая цикличность геологических процессов. Природа, №8, 1981 (Bagdasarov Y., Galactic cycle of geological processes. Nature, No 8, 1981).
24. Будико, М., Эволюция биосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1984 (Budiko M., Evolution of Biosphere. L.: 1984).

ON THE MODEL OF PHYSICAL EVOLUTION OF BIOSYSTEM

T. Adeishvili[1], A. Aleksandrov[2], Kh. Davarashvili[3], T. Zhvitiashvili[3]

[1]Academy of ecological science of Georgia
[2]Bulgarian Astronaut
[3]Akaki Tsereteli State University – Georgia
e-mail: alexblag@spnet.net

Key words: *population; utilization; self-preservation; entropy; work; instruction; biosystem; ecosystem; ontogeny; immanent; ideal bio-system; interruption; biosphere; crisis; Phanerozoic; evolution; physical evolution*

Absract: *More than one specialist has dealt with the problems of the physical processes of this or that biological event. Recently, there has been a rapid development in biophysics, which encompasses the processes on subcellular as well as cellular levels [1, 2]. But in the macroscale of life organization, the research of physical laws was not very fruitful, which was connected with the general approach and concrete methodology to the problem [3]. Within the given work, trying to partly eliminate this flaw, we discuss physical mechanisms of functioning of different bio-systems (including the biosphere).*

There are two scientific approaches to the concept of life: structural and functional. As it is clear from the definition, the former generally focuses on the concrete physical and chemical basis and constructional peculiarities of organisms, while the latter focuses on their functional peculiarities. According to the one of the founders of quantum physics E. Schredinger: “The given part of materia is alive when it continues doing something, moving, producing metabolism with the environment, etc.”. In different sources, he gives general physical definition of life: “Life is an organized and regular behavior of materia, which is based on the existence of current order” [3].

According to a famous astrophysicist Academician I. Shklowsky: “A live system is a functional system and, therefore, one structural characteristic is not sufficient for it” [4]. According to one more quotation given in this textbook by Academician A. Lyapunov: “A wide, cybernetic management is the most characteristic feature of life, irrespective of its forms”.

From functional point of view, different authors [5, 6, 7] distinguish three components of functioning:

1. Functioning directed at self-preservation;
2. Functioning directed at preserving population;
3. Finally, functioning of highly developed organisms with complicated nervous system, which are not directly connected with the utilitarian biological needs but may possess significance in future survival of organisms or “population”.

These components are comparatively independent and at different moments of their lives and ontogenesis they can even contradict each other. Of course, these are not all the reasons why living systems behave in this or that way. But at the initial stage, it is important to understand the main issues of life processes, without which the existence of organisms or their population in the environment is simply impossible. That’s why we will deal with the functioning directed at self-preservation.

From physical point of view, self-preservation (survival) is characterized by the establishment of a certain level of organization, i.e. the preservation of structure. To describe organization, we can use the function of entropy. It is known that to preserve the reduced level of entropy in a system, energy current or the current of low entropy substance have to enter the system from the environment. As the dissolving process in nature is a permanent one, part of the energy current is transferred from non-heat to heat or is scattered [3, 8]. This is illustrated in thermodynamics by a well-known first law [9, 10]:

$$dA + \Sigma_i \mu_i d n_i = dU - T d S , \quad (1)$$

where Σ_i is an algebraic sum according to i; A is the work done by outer forces; μ_i – chemical potential of i-like substance which entered or left the system; n_i – the number of i-like substance; dn_i – the change

in their number as a result of chemical reaction or mass exchange with the environment; U – inner energy of the system; T – absolute temperature; S – entropy of the system.

When the average amount of the existing substance and its consistency in the system do not change, it is usually considered that dn_i member of chemical energy is also included in dA. We can avoid those mathematical confusions which are connected with the existence of the member of chemical energy and are produced during the discussion of biosystem, whose mass is not permanent, thus: we will discuss not the developing system itself, but the system which involves all the substances used in the mass growth, i.e. substance plus any amount of substance which does not undergo changes. The amount of this kind of full system is endless and whichever we will choose – it is only the question of norm. This approach is used in the description of evolution of ecosystem and the biosphere. The latter is the full system of proximity, which makes it significantly easier to study its physical evolution.

To illustrate, let's discuss the following example. Theoretically, we can create the automatic machine which will be programmed or, in other words, it will have programs (instructions) to carry out functions which are directed at using certain types of energy or small entropy substances. Besides, the external energy will be used to preserve the reduced level of entropy, i.e. to "self-repair". We can't name this machine "alive" because in the process of creation of unknown external conditions, it won't be able to use this energy and will die. Living organisms, as seen from everyday observation, are not programmed very strictly and this is what enables them to become stronger and survive in different conditions.

From the above-mentioned we can conclude that self-preservation in the real environment of unpredictable variable situations requires not only: a) functioning programs (instructions) directed at using definite kinds of energy in certain conditions, but also b) the ways of finding new mechanisms and instructions of functioning in unknown situations.

In some cases, the organisms with developed nervous system possess the ability of experimentation which must be progressive from evolutionary point of view.

Thus, unlike the process of crystallization, during which the decrease of the level of the entropy of system goes on as a result of the reduction of inner energy, in cases of live system, this degradation is the result of the fact that the system is functional or "is able to" (knows how) to use external energy and can find new sources of energy. A number of authors have reflected on these aspects [3, 11, 12].

These characteristic features of self-preserving bio systems are connected with their two important features: first, in order to save and remember the existing or newly-acquired functioning instructions, it is necessary to possess memory mechanisms; second, in order to realize point b, it is required that in contradictory situation the system must not be strictly determined and be able to choose this or that variant of behaviour.

This kind of random search and choice can be found at all stages and in all aspects of functioning of live systems. Random movement of the simplest organisms, fluctuations of the growth of some of the structures in ontogenesis of plants and animals, finally, constant detection of mutant formation in such bio systems as ecosystem – all these are the examples of random search and selection of functioning and beaviour at different levels of biological organization. In this or that situation connected with brain work, there is a need for spontaneous/random search because, due to the lack of time and brain recourses, it often becomes impossible to use the whole information connected to the situation, or this information is simply not enough. Besides, according to the result of Gedel's second theorem, it is impossible to prove this theory within any theory [13]. This means that in case of strict logical definition of thinking, which prohibits the possibility of free intuitive search and, therefore, free choice necessary for construction, it is impossible to establish a radically new image. But this conclusion is actually unfair.

All this can be generalized in the following way: the freedom of choice in behavior and in thinking and, therefore, search for new instructions (programs) of functioning – is an immanent feature of a living creature. In other words, the feature of searching for new instructions of functioning is derived from the freedom of inherent volition for all living creatures, while the realization of this free behavior leads to the uniqueness of any human or, generally, living creature. Subjectively, the feeling of freedom is the sign of being outside individual environment and necessity. That's why the feeling of freedom is one of the most important current motives of the behavior of living creatures. To achieve this immanent freedom, living creatures need additional activity, compared to the activity necessary for self-preservation in surrounding environment.

The search and selection of new mechanisms of functioning are carried out among a limited number of variants. It is realized in a certain field of choice which is defined by individual and evolutionary data. The evolution process can be discussed as a process of gradual acquisition of the growing number of variants of existence, which is necessarily connected with thinking.

The process of generalization of physical and functional features of the bio systems leads to the construction of physical models of their evolution.

In a strange and contradictory situation, living system has to have experimentation skills in order to self-preserve. A successful experiment conditions the production and concept of the new instructions of functioning, which encourages the creation of organisms and their adaptation in a strange environment [14, 15]. The actual results of a certain experiment can be unsuccessful, that's why it is useful to introduce the concept of *ideal bio system*. Its characteristic feature is that during "the lack of energy and resources" this bio system looks for, finds and then uses the new ways and methods of receiving energy. The last requirement is added because in critical situations the newly-acquired ways or methods are not always standardly used. We should also mention that one of the characteristic features of a real system is the principle of stability of the current [14, 16].

Every method of receiving energy from the environment can be adjusted to the channel of transferring energy. The reduction of transfer of energy current or its temporary interruption in one or several channels causes the reduction of total current by *j* magnitude. Let's call this process *interruption*. During every interruption, an ideal bio system acquires a new channel of energy which supplies it with the lacking energy current. After the next interruption, the bio system uses them to reduce the level of entropy. A lot of real bio systems, e.g. separate organisms, do not use all the channels they have and interruptions cause the growth of the channels which can be used only potentially.

Do bio-systems actually have analogues?

Nowadays, there are several distinguished levels of organization of bio-system: hereditary substance, cellular organelles, single cellular and multicellular organisms, populations, ecosystems, the biosphere [17, 18]. According to functioning, in order to preserve the unity of the system, it is logical to distinguish the following levels: unicellular organisms, cells of multicellular organisms, multicellular organisms, ecosystems, the biosphere. Populations are not functional bio systems of interrelated functions of bio system. It can be said that in functional aspect, ecosystems and the biosphere are the closest to ideal bio systems.

As it has been mentioned above, under ideal bio systems we mean the full systems which look for, find and then use the new ways and methods to acquire energy from the environment. That's why, its total current of energy doesn't decrease during each interruption, and after its completion, it increases compared to its value. At this time, the level of bio system entropy is reduced. The expected limitations from the environment can lead to the crisis (see Fig. 1). To receive descriptive equalities of an ideal bio system, let's discuss the case when at the moment of interruption the acquired energy decreased after each interruption by the equal constant *j*.

After each *K* interruption we will have the following for the energy *G(K)* current:

(2) $$G(K) = j_0 (1+K \beta),$$

but when $K \to \infty$,

(3) $$G(K) \approx j_0 K \beta,$$

where *G(K)* is the energy current in bio system *K* after interruption; *K*- the number of interruptions; j_0 - initial current of energy in the bio system (energy current before the first interruption) and $\beta < 1$ is that current reduction, i.e. *j* equals $j_0\beta$ during each interruption. Generally, we can write:

(4) $$G(K) = j_0 + \sum_{K=1,K} j_K,$$

where j_K is the magnitude of current reduction during *K* interruption, and $\sum_{K=1,K}$ is the algebraic sum according to *K*, when it changes from *1* to *K*. At the moment of interruption the constant of the current can't exceed the value of the current.

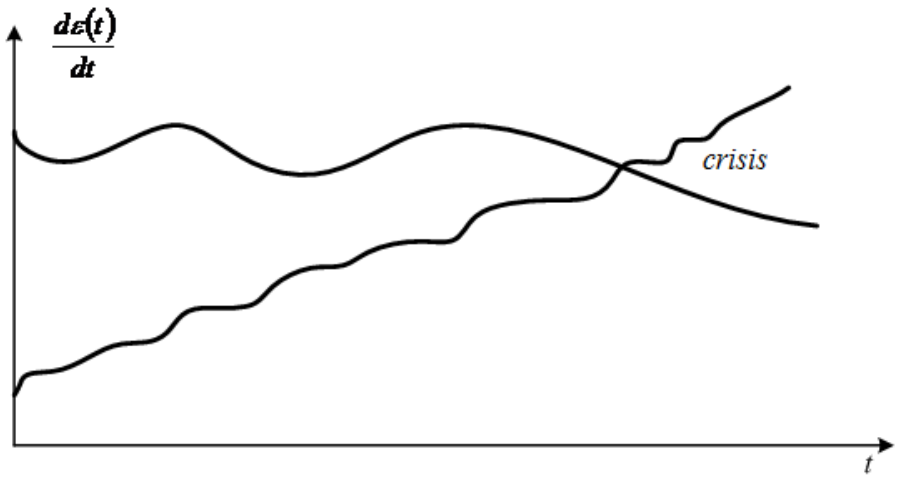


Fig. 1. Generating crisis of an evolutionary ideal bio system.

In case of Phanerozoic (cellular dissolving) biosphere, which supposedly developed in analogy with the ideal bio-system, it can be considered that during the interruption caused by the fluctuation of solar insolation, the magnitude of the deduction of the acquired and used external energy is proportional to the general current of the biosphere. In this case, it is easy to guess that:

(5) $$G(K) = j_0 (1+ \gamma)^K,$$

where $j_{K+1} = j_K (1+ \gamma)$, i.e. the magnitude of relative reduction of the energy current acquired from the environment during interruption using traditional ways.

If γ is small and K is not big enough, as, e.g., for the separate epoch of geological history, then (3) ratio shouldn't give us a very large error compared to relation to (5). Meanwhile, γ parameter is replaced by β, which enables an easier estimation.

When the environment has limited energy, all available sources of energy will sooner or later expire and the following interruption will cause energy crisis (see pic. 1). As we see from the picture, the crisis is produced during the last interruption due to the impossibility of preserving energy current, which is conditioned by the environment due to the restricted growth of the current – upper surrounding curve. In bio system the total energy current increases even during interruption. In case of identical interruptions, when all j_K equals a certain j, it is not difficult to estimate the initial time of the start of the crisis, if we think that the crisis will happen when the G energy current in bio-system equals the accepted E*max*. current. We will receive the simplest formula if besides $\beta = j/j_K$ parameter we introduce $\sigma = j/Emax$. Parameter where j is reduction of the current during interruption. Then, the number of interruptions will be:

(6) $$K = (E_{max.} - j_0)/j,$$

At the same time, $K = tcris./\tau$, where *tcris.* is the time interval from t = 0 moment till the crisis, and τ is the average period of interruption. Thus, we can easily get the following:

(7) $$T_{cris.} = \tau\left(\frac{1}{\sigma}\frac{1}{\beta}\right),$$

The given images are useful only for orientation initial calculations and estimation. Despite this, they help us to understand the regular physical evolution in systems such as the biosphere. Before finding out about the final regulations of its evolution, it is necessary to prove the fact that from functional point of view, the biosphere is very close to the ideal biosphere.

The biosphere of the Earth represents the highest ecosystem. It has hierarchical structure, unites the ecosystems of lower hierarchical levels and separate interrelated populations of organisms. Ecosystems and separate organisms are discussed in the general model of physical evolution of bio systems as self-preserving and self-restoring bio systems which participate in the process of life evolution.

In the given model, by the physical evolution of bio systems we mean the growth of energy current in this system during its existing period. The main postulate of this model is the following: in changing environmental conditions, any bio system strives for the functioning in which energy current is not reduced. Only the bio systems with these features can be self-preserving in the changing conditions. Thus, short interruptions of energy currents received through this or that channel stimulate the bio-system to look for new compensating ways of acquiring energy. If it fails to do so, the bio-system undergoes a crisis and dies.

Thus, every interruption of energy current in a bio system creates a necessary condition for physical evolution. They are realized in the cases of nearly ideal bio systems (ecosystems, the biosphere), which have no specific restrictions about using existing, traditional and later created energy channels, unlike separate/individual organisms which are abundant with these restrictions. Physical evolution in evolving bio systems conditions the creation and development of new and strange features and adaptations but, therefore, it is followed by the creation of new energy channels and factors for the following evolution.

References:

1. Cazol, H., VcFadden W., Keemon T. Biology. An Exploration of Life. New York – London, 1994.
2. Adeishvili, T., JvitiaSvili T. Davarishvili Kh., Adeishvili M. Medicinis sabunebismetyvelo safuZvlebi. Medicinis astrobioekologiuri safuZvlebi. I nawili quT, 2014 (Adeishvili T., Zhvitiashvili T., Davarashvili Kh., Adeishvili M., Natural Basics of Medicine. Astro-bio-ecological Basics of Medicine. Part I, Kut., 2014).
3. Шредингер, Э. Что такое жизнь, с точки зрения физики. М.: Атомиздат, 1972 (Schredinger E., What is life from the physics point of view? M.: 1972) Шкловский И., Вселенная, жизнь, разум. М.: Наука, 1993 (Shklowski I., Universe, life, mind. M.: Science, 1993).
4. Левченко, В. Модели в теории биологической эволюции. СПб.: Наука, 1993 (Levchenko V., Models in the theory of biological evolution, Science, 1993).
5. Dawkins, R. The Selfish Gente. Oxford University Press, Oxford, 1976.
6. Rosm, R. Life Itself, comprehensive Inquire into the Nature, Origin, Fabrication of Life, Columbia Univ. Press. New York, 1991.
7. Adeishvili, T. Astrofizikis safuZvlebi. quT., 2016 (Adeishvili T., Basics of astrophysics. Kut., 2016)
8. Феинман, Р., Леймон Р., Сендс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 3, М., 1965 (Feinman R., Leimon R., Sends M., Finman's lectures on physics. M., 1965).
9. Ландау, Л., Лифшиц Е. Теоретическая физика. М., 1964 (Landau L., Lifshitz E., Theoretical Physics. M., 1964).
10. Волькенштейн, М. Биофизика. М.: Наука, 1981(Volkeinstain M., Biophysics. M.: Science, 1981).
11. Wiclen, J. The thervodinamic theory of evolution. J. Theor. biol., Vol. 87, 1980.
12. Успенский, В. Теорема Геделя о неполноте. М.: Наука, 1982 (Uspenski V., Hedel's theorem about incompleteness. M.: Science, 1982).
13. Levchtnko, V., Khartsiev V. The Life Demon and Autoregulation of Evolutionary Process. I.T.C. Anticipatory systems. Vol.10, Belgium, 2000.
14. Adeishvili, T., Nakashidze V., Naveriani T. Kosmogenuri faqtorebis gavlena biosistemebze. quT. 2004 (Adeishvili T., Nakashidze V., Naveriani T. The influence of cosmogenic factors on biosystems. quT., 2004)
15. Adeishvili, T. Jikia M., Adeishvili M medicinis kosmogeofizikuri safuZvlebi. Qut. 2016 (Adeishvili T., Jikia M., Adeishvili M. Cosmogeophysical basics of Medicine. qut., 2016).
16. Беклемишев, В. Организмы и сообщество. Биологические основы сравнительной паразитологии. М., 1970 (Beklemishev V. Organisms and community. Biological basics of comparative parasitology. M., 1970) Фолсом К. Происхождение жизни. М.: Мир, 1982 (Folsom K., The origin of life. M.: Peace, 1982).

Session 5

Space Material Science and Nanotechnology

Chairman: Prof. Dimitar Teodossiev
Secretary: Daniela Shuleva

OXIDATION OF ALUMINUM ALLOYS IN THE PROCESSING CONDITION

Boris Barbov[1], Anna Petrova[2]

[1]"Paisiy Hilendarski" Sofia high school of Mathematics
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: borisbarbov@yahoo.com; ani@phys.bas.bg

Keywords: *Nano-microcrystalline Al-Si alloys, hot extrusion, Nikitin formal kinetics*

Abstract: *An important characteristic of the nano-microcrystalline ribbons based on Al-Si alloys, that we have studied, is their propensity for oxidation at high temperatures. The amount of oxides formed during the preparation or consolidation of rapidly solidified alloys, are protected the melts from the air. The oxide layer hinders contact between the microcrystalline ribbons during hot extrusion and deteriorates the mechanical properties of the obtained blanks. The hot extrusion process is carried out at temperatures above T = 400 °C. The heating of the ribbons during extrusion creates preconditions for further oxidation of the metal and increase of the oxide layer over time. Knowledge of the oxidation process allows to minimize the impact of the oxide layer on the structure and properties of the extruded blanks. The high wear and tear strength of Al-Si alloys makes them an important material for use in the automotive and aerospace industries for making various details such as pistons, cylinder blocks, bushings, bearings.*

The study of the oxide layer formation and its properties have been made on the basis of the formal Nikitine kinetics.

ОКИСЛЯВАНЕ НА АЛУМИНИЕВИ СПЛАВИ В УСЛОВИЯТА НА ПРЕРАБОТКА

Борис Барбов[1], Анна Петрова[2]

[1]Софийска математическа гимназия "Паисий Хелендарски"
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: borisbarbov@yahoo.com; ani@phys.bas.bg

Ключови думи: *Нано-микрокристални Al-Si сплави, гореща екструзия, формалната китетика на Никитин*

Резюме: *Важна характеристика на изследваните от нас нано-микрокристални ленти на основата Al-Si сплави е склонността им към окисление при високи температури. Количеството оксиди, образували се по време на получаване или консолидиране на бързо затвърделите сплави предпазват добре стопислките от въздуха. Оксидният слой пречи за установяване на контакт между микрокристалните ленти при екструзията на горещо и влошава механичните свойства на получените масивни заготовки. Процесът на гореща екструзия се провежда при температури над T = 400 °C. Нагряването на лентите по време на екструзията създава предпоставки за допълнително окисление на метала и нарастване на оксидния слой във времето. Познаването на окислителния процес позволява да се вземат мерки за минимизиране на вредното влияние на оксидният слой върху структурата и свойствата на екструдираните заготовки.*

Кинетиката на нарастване на оксидния слой е изследвана убедително в статията. За целта се използва формалния подход на Никитин.

1. Introduction

Nano-microcrystalline alloys (ribbons) are substantially different from the massive alloys as shown in Fig. 1. In the case of the production of ribbons, the application of elevated temperatures is necessary, for consolidation the ribbons to bulk samples. The study of the mechanism of alloy interaction with the air in the conditions of hot extrusion is necessary. The studying of interaction of alloys with air is important for processing the waste alloys as well.

Fig. 1. Nano-micro crystalline ribbon

This paper explores the kinetics of oxide layer formation on nano-microcrystalline ribbons at temperatures of hot melt extrusion. For the data processing, the formal Nikitin kinetics method was applied for working experimental weight gain time curves [1, 2]. The influence of the alloying elements on the oxidation velocity and some properties of the surface oxide coating is shown. The results are compared with these, received with in [2], where the authors studied bulk samples.

2. Experimental procedure

Nano micro crystalline alloys are obtained in a laboratory plant using the Planer Flow Casting method (PFC) [3, 4, 5]. The melt solidifies at a rate of $10^{5\text{-}6}$ K/s. In Fig. 1, such a ribbon of base alloy 2 has been shown.

Under these conditions a two-zone metal ribbons is obtained. The two zones are on both sides of the ribbon: WS (facing the wheel site), where the particles are in nanoscale and AS (facing the air site), where the particles grow to the microscale. Nevertheless the particle size of the whole ribbons differ strongly from particle size of bulk alloys.

The increase in the specific weight W of the specimens during the experiment is monitored using SETERAM thermo scales.

A least-squares method of calculations was conducted to find the most expected curves by PC. A standard χ^2 (chi squared) test was used to test the quality of the fitting.

The chemical composition of the studied alloys is shown in Table 1.

Table 1. Chemical composition of the ribbons in wt. %

Ribbon	Si	Fe	Mg	Al
1	11.75	0.32	0.61	87.32
2	11.50	0.25	0.27	87.98
3	12.10	2.00	0.20	85.70

Figure 2 shows experimental curve data in the study of the resistance of studied ribbons to high temperature oxidation at T = 550 °C. These results are obtained in [4]. Apparently, the oxide coating on the ribbons increases parabolically over time, Fig. 2. We tested whether we could apply Nikitin's approach to obtaining information from the growth of the oxide coating [1]:

(1) $W_i = a.t$

By comparing the oxidation results of the different samples, it is possible to conclude about the effect of the composition of the nano-microcrystalline ribbons on the oxidation process. The obtained alloys contain different alloying elements as shown in Table.1.

Demonstration of the oxidation mechanism is one of the tasks of this study, which necessitates finding a method for calculating the experimental results.

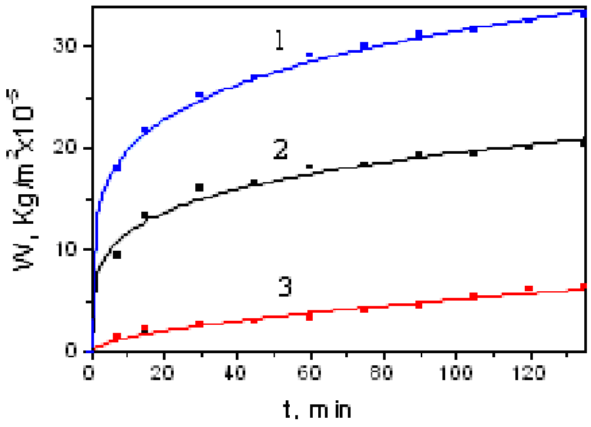


Fig. 2. Increase of the oxide layer on the examined microcrystalline ribbons (weight gain – time curves): 1, 2, 3 at T = 550 °C for 120 min

The following samples are considered:

1 - ribbon with an increased Mg content;
2 - ribbon basic;
3 - ribbon with an increased Fe content.

It can be seen from Fig. 2 that the low iron ribbons (1 and 2) have a higher tendency to oxidation at elevated temperatures. The increase in the oxide layer of nano-microcrystalline ribbons in the hot extrusion process at T = 450 – 480 °C is negligible and the kinetics studies are carried out at 550 °C.

To clarify the mechanism of oxidation of nano-microcrystalline alloys, the formal kinetics of Nikitin were used. By variation of the exponent n in the equation (1), we found the exact value of n at which two parameters curves fit best the experimental points from Fig. 2, i.e. at which square functional (2) has a minimum value [4].

3. Mechanism of the growth of the oxide layer.

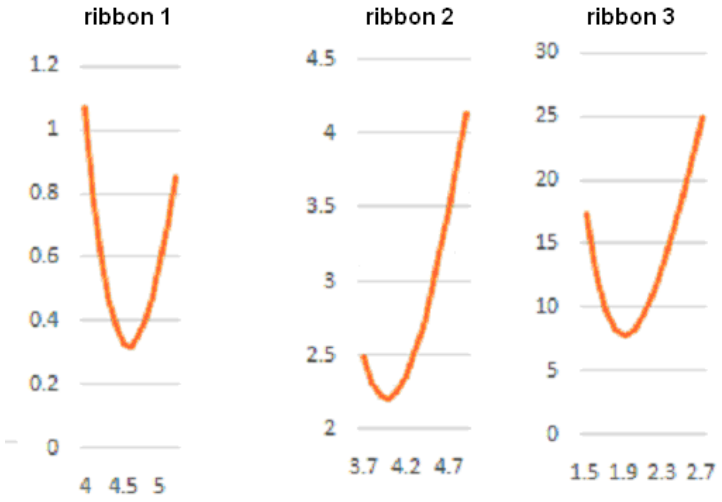


Fig. 3. Dependence of χ^2 on determine n

According to Nikitin theory, the increase in the oxide coating W_i relative to time t follows the equation (2), where a is a parabolic constituent. To determine n, calculate χ^2 of formula (2):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{10} \left(\frac{Wi(t) - Wi(\exp)}{0.1 Wi(\exp)} \right)^2, \quad (2)$$

where W_i are the experimental points.

To calculate the value of χ^2 for specific values n, follow the sequence of actions:

1. We replace $W_i(t)$ with $\sqrt[n]{a.t}$ thus, revealing the brackets, we get a square function which has the form:

$$(\sqrt[n]{a})^2 = (100\sum_{i=1}^{10}\frac{\sqrt[\frac{n}{2}]{t(i)}}{Wi(\exp)^2}) - (\sqrt[n]{a})(200\sum_{i=1}^{10}\frac{\sqrt[n]{t(i)}}{Wi(\exp)}) + 1000 \quad (3)$$

2. To have the smallest value, its first derivative value is zero, which is performed for:

$$\left(\sqrt[n]{a}\right) = (100\sum_{i=1}^{10}\frac{\sqrt[n]{t(i)}}{Wi(\exp)})/(100\sum_{i=1}^{10}\frac{\sqrt[\frac{n}{2}]{t(i)}}{Wi(\exp)^2}, \quad (4)$$

where we find the constant α and replacing the value in formula (3).

3. We find the corresponding value for χ^2 for a specific n. We compute the values for several different n_S and get the minimum of them that corresponds to the desired metric in the initial equation of Nikitin.

Table 2. Results of oxidation kinetics study

Ribbon	Exponent n
1	4.7
2	4.1
3	2.0

With the highest value of the exponent n (4.7) (Table 2), therefore the highest oxidation tendency has ribbon 1 (Mg content = 0.61 wt. % in it). As can also be seen in Fig. 1, that alloy 3 has the thickest oxide coating, which emphasizes the effect of Mg on increasing the tendency of aluminium alloys to oxidize.

The exponent n for ribbon 3 is exact 2.0. The result of the oxidation process is strong oxide coating, which protects alloys from next oxidation. The protective proprieties of oxide layer are nearly the same as protective properties of pure aluminium. The detrimental elements Fe become useful because of PFC method for receive of ribbons.

Conclusions

1. The results of a kinetic study of the oxidation process show that some alloying elements have a significant influence on the oxidation tendency of Al-Si alloys.
2. The results of weight gain-time studies at 550 °C fit the parabolic low for nano-microcrystalline Al-Si alloys with Fe concentration about 2 wt. %. Thus Fe, because of method of very fast solidification, become useful addition as alloys show decreased oxidation tendency with thin and strong oxide skin and n is exact equal to 2. This is a prerequisite for the preparation of massive samples of good density in subsequent treatment of the waste from the production of these alloys.
3. The alloys doped with Mg show increased oxidation tendency compared to other two studied alloys. The exponent n >> 2. Secondary processing of these alloys is very volatile, because oxidative processes will continue and create opportunities for increasing number of defects.
4. Formal kinetics makes it possible with comparatively available means to predict the properties of samples obtained by hot extrusion from fast-solidified aluminium alloys.

References:

1. Никитин, В. И., Расчет жаростойкости металлов, Металлургия, М., 1976.
2. Yaneva, S., L. Stojanova, T. Markov, Cryst. Res, Technol., 22, 1987, pp. 251–258.
3. Мондольфо, Л. Ф., „Структура и свойства алюминиевых сплавов”, Металлургия, М, 1979.
4. Lavernia, E. J., J. D. Ayers and T. S. Srivatsan, Int. Mater. Vol. 37, №1, (1992), pp. 1–44.
5. Stefanov, G., S. Yaneva, N. Stoichev, ,Engineering Sciences, XLII, №3, pp. 58–67.

MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF NANO-MICROCRYSTALLINE ALUMINUM ALLOYS

Boris Barbov[1], Anna Petrova[2]

[1]"Paisiy Hilendarski" High school of Mathematics
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: borisbarbov@yahoo.com; ani@phys.bas.bg

Keywords: *Nano-microcrystalline Al-Si alloys, X-ray diffraction, TEM, NanoScan*

Abstract: *In past decades a new direction has developed in the production of aluminum products, applicable in automobive and aerospace industries. Composite alloys by adding inert nano- and microparticles are obtained. The influence of these particles on the structure of alloys at elevated temperatures is relatively poorly studied.*

Composite extrudates from powders of low Si content are prepared. Addition of 2 wt. % TiC particles are used as a new phase in nano-microcrystalline aluminum alloys from the Al-Fe-V-Si system. We assume that the additive particles are inert and homogeneously distributed in the sample volume. Bulk samples have a high experimentally measured density of 2.9 g/cm^3 comparable to a calculated density value of 3.13 g/cm^3. This indicates that the hot extrusion process provides good contact between the aluminum matrix and the TiC particles.

МИКРОСТРУКТУРА И МЕХАНИЧНИ СВОЙСТВА НА НАНО-МИКРО КРИСТАЛНИ АЛУМИНИЕВИ СПЛАВИ

Борис Барбов[1], Анна Петрова[2]

[1]Софийска математическа гимназия "Паисий Хелендарски"
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: borisbarbov@yahoo.com; ani@phys.bas.bg

Ключови думи: *Нано-микрокристални Al-Si сплави, рентгеноструктурен анализ, ТЕМ, НаноСкан*

Резюме: *През последните години се развива ново направление в получаване на алуминиеви изделия, приложими в авто- и авиопромишлеността. Получават се композиционни сплави, чрез добавяне на уякчаващи инертни нано- и микрочастици. Влиянието на тези частици върху структурата на сплавите при повишени температури е сравнително слабо изучено.*

Изготвени са композиционни екструдати от прахове с ниско съдържание на Si. Добавка от 2 тегл. % TiC частици се използва като нова фаза в нано-микрокристални алуминиеви сплави от системата Al-Fe-V-Si. Предполагаме, че частиците на добавката са инертни и хомогенно разпределени в обема на образците. Масивните образци са с висока експериментално измерена относителна плътност 2,9 g/cm^3, съпоставима с изчислената стойност на плътността 3,13 g/cm^3. Това показва, че процеса на гореща екструзия осигурява добър контакт между алуминиевата матрица и добавените частици TiC.

1. Introduction

Aluminum alloys with elements such as Si, Cu, Zn, Mg and others are used in industry because they combine low density with good mechanical properties [1, 2]. Their application in the automotive industry is steadily increasing. These alloys are used at operating temperatures of about 180 °C. Suitable alloying is used to increase their heat resistance. Typical examples are system alloys

(Al-Fe). They have a high heat resistance at Fe ≥ 7 to 10 wt. %. This determines their great application in the automotive and aviation industry.

In practice, as the most productive, fast melt melting, Planar Flow Casting (PFC) [3] and Gas Atomization [4] methods have been validated. As a result of the rapid crystallization, preforms with highly chopped structures, metal ribbons, slurries, flakes are obtained [5].

These blanks are compacted by plastic deformation processes at elevated temperatures such as hot extrusion. Heating structure is shown in [6].

This study analyzes the influence of TiC particles on the structure and physico-mechanical properties of Al-Fe-V-Si nano-microcrystalline alloys.

2. Experimental data

Nano-micro crystalline powders are compacted by hot extrusion. The powder is extruded at a temperature of 450 to 480 °C. By adding an inert additive (TiC) before the hot extrusion, composite extrudates are obtained. The composite extrudate has a size of Ø 12 mm and a length of 1 m. From this, a composite tape is obtained through the PFC method [7]. The dimensions of the ribbon are 8 to 10 mm wide and 30 to 70 μm thick. A small sample for study with Nanoscan and the test strip is given in Fig. 1.

Fig. 1. Micro-nanocrystalline ribbons from the system AL-Fe-V-Si

The ribbons are characterized by two different surfaces. On the side of the cooling disk the surface is smooth (WS). The other side is visibly rugged (AS). Samples of the starting microcrystalline powder Al-Fe-V-Si were obtained:

Sample 1 – ribbon AL-Fe-V-Si
Sample 2 – ribbon AL-Fe-V-Si with TiC particles

Table 1. Chemical composition of the samples' surface in wt. %

wt %	Al	Fe	V	Si	Ti
Sample 1	86.52	8.60	1.55	3.13	-
Sample 2	88.83	8.86	1.53	-	0.78

From previous data [1, 5], the phase composition of the surface of the ribbons is determined (Table 1). The absorbed amount of TiC in the strip is about 2 wt. % with Ti ~ 1% concentration.

In heat treatment, a staged decomposition, mainly in the nanosecond, of the saturated Al solid solution which is associated with the final microstructure formation (Table 2) occurs. In the first stage, silicon particles are separated, and the grain parameter of the pressurized solid solution gradually increases and reaches equilibrium values.

A two-phase microstructure is obtained. When additional alloying elements are present, the system becomes three-phase, separating a new intermetallic phase.

Table 1. Scheme of microstructure formation in nano-microcrystalline Al-Si alloys with addition of an alloying element Sb

I stage	II stage	III stage	IV stage
Pressed Al-solid solution	Si phase	IM iron containing phase	AlSb phase T > 540 °C

The presence of additional alloying elements complicates the microstructure shaping mechanism by adding an additional step leading to the growth of a second intermetallic phase. The separated secondary Si during the first decomposition step of the Al solid solution serves as a support for the growth of the corresponding intermetallic phase.

Complicating the composition of the starting alloys is an additional source for producing nano-micro alloys with unique properties [8].

2.1. OM and TEM analyses of samples

Extruded composite specimens have a nano-micrograin microstructure with a uniform phase distribution throughout the volume (Fig. 2).

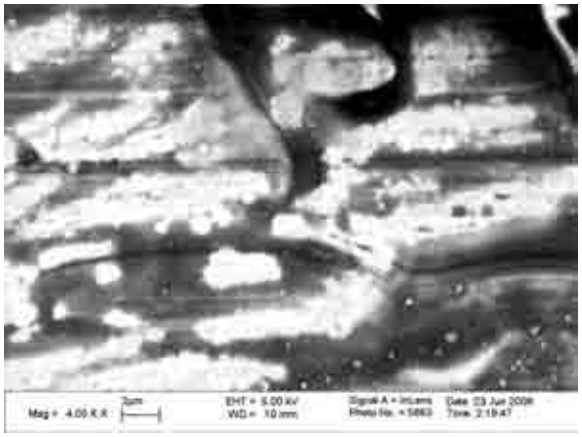
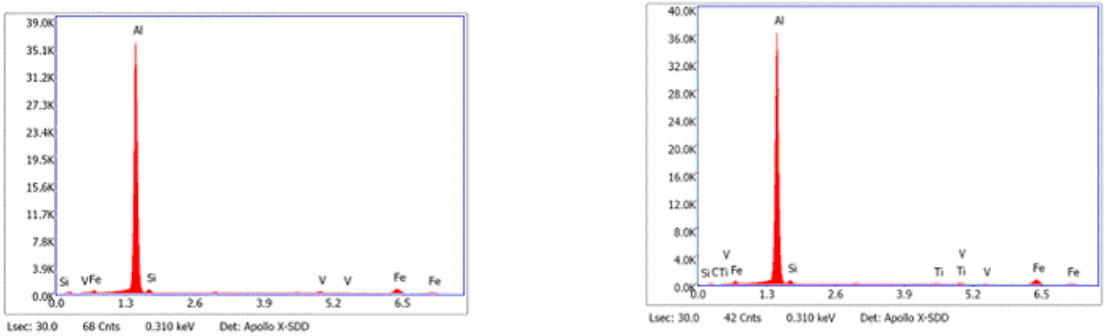


Fig. 2. Metallographic structure of ribbon

The figure shows a homogeneity in the distribution of the TiC particles in the sample volume 2 (the light points in the figure) along the whole section of the ribbon.



a) b)

Fig. 3. EDS spectrums of: a) Sample 1; b) Sample 2

The TiC particles are spherical in shape. Composite samples 1 and 2 are tested by TEM with EDX to specify the structure and composition, Fig. 3 a) and b), Table 2 a) and b).

The smooth surface of the ribbons is monitored by a nanoparticulate solid aluminum solution with a grain size of 50–70 nm and intermetallic particles up to about 10 nm.

Table 2. Chemical composition of: a) Sample 1; b) Sample 2

Element	Weight %	Atomic %
AlK	88.08	91.76
SiK	1.89	1.93
V K	1.87	1.05
FeK	10.19	5.25

a)

Element	Weight %	Atomic %
C K	2.57	6.00
AlK	81.89	85.07
SiK	1.92	1.92
TiK	0.96	0.56
V K	1.91	1.05
FeK	10.75	5.40

b)

The grid parameter of the oversaturated solution is smaller than the equilibrium value.

2.2. SPM analysis

NanoScan, FSBI TISNCM, Russia is a microscope that allows the obtainment of three-dimensional surface topography images in the in tapping mode with a diamond tip (Fig. 5). The scanning is performed attached to a piezoceramic probe [9]. During the scanning process, the frequency is kept constant. This mode allows studying the structure of multiphase materials, as well as the mechanical heterogeneity distribution on the surface.

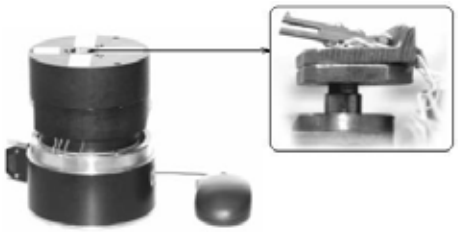


Fig. 5. Microscope Nanoscan with a piezoceramic probe

With additional NanoScan research, the effect of the composite additive on the properties of the two ribbons is demonstrated. Fugure 6 shows the boundary of the sample 2.

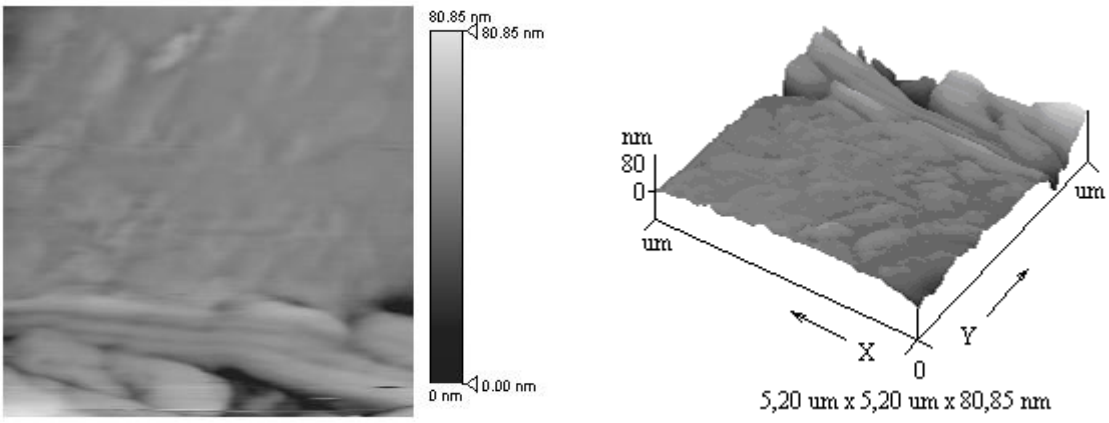


Fig. 6. Surface topography of a ribbon 2, obtained by scanning probe microscope NanoScan: a) 3D and b) 2D images

Surface roughness was characterized by calculating the roughness parameters: Ra, Rms, Rz and maximum elevation Max h. Average arithmetic roughness of the surface Ra - average roughness describes different shape, dimensions and direction of furrows, recesses and projections that form the

relief of a given surface. Mathematically represents the sum divided by their number. Higher value means a coarse surface. In mathematics, Rms - root mean squareness roughness is a statistical measure of the magnitude of the surface roughness variable. It is always greater in value than Ra, being more sensitive to more extreme points.Ten point average roughness Rz is the difference in height between the average of five highest peaks and five lowest valleys in the surface profile. Rz is more sensitive to occasional high peaks or deep valleys on surface profile analysis of samples

Typical for the sample is the magnitude of the Max h. The data in Table 3 are values averaged over 10 measurements.

The use of the presented methods complements the information on the structure and the surface layer of the samples.

Table 3. Roughness statistics for samples

Sample	Ra [nm]	Rms [nm]	Rz [nm]	Max h (Z) [nm]
1	8.02	10.08	27.22	68.38
2	8.11	13.01	38.87	81.23

The Z difference between the sample surfaces is 12.85 nm. The roughness Ra is greater (0.09 nm) for sample 2 with TiC (Fug. 8, Table 6).

Increasing roughness in the presence of inert particles influences by creating additional stresses in the material.

2.3. Microhardness

The structure of nano-microcrystalline bands determines their mechanical properties. Several nano-microprint bands of different composition were studied. The micro-stability of the test ribbons varies depending on their chemical composition. The highest values of micro-hardness were measured in Fe-doped ribbons.

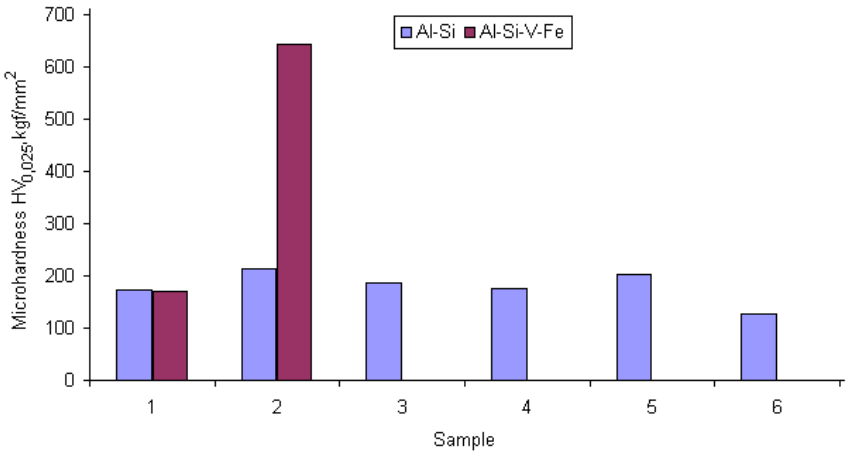


Fig. 6. Microhardness of test ribbons from the system Al-Si and Al-Si-V-Fe

We investigated a series of rebbons: Al alloy double alloy alloys, samples 1 to 6 and high alloy alloys with 8–9 % iron samples 1 and 2. Micro-hardness does not change much. In all, iron phases are observed. Highest iron have experimental samples from the quartz Al-Fe-V-Si alloy, but due to the peculiar way of production, there are no needle-like phases and high micro-stiffness values.

Hardness measurements of the resulting composite bands were performed.

Micro-hardness of alloys with twice the silicon content is twice as high, which confirms the idea that the emergence of an additional phase leads to improved mechanical performance.

The properties of the alloys are verified by thermal treatment. This process influences the degree of solidification in the phase-forming processes.

Conclusions

Al-Fe-V-Si metal matrix composite materials are presented. Consideration is given to the possibility of inserting fillers (nano and micro particles) for further dispersion of the alloy.

1. The high content of Fe in conventional alloys results in the formation of large, needle-like iron phases. The structure of the cast articles is fragile. The shape and dimensions of the phases formed depend on both the chemical composition and the rate of crystallization. Additives from microcomponents as well as suitable casting and heat treatment technologies lead to the elimination of intermetallic phases and a significant improvement in the mechanical properties of the parts. This technology allows the processing of secondary alloys with high iron content and other alloying elements, which helps to protect the environment.

2. Rapid hardening methods result in new alloys with increased mechanical performance. This allows the introduction of advanced technologies for the processing of secondary aluminum alloys, and the harmful impurities are transformed into necessary enhancing and / or alloying phases.

In one case, microcrystalline bands are obtained, and in the other - crystalline powders with micron particle sizes, with substantial ejection of the phases in them. Aluminum alloys thus obtained can be found in practical applications in machine-building after compacting to massive blanks. For this purpose, the methods of plastic deformation and in particular hot extrusion are used.

3. Because of the high melt cooling rates, these materials are far from equilibrium. Their structure is composed of a saturated aluminum matrix and reinforcing, intermetallic phases with sizes from several nm to several μm (depending on the chemical composition of the alloys). Alloy etching is based on a relatively high amount of fine particles that are stable at elevated temperatures due to the low diffusion rate and limited solubility of the alloying elements.

References:

1. Yaneva, S., N. Stoichev, G. Stefanov, P. Kovachev, Proceedings of V Congress “Mechanical Engineering Technologies’06”, Varna, Bulgaria, Second section, 2006, pp. 48–50.
2. Yaneva, S., A. Kalkanlı, K. Petrov, R. Petrov, Ir.Yvan Houbaert, S. Kassabov, Mat. Sci. & Eng., A, 373, 1–2, 2004, pp. 90–98.
3. Stoichev, N., K. Petrov, S. Yaneva, P. Kovachev, N. Zvetanova, 2002, Material Science and Engineering, pp. 12–16.
4. Gilman, P., Met. Mater., 6, (1990), pp. 504–507.
5. Stefanov, G., PhD thesis “Microstructure and mechanical properties of nano-microcrystalline aluminium alloys and bulk materials made from them”, 2010, Sofia.
6. Kalkanli, Ali, Seda Sayilgan, “Hot extrusion of AlFeVSi alloy powder at industrial scale with 129:1 and lower ratios microstructuiral and mechanical characterization”, J Mat Sci. & Tech., 17, 2009, pp. 117–128.
7. Yaneva, S., L. Stojanova, T. Markov, “Oxidation of solid aluminium silicon alloys in air”, Crystal Research and Technology, Vol. 22, Issue 2, 1987, pp. 251–258.
8. Zidarov, D., R. Petrov, E. Bendereva, G. Stefanov, A. Kalkanli, P. Kovachev, S. Yaneva, “Phase development during rapid solidification of Al-Fe-V-Si alloys with Mg additives” Technical ideas, book 3, 2009, pp. 66–76.
9. http://nanoscan.info