La scienza e il capitano, e la pratica sono i soldati - Leonardo da Vinci (1452 – 1519)

Науката е пълководецът, а практиката са войниците
Леонардо да Винчи (1452 – 1519)

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

SES 2017

SES 2017

Thirteenth International Scientific Conference

SPACE, ECOLOGY, SAFETY

2 - 4 November 2017, 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

THIRTEENTH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

DEDICATED TO

THE 60-TH ANNIVERSARY OF THE FIRST ARTIFICIAL SATELLITE OF THE EARTH
AND 45 YEARS OF BULGARIA IN SPACE

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

S E S 2017

PROCEEDINGS

The Conference is supported by Bulgarian National Science Fund
Contract № ДПМНФ 01/12 – 02.05.2017

2017

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

Scientific-Programming Council

Acad. Lev Zelenyi – Russia
Acad. Valeriy Bondur – Russia
Prof. 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. Boyko Ranguelov
Assoc. Prof. Dr. Georgi Jelev
Tsveta Srebrova, MS

PROCEEDINGS

Publishing team:

Garo Mardirossian
Tsveta Srebrova
Georgi Jelev

This Collection contains reports presented orally, or in the form of posters during the Thirteenth International Scientific Conference „Space, Ecology, Safety - SES 2017", which was held on 2 – 4 November 2017 in Sofia.

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

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

© Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

ISSN 1313 – 3888

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

CONTENTS

Plenary Session

Елисавета Александрова, Пламен Ангелов, Таня Иванова
Българско астронавтическо дружество – 60 години дейност. 9

Session 1
Space Physics

Румен Шкевов, Николай Ерохин, Владимир Лозников, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская
Численное исследование роста энергии при резонансном ускорении слабо релятивистских электронов (Invited paper). 21

Sergey Svertilov, Vitaly Bogomolov, Michail Panasyuk, Gali Garipov, Anatoly Iyuidin, Margarita Kaznacheeva, Pavel Klimov, Vladimir Lipunov, Vasilii Petrov, Ivan Yashin
Observation of Terrestrial Gamma Ray Flashes, Cosmic Gamma Ray Bursts and Electron Precipitation in Vernov and Lomonosov Space Missions. 29

Андрей Богомолов, Ирина Мягкова
Результаты наблюдений жесткого рентгеновского и гамма-излучения на борту обсерватории «КОРОНАС-Ф» в рамках российско-болгарского проекта «Источники солнечных космических лучей: солнечные вспышки или корональные выбросы массы?» 34

Ирина Мягкова, Владимир Калегаев, Юлия Шугай, Сергей Доленко, Михаил Панасюк
Центр анализа космической погоды НИИЯФ МГУ: мониторинг и прогноз состояния околоземного пространства. 41

Igor Shibaev
Long-Term Forecast of Solar Activity Using the 150-Year Harmonic and Characteristics of Cycles of the Reliable Part of Wolf's Numbers. 48

Rositsa Miteva
SOHO/ERNE Proton Event Catalog: Description and First Results. 52

Rositsa Miteva, Larisa Kashapova, Irina Myagkova, Nataliia Meshalkina, Nikola Petrov, Andrey Bogomolov, Ivan Myshyakov, Tsvetan Tsvetkov, Dimitar Danov, Dmitriy Zhdanov
The Origin of Sep Events: New Research Collaboration and Network on Space Weather. 57

Kamen Kozarev, Astrid Veronig, Peter Duchlev, Kostadinka Koleva, Momchil Dechev, Rositsa Miteva, Manuela Temmer, Karin Dissauer
Presentation of the Project “An Investigation of the Early Stages of Solar Eruptions – from Remote Observations to Energetic Particles”. 63

Костадин Шейретски, Румен Шкевов, Николай Ерохин
Използване на асимптотични методи за изследване на динамични системи. 68

Atanas Atanassov
Solving of Situational Problems Having Equal Situational Conditions. 74

Daniela Boneva
On the Feasible Engines of the Vortical Flow Activity in Close Binary Stars. 79

Красимира Янкова
Междукомпонентни връзки в квазар – предпоставки за възникване. 85

Пенка Мъглова, Алексей Стоев, Сергей Кузин, Бешир Марзук, Андрей Перцов, Мохамед Семеида
Великото американско затъмнение на 21 август, 2017 година - наблюдения и резултати. 89

Огнян Огнянов, Явор Шопов, Петър Гецов, Пенка Мъглова, Алексей Стоев, Сергей Кузин, Андрей Перцов
История, настояще и перспективи на космическите наблюдения и проследяване (SST) в България. 95

Велко Велков
Осветляване на „тъмната" материя. 101

Ерол Буюклиев
Милитаризацията на Космоса като риск за сигурността на Южна Азия. 106

Session 2
Aerospace Technologies and Biotechnologies

Геннадий Маклаков
Оптимизация на музикалната психотерапия на операторите на ергатични системи чрез метода ГРВ-биоелектрография. 113

Михаил Владов, Виктор Афанасьев, Александр Владов, Георги Сотиров
Виброакустическая система прогноза остаточного ресурса лопастей воздушного винта самолета интегральным методом свободных колебаний. 118

Илияна Илиева, Галин Гюлчев, Геновева Златева
Разработване на система за мониторинг на растежа и състоянието на растенията в космическа оранжерия Свет-3 въз основа на термални изображения и изображения във видимия диапазон: изисквания и подбор на камерата. 130

Zoya Hubenova, Konstantin Metodiev
Notes on Teaching Experience Gained through Simlat C-Star Simulator in Bulgaria. 134

Константин Методиев
Реализация на прибор „Плевен-87" на мобилно устройство. 139

Павлин Граматиков, Венета Гинева
Вторична електрозахранваща система за космически прибор „ASLAV" – детектор на слънчево лаймановско алфа-излъчване. 144

Павлин Граматиков
Вторична електрозахранваща система за космически прибор „AMEF-WB". 149

Светла Димитрова
Космическо време и динамика на сърдечно-съдови инциденти. 153

Ирена Николова
Ефективно управление на проекти в сектора за отбрана и сигурност. 158

Михаил Цветанов
Слънчево-гравитационен алтернатор. 164

Session 3
Remote Sensing and Geoinformation Systems

Rosen Iliev
Morphostructural Preconditions for the Seismic Setting in the *Rhodope* Mountain. 171

Веселин Ташев, Ролф Вернер, Ангел Манев, Мариана Горанова, Ана Шишкова
Изследване на температурата и локалното затопляне в атмосферата на район Стара Загора. 176

Веселин Ташев, Ролф Вернер, Ангел Манев, Мариана Горанова
Изследване и сравнение на годишните и месечните количества на слънчева енергия, попадащи на Земята, измерени с метеостанция Vantage Pro2 Plus. 182

Теменужка Спасова
Използване на радарни данни за мониторинг на наводнени площи. 190

Мария Димитрова, Деян Гочев, Пламен Тренчев
Разпознаване на типове горска растителност по разликата в сезонната промяна на вегетацията. 195

Деян Гочев, Румен Недков, Мария Димитрова, Пламен Тренчев
Използване на радарни изображения за изследване на фазови преходи на водата в околополярен район. 201

Деян Гочев
Използване на радарни изображения за изследване на възможни връзки между екстремни геофизични явления. 209

Иван Димитров
Мониторинг на наводненията по поречието на река Камчия. 218

Иван Димитров
Газопроводът "Турски поток" – космически мониторинг. 224

Надя Маринова
Управление на човешките ресурси в проектите. 230

Session 4
Ecology and Risk Management

Boyko Ranguelov, Richard Haigh, Dilanthi Amaratunga, Maria Merino Gonzalez-Pardo, Ruben Paul Borg, Francesco Romagnoli, Samantha Hettiarachchi, Fathmath Shadiya, Shazla Mohamaed, Marlon DL Era, Maria Caridad
The C A B A R E T Project and Bulgarian Participation. 239

Boyko Ranguelov, Tatiana Asenova, Emil Oinakov
Project A C U S A N (Acoustic Investigations in Antarctica). 244

Vitaly Bogomolov, Sergey Svertilov, Mikhail Panasyuk, Ivan Maksimov
Study of Atmospheric Gamma-Ray Background Variations from Natural Radioactive Isotopes and Accelerated Electrons during Thunderstorms. 249

Геннадий Маклаков, Надежда Георгиева
Приложение на метода газоразрядна визуализация за изследване на перспективни рекреационни зони в Крушунския край (България). 255

Julia Stoyanova, Christo Georgiev, Anna Kortcheva, Marieta Dimitrova
Satellite Applications in Marine and Land Surface Analyses for Environmental Risk Assessment. 262

Ива Иванова, Наталия Станкова
Динамика на плаващите тръстикови острови в езерото Сребърна за периода пролет – лято 2017 г, с използването на SAR данни. 269

Наталия Станкова, Ива Иванова
Оценка на степента на увреждане на горски екосистеми след пожар. 275

Рангел Гюров, Ралица Берберова, Биляна Костова
Резултати от георадарно изследване на склонов процес. 280

Ралица Берберова, Биляна Костова, Рангел Гюров
Експериментално изследване на състоянието на дигата на река Искър. 286

Valeria Stoyanova, Annie Shoumkova, Adelina Miteva
Characterization and Environmental Impact of Fine Fly Ash Particles. 291

Vilma Petkova, Ventseslav Stoyanov, Bilyana Kostova, Aleksander Kalinkin, Irina Zvereva, Yana Tzvetanova, Ekaterina Serafimova
Spectroscopic Investigations of Phase Formation in Cement Mortars with a High Content of Mineral Fillers. 297

Radina Nikolova, Vladimir Ivanov, Vilma Petkova
Space Waste. 303

Atidzhe Ahmed, Georgi Markov
Assessment of Heavy Metal in Roe Deer (*Capreolus capreolus*) as Zoomonitor Species in Ecological Monitoring in Bulgaria. 308

Stojan Velkoski
Stone Art in the Republic of Macedonia Has Been a Message from Thousands of Years. 312

Stojan Velkoski, Mihail Velkoski, Jane Velkoski
The History and the Destiny of the Premka Templar Knights. 318

Session 5
Space Material Science and Nanotechnology

Zdravka Karaguiozova, Adelina Miteva, Aleksander Ciski, Grzegorz Cieślak
Some Aerospace Applications of Aluminium Alloys. 327

Zdravka Karaguiozova
Silver Coatings Plated by Electroless Method. 333

Юлиян Караджов, Людмил Марков, Анна Бузекова-Пенкова
Изпитване на противофрикционните свойства на смазочно масло с добавка от нанодиамант, стабилизиран със сърфактант. 338

Anna Petrova
Methods for Analysis of Surface Modified Metal Alloys. 341

Anna Petrova
Анализ на наноструктури чрез сканираща микроскопия. 348

Stefka Kasarova, Nina Sultanova, Ivan Nikolov, Radostin Kasarov
Optical Polymers in Remote Imaging Devices. 354

Нончо Димитров
Значението на България в производството на нанодиаманти. 360

Plenary Session

БЪЛГАРСКО АСТРОНАВТИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО - 60 ГОДИНИ ДЕЙНОСТ

Елисавета Александрова[1], Пламен Ангелов[1,2], Таня Иванова[1]

[1]Българско астронавтическо дружество
[2]Институт за космически изследвания и технологии - БАН
e-mail: e_alexandr@mail.bg

Ключови думи: *Българско астронавтическо дружество, БАД, Никола Бонев*

Резюме: *В доклада са представени най-важните събития от историята на Българското астронавтическо дружествосе (БАД) от създаването му до днес. Дадени са кратки исторически факти за отделните структурни звена на БАД – клонове, секции, клубове, а също и за ръководителите на дружеството през годините. Описани са и основни моменти от дейността на дружеството и на структурните звена като се акцентира на дейността през последните години.*

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY – 60 YEARS OF ACTIVITY

Elisaveta Alexandrova[1], Plamen Angelov[2], Tanya Ivanova[2]

[1]Bulgarian Astronautical Society
[2]Space Research and Technology Institute at the Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: e_alexandr@mail.bg

Key words: *Bulgarian astronautical society, BAD, Nikola Bonev*

Abstract: *The paper presents the most important events in the history of the Bulgarian Astronautics Society (BAD) since its foundation until today. In Brief are presented some historical facts about the BAD's structural units - branches, sections, clubs, as well as about the heads of the Society over the years. There are also described the main moments of the activity of the BAD and its structural units, with an emphasis on the activity in recent years.*

Преди 60 години – два месеца след извеждането в орбита на първия изкуствен спътник на Земята “Спутник” на 04.10.1957 г. – на 08.12.1957 г. в гр.София група учени, авиатори, инженери и специалисти учредяват доброволна обществена научна организация – секция по “Астронавтика” към Софийския аероклуб на Доброволната организация за съдействие на отбраната (ДОСО), чиято цел е да спомага за развитието в България на космическите и авиационните изследвания и приложените им дейности. През 1963 г. тя се отделя като самостоятелна организация под името „Българското астронавтическо дружество“ (БАД) и става колективен член на Съюза на научните работници (СНР) в България (до 1984 г.). Но началото на БАД винаги се е считало, че е поставено на 8 декември 1957 г. и на тази дата се честват годишнините на БАД.

Още на следващата година след основаването си, през 1958 г. БАД става член на Международната федерация по астронавтика (МАФ). Активната дейност на дружеството, подпомагано от държавата, е оценена по достойнство и три годин по-късно нейният председател, акад. Никола Бонев, е избран за вицепрезидент на МАФ (1961–1963 г.). Приносът на българските учени за изследване на космическото пространство и резултатите от наблюденията за полета на първия изкуствен спътник на Земята получават висока оценка от ръководството на МАФ. В допълнение към това и високият авторитет на акад. Никола Бонев и дейността му като вицепрезидент на МАФ, водят до решението на ръководството МАФ 13-ия конгрес организацията да се проведе в гр. Варна (23–30.09.1962 г.). Това е и първият конгрес,

проведен в страна от социалистическия лагер. Гост на конгреса е вторият космонавт на планетата Герман Титов.

Нека проследим основните моменти в дейността и развитието на БАД и отдадем почит и признателност към личностите със съществен принос в дейността на дружеството.

Основните задачи, които БАД си поставя още от основаването си, са:

– съдействие за организиране и провеждане на изследване на космическото пространство и реализиране на космически проекти на договорни и на доброволни начала;

– инициране използването и внедряването на резултатите от космическите изследвания в различни области на икономиката на страната;

– разпространяване на научни знания за космическите постижения чрез лектории, курсове, школи и чрез други форми.

За изпълнение на тези задачи ръководството на БАД организира клонове, секции и клубове в различни селища, в учебни и научни заведения, в производствени предприятия и други организации в страната, в които членуват освен учени от инженерно-техническите и физико-математическите науки, от областите на космическата биология и медицина, космическото право, астрономия, така и неспециалисти, като особено внимание ръководството на БАД обръща на членството на младежи с активен интерес към космонавтиката.

Клонове, секции и клубове на БАД се основават през годините по инициатива на централното ръководство на БАД и на младежки и административни ръководители по места. Такива са създадени в София, Варна, Пловдив, Ловеч, Стара Загора, Велико Търново, Ямбол, Шумен, Хасково, Троян, Кърджали, Враца, Благоевград, Русе.

През 1963 г. на проведеното Общо събрание се приема първия Устав на Българско астронавтическо дружество и е избрано Централно ръководство (ЦР) и Бюро. ЦР определя броя на членовете на Бюрото, които съгласно Устава, могат и да не бъдат членове на ЦР. Този принцип остава в сила до 1975 г., след което за членове на Бюрото се избират само членове на ЦР. Тези органи за управление на БАД се запазват до 1997 г., когато по решение на СГС-ф.о. Бюрото на ЦР става Изпълнително бюро, а от 2005 г. органи за управление са Управителен съвет и Контролна и ревизионна комисия.

От 1994 г. БАД има сериозни финансови затруднения, последвани и от юридически проблеми, а именно – след 1997 г. се правят сериозни опити за обсебване на дружеството от група членове на БАД, които дори не са специалисти в областта на космическите изследвания, и за съжаление те успяват да присвоят по-голямата част от средствата на дружеството. Дружеството все пак устоява на опитите за разцепление и след близо 9 години съдебни дела, благодарение на неуморната дейност на проф. Александър Симеонов, а също и на усилията на най-предани членове на дружеството, съдебната сага приключи успешно през 2005 г. и единството на БАД беше запазено. На Общото отчетно-изборно делегатско събрание, проведено на 03.12.2005 г., се приема новия Устав на БАД и се избира Управителен съвет от 7 члена, за председател на който беше избран проф. д-р Петър Гецов, директор на ИКИ-БАН, по настоящем ИКИТ-БАН. На 20.12.2005 г. БАД получава регистрация по новия ЗЮЛНЦ**.** Следващите общи отчетно-изборни делегатски събрания са проведени на 07.11.2009 г. и на 11.11.2014 г., като в отчетните доклади се отбелязва възстановяването на отделни структури на дружеството, подобряване на връзката с тях и цялостно повишаване на активността на дружеството.

Сред членовете на БАД, които имат неоценима заслуга за просъществуването на дружеството, освен решаващия принос на проф. Александър Симеонов, трябва да отбележим и приноса на адвокат Ангел Димитров, председател на КРК на БАД, за постигнето на положително съдебно решение за дружеството през 2005 г.

През 2007 г. беше възстановен клона на БАД в Пловдив, към филиала на ТУ-София. Основан е и нов клон в Плевен – към ДФСГ “Интелект”, който престана да функционира като структура на дружеството само след 2 години – поради несъвместимост на целите на ръководството на клона с тези на дружеството. Възстанови се дейността на Клуба на БАД в Велико Търново. Застаряване на най-активните членове на БАД по места и неосигуряването на приемственост доведе до преустановяване дейността на клона на БАД във Враца с председател Бойчо Младенов. Полагат се усилия за възстановяване на дейността на клона в Ямбол, за организиране на клуб на БАД в Плевен и клон/клуб в Смолян.

Трябва особено да се отбележи съдействието, което БАД получава от 1975 г. до сега от ръководството на откритията тогава Дом на съветската наука и култура (ДСНК), сега Руски културно-информационен център (РКИЦ), за провеждане на своите мероприятия, посветени на бележити дати и юбилеи, свързани с историята на космонавтиката, за съвместни съветско/руско-български научни форуми. Често на тези чествания за гости са били канени съветски/руски космонавти, като заслугата е изцяло на ръководството на РКИЦ. Трябва

особено да отбележим помощта, която БАД е получавала през годините от страна на многогодишния директор на центъра Евгений Табачников, от зам.-директорите по научно-техническите въпроси ст.н.с. Александър Сейтов и д-р Николай Михайлов, от ръководителя на отдел "Наука и образование" д-р Коста Пеев.

За дейността на БАД през годините трябва да се отдаде дължимото и на председателите на организацията през годините. От основаването си досега председатели на БАД са били:

Акад. Никола Бонев (1898–1979 г.), известен български учен–астроном, пръв председател на БАД през периода 1957–1979 г. Той е основател на Централната станция при БАН за наблюдение на изкуствени спътници. Основател и пръв директор е и на Секцията по астрономия към БАН през 1958 г. и на Националната астрономическа обсерватория “Рожен”. Той работи в областта на слънчевите затъмнения и изследване на Луната. Признание за неговите постижения е наречението на негово име лунен кратер.

Акад. Кирил Серафимов (1932–1993 г.) е председател на БАД през периода 1979–1987 г., а също и от 1990 до 1993 г. Той е един от основоположниците на Програмата "ИНТЕРКОСМОС" и дълги години е несменяем ръководител на българската част от тази програма. Осъществявал е научното ръководство на българското участие в проучванията със спътници "ИНТЕРКОСМОС", с тежки геофизични ракети "ВЕРТИКАЛ", ръководител на научно-техническата програма за полета на първия български космонавт Георги Иванов. Той е инициатор и ръководител на българското участие в космическия проект "БЪЛГАРИЯ–1300", по който през 1981 г. бяха изведени в орбита два съветско-български спътника: "ИНТЕРКОСМОС–БЪЛГАРИЯ–1300" и "МЕТЕОР–ПРИРОДА". След акад. Л. Кръстанов, той е бил постоянен представител на НР България в Комитета за мирно използване на космическото пространство (КОПУОС) към ООН.

Ген. л-т д-р Георги Иванов, първият български космонавт летял на космическия кораб “Союз-33” през 1979 г., е председател на БАД от 1987 до 1990 г.

Проф. Александър Симеонов (1931–2016 г.) е председател на БАД от 1993 до 1997 г. и дългогодишен зам.-председател (1997–2005 г.). Той има изключителен принос за възстановяване единството на дружеството през 2005 г., след тежката криза от 1994 г., вследствие опитите за обсебването му от негови бивши членове. Може с право да се каже, че той беше станал „половин“ юрист в старанието си да се противопостави на техните меркантилни домогвания, които бяха подплатени от няколко съдебни решения в тяхна полза на базата на представени документи с невярно съдържание. Научните трудове на проф. Симеонов са в областта на механиката на летателните апарати и оптимизиране на траекториите на тяхното движение.

Акад. Димитър Мишев (1933–2003 г.) е председател на БАД от 1997 до 2003 г. Той е известен със своите трудове в областта на методите, системите и апаратите за дистанционни изследвания на Земята от космоса, основател и пръв директор на Централна лабораторията по слънчево-земни въздействия към БАН (1993 г.). Неговото изобретение спектометър „Спектър” работи дълги години на борда на станциите „Салют-6”, „Салют-7“ и станцията „МИР“. Под негово ръководство е разработен спектрометричният и навигационен комплекс „Фрегат”, който работи на космическата станция „Фобос”, предназначена за изучаване на Марс и неговия спътник Фобос. Той е инициатор и организатор на няколко български космически програми, в това число свързаните с полетите на двамата български космонавти Георги Иванов и Александър Александров, както и с Космическия проект „БЪЛГАРИЯ–1300”.

Чл.-кор.проф. Петър Гецов е настоящият председател на УС на БАД; директор на ИКИТ-БАН и ръководител на секция “Аерокосмически системи за управление”. Той е член на Международната академия за технологични науки, на New York Academy of Sciences, на Президиума на Международната академия “Homo–Perfectus Integralis“, на Научно-координационния център по глобални промени към БАН.

Значителни успехи в областта на научните изследвания Българското астронавтическо дружество постига след 1978 г. Благодарение на активната дейност на ст.н.с. инж. Методи Велков, дългогодишен зам.-председател на БАД, бяха създадени 7 ателиета – научни звена към БАД, които изпълняваха договори за разработки по заявка от министерства, предприятия, научни институти и други, в резултат на което към началото на 1990 г. БАД имаше в наличност 1,2 млн. лв. Дружеството беше член на МАФ и командироваше своите активни членове за участие с научни доклади и съобщения в ежегодно провежданите конгреси на федерацията.

Членовете на БАД провеждат изследвания и популяризират постиженията в следните научни области:

- астрономия;
- космически съобщения;
- физика на космоса;
- механика на космическите полети;

- дистанционни методи за аеро- и космически изследвания на Земята;
- космическа геодезия;
- космическо уредостроене;
- авиационна и космическа биология и медицина;
- космическа метеорология;
- социално-икономически проблеми на космическите полети;
- история на космонавтиката и авиацията.

Като най-стари структури на БАД, а и най-активни през годините на съществуването си, следва да се отбележат следните клонове и секции:

БАД – клон Ловеч

Основан през 1957 г. в "Завод-14" по инициатива на един от основателите на БАД – инж. Димитър Филипов, конструктор и технолог при производството на самолети "ЛАЗ-7М" и основен двигател в дейността на клона. След като инж.Димитър Филипов напуска Ловеч през 1970 г., дружеството преустановява дейността си.

БАД – клон Стара Загора

На 13 март 1960 г. се основава секция "Астронавтика" към Аероклуба на ДОСО, към която само за една година за членове се записват над 800 души. Секцията се оглавява от запаления "досовец" и кмет на града Йордан Капсамунов. По-късно председатели на клона са астроном Ангел Бонов и проф. дфн Митко Гогошев. Дейността на клона на БАД е тясно свързана с НАО"Юри Гагарин", която участва в международни проекти за изследване на слънчево-земните въздействия, както и в наблюдения на изкуствени спътници на Земята. След 1994 г. клонът в Стара Загора на практика не участва в дейността на БАД. Възстановен е по инициатива на доц.Алексей Стоев, ръководител на филиала на ИКИТ-БАН в града, като той е избран за негов председател на учредително събрание, проведено на 18.04.2013 г. Понастоящем това звено има около 40 членове. Те развиват активна просветителска и популяризаторска дейност сред обществеността в града и областта, като организират чествания на годишнини на бележити дати за авиацията и космонавтиката, които имат висока посещаемост. Провежда се постоянна месечна лектория по повод годишнини на основоположниците на теоретичната и практическата космонавтика и по популяризиране на постиженията на България в областта на космическите изследвания. Целогодишно се организират образователни програми, лектории и конференции, напр. съвместно с община Стара Загора през 2016 г. е отбелязана „Нощта на музеите" с лекция, астрономически наблюдения и изложба на космически уреди, което събитие е посетено от над 2000 граждани и гости на Стара Загора..

БАД – клон Варна

Основан през 1962 г. от капитан I-ви ранг инж. Васил Карагьозов, който е и пръв председател. Един от най-активните клонове на БАД през годините – негови членове дори участват в проекта "ИНТЕРКОСМОС-БЪЛГАРИЯ–1300". Клонът развива активна дейност и по разпространение на научни знания в областта на космонавтиката, организира тържествени чествания по повод на отделни събития и юбилеи, посветени на успехите на българската и на съветската/руската космически науки. Тези успехи в голяма степен се дължат на отдадеността на инж. Димитър Филипов, който е председател на клона след 1970 г. и неговият зам.-председател доц. д-р Иван Иванов, който поема председателството след 2010 г. Активисти на клон Варна като д-р Веселка Радева от НАОП „Н.Коперник", водят програми с ученици, които печелят челни места и награди в престижни международни конкурси на НАСА, в проекти като My Kepler, в експедиции за наблюдения на метеори, комети и звезди, в ежегодни национални и международни олимпиади по астрономия, в международни конференции за развитие на космоса. В конкурс на НАСА, проведен през 2013 г., те печелят първи места със свои проекти. Д-р Ева Божурова от НАОП „Н.Коперник", заедно със Захари Дончев, повече от 20 години подготвя задачите за Националната олимпиада по астрономия. През 2012 г. тя подготвя 10 експедиции за наблюдения на метеори, комети и променливи звезди с участието на ученици от варненските училища, подготвя също отбори за участие в международни олимпиади, на които завоюват челни места. Членове на БАД–клон Варна участват активно в изследователски програми и развиват публикационна дейност. Инж.Димитър Филипов и след 80-годишна възраст продължава да пише статии в местната преса по случай знаменити дати от историята на авиацията и космонавтиката – последната, „100 години българска бойна авиация", е публикувана във в.Черно море от 19.10.2012 г. Активен член на БАД–клон Варна е и Маргита Сотирова-Черкезова, дъщеря на Сотир Черкезов, първият българин летял с конструиран от него самолет на 20.01.1912 г. Тя инициира създаването на филма „Да следваш мечтата си ...„, посветен на живота и дейността му. Филмът, продукция на телевизия „TV+", реализиран със

съдействието на „Булсатком” АД, беше представен на честването по случай 100-годишнината от неговия полет, което се проведе от НТС по транспорта. Във Варна през 2015 г. е отбелязана и Международната година на светлината – с конкурс и фестивал на природните науки. Ежегодно там се провежда „Коперникова лекция по астрономия”. Провеждат се чествания на бележити дати, свързани с астрономията, като напр. през 2016 г. това са Денят на кометите, посветен на 360-годишнинат от рождението на Едмунд Халей и 30 години от преминаването на космически апарати покрай ядрото на Халеевата комета. Ежегодно Международният ден на космонавтиката на 12 април се отбелязва с различни състезания по конструиране на хартиени самолети и на спускаеми апарати, с космически викторини за ученици и с поднасяне на цветя на паметника на Юрий Гагарин в Морската градина. Световната седмица на космонавтиката от 4 до 10 октомври всяка година се отбелязва с изложби на рисунки и фотографии. Ежегодно се провеждат по различни поводи и дни на отворените врати в НАОП „Н. Коперник”, както и наблюдателни експедиции в НАО „Рожен”, АО „Аврен” и по време на Националната лагер школа „Белите брези”.

БАД – клон Ямбол

Основан е през 1970 г. с първи председател Иванка Маринова, зам.-председател на Окръжния народен съвет (ОНС) и след нея председател е Коста Стоянов, също зам.-председател на ОНС. След 1977 г. настъпва криза в дейността на клона, която продължава до 1984 г. Тогава за председател е избран доц. Иван Милков и дейността на клона се възстановява, като той става едно от активните звена на БАД с организиране и участие в различни научни конференции и проекти, включително и с международно участие. Членове на това звено на БАД са изнесли до 2010 г. 126 научни доклада и около 200 научно-образователни беседи. След като доц. Иван Милков се оттегля от ръководството на звеното по здравословни причини, дейността на клона запада.

БАД – клон Троян

Основан през 1980 г. с над 200 редовни члена с председател Цочо Зюмбюлски, един от основателите на БАД, географ, историк, краевед, астроном и общественик. През 2011 г. е честван тържествено неговия 80-годишния юбилей в родното му село Чифлик. Клонът основава клубове към училища, заводи и към военното поделение в града. Клонът е едно от активните звена на БАД, като особено постижение трябва да се отбележи, че членове на клуба в завод “Елпром” са изработили детайли за спътника “ИНТЕРКОСМОС–БЪЛГАРИЯ–1300”. Понастоящем основно направление на дейността на клона е популяризиране на астрономията. От 1997 г. председател е д-р Надка Данкова. Тя ръководи кръжок по астрономия и школа по астрономия към БАД (създадена през 1994 г.), а от 2004 г. ръководи и Астрономическата обсерватория „Й. Кеплер”. Провеждат се научно-технически конференции, срещи с учени в областта на астрономията и космонавтиката, с българските космонавти, с писатели, конкурси, изложби по астрофотография, екскурзии, експедиции, туристически походи и др. Организирани са и наблюдения на космически явления, като резултатите от тях се публикуват. Правят се фотоизложби и с помощта на Руския културно-информационен център в София са издадени книги по приложна астрономия. Усъвършенстват се формите и методите на работа с учениците по популяризиране на астрономията, закупува се нова и усъвършенствана техника. През 2005 г. в обсерваторията е чествана 25-годишнината от създаването на БАД–клон Троян, а през 2015 г. – 35-годишнината му. Чрез базите за наблюдение на АО „Й. Кеплер” и двете школи по астрономия в СОУ „Васил Левски”, традиционната – съществуваща вече над 20 години и новата школа – по Национална програма „С грижа за всеки ученик”, модул „Осигуряване на обучение на талантливи ученици”, създадена с цел участие в ученическите олимпиади, учениците се обучават и печелят медали от олимпиади по астрономия. Целият комплекс от тази дейност е свързан с БАД. Ежегодно си провеждат открити уроци по астрономия, дори и в детската градина, с наблюдения на астрономически обекти, а също и астропартита с презентации на тема „Виртуално пътешествие до Луната”, със съчинения на теми, свързани с небесни обекти. Провежда се и ежегоден курс по астрономия за възрастни. През годините продължават изявите на активистите на БАД–клон Троян в национални конференции по астрономия, свързани с работа с децата, под председателството на Надка Данкова, която през 2011 г. защитава дисертация на тема „Изграждане на система за извънкласна работа по астрономия” в Софийския университет – катедра „Методика на обучението по физика”.

БАД – клон ИКИТ–БАН (БАД – клон София)

Още от създаването на Групата по физика на космоса към Президиума на БАН през 1969 г., прераснала през 1974 г. в Централна лаборатория за космически изследвания, преобразувана в Институт за космически изследвания през 1986 г., носещ понастоящем името

Институт за космически изследвания и технологии, учените от това звено на БАН активно участват в цялостната дейност и управлението на БАД. Те са основни изпълнители на повечето космически проекти, реализирани в България. От 1996 г. председател на клона е д-р инж. Красимир Стоянов, третият български космонавт по стандартите на НАСА. От 2005 г. председател е доц. д-р Пламен Ангелов.

Към това звено на БАД е със статут на БАД–клон София, т.е. индивидуални членове могат да бъдат и са лица, които не работят в ИКИТ. Освен това трябва да се отбележи, че институтът е колективен член на този клон.

Многобройни са организирани и проведени през годините с участието на д-р Красимир Стоянов, дубльор на втория български космонавт и почетен председател на БАД, мероприятия с ученици: – курсове „Млад космонавт“ в СОК „Камчия“ с участието на руски и български ученици (от 1 до 4 и от 5 до 8 клас) от лагерната смяна „Ние и Космоса“ (програмата е образователна и научно-популярна с практическо, нагледно и игрово звено и успешно преминалите пълен курс на теоретична и практическа подготовка получават сертификати, удостоверяващ техните знания, умения и придобит опит за управление на транспортния космически кораб „Съюз–ТМА“ в режимите на сближаване и скачване с МКС); – срещи на учащи се с български и руски космонавти; К.Стоянов в ръководител на Авиоикосмическия център с Планетариум (АКЦП) в СОК „Камчия“.

Членове на това звено на БАД са основни участници в подготовката и провеждането на ежегодната международна конференция “Космос, екология и сигурност”. Те са организатори на различни форуми, организирани в чест на основоположниците на космонавтиката и на бележити български учени с голям принос в космическите изследвания. Многобройни са лекциите, изнесени от учените на ИКИТ в страната, по популяризиране на постиженията на българските учени в областта на космическите изследвания. Напр. през 2017 г. лекции и презентации по космическа тематика на различни обществени форуми бяха изнесени от П. Гецов, Т. Иванова, К .Стоянов, Г. Мардиросян, П .Ангелов, Г. Сотиров и други членове на клон ИКИТ-БАН

За обогатяване на експозицията на Националния политехнически музей доц. Таня Иванова, почетен член на БАД, организира и финансира изработването на макет на Космическата оранжерия СВЕТ, дарен на музея за витрината „Космически изследвания”. Тя участва, в качеството си на председател на журито по определяне на победителите, и в организацията на ежегодния национален конкурс на Фондация „Еврика” на тема „Космосът – настояще и бъдеще на човечеството”. Т. Иванова е научен консултант на Детският научен център „Музейко” по изготвянето на космическото изложение и предоставянето на интерактивен модел на Космическата оранжерия СВЕТ, както и на програмата за обучение в центъра.

Всяка година БАД–клон ИКИТ провежда и участва в различни мероприятия, посветени на Международния ден на авиацията и космонавтиката и на Световната седмица на космоса (4–10 октомври). Традиция е всяка година на 12 април да се полагат цветя под балерефа на първия космонавт на планетата Юрий Гагарин в 138-мо училище в гр.София (организиратор е доц. Даниела Бонева).

От няколко години в действие е инициатива „Космическо училище“ на БАД, ИКИТ–БАН и SCGIS–Bulgaria, с координатор доц. д-р Ваня Стаменова. Тя цели запознаване на учени, които проявяват интерес към науките свързани с космоса и наблюдение на Земята, с новостите и достиженията на областта на космическите технологии.

<u>БАД – клон Пловдив</u>

БАД-клон Пловдив, е учреден през май 2007 г. от преподаватели от ТУ-София, филиал Пловдив. Председател на това звено в доц. Светлозар Асенов.

БАД клон–Пловдив организира посещения на студенти в авиобази „Граф Игнатиево“, „Крумово“, ВРЗ и „Авиотехника“ с цел запознаване с историята, организацията и дейността им. Провежда семинари и конференции с участието на студенти, преподаватели и представители на компании, свързани с авиацията, по въпросите за авиационното образование в България и производството на безпилотни летателни апарати, по популяризиране богатата история на авиацията в България и постиженията на космонавтиката..Проведени са семинари на следните теми: „Композитите в нанотехнологиите“, „Изцяло електрически самолет“ и срещи с любители на авиацията и космонавтиката, с ветерани и професионалисти от ВВС среща с изключителеният руски летец-изпитател и космонавт – полк. Игор Петрович Волк на тема “Настоящето и бъдещето на усвояването на Космоса“, подпомогнато от „АВИАМАШ“ ЕООД, и др.Членовете на това звено участват с доклади в редица научни конференции, н-р конференциите: - **„**Авиацията в съвременната геополитика и стратегия”, проведена през през 2011 г. и посветена на 100-годишнината от създаване на ВВС; - научната конференция през 2012 г., посветена на Деня на авиацията и космонавтиката и 105-та годишнина от рождението

на С. П. Корольов (с участието на Първият български космонавт Георги Иванов и Красимир Стоянов); - научната конференция с международно участие “Приоритетите в транспорта - през моя поглед” през 2014 г.; - VII-ма международна научна конференциея в рамките на изложението „ХЕМУС - 2014“ и др.

БАД клон–Пловдив активно участва в организирането и провеждането на авиационни събития и празници като:

- 12 април - Международния ден на авиацията и космонавтиката, отбелязван с доклади и летателни дни, научни конференции, поднасяне на цветя на Алеята на космонавтите на Хълма на освободителите: - Ден на отворени врати в Музей на авиацията, в Крумово, с откриване на възстановения барелеф на летеца-космонавт Юрий Гагарин в кв. „Гагарин“, район „Северен“ през 2017 г. и изложба „Родени с криле“; - тематични лекции „Българският принос в усвояването на Космоса“ (чл.-кор. Петър Гецов), „Космонавтът Игор Волк – големият приятел на България“ (доц. полк. о. р.Светлозар Асенов); - традиционният Ден на специалността «Авиационна техника и технологии» към Технически университет – София, филиал Пловдив, на летателна площадка „Марица“, съвместно с представители на «Луфтханза техник – България», «ТЕРЕМ» ЕООД, гр.Пловдив, АБ–Граф Игнатиево, АБ–Крумово, Летище–Пловдив, Музей на авиацията–Крумово, с представители на местната власт в град Пловдив, с преподаватели и студенти от Технически университет – София, филиал Пловдив, с ветерани от авиацията и гости на града.
- 16 октомври – Денят на българската авиация и Военно-въздушните сили: със срещи на преподаватели и студенти от катедра „Транспортна и авиационна техника и технологии” при Технически университет – София, филиал Пловдив и с организиране на тематични изложби, студентски семинари и честване на бележити учени, като основоположника на космонавтиката Костантин Циолковски.

БАД клон Пловдив съвместно с ТУ–София, филиал Пловдив, РНТС по транспорта–Пловдив и Сдружение „Славянски свят“ организира честване на бележити дати с доклади и прожектиране на филми, посветени на: - 80 години от рождението на Юрий Гагарин; - 110 години от рождението на съветския летец–изпитател Валери Чкалов, - живота на конструктора на самолети Сотир Черкезов по случай 100 години от полета му с конструирания от него самолет (2012 г.), – 50 години от първото излизане открития космос на руския космонавт Алексей Леонов; - 40 години от съвместния съветско-американски полет “Аполо-Съюз” с тематичен семинар “Бъдещето на безпилотните летателни апарати“ и др.

Секция “Физика на Космоса”

Основана е през 1969 г. от акад. К. Серафимов едновременно с Групата по физика на Космоса, непосредствено подчинена на Председателя на БАН акад. Л. Кръстанов. Основните направления от дейността на секция “Физика на Космоса” са:

– теоретични и експериментални изследвания на високата атмосфера, йоносфера и магнитосфера;

– анализ на резултатите от координираните преки и наземни космически експерименти “Интеркосмос-8, 12 и 14”, тежките геофизични ракети “Вертикал-3” и “Вертикал-4” и спътника “Интеркосмос-България-1300”;

– преки измервания на екваториалната, средноширотна и високоширотна йоносфера;

– проучване на вертикалното разпределение на електронната и йонна концентрация и на електронната температура;

– изучаване въздействията на слънчевите радиации и космическите лъчи върху атмосферата на Земята и планетите;

– участие в подготовката и работата на Пленарните конгреси на Комитета за космически изследвания (КОСПАР) и на МАФ.

През 1975 г. във Варна се провежда XVIII Пленарен конгрес на КОСПАР, на който акад. К. Серафимов е избран в Бюрото на КОСПАР, на който пост той остава до 1986 г. През 1977 г. в Пловдив се провежда XV-та Международна конференция по космически лъчи. В периода 1974–1986 в Стара Загора се организират на всеки 2 години международни семинари по космическа физика, а през 1985 и 1990 г. – националните конференции с международно участие “Космос-85” и “Космос-90”.

Секция “Дистанционни изследвания на Земята и планетите”

Основана е през 1975 г. от акад. Д. Мишев заедно с обособяването на петата едноименна постоянно действаща работна група на “ИНТЕРКОСМОС”. Това е най-младата работна група на програмата “ИНТЕРКОСМОС”. Бурното развитие на космическите технологии и успешното им приложение за научни и стопански цели доведоха до усъвършенстване на дистанционните методи, което даде възможност за решаване на проблемите за природните ресурси и екологичния контрол на околната среда. Най-голямото постижение на тази секция е

създаването на комплекс научна апаратура “БЪЛГАРИЯ-1300-II” работил на борда на спътника “МЕТЕОР-ПРИРОДА”.

Секция “Космически съобщения”

Основана е през 1970 г. от проф. К. Серафимов и ст.н.с. инж М. Велков – директор на Научно-изследователския институт по съобщенията (НИИС-София), когато се взема решение на държавно ниво за участие на България в международната система и организация за космически връзки “ИНТЕРСПУТНИК”. Членове на секцията имат определен принос в изследванията за развитие на космическите съобщения и спътникова телевизия в България още с определяне на оптималното местоположение на първият комплекс земни станции ЗСКВ“Шипка” в Плана планина през 1971–1972 г. и по-късно с активното съдействие за развитието на космическите съобщения чрез две нови земни станции в международната спътникова система “ИНТЕЛСАТ”. На симпозиумите с международно участие в комплекса “Жюлио Кюри” в курорта “Св. Константин и Елена” през 1975 и 1985 г., български учени, членове на БАД, представят свои разработки от национален и международен мащаб в рамките на международната програма “ИНТЕРКОСМОС”. В Международния експериментален център по програмата “ИНТЕРКОСМОС” в Дубна и на национален експериментален полигон на НИИС-София български учени ръководят 5-годишни експерименти по разпространение на радиовълните по спътникови и земни трасета с уникална постановка, която получава международно авторско свидетелство. Експериментите завършват с международен отчет и редица приложни резултати, докладвани на конгреси на МАФ през периода 1987–1992 г. и на други международни форуми в Русия, Полша, Чехия и Унгария и на българския “ТЕЛЕКОМ”. Членове на секция “Космически съобщения” чрез БАД осъществяват многобройни научно-приложни разработки и от 1997 г. до 2008 г. чрез тях осигуряват финансово стабилизиране на БАД. Те също участват успешно в работата на Международния съюз по далекосъобщения с доклади в областта на космическите съобщения и телевизия в защита на интересите на малките администрации и в двете Световни радиоконференции на Съюза, проведени през 2012 и 2015 г., съдействайки на българската администрация на съобщенията за вземане на решения за честотно-орбитални ресурси в полза на България.

Клуб на авиацията

Клубът на авиацията е колективен член на Българската авиационна асоциация и на БАД, с 230 членове. Клубът организира юбилейни тържества на свои членове – изтъкнати авиационни командири и инженери като о. з. полк. Иван Атанасов, участвал в защита на София през 1943–1944 г., о. з. ген. майор Тодор Трифонов, о. з. полк. Димитър Медарски, о.з.полк.Тома Ковачев и др. Ръководството на клуба полага грижи за защита на социалните интереси на своите членове, достъп до медицинска помощ и справедливост в пенсионното осигуряване, за което активно работят о.р. ген. Димитър Георгиев, о. з. полк. Тома Ковачев, о. з. полк. Димитър Антонов и др.

Клубът на авиацията провежда широка културно-масова дейност и има множество военно-патриотични изяви, като напр: - традиционната пролетна авиационна среща с тържествена част и концерт, която през 2013 г. е съчетана и с отбелязване на 8-ми март, посветена на българските жени-авиаторки, както и на 135-годишнината от освобождението на България от турско робство; - ежегодно, в навечерието на 24 май, се провежда празник на авиационната култура със срещи с изтъкнати дейци на българската култура и литература като Георги Константинов, Евтим Евтимов, Недялко Йорданов и др., приети за почетни членове на клуба, с представяне на книги, написани от членове на клуба, с художествени изложби, на авиомодели и др. Със свои инициативи клубът се включи в честванията на: - 130 години от Освобождението на България; - 60-годишнината на гражданската и селскостопанска авиации; - 90 годишнината от рождението на генерал Александър Дечев и др.

БАД активно подпомогна в подготовката и честването на 120-годишнина от рождението на първия български летец Симеон Петров през 2008 г., проведено по инициатива на Клуба на авиацията, съвместно с щаба на ВВС, РКИЦ и др.

Клубът инициира национална инициатива по защитата на летище Божурище, неправомерно приватизирано по време на правителството на НДСВ, но за съжаление безрезултатна.

Клуб на БАД, Велико Търново

Клубът е възстановен на 09.04.2012 г. От 16.04.2016 г. председател на клуба е ген. Пламен Богданов, ректор на НВУ „Васил Левски”.

Клубът, със съдействието на Районната инспекция на МОН и Общинския комитет „Васил Левски”, участва в организиране на тематични беседи, медийни презентации с представителни отбори от средните училища. Всяка година в СУ „Владимир Комаров” се изпълнява програма с

прояви, свързана с патрона на училището – космонавта Владимир Комаров. Отбелязват се годишнините от рождението на родоначалника на българската авиация – Харалампи Джамджиев. Организирани са представяне на книгата „Небесни побратими" на Маргарита Черкезова и изложба, посветена на живота и делото на Сотир Черкезов, подготвена от ст.н.с. Невяна Бъчварова, член на клуба (изложбата е представена и във В. Търново и Варна). С участието на клуба в с. Хотница е честван делото на Асен Попов, написал „История на авиацията" през 1923 г., а в Лясковец е отбелязана 100 годишнината от рождението на авиатора Стефан Калинов, участник в Балканската война с полети над Одринската крепост.

За дейността на клуба съществена е ролята Невяна Бъчварова, историк, дългогодишен сътрудник на Регионален исторически музей – В.Търново. Тя е участвувала и в създаването на филма за Сотир Черкезов – като сценарист и с интервю във филма в качеството на биограф на Сотир Черкезов.

Заключение

Българското астронавтическо дружество може да играе съществена роля със своите структури при разпространение на информация за български космически проекти и прилагането на резултатите от тях за развитие на икономиката на страната. Тази дейност, насочена основно към младите хора, ще засили интересът им към космическите изследвания и технологии и ще ги подготви да изберат професии, които биха им позволили в бъдеще да участват в космически проекти, а също и да ги мотивира да останат в България.

Дружеството е отворено за приемане на нови членове и на предложения за участие в подходящи проекти и програми. Работи се основно по следните направления:

– широко приобщаване на подрастващото поколение към знанието и високите технологии;

– популяризиране на космическите постижения на България;

– интегриране на работата на дружеството в общите усилия на обществените и научните организации в страната за повишаване на квалификацията на младите хора и на самочувствието им за принадлежност към българската нация.

Литература:

1. В-к „Народна армия", бр. 2875 от 10 декември 1957 г.
2. Мишев, Д. Космическите изследвания в България, София, 2004 г.
3. Годишни отчети за дейността на БАД.
4. Архив на БАД (1957–2017 г.).

Session 1

Space Physics

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

Invited paper

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТА ЭНЕРГИИ ПРИ РЕЗОНАНСНОМ УСКОРЕНИИ СЛАБО РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ

Румен Шкевов[1], Николай Ерохин[2, 3], Владимир Лозников[2], Надежда Зольникова[2], Людмила Михайловская[2]

[1]Институт космических исследований и технологий – Болгарская академия наук
[2] Институт космических исследований Российской академии наук
[3]Российский университет дружбы народов – Москва, Россия
e-mail: shkevov@space.bas.bg, nerokhin@mx.iki.rssi.ru

Ключевые слова: *резонансное ускорение, космическая плазма, пакет электромагнитных волн, фаза волны, захват частицы.*

Аннотация: *Представлено теоретическое исследование роста энергии при резонансном ускорении слабо релятивистских электронов в серфотронном механизме на основе численного моделирования. Проведенный анализ основан на точном решении нелинейных нестационарных дифференциальных уравнений второго порядка для фазы волнового пакета на траектории частицы для несущей частоты. Расчеты проведены для одного положения частицы, позиционированной в центре волнового пакета и для двух наборов исходных параметров дифференциального уравнения. При расчетах электроны принято считать слаборелятивистскими, как по фазовой скорости волнового пакета, так и по начальной энергии частицы. Изучен рост энергии частиц после сильного серфотронного ускорения пакетом электромагнитных волн. Результаты моделирования рассматривают начальное время захвата частиц, максимальную длительность ускорения, рост энергии, скорость роста энергии и релятивистский фактор частиц, которые представлены в таблицах и рисунках. Полученные максимальные значения окончательных энергий, после сильного ускорения, сравниваются с исходными. Сделаны выводы о возможности захвата частиц, скорости роста энергии, оценках полученных энергий и других параметрах ускорения частиц.*

NUMERICAL INVESTIGATION OF ENERGY GAIN AT RESONANCE ACCELERATION OF LOW RELATIVISTIC ELECTRONS

Rumen Shkevov[1], Nikolay Erokhin[2, 3], Vladimir Loznikov[2], Nadezhda Zolnikova[2], Ludmila Mikhailovskaya[2]

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

Key words: *resonance acceleration, space plasmas, electromagnetic wave packet, wave phase, particle trapping.*

Abstract: *A theoretical investigation by numerical simulation of energy gain at resonance acceleration of low relativistic electrons is presented. The conducted analysis is based on the exact solution of second order nonlinear nonstationary differential equations for the wave packet phase on the particle's trajectory. The calculations are completed for particle position in the center of the wave packet and for two sets of initial parameters. Both the phase speed of the wave packet and the initial particle energy are assumed to be low. Particle's energy gain after strong surfatron acceleration by an electromagnetic wave packet is studied. The simulations results about particles initial time capturing, maximum acceleration period, energy growth rate and particle's relativistic factor are presented in tables and figures. The final maximal energies after strong acceleration are compared with the initial ones. Conclusions about particle's capture possibility, energy growth rate, estimates of gained energies and other particle's acceleration parameters are made.*

Введение

Исследование ускорения заряженных частиц одна из актуальных задач фундаментальных научных исследовании. Полученные результаты применимы во многих научных областях таких как физика естественной и синтетической плазмы, в астрономии и астрофизике, анализе работы ускорителей частиц и исследованиях в различных областях космической науки. Это связано с тем, что сильное ускорение зарядов электромагнитными волнами и в частности серфотронное ускорение, рассматривавшееся ранее в [1-4], а также в работах [5-13], является одним из механизмов генерации потоков ультрарелятивистских частиц в природе. Рассматриваемый процесс относится к разряду резонансных процессов взаимодействия между электромагнитными волнами и заряженными частицами при которых наблюдается относительно большой прирост энергии частицы. Одно из основных требований для реализа-ции этого класса взаимодействии это необходимость выполнения условия Черенковского резонанса. Для корректной оценки количества и максимальной энергии ускоренных частиц, их энергетических спектров, характерного размера области ускорения требуется детальный анализ условий захвата заряженных частиц в режим резонансного ускорения. В настоящем докладе на базе численных расчетов проанализированы благоприятные (для захвата заряженных частиц в режим ультрарелятивистского ускорения) фазы волны и скорости слабо релятивистских заряженных частиц, а также эффективность их ускорения при взаимодействии с пространственно локализованными волновыми пакетами. На основе численных расчетов и точного решения нелинейных нестационарных уравнений второго порядка для фазы волны на траектории частицы рассмотрены захват слаборелятивистских электронов и их сильное серфотронное ускорение пакетом электромагнитных волн, распространяющимся поперек слабого внешнего магнитного поля $\mathbf{H}_0$ в космической плазме. Численные расчеты реализованы для двух наборов начальных параметров дифференциальных уравнении, соответствующих слаборелятивистским энергиям электронов. Результаты расчетов, представлены в таблицах и графическом виде, показали, что диапазоны значений фаз, благоприятных для захвата электронов в режим сильного серфотронного ускорения, оказались достаточно широкими, а энергия частицы после сильного ускорения увеличивается на несколько порядков величины.

Теоретическое обоснование и основные уравнения

Рассмотрим ускорение слаборелятивистских электронов электромагнитной волной p-поляризации с плавной лоренцовской огибающей ее амплитуды, распространяющейся вдоль оси x в магнитоактивной плазме поперек слабого внешнего магнитного поля $\mathbf{H_0}$, которое направлено вдоль оси z [5-13]. Рассмотрим случай когда частота волны ω близка к частоте верхнего гибридного резонанса, но отличается от нее и при выполнении следующего условия $\omega_{He} / \omega = u < 1$, где ω_{He} циклотронная частота нерелятивистских электронов плазмы.

Полагаем, что фазовая скорость волны $v_{ph} = \omega / k$ меньше скорости света в вакууме и возможен черенковский резонанс с ускоряемыми частицами. Согласно ранее проведенным расчетам, задачу по исследованию сильного ускорение электронов можно упростить пренебрегая вихревыми компонентами волновых полей E_y, H_z потому что их влияние на результат расчетов несущественен. В этом случае электрическое поле волны можно считать электростатическим т.е. $E_x (x, t) = A \cos \Psi$, где $\Psi = \omega_0 t - k_0 x$, где ω_0 - несущая частота пакета, $k_0 = k(\omega_0)$ волновой вектор, A (x, t) определяет плавную лоренцовскую огибающую амплитуду.

Рассмотрим релятивистские уравнения движения для импульса **p** ускоряемого электрона [5-13] :

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

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

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

Для удобства записей введем безразмерные переменные и параметры $\boldsymbol{\beta} = \mathbf{v} / c$ - скорость электрона, $\sigma = e E_0 / m c \omega_0$ - амплитуда волны, $\tau = \omega_0 t$, $\xi = k_0 x$ – безразмерная координата, $\gamma = 1 /(1 - \beta^2)^{1/ 2}$ – релятивистский фактор частицы, $u = \omega_{He} / \omega_0$, $\omega_{He} = e H_o / mc$ нерелятивистская циклотронная частота электронов, E_0 - амплитуда электрического поля в центре волнового пакета. Для частоты волны, близкой к частоте верхнего гибридного резонанса, условие $\beta_p < 1$ выполняется, для области параметра безразмерной плотности плазмы $v = (\omega_{pe} /\omega)^2$ **:** $1 - u^2 < v < 1$, где ω_{pe} - ленгмюровская частота электронов плазмы. Захват

зарядов в режим сильного ускорения происходит в случае, когда поле волны выше некоторого критического значения т.е., для $\sigma = e E_0 / m c \omega > u \gamma_p = u / (1 - \beta_p^2)^{1/2}$. Заметим, что безразмерная скорость заряда $\beta_x = \beta_p [1 – (d\Psi/d\tau)]$, $\beta_p = \omega_0 / ck_0$, импульс электрона равен **p** = m c γ (, а показатель преломления плазмы N = c k / (связан с фазовой скоростью волны выражением (p = 1 / N.

Теперь запишем релятивистские уравнения движения для импульса ускоряемого электрона в безразмерном виде [8, 11] :

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

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

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

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

где $\Lambda = \sigma / \{ 1 + [(\tau - \Psi) / ( ]2 \}$ лоренцовская огибающая амплитуды волнового пакета, параметр толщины пакета (считается достаточно большим для реализации ультрарелятивистского ускорения захваченных частиц (= (0 L / c ~ ($10^4 \div 10^6$), здесь 2L характерная толщина волнового пакета. Используя (2) находим интегралы движения для ускоряемого электрона

(3) $$J = \gamma \beta_y + u \beta_p (\Psi - \tau) = \text{const}, \; h = \gamma \beta_z = \text{const}.$$

Величина J определяется значениями g = $\gamma(0)$ β_y (0) и $\Psi(0)$. С учетом (3) получаем релятивистский фактор γ и компоненту скорости заряда вдоль волнового фронта β_y

(4) $$\gamma = \{ 1 + h^2 + [J + u \beta_p (\tau - \Psi)]^2 \}^{1/2} / (1 - \beta_x^2)^{1/2} ,$$

$$\beta_y = [J + u \beta_p (\tau - \Psi)] / \gamma.$$

Анализ ускорения зарядов проводится на основе вытекающего из (2), (3) и (4) нелинейного нестационарного уравнения для фазы волны на траектории электрона

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

На основе численного решения нелинейного, нестационарного уравнения (5) для фазы волнового пакета $\Psi(\tau) \equiv \Psi [x (\tau), \tau]$ на несущей частоте далее исследован захват слаборелятивистских электронов в режиме сильного серфотронного ускорения пакетом электромагнитных волн [8, 11],

Для решения (5) начальные данные берем в виде $\Psi(0) = \Psi_0$, $\Psi_\tau(0) = a$. Соответственно имеем $\beta_x (0) = \beta_p (1 – a)$. Введем компоненты безразмерного импульса частицы $g_x = \gamma \beta_x$, $g_y = \gamma \beta_y$. Для достаточно больших времен ускорения электрона численное решение должно выходить на следующие асимптотики для компонент скорости и релятивистского фактора частицы $\gamma(\tau) \approx u \beta_p \gamma_p \tau$, $\beta_x \approx \beta_p$, $\beta_y \approx 1 / \gamma_p$.

Таким образом темп ускорения постоянен и не зависит от амплитуды волны σ, определяющей асимптотику функции $\sigma < \beta_x \cos \Psi >$.

Результаты численных расчетов

В настоящей работе проведен анализ двух наборов начальных параметров. Начальная позиция частицы установлена в центре волнового пакета с $\Psi(0) = 0$, а начальная энергия электрона является слабо релятивисткой. В первом случае приняты начальные значения параметров u = 0.22; β = 0.2; h = 0.27; g = 0.28; ρ = 70000, $\Psi_0 = \Psi(0) = 0$, a = 0; $\sigma = u \gamma_p = 1.65 \sigma_c$. Оценка начального релятивистского фактора электрона дает величину $\gamma(0) = 1.095$.

Для нахождения благоприятных начальных фаз из диапазона ($– 3.1 < \Psi_0 < + 3.1$), при которых происходит захват заряда в режим неограниченного ускорения волной, фиксировалась фазовая скорость волны β_p . Амплитуда волны взята выше порогового σ_c значения $\sigma \geq 1.65 \sigma_c$. Затем численными расчетами на временах $\tau < 70000$ определялся диапазон начальных фаз, в котором имел место захват заряда в режим сильного ускорения волной. Проанализированы

семьдесят случаев начальных фаз из вышеуказанного диапазона. Полученные результаты представлены в Таблице 1, где $\delta\Psi_0$ - смешение фазы волны, а τ_c - время захвата частицы.

Таблица 1

$\delta\Psi_0$	-3.1	-3.0	-2.9	-2.8	-2.7	-2.6	-2.5	-2.4	-2.3	-2.2
τ_c	0	0	0	439	17958	> 70k	21488	> 70k	22310	16140
$\delta\Psi_0$	-2.1	-2.0	-1.9	-1.8	-1.7	-1.6	-1.5	-1.4	-1.3	-1.2
τ_c	> 70k	20620	5842	5853	8273	15146	3258	> 70k	6897	21844
$\delta\Psi_0$	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2
τ_c	8303	28598	19142	28585	20870	28422	> 70k	37243	16433	11338
$\delta\Psi_0$	-0.1	-0.05	-0.02	-0.01	0	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1
τ_c	14495	20195	30608	57267	> 70k	7492	34535	> 70k	7655	5594
$\delta\Psi_0$	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
τ_c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\delta\Psi_0$	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1
τ_c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\delta\Psi_0$	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1
τ_c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Анализ Таблицы 1 указывает, что в 34 случаях частица захватывается сразу (Таблица 1 клетки в темно синем цвете) и ускоряется до ультрарелятивистских энергий, в других 28 случаях захват происходит не сразу, а после некоторого периода циклотронного вращения (Таблица 1 клетки в светло синем цвете). В этих случаев время циклотронного вращения до захвата электрона находятся в интервале τ = (439 ÷ 57267), но после этого частица захватывается и испытывает сильное ускорение. В 8 случаях частица не захватывается и не ускоряется. Вероятностный анализ захвата частицы на базе результатов из Таблицы 1 показывает следующее процентное распределение вероятностей захвата – в ≈ 49 % из всех случаев частица захватывается немедленно при $\tau = 0$, в ≈ 40 % наблюдается первоначальное циклотронное вращение электрона с последующим захватом и в ≈ 11 % частица не захватывается – клетки в сером цвете ($\tau > 70.10^3$ = 70к). На основе расчетов в Таблице 1 и если объединить все случаи захвата частицы с последующим сильным резонансным ускорением получим 89 % - как приблизительную вероятность захвата слаборелятивистского электрона с начальной энергией пакетом электромагнитных волн со слаборелятивистской фазовой скоростью. Здесь необходимо отметить, что выводы сделаны при условиях $\Psi(0) = 0$, $\sigma \geq 1.65\ \sigma_c$ и выполняется условие черенковского резонанса $\beta_x(0) = \beta_p$.

Для проведения оценки роста энергии слаборелятивистского электрона при резонансном серфотронном ускорении выберем один среднестатистический случай из Таблицы 1, каким является случай с $\Psi(0)$ = 1.7. Начальное значение релятивистского фактора электрона, как указано выше, при выбранном наборе значении начальных параметров составляет $\gamma(0)$ = 1.095, что соответствует приблизительной начальной энергии $E_{ini} \approx 0.56$ MeV.

Разработана аналитическая аппроксимация релятивистского фактора частицы при серфотронном ускорении, которая выражается формулой:

(6) $$M(\tau) = \gamma(0) + u\,\beta\,\gamma_p\,(\tau - \tau_c)$$

где M (τ) - функция аналитического значение релятивистского фактора частицы, $\gamma(0)$ – начальное значение релятивистского фактора частицы; $u = \omega_{He} / \omega$; $\gamma_p = 1 / (1- \beta_p^2)^{1/2}$– релятивистский фактор волны. Подставляя значения всех параметров в (6) для τ = 0 получаем $M(0) = 1.095$ т.е. величина аналитической оценки совпадает с значением релятивистского фактора частицы при τ = 0 ($\gamma(0) = 1.095$). На Рис. 1 представлен график аналитической

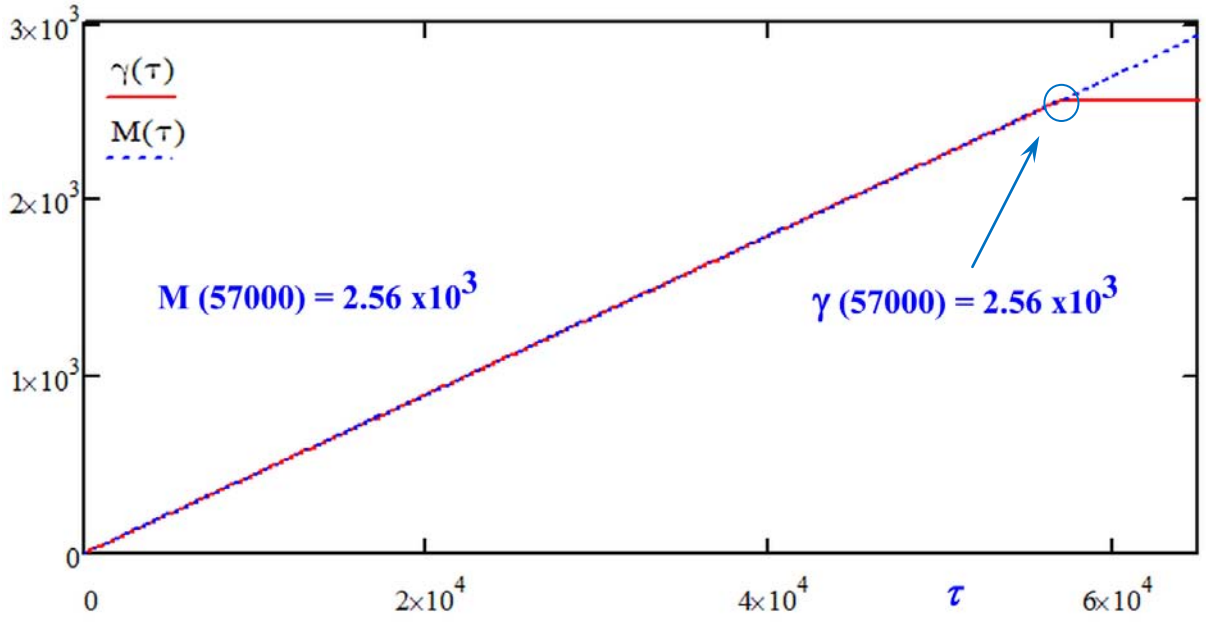


Рис. 1. Графики релятивистского фактора слаборелятивистского электрона γ и его аналитической аппроксимации M (τ) при γ(0) = 1.095 и γ(57000) = $2.56.10^3$

аппроксимации релятивистского фактора, при вышеуказанном наборе значений начальных параметров волнового пакета и частицы.

Численное решение уравнения (5) позволяет оценить τ_d – время вылета частицы из потенциальной ямы, созданной полями волны и внешним стационарным магнитным полем. В этом случае нетрудно получить точное время вылета частицы из потенциальной ямы τ_d = 56940. Для оценки точности предложенной аналитической аппроксимации в конце диапазона ускорения частицы, находим для τ = 57000 значения функции M (57000) = $2.56.10^3$ и γ (57000) = $2.56.10^3$. Ошибка в значениях между значениями обоих величин меньше 10^{-4}, что указывает на достаточно высокую точность аналитической аппроксимации релятивистского фактора частицы в рамках интервала ускорения частицы. Значение релятивистского фактора в конце диапазона ускорения электрона, позволяет получить энергию частицы после резонансного серфотронного ускорения E_{out} = 1.31 GeV, что указывает на прирост энергии электрона 0.75 GeV.

Рассмотрим второй набор начальных значений параметров для численного решения дифференциального уравнения (5): u = 0.22; β = 0.35; h = 0.45; g = 0.5; ρ = 70000, $\Psi_0 = \Psi(0) = 0$, a = 0; σ = u γ_p = 1.65 σ_c . В этом случае увеличены значения фазовой скорости волны β_p и начальные значения компонент импульса частицы h и g. Оценка начального релятивистского фактора электрона дает величину $\gamma(0)$ = 1.287. Расчеты проводились аналогично первому случаю в диапазоне начальных фаз (– 3.1 < Ψ_0 < +3.1) и на временах τ < 70000. Полученные результаты представлены в Таблице 2 (цветовой код аналогичен Таблице 1).

Анализ Таблицы 2 показал, что в 33 случаях частица захватывается сразу (τ_c = 0) и ускоряется до релятивистских энергий. В других 34 случаях захват наступает не сразу, а после некоторого периода циклотронного вращения (τ_c > 0) (клетки в светло синем цвете). Длительность периодов циклотронного вращения до захвата отображены в клетках и находятся в временном интервале τ = (457 ÷ 34990). Частица не захватывается в трех случаях (клетки в сером цвете; τ > 70к). Вероятностный анализ захвата частицы по Таблице 2 показывает что в ≈ 47 % из всех случаев частица захватывается немедленно (τ_c = 0), в ≈ 49 % наблюдается

первоначальное циклотронное вращение частицы с последующим захватом ($\tau_c > 0$) и в ≈ 4 % частица не захватывается ($\tau > 70$к). Используя (6) оценим значения функции аналитической аппроксимации релятивистского фактора частицы $M(\tau)$. Начальное значение релятивистского фактора частицы $\gamma(0)$ можно получить из выражений (3) и (4). Обоих будем оценивать при $\Psi(0)$ = 1.7, по аналогии с выше проведенными оценками этих параметров. Оценки для τ = 0 показывают $M(0) = \gamma(0)$ = 1.287, что соответствует начальной энергии электрона $E_{ini} \approx 0.658$ MeV.

Таблица 2

$\delta\Psi_0$	-3.1	-3.0	-2.9	-2.8	-2.7	-2.6	-2.5	-2.4	-2.3	-2.2
τ_c	0	0	0	0	0	12490	4811	457	2317	> 70k
$\delta\Psi_0$	-2.1	-2.0	-1.9	-1.8	-1.7	-1.6	-1.5	-1.4	-1.3	-1.2
τ_c	> 70k	2367	16535	21511	3052	1826	8310	17760	1681	> 70k
$\delta\Psi_0$	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2
τ_c	2693	6456	2146	12048	952	9371	34990	5984	6688	16923
$\delta\Psi_0$	-0.1	-0.05	-0.02	-0.01	0	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1
τ_c	844	11444	5607	13354	5745	5727	22314	1114	8146	3282
$\delta\Psi_0$	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
τ_c	2346	3917	0	0	0	0	0	0	0	0
$\delta\Psi_0$	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1
τ_c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\delta\Psi_0$	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1
τ_c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

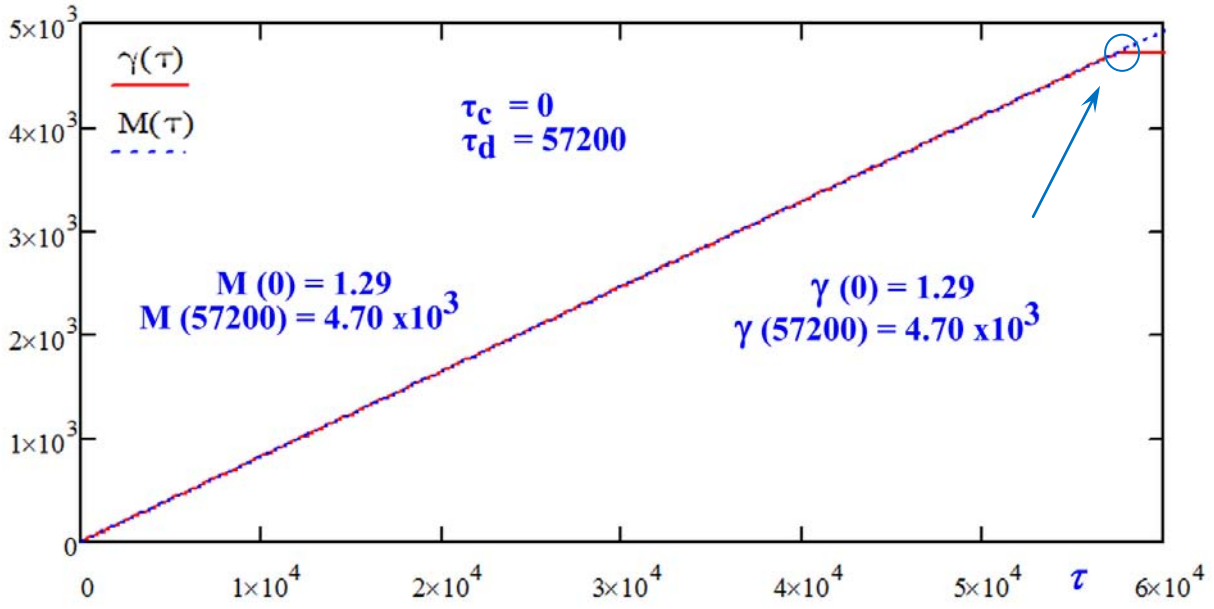


Рис. 2. Графики релятивистского фактора частицы γ и его аналитической аппроксимации M (τ) для второго варианта начальных условий с при γ(0) = 1.29 и γ (57200) = $4.70.10^3$

Время вылета частицы из потенциальной ямы τ_d = 57200. Значения $M(\tau)$ и $\gamma(\tau)$ конце интервала ускорения частицы для τ = 57200 составляет M (57200) = γ (57200) = $4.70.10^3$. Отсюда можем получить энергию частицы после резонансного серфотронного ускорения $E_{out} \approx$ 2.40 GeV, что указывает на прирост энергии электрона от величины $\approx 1.75.10^3$ GeV. Сравнение прироста энергии между двумя рассмотренными вариантами начальных условий указывает на разницу в 1 GeV.

Анализ выбранных случаев с слаборелятивистскими начальными энергиями частиц в обоих случаях показывает высокую эффективность (более трех порядков) резонансного ускорения. Настоящая работа показывает, что серфотронное ускорение частиц может быть одним из возможных механизмов генерации космических лучей [6, 7, 14,15].

Заключение

Представленное теоретическое исследование роста энергии при сильном резонансном ускорении заряженных частиц пакетом электромагнитных волн сделано на основе численного моделирования. Проведенный анализ основан на точном решении нелинейных, нестационарных, дифференциальных уравнений второго порядка для фазы волнового пакета на траектории частицы для несущей частоты.

Расчеты проведены для одного положения частицы, позиционированной в центре волнового пакета, и для двух наборов исходных параметров дифференциального уравнения.

При расчетах электроны считались слаборелятивистскими, как по фазовой скорости волнового пакета, так и по начальной энергии частицы. Результаты моделирования рассматривают начальное время захвата частиц, максимальный период ускорения, рост энергии, скорость роста энергии и релятивистского фактора частиц, которые представлены в таблицах и рисунках.

На основе результатов анализа представленных в табличном виде рассмотрена оценка вероятности захвата частиц в режим сильного резонансного ускорения. Показано, что эти вероятности немедленного захвата частицы в режим ультрарелятивистского ускорения при конкретных начальных условиях выше (47-49) %. Вероятность захвата частицы после некоторого периода циклотронного вращения аналогична, что указывает на относительно высокую вероятность захвата слаборелятивистского электрона в сильном резонансном ускорении.

Исследован рост энергии частиц при сильном серфотронном ускорения пакетом электромагнитных волн. Полученные максимальные окончательные энергии после сильного ускорения сравнены с исходными. Показано, что прирост энергии частицы в этих случаях может быть более трех порядков. Таким образом электрон с начальной энергией ниже одного MeV после сильного резонансного ускорения становится релятивистской частицей с энергией 2.4 GeV. Следовательно, ранее выдвинутая гипотеза [6, 7, 14, 15] о том, что серфотронное ускорение может быть одним из механизмов генерации космических лучей в областях гелиосферы со спокойной плазмой и межзвездном пространстве становится наиболее вероятной.

Список литературы:

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, p.p. 267-270.
4. Katsouleas, N., J. M. Dawson. Unlimited electron acceleration in laser-driven plasma wave. Physical Review Letters, V. 51, № 5, 1983, p.p. 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 электроника, № 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, p.p. 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. JASTP, V. 99, 2013, p.p. 73-77.
12. 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, p.p. 1515-1530.
13. 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.
14. 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, p.p. 177-188.
15. 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, p.p. 658–665,

OBSERVATION OF TERRESTRIAL GAMMA RAY FLASHES, COSMIC GAMMA RAY BURSTS AND ELECTRON PRECIPITATION IN VERNOV AND LOMONOSOV SPACE MISSIONS

Sergey Svertilov, Vitaly Bogomolov, Michail Panasyuk, Gali Garipov, Anatoly Iyuidin, Margarita Kaznacheeva, Pavel Klimov, Vladimir Lipunov, Vasilii Petrov, Ivan Yashin

M. V. Lomonosov Moscow State University, Physical Department, D.V. Skobel'tsyn Institute of Nuclear Physics
e-mail: sis@coronas.ru

Key words: *Gamma Ray Flashes, Cosmic Gamma Ray Bursts, Electron Precipitation*

Abstract: *The transient electromagnetic events, such as Terrestrial Gamma Ray Flashes (TGF), Transient Luminous Events (TLE) and cosmic Gamma Ray Bursts (GRB) as well as magnetosphere electron precipitation were observed during the space experiment with RELEC (**R**elativistic **Elec**trons) instruments on board Vernov small satellite from July to December, 2014 and on board Lomonosov space mission from April 28, 2016 till now. The solar-synchronous orbits of both satellites provides the favourable conditions for the magnetosphere electron precipitation (MEP) study as TGF and TLE observations in different areas of the Atmosphere including Equatorial and Polar Regions. As the results of observations on Vernov satellite the dozens of candidates in TGFs and thousands of UV and red flashes most likely associated with TLEs and lightning were detected. The MEPs were also observed regularly in different areas of near Earth space. Some of TGF candidates and UV flashes were observed at high latitudes in the regions far away from thunderstorms, but near the MEP areas that could indicate on possible connection between TGF and TLE, i.e. high altitude discharges and MEP. The short-time variations of sub-relativistic and relativistic (0.1 – 3.0 MeV) electron flux variations were detected during Vernov and Lomonosov missions in the different parts of near-Earth space, including Aurora regions. The typical times of such events are in the range from several milliseconds up to dozen of seconds and even minutes. The spatial effects caused by satellite crossing of electron beams or other areas with increased electron density and pure temporal, i.e. burst-like phenomena may be among them. Small satellites, such as Vernov and Lomonosov are very appropriate for study electron precipitation, which can be dangerous for spacecraft technique and biological objects. The experience of Vernov and Lomonosov missions are very important for future project of multi small satellites, which can be used for monitoring of natural and artificial space hazards such as space radiation, transient phenomena etc.*

Study of short-time (10^{-4} – 10^{2} s) variations of gamma-quantum (0.02 – 3.0 MeV) and relativistic (0.3 – 10.0 MeV) electron fluxes was one of the main goals of Vernov [1] and Lomonosov [2] space missions. It gives opportunity in progress of understanding of Transient Energetic Phenomena (TEP) in the Atmosphere and its possible connection with magnetosphere relativistic electron precipitation. By TEP we mean the Terrestrial Gamma Flashes (TGF) and the Transient Luminous Events (TLE), which are the well-known effects possible connected with high altitude electric discharges, such as sprites, elves and blue jets as well as discovered in Tatiana-Universitetskii and Tatiana-2 missions flashes of ultraviolet (UV) and red emission [3].

The Vernov spacecraft was launched in 2014 July, 8 at polar (640×830 km) solar-synchronous orbit with 98.4^{o} inclination and ~100 min period. RELEC complex of scientific instruments included gamma quantum and electron (0.01-3.0 MeV) spectrometer DRGE, UV (240 – 400 nm) and red (610 – 800 nm) photometer DUV, UV imager Telescope-T, low frequency (0 – 40 kHz) NChA (PSA-SAS3) and radio frequency (0.05 – 15.0 MHz) RFA analyzers and electronic unit BE. The satellite orbit allows observations in different areas of the near-Earth space including near Geomagnetic Equator and high latitude regions. This gives a good opportunity to study TGFs as well as electron precipitations.

The main instrument for these purposes is DRGE spectrometer [1]. It consisted of three units, i.e. two identical DRGE-1(2) and one DRGE-3 boxes. Each DRGE-1(2) box contained two identical detector units, which were based on the large area (13 cm in diameter) NaI(Tl)/CsI(Tl) phoswich detectors, each with thin (0.3 cm) NaI(Tl) and more thick (1.7 cm) CsI(Tl) crystals both viewed by photomultiplier tube (PMT) Hammamatsu R877. During the experiment detector axes were directed constantly to the Nadir, the total area of four detectors was about 500 cm^2, which is enough to detect TGF at appropriate sensitivity level. The DRGE-3 unit was used mainly for electron precipitation study.

It consisted of three identical detectors with axes normally directed to each other. First one was directed to the local Zenith, the second one was directed mainly against the satellite velocity vector, and the third one was directed normally to the plane formed by two other detectors axes. Each DRGE-3 detector unit consisted of CsI(Tl)/BGO/plastic phoswich with 0.3 cm thick CsI(Tl) and 1.7 cm thick BGO putted in the anticoincidence cup from plastic scintillator with 0.5 cm walls. The diameter of both CsI(Tl) and BGO scintillators was 1.5 cm. The cylindrical copper collimator with height of 1.0 cm and a 0.1 cm thickness was arranged above the CsI(Tl) crystal. The output data from all DRGE detectors were received in two modes. One is so-called monitor mode, in which mean count rates in given energy channels separate for gammas and electrons, were measured continuously for chosen exposure time (1.6 s mainly) during all observations. The other is “event by event” mode, in which for every detected gamma quantum or electron its energy and time of detection were fixed. It is very effective to study short events such as TGFs with time resolution limited only by detector dead time (~15 mcs).

The same observation technique was used in the Lomonosov mission, which was successively launched in 2016 April, 28. The Lomonosov instruments include the BDRG gamma ray burst monitor (GBM), which consists of three identical boxes with the same NaI(Tl)/CsI(Tl) phoswich detectors as DRGE-1(2). The BDRG instrument boxes are mounted on the spacecraft instrumental panel in such a way, that detector axes are directed normally to each other and detector fields of views (FOVs) cover a half of the sky. Despite the BDRG detectors are oriented to the opposite direction relatively to the Earth, they are also able to study precipitation electrons via bremsstrahlung and to detect TGFs by the use of “bottom” CsI(Tl) crystals, which are not totally screened by satellite constructions.

The DRGE-1 and DRGE-2 large area detectors with axes directed toward the Earth are the main instruments for TGFs observations during the operation of RELEC Vernov in space. The huge number of events which satisfied the trigger criterion was obtained. However, most of them were caused by cosmic rays, particularly heavy charge particles, passing through the scintillation crystals. Such events can be selected effectively from the “energy-time” diagrams which reflect the energy release values pointed against the time of detection. The sample of TGF candidates was selected after excluding events caused by heavy charged particles. The map of selected TGF-candidate source position is presented in Fig. 1. For comparison the distribution of burst-like events imitated by charged particles is also presented there. Despite that the most of selected events are random, about 40 of them may be the real TGF candidates. This is also confirmed by concentration of corresponding points in the regions with high thunderstorm activity, i.e. India, South-East Asia etc.

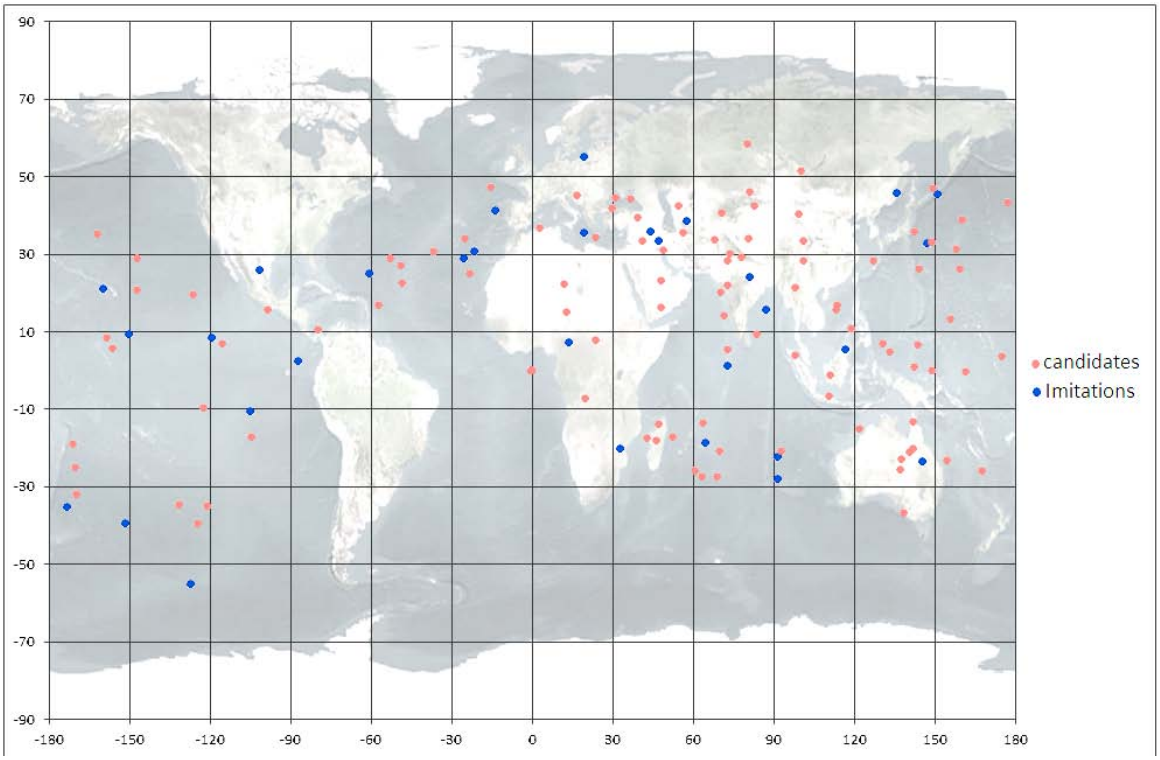


Fig. 1. The map of distribution of TGF candidates. Red points mark the TGF-like events, blue points mark events caused by heavy charged particles.

Among the chosen TGF-candidates events those detected in the polar region under Antarctica are of special interest. There are events detected 02.11.2014 at 03:34:14.051 UT and 22.11.2014 at 05:05:03.025 UT. The sub-satellite points at the time of detection of these events are marked in Fig. 2. These bursts are longer (~2.5 ms) than other events, which duration (<400 mcs) is typical for TGFs usually connected with thunderstorm activity. If take into account this burst source position, its connection with thunderstorm is very unlikely. From the other hand both of these flashes were detected near the areas of magnetosphere electron precipitation.

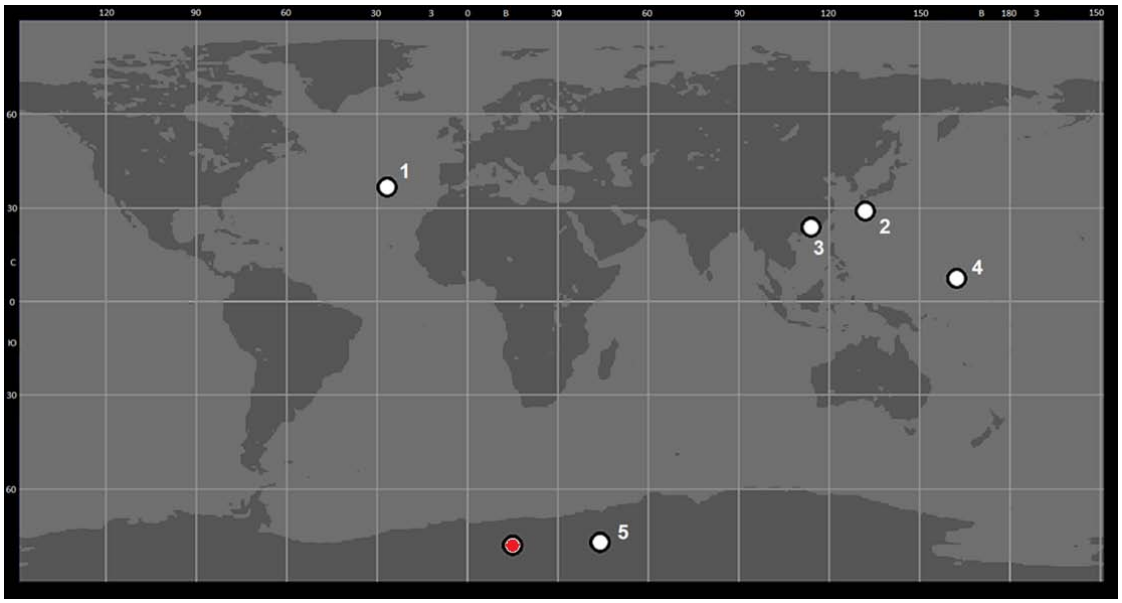


Fig. 2. The map with sub-satellite points in time, when most intensive TGF-like events were detected. The red circle and circle number 5 correspond to gamma ray flashes detected in Polar region.

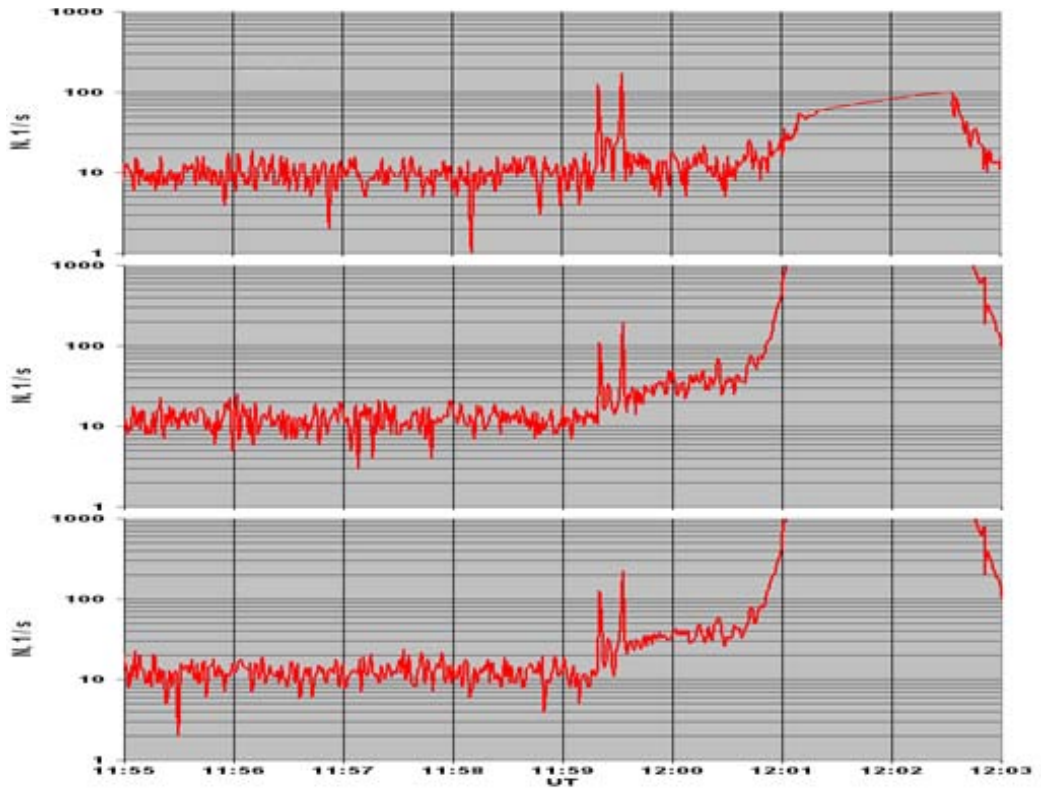


Fig. 3. The time profiles of electron counts along Vernov orbit. Time scale means universal time UT. Top, middle and bottom panels present the time profiles of integral (E > 15 keV) counting rates of bremsstrahlung from DRGE-31, DRGE-32 and DRGE-33 detector outputs, respectively.

As it is well-known, electron precipitations from the Earth radiation belts are caused mainly by electromagnetic wave activity in the different bands from about 0.1 Hz to 15 MHz. Such precipitations were observed repeatedly during the Vernov and Lomonosov missions in the different regions of the near-Earth space including polar areas by the crossing of drift shells at the inner edge of the outer belt. The example of such precipitation from the Vernov data is presented in Fig. 3. The increase amplitude is approximately equal for the all three detectors unlike the count, which corresponds to the outer belt electron flux measurements, when detector (DRGE-31), which axis was directed along the magnetic field line, gave significantly lower count rate in comparison with two others, which axes were directed preferably normally to the magnetic field line. It is the natural sequence of that trapped particles have less isotropic fluxes in comparison with precipitated.

Similar precipitation-like short-time electron flux variations were observed in Lomonosov mission. The example of such events is presented in Fig. 4, in which the time profiles of counting rate in 20 – 35 and 60 – 100 keV energy ranges of two GBM monitor BDRG detectors are shown. Background in the BDRG channels is caused mainly by electron bremsstrahlung, thus, detected count rate variations really reflect the sub-relativistic electron flux variations. The rather short, with duration about a few seconds, count rate increase can be seen evidently at L ~ 10, i.e. at inner edge of outer belt.

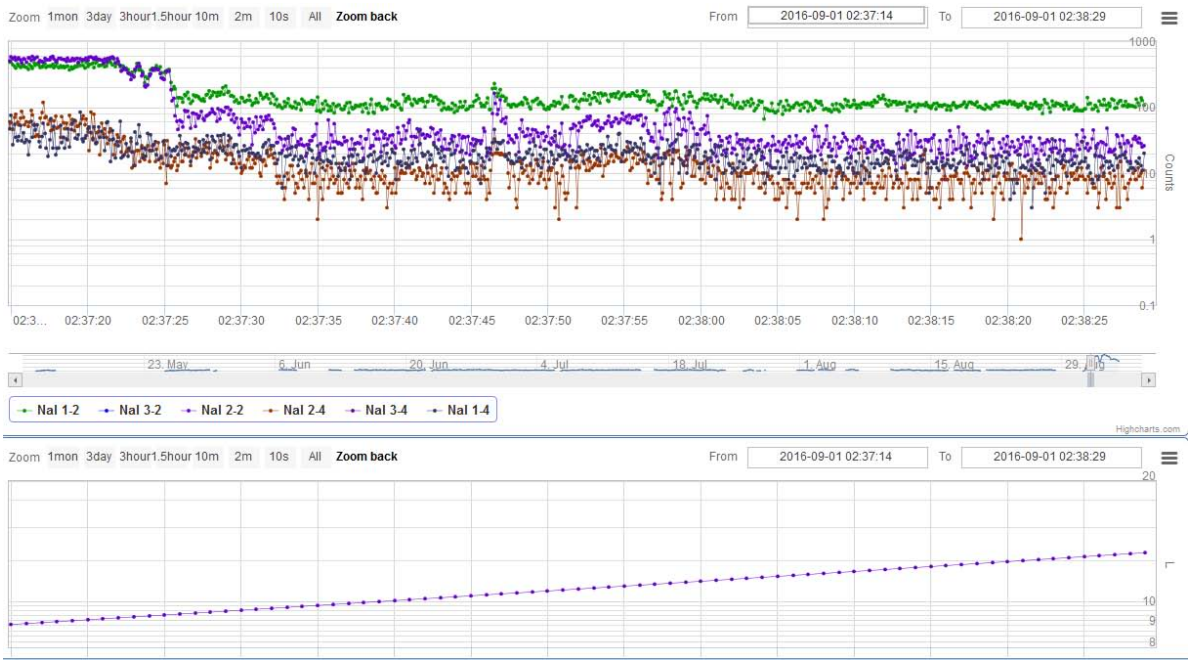


Fig. 4. The time profiles of counting rates in BDRG Lomonosov channels, BDRG-1 20 – 35 keV (green line), BDRG-3 20-35 keV (lilac line), BDRG-1 60 – 100 keV (blue line), BDRG-3 60 – 100 keV (brown line). Time scale means universal time UT. The middle panel: the time profile of L values at the same times as on the top panel.

As it could be seen from the Fig. 4, the presented electron flux variations were observed at Polar regions at some higher L values than precipitation observed in the Vernov mission. Nevertheless, we may assume that it is the same phenomenon caused by electron scattering on the low frequency electromagnetic waves.

Cosmic gamma ray bursts (GRB) were also observed in Vernov and Lomonosov missions. Based on the background features in the orbit of these satellites, gamma-ray bursts could be detected at an acceptable sensitivity level, mainly in the equatorial regions and in the area of the so-called polar cap, where the background count rate level was more or less constant. Because of special trigger mode based on so-called event by event recording, which were realized in both missions, very fine time resolution limited only by the detector dead time ~15 mcs was achieved.

During Vernov mission a few GRB events were detected. Among them was very short burst GRB 141011A with about 50 ms duration. It is supposed that such short GRB are caused by merging of two neutron stars, which also can accompanied by gravitational wave generation.

What about Lomonosov mission, from 2016, June 2017, January 20 gamma-ray bursts were detected. These events were confirmed by data from other spacecraft and presented in the GCN network. If we take into account the shadowing of the detector fields of view by the Earth, the time spent in the regions of captured radiation and the zones of precipitation effective time of GRB observation in Lomonosov mission is about is 20% of total time. By this, the probability of detecting a

burst not listed in the GCN catalog does not exceed 10%. Nevertheless, there are several events in the Lomonosov GRB catalog, which were missed by missions specializing in studying gamma-ray bursts, such as Swift, Fermi and Konus-Wind. In particular, the GRB 160908A burst was observed only in the CALET experiment.

Based on a very good experience of Vernov and Lomonosov missions the new space project of M.V. Lomonosov Moscow State University Universat-SOCRAT was proposed. This project assumes the elaboration of multi-satellites for real time monitoring in the near-Earth space of radiation environment, natural (asteroids, meteorites) and artificial (space debris) potentially dangerous objects, electromagnetic transients, such as GRBs, TGTFs, optical and ultraviolet bursts in the Earth atmosphere.

It is intended to install on the satellites the instruments for space monitoring of dangerous objects and hazards, i.e. spectrometers of electrons and protons, complex of instruments for study of transient electromagnetic phenomena including gamma ray spectrometer, detectors of ultraviolet and optical emission and also wide-field optical cameras.

The program of the new project Universat-SOCRAT is based on the results of experiments on board Vernov and Lomonosov satellites intended on the study of extreme phenomena in the Earth's atmosphere and outer space (see, for example, [1, 2]) including the results of observations of high-altitude electromagnetic discharges, precipitation of magnetospheric electrons, gamma-ray bursts of astrophysical and solar origin, as well as observations of space debris by wide-field optical cameras first installed on a spacecraft [4].

Within the framework of the Universat-SOCRAT project several small spacecraft should be launched on specially selected orbits. In the minimal version, the group of satellites should consist of three spacecraft. One spacecraft of medium mass (small satellite) should be launched on a low solar-synchronous orbit with a height of about 500-650 km and an inclination of 97-98°. Two other satellites of lower mass (micro satellites) should be launched on an orbit close to circular with a height of about 1400-1500 km and an inclination of ~80° and on an elliptical orbit with an apogee of about 8000 km, a perigee of about 600-700 km and an inclination of 63.4°.

The small satellite payload should include instruments for monitoring of space radiation, a set of instruments for optical monitoring of hazardous objects, a set of instruments for studying of atmospheric phenomena in the optical range, a set of instruments for monitoring in gamma- range, and special unit for data collection. The payload should also include three-component magnetometer. The payload of each micro satellite should include instruments for space radiation monitoring, a compact gamma spectrometer, a wide field of view optical camera, an ultraviolet detector and an electronics unit for data collection.

The successful realization of the project will make it possible for the first time in the world to create a prototype of a space system for monitoring and helping to prevent space hazards for both ongoing and planned space missions, including high-altitude atmospheric aircraft.

During the project realization, the following tasks should be solved:

- real-time estimation radiation environment in near-Earth space for evaluation of the radiation risks of space missions and the producing of alert signals for decision accept on their control;
- verification of modern computational models of radiation fields in the near-Earth space;
- real-time control of potentially dangerous objects of natural and technogenic origin in the near-Earth space;
- control of electromagnetic transients in the upper Earth atmosphere and space (GRBs, Solar flares).

Acknowledgements

Financial support for this work was provided by the Ministry of Education and Science of Russian Federation, Project № RFMEFI60717X0175**.**

References:

1. Panasyuk, M.I., Svertilov S.I., Bogomolov V.V. et al. “RELEC mission: Relativistic electron precipitation and TLE study on-board small spacecraft” Advances in Space Research. 2016. V.57, pp. 835–849.
2. Sadovnichii, V.A., Panasyuk M.A., Amelyushkin A.M. et al. “"Lomonosov" Satellite—Space Observatory to Study Extreme Phenomena in Space”. Space Science Reviews. 2017. DOI: 10.1007/s11214-017-0425-x, pp. 1-34.
3. Sadovnichii, V.A., Panasyuk M.I., Yashin I.V. et al. “Investigations of the space environment aboard the Universitetsky-Tat’yana and Universitetsky-Tat’yana-2 microsatellites”. Solar System Research. 2011. V.45. №1. pp. 3–29.
4. Lipunov ,V.M., Gorbovskoy E.S., Kornilov V.G. et al. “SHOCK - The First Russian Wide-Field Optical Camera in Space”. Space Science Review, in press.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЖЕСТКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО И ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА БОРТУ ОБСЕРВАТОРИИ «КОРОНАС-Ф» В РАМКАХ РОССИЙСКО-БОЛГАРСКОГО ПРОЕКТА «ИСТОЧНИКИ СОЛНЕЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ: СОЛНЕЧНЫЕ ВСПЫШКИ ИЛИ КОРОНАЛЬНЫЕ ВЫБРОСЫ МАССЫ?»

Андрей Богомолов, Ирина Мягкова

Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына Московского государсвенного университета имени М.В.Ломоносова (НИИЯФ МГУ),Россия
e-mail: aabboogg@sinp.msu.ru

Ключевые слова: *Солнечные вспышки, жесткое рентгеновское излучение, гамма-излучение, космические эксперименты*

На сегодняшний день нет однозначного ответа на очень важный вопрос: происходит ли ускорение заряженных частиц, наблюдаемых во время солнечных протонных событий (СПС), во время вспышек на Солнце или же на ударных волнах, порождаемых корональными выбросами массы (КВМ), или оба эти механизма вносят свой вклад в разной степени. В рамках российско-болгарского проекта «Источники солнечных космических лучей: солнечные вспышки или выбросы корональной массы?» предлагается рассмотреть этот вопрос с использованием статистического анализа наблюдательных данных о СПС и связанных с ними явлениях и сделать вывод о численном соотношении вклада вспышек и КВМ в продолжительность и геоэффективность СПС. В качестве экспериментальных данных о жестком рентгеновском и гамма-излучении солнечных вспышек можно использовать информацию с космической обсерватории «КОРОНАС-Ф», функционировавшей на околоземной орбите с 2001 по 2005 годы. Сцинтилляционными спектрометрами СОНГ (гамма-излучение в диапазоне энергий 0.03-200 МэВ) и СПР-Н (жесткое рентгеновское излучение в диапазоне энергий 15-100 кэВ), установленными на борту «КОРОНАС-Ф», было зарегистрировано более ста вспышек. Анализ вспышек, наиболее интересных с точки зрения проекта, в том числе событий августа 2002 г., октября-ноября 2003 г. и января 2005 г., представлен в данной работе.

RESULTS OF HARD X-RAY AND GAMMA-RAY OBSERVATIONS ONBOARD CORONAS-F IN THE FRAMES OF RUSSIAN-BULGARIAN PROJECT “THE ORIGIN OF SOLAR ENERGETIC PARTICLES: SOLAR FLARES VS. CORONAL MASS EJECTIONS”

Andrey Bogomolov, Irina Myagkova

Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of Moscow State University (SINP MSU), Russia
e-mail: aabboogg@sinp.msu.ru

Keywords: *Solar flares, Hard X-rays, Gamma-rays, Space experiments*

To the present time, there is no single answer to a very important question: does the acceleration of charged particles observed during the events of solar energetic particles (SEP), occur during solar flares or shock waves generated by coronal mass ejections (CME), or both mechanism contribute to the acceleration in different degrees. In the frames of Russian-Bulgarian project “The origin of solar energetic particles: solar flares vs. coronal mass ejections” it is proposed to consider this problem using statistical analysis of observational data on SEP events and related phenomena and to draw a conclusion about the numerical ratio of the contribution of flares and CMEs to the duration and geoeffectiveness of SEP events. As an experimental data on the hard X-ray and gamma radiation of solar flares, information from the CORONAS-F space observatory operating in the near-Earth orbit from 2001 to 2005 can be used. The scintillation spectrometers SONG (gamma radiation in the energy range 0.03-200 MeV) and SPR-N (hard X-ray radiation in the energy range 15-100 keV) installed onboard the

CORONAS-F, detected more than a hundred solar flares. The analysis of the flares, the most interesting for the project, including the events of August 2002, October-November 2003 and January 2005, is presented in this paper.

Введение

В периоды времени, близкие к максимумам солнечной активности основными факторами космической погоды становятся солнечные вспышки, корональные выбросы массы (КВМ) и солнечные протонные события (СПС). Российско-болгарский проект «Источники солнечных космических лучей: солнечные вспышки или выбросы корональной массы?» ставит своей целью получить ответ на давний вопрос о взаимосвязи этих факторов.

В настоящее время рассматривается два основных механизма, способных ускорять частицы в космической плазме. Одним из них является процесс магнитного пересоединения во время солнечных вспышек (ускорение с помощью электрических полей). В качестве другого рассматриваются ударные волны (один или несколько ударных фронтов, взаимодействие волна-частица), связанные с корональным выбросом массы (КВМ). Вопрос о том, каков относительный вклад солнечных вспышек и КВМ в ускорение потоков заряженных частиц и какие условия оказывают значительное влияние на данный процесс, до сих пор не решен. Для ответа на него в рамках проекта планируется провести как всестороннее статистическое исследование СПС и связанных с ними явлений, так и детальное изучение отдельных событий, наблюдавшихся в различных экспериментах, регистрирующих рентгеновское и гамма-излучение, радиоизлучение, микроволновое излучение, потоки заряженных частиц, а также анализ топологии магнитного поля с использованием 3D методов экстраполяции.

В качестве данных о жестком рентгеновском и гамма-излучении солнечных вспышек и о потоках заряженных частиц в околоземном космическом пространстве возможно использовать результаты экспериментов на российской орбитальной обсерватории КОРОНАС-Ф, работавшей в 2001-2005 гг., т.е. во время максимума 23-го цикла солнечной активности.

Эксперимент

Искусственный спутник Земли (ИСЗ) «КОРОНАС-Ф» был запущен 31 июля 2001 г. на квазикруговую орбиту с наклонением 82.5^{o}, периодом обращения 94.5 мин. и высотой 507±21 км (к концу полета его орбита снизилась до ~ 300 км). Космический аппарат прекратил существование 6 декабря 2005 г. Основные задачи миссии «КОРОНАС-Ф» - исследование нестационарных процессов на Солнце и их воздействия на межпланетную среду и магнитосферу Земли.

Для изучения нейтрального излучения солнечных вспышек на ИСЗ «КОРОНАС-Ф» в НИИЯФ МГУ совместно с ФИАН и ИЭФ САН были разработаны и установлены приборы СПР-Н для регистрации рентгеновского излучения солнечных вспышек в диапазоне 15-100 кэВ и измерения его линейной поляризации [1,6,8] и СОНГ для регистрации жесткого рентгеновского излучения, гамма-излучения в линиях и континууме, а также потоков нейтронов и релятивистских электронов [9,10].

Прибор СОНГ (СОлнечные Нейтроны, Гамма-кванты) предназначен для регистрации потоков и спектров гамма-квантов с энергиями 0.03-200 МэВ, потоков и спектров энерговыделений нейтронов с энергиями > 20 МэВ, потоков и спектров электронов с энергиями 11-108 МэВ, потоков протонов с энергиями 200-300 МэВ и суммарных потоков электронов с энергиями >55 МэВ и протонов с энергиями >70 МэВ. Для записи показаний прибора используется 14 цифровых телеметрических каналов с частотой опроса 1 раз в 4 или в 1 с.

Прибор СОНГ состоит из одного блока, внутри которого установлены детекторы излучений, схемы отбора и анализа событий, устройства формирования импульсов, преобразователи напряжения для питания детекторов и электроники. Схема детектора прибора представлена на Рис. 1 (правая панель).

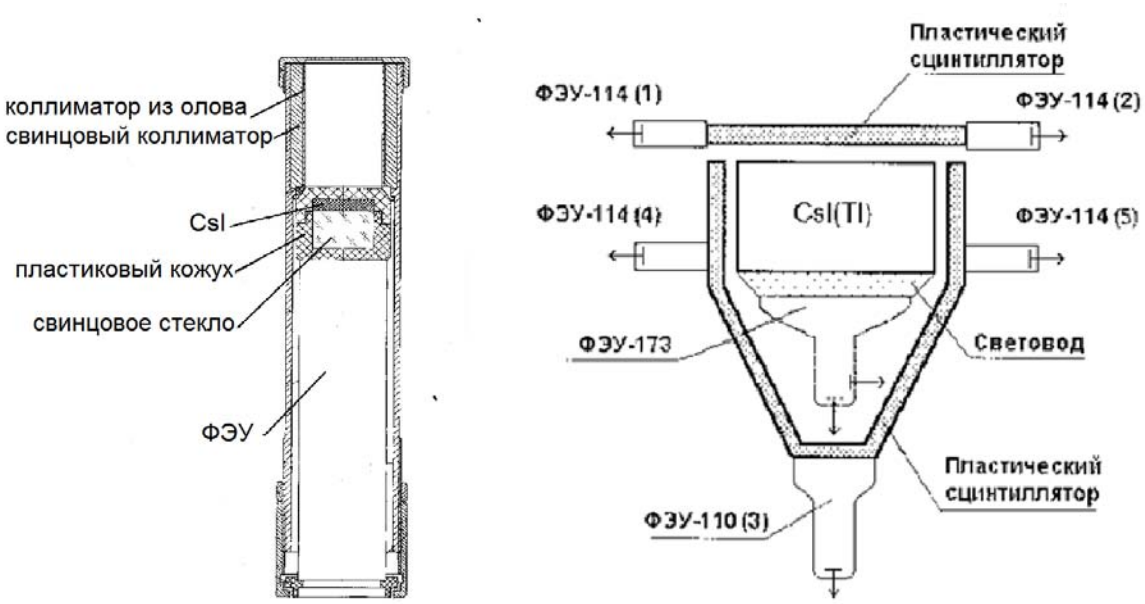


Рис. 1. Схема детекторов приборов СПР-Н (слева) и СОНГ (справа)

Регистрация частиц осуществляется сцинтилляционным счетчиком, состоящим из кристалла CsI(Tl) диаметром 200 мм и высотой 100 мм, просматриваемым ФЭУ-173. Для защиты от заряженных частиц этот сцинтилляционный счетчик со всех сторон окружен активной антисовпадательной защитой, которая состоит из двух частей. Нижняя – усеченный конус и цилиндр, которые находятся в оптическом контакте; эта часть выполнена из пластического сцинтиллятора с толщиной стенок 20 мм и защищает основной счетчик снизу и сбоку. Усеченный конус просматривается снизу ФЭУ-110; цилиндр просматривается сбоку с двух диаметрально противоположных сторон двумя ФЭУ-114. Верхняя часть – диск также из пластического сцитиллятора толщиной 10 мм, который просматривается двумя ФЭУ-114 с двух диаметрально противоположных сторон. Этот сцинтиллятор защищает основной детектор сверху и, кроме того, вместе с ним образует телескоп для регистрации электронов. Суммарная экранировка основного счетчика – не менее 1.3 г см$^{-2}$, верхнего антисовпадательного диска – 0.05 г см$^{-2}$ [9,10].

Прибор СПР-Н был разработан прежде всего для измерения поляризации жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек с целью изучения механизма первичного выделения энергии во вспышке - в первую очередь для оценки относительной роли при этом нетепловых и тепловых процессов. С основными результатами измерения поляризации можно ознакомиться, например, в [8]. Помимо узла детекторов поляризации в состав прибора СПР-Н входил патрульный детектор, позволявший детально измерять временной профиль интенсивности рентгеновского излучения в диапазоне энергий 15-100 кэВ, определять величину потока и давать оценку жесткости спектра в указанном диапазоне энергий. Именно показания патрульного детектора СПР-Н предполагается использовать в работах по проекту, упомянутому выше, поэтому на его устройстве остановимся подробнее.

Схема патрульного детектора прибора СПР-Н изображена на левой панели рис. 1. Рентгеновское излучение регистрируется кристаллом CsI(Na) диаметром 1.5см и толщиной 0.3см, над которым расположен цилиндрический коллиматор, обеспечивающий достаточно узкое поле зрение детектора – в пределах 5^{o}x5^{o}. Для защиты от рентгеновского излучения, идущего от космического аппарата, под кристаллом CsI(Na) расположено свинцовое стекло толщиной 0.5 см. Для исключения регистрации заряженных частиц кристалл CsI(Na) вместе со свинцовым стеклом помещен в экран антисовпадений из пластмассового сцинтиллятора, при этом оба сцинтиллятора просматриваются одним фотоумножителем (ФЭУ-54, диаметр фотокатода 2 см).

В ходе всего эксперимента с прибором СПР-Н, начавшегося 15 августа 2001 г. в ~13 ч 30 мин UT, прибор работал в мониторном режиме непрерывных измерений. Выходными параметрами патрульного детектора прибора СПР-Н являются скорости счета в каналах 15-40 и 40-100 кэВ, а также скорость счета антисовпадательного колпака из пластического сцинтиллятора. Временное разрешение для патрульного детектора прибора определялось временем экспозиции, которое, как правило, было равно 4 секунды. Также была предусмотрена

передача специальных «патрульных» массивов, содержащих только данные патрульного детектора с временным разрешением, в 8 раз меньшим, чем время экспозиции.

Наряду с детекторами жесткого рентгеновского и гамма-излучения в состав научной аппаратуры, установленной на обсерватории «КОРОНАС-Ф» входил прибор МКЛ [9,11], предназначенный для регистрации заряженных частиц:

- спектров и потоков протонов в энергетическом диапазоне 1-90 МэВ;
- спектров и потоков электронов в энергетическом диапазоне 0,5-12 МэВ;
- потоков альфа-частиц с энергиями 100-140 МэВ;
- потоков электронов с энергией >1 МэВ;
- потоков протонов с энергией >10 МэВ;
- суммарных потоков электронов с энергией >1,6 МэВ и протонов с энергией >23 МэВ.
- суммарных потоков электронов с энергией >1,6 МэВ и протонов с энергией >90 МэВ.

Прибор был рассчитан на регистрацию потоков до 2×10^5 $см^{-2}\cdot с^{-1}\cdot ср^{-1}$.

Детекторная часть прибора состоит из двух телескопических систем. Функциональная схема прибора приведена на рис. 2. Измерения потоков протонов с энергиями 23-90 МэВ, альфа-частиц с энергиями 100-140 МэВ, а также потоков электронов с E_e>1,6 МэВ и протонов с E_p >90 МэВ производятся при помощи телескопической системы, схема которой приведена в верхней левой части рис.2. Сцинтилляционный детектор Дт.1 - часть сферического слоя из пластического сцинтиллятора на основе полистирола, ограниченная конусом с вершиной в центре сферы и углом раствора 140^o. Толщина слоя ~4,0 мм, его радиус 40 мм. В центре сферы расположен полупроводниковый детектор Дт.2, диаметр которого 12 мм и толщина 2 мм. Для идентификации частиц и определения их энергии используется их удельная ионизация при движении в рассматриваемой системе.

Для измерений потоков электронов с Ee = 0,5 – 1,0 МэВ, протонов с Ep = 14-26 МэВ и протонов с Ep >10 МэВ используется полусферический слой сцинтиллятора Дт.1 как одиночный детектор. Геометрический фактор детектора ~30 $см^2\cdot ср$. Порог дискриминации протонов с Ep = 14-26 МэВ выбран равным ~10 МэВ.

Для измерения спектров потоков электронов с Ee = 0,5-12 МэВ и потоков протонов с Ep = 1-5 МэВ используется телескопическая система, состоящая из трех счетчиков (правая часть рис. 3). Дт.3 - тонкий проходной n-p-детектор диаметром ~10 мм и толщиной 50 мкм; Дт.4- толстый проходной n-p-детектор диаметром 12 мм и толщиной 2000 мкм, Дт.5 - составной сцинтилляционный детектор типа фосвич. Он состоит из кристалла CsJ диаметром и высотой 10 мм. Для защиты от проникающих сбоку и снизу частиц он окружен слоем из пластического сцинтиллятора толщиной 10 мм. Оба сцинтиллятора просматриваются одним ФЭУ-84. Разделение событий (световых вспышек при прохождении заряженных частиц), происходящих в кристалле и пластическом сцинтилляторе, производится по различию во временах высвечивания электронной схемой разделения. События в пластическом сцинтилляторе запрещают дальнейшую обработку сигнала. Для защиты от света над телескопом помещена алюминиевая фольга толщиной 10 мкм. Входная апертура телескопа ограничена коллиматором из алюминия, угол раствора которого ~60^o. Геометрический фактор системы ~ 0,5 $см^2\cdot ср$.

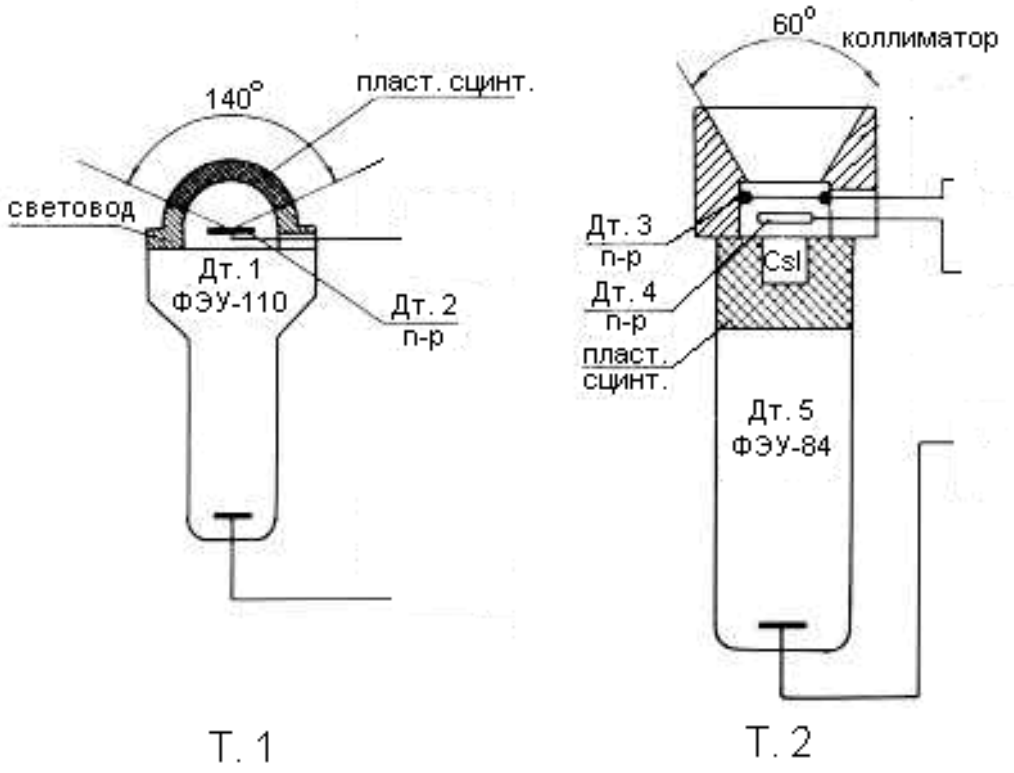


Рис. 2. Схема детектора прибора МКЛ

Результаты

За время полёта прибором СОНГ было зарегистрировано 105 вспышек с гамма-излучением более 50 кэВ. Среди них 38 вспышек с гамма-излучением более 500 кэВ. В 4-х событиях наблюдалось гамма-излучение с энергией более 100 МэВ. Каталог событий, детектированных в жестком рентгеновском излучении прибором СПР-Н, составляет 158 вспышек, многие из которых довольно слабые и не были видны прибором СОНГ. Наиболее мощные из наблюдавшихся событий – вспышки 25.08.2001г., 28.10.2003г., 29.10.2003г., 04.11.2003г. и 20.01.2005г. В трех из этих вспышек (25 августа, 28 октября и 4 ноября) был зарегистрирован значимый поток нейтронов [4[.

Особого внимания заслуживает наблюдение жесткого рентгеновского и гамма-излучения во время серии вспышек, происходивших в одной и той же активной области (АО). За время работы обсерватории «КОРОНАС-Ф» таких серий было несколько. Прежде всего это экстремальные события конца октября – начала ноября 2003 г. [5]. Во вспышках 28.10.2003 г. 4.11.2003 г. имели место прямая регистрация солнечных нейтронов и гамма-излучения с энергией более сотни МэВ. Вместе с тем, в мощной вспышке 29.10.2003 г. был измерен существенно более мягкий спектр, хотя она фактически имела те же координаты на солнечном диске и произошла в той же области. Кроме того, измерения с помощью поляризационных детекторов СПР-Н дали указание на то, что излучение в этой вспышке было сильно поляризовано, в отличие от других вспышек из этой области, похожих по классу [6]. Установление причин такого различия важно для понимания процессов ускорения во вспышках.

Серии вспышек, из одной и той же АО, наблюдались также в августе 2002 г. и в январе 2005 г.. Вспышкам, произошедшим в АО 0069, посвящена работа [2], в которой исследовалась динамика задержек микроволнового излучения относительно жесткого рентгеновского излучения. Среди событий января 2005 года особо следует выделить вспышку 20.01.2005 г. – одну из пяти самых мощных, наблюдавшихся на спутнике «КОРОНАС-Ф». Для неё была проведена работа по разделению теплового и нетеплового компонентов спектра [3]. Было получено, что в этом событии 20.01.2005 г. суммарная кинетическая энергия электронов была близка к тепловой (~$2*10^{30}$ эрг) во время импульсной фазы вспышки и заметно меньше ее в начале события, следовательно, именно электроны, ускоренные в импульсной стадии вспышки, обеспечили основной нагрев плазмы.

Для исследований в рамках российско-болгарского проекта, посвященного взаимосвязи СПС с параметрами вспышек и СМЕ, необходим анализ событий, в которых наблюдалось как вспышечное нейтральное излучение, так и возрастания потоков протонов. Притом данные по вспышкам должны содержать не только жесткое гамма-излучение, но также радиоизлучение, микроволновое излучение, показания спутников серии GOES по мягкому гамма-излучению. В связи с этим были отобраны 6 вспышек, временные профили которых приведены на рис. 3.

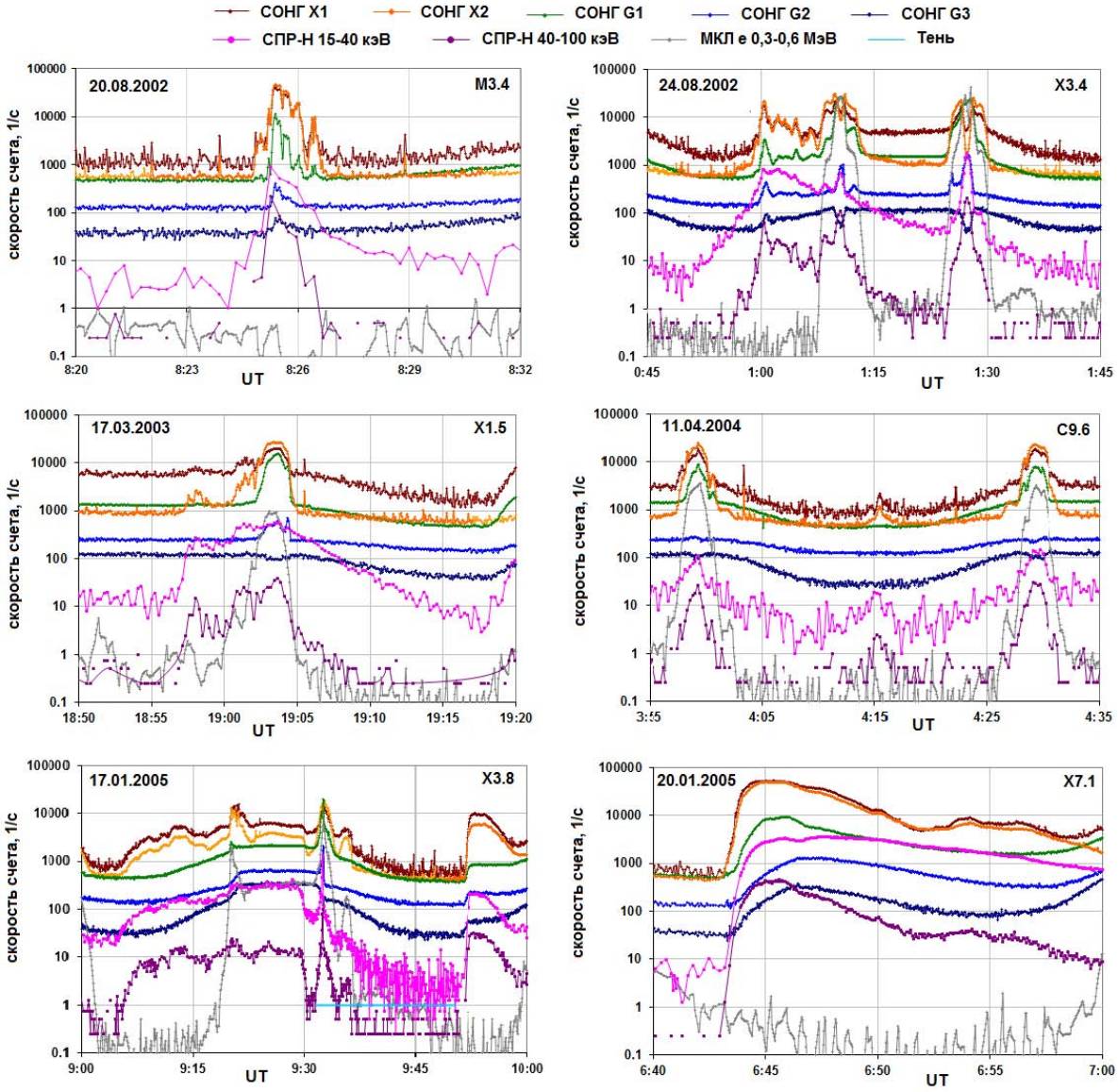


Рис. 4. Примеры наблюдения жесткого рентгеновского и гамма-излучения солнечных вспышек приборами СОНГ и СПР-Н, установленными на борту обсерватории «КОРОНАС-Ф»

Энергетические каналы СОНГ X1, X2, G1, G2 и G3 в начале эксперимента имели значения: 0.03-0.06, 0.06-0.15, 0.15-0.5, 0.5-1.5 и 1.5-4 МэВ, соответственно. В течение полета значения порогов медленно увеличивались, к концу 2005 года отличие составило примерно полтора раза. Для понимания природы повышенных потоков гамма-излучения, измеренных на околоземной полярной орбите, очень важно проводить одновременные измерения электронов. На спутнике «КОРОНАС–Ф» для этого можно использовать данные прибора МКЛ Серые кривые на рис.3 показывают области пересечения внешнего радиационного пояса Земли.

Среди показанных событий есть как мощные, так и сравнительно слабые. Например, вспышка 11 апреля 2004 г. имела класс всего C9.6. Тем не менее, от неё также наблюдалось СПС. А во вспышке 20.08.2002 г. класса M3.4 наблюдалось гамма-излучение с энергией более 5 МэВ. С другой стороны, прибором СОНГ было зарегистрировано гамма-излучение высоких энергий в ряде центральных и западных вспышек, не сопровождавшихся приходом протонов.

Всё это свидетельствует о неоднозначной связи между классом вспышки по мягкому рентгеновскому излучению и процессами, приводящими к ускорению протонов и к генерации вспышечного гамма-излучения. В статистических исследованиях связи различных факторов космической погоды имеет смысл использовать раздельно показатели мягкого (GOES) и жесткого рентгеновского и гамма-излучения. В качестве последнего можно предложить оценочные значения показателя гамма степенного спектра, которые могут быть получены по данным СОНГ, а также соотношения скоростей счета каналов. Также можно использовать коэффициенты, полученные раздельно для фаз роста и спада вспышечного излучения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-52-18050 Болг_а.

Литература:

1. Bogomolov, A. V., Denisov, Y. I., Kuznetsov, S. N.,, et al. Hard x-ray radiation from solar flares in the second half of 2001: Preliminary results of the SPR-N experiment onboard the CORONAS-F satellite. Solar System Research 37(2), 2003, pp.112–120. DOI: 10.1023/A:1023332408371
2. Bogomolov, A. V., Kashapova, L. K., Myagkova, I. N., and Tsap, Y. T. Dynamics of the hard x-ray, gamma-ray, and microwave emission of solar flares produced by the active region noaa 0069 in august 2002. Astronomy Reports, 58(3), 2014, pp.156–166. DOI: 10.1134/S1063772914030020
3. Kurt, V. G., Svertilov, S. I., Yushkov, B. Y., et al. Dynamics and energetics of the thermal and nonthermal components in the solar flare of january 20, 2005, based on data from hard electromagnetic radiation detectors onboard the coronas-f satellite. Astronomy Letters, 36(4), 2010. pp.280–291. DOI: 10.1134/S1063773710040067
4. Kuznetsov, S. N., Kurt, V. G., Myagkova, I. N., Yushkov, B. Y., and Kudela, K. Gamma-ray emission and neutrons from solar flares recorded by the song instrument in 2001-2004. Solar System Research 40 (2006), 104–110.
5. Veselovsky, I. S., Panasyuk, M. I., Avdyushin, S. I., et al. Solar and heliospheric phenomena in October - November 2003: Causes and effects. Cosmic Research 42(5), 2004, pp.438–488. DOI: 10.1023/B:COSM.0000046229.24716.02
6. Zhitnik, I. A., Logachev, Y. I., Bogomolov, A. V., et al. Polarization, temporal, and spectral parameters of solar flare hard x-rays as measured by the SPR-N instrument onboard the CORONAS-F satellite. Solar System Research 40(2) 2006, 93–103. DOI: 10.1134/S003809460602002X
7. Богомолов, А. В., Денисов, Ю. И., Логачев, Ю. И. и др. Временные, спектральные и поляризационные характеристики жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек, наблюдавшихся в эксперименте СПР-Н на борту орбитальной обсерватории КОРОНАС-Ф. Известия Российской академии наук. Серия физическая 67(10), 2003, с.1422–1426.
8. Житник, И. А., Логачев, Ю. И., Богомолов, А. В. и др. Эксперимент с прибором СПР-Н на ИСЗ КОРОНАС-Ф: поляризационные, временные и спектральные характеристики жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек. В кн. Солнечно-земная физика. Результаты экспериментов на спутнике КОРОНАС-Ф, М., Физматлит, 2009, pp. 128–150.
9. Кузнецов, С. Н., Богомолов, А. В., Галкин, В. И. и др. Комплекс приборов СКЛ. В кн.: Солнечно-земная физика: результаты экспериментов на спутнике КОРОНАС-Ф, под ред. В.Д.Кузнецова, 2009, М, Физматлит, с.295–307.
10. Кузнецов, С. Н., Курт, В. Г., Юшков, Б. Ю. и др. Ускорение протонов в солнечных вспышках: результаты анализа измерений гамма-излучения и нейтронов прибором СОНГ на ИСЗ КОРОНАС-Ф. Солнечно-земная физика. Результаты экспериментов на спутнике КОРОНАС-Ф., М., Физматлит, 2009, с. 308–331.
11. Кузнецов, С. Н., Мягкова, И. Н., Муравьева, Е. А. и др. Динамика потоков релятивистских электронов внешнего радиационного пояса Земли по данным прибора МКЛ. Солнечно-земная физика. Результаты экспериментов на спутнике КОРОНАС-Ф, М., Физматлит, 2009, с. 332–342.

ЦЕНТР АНАЛИЗА КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НИИЯФ МГУ: МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗ СОСТОЯНИЯ ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

Ирина Мягкова[1], Владимир Калегаев[1], Юлия Шугай[1], Сергей Доленко[1], Михаил Панасюк[1,2]

[1]*Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государсвенного университета имени М.В. Ломоносова (НИИЯФ МГУ), Россия*
[2] *Физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова Россия*
e-mail: irina@srd.sinp.msu.ru

Ключевые слова: *Космическая погода, радиация, геомагнитные бури, космические эксперименты*

Центр анализа космической погоды НИИЯФ МГУ предоставляет информацию о текущем состоянии околоземного космического пространства, а также прогнозах космической погоды. Информационные сервисы SWX на Интернет-сайте центра swx.sinp.msu.ru обеспечивают доступ к текущим данным, описывающим в реальном времени уровень солнечной активности, радиационные и геомагнитные условия, а также к результатам работы нескольких моделей: прогноза скорости солнечного ветра, Dst-индекса, потока релятивистских электронов внешнего радиационного пояса Земли и т.д. Интерактивные службы позволяют извлекать и анализировать данные различных экспериментов в любой заданный момент времени. Центр анализа космической погоды НИИЯФ МГУ обеспечивает оперативный контроль и прогнозирование радиационных условий на геостационарных орбита и на низких полярных орбитах околоземного космического пространства с использованием данных как завершенных миссий (Вернов, серия КОРОНАС) так и продолжающихся в настоящее время космических экспериментов (Ломоносов, Метеор-М №1 и №2, Электро-Л). SWX - современная гибкая система для анализа и прогнозирования космической погоды в околоземном космическом пространстве.

SPACE WEATHER ANALYSIS CENTRE OF SINP MSU: MONITORING AND FORECAST OF THE STATE OF NEAR-EARTH SPACE

Irina Myagkova[1], Vladimir Kalegaev[1] , Yuliya Shugai[1] , Sergey Dolenko[1], Mikhail Panasyuk[1,2]

[1]*Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of Moscow State University (SINP MSU), Russia.*
[2]*Physical Department of Lomonosov Moscow State University, Russia*
e-mail: irina@srd.sinp.msu.ru

Keywords: *Space weather, Radiation, Geomagnetic Storm, Space experiments*

Space Weather Analysis Center of Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of Lomonosov Moscow State University (SINP MSU) provides information about the current state of near-Earth's space and also about the space weather forecasts. Information services SWX on the website of the center swx.sinp.msu.ru provide access to current data describing the level of solar activity, radiation and geomagnetic storms in the real time and also to the results of several models: e.g. forecast of solar wind speed, of Dst-index and of relativistic electron flux of the outer radiation belt of the Earth. Interactive services allow one to retrieve and analyze data in anyone given time moment. The Center provides operational control and forecast of radiation conditions both at Geostationary Orbits (GEO) and at Low Earth's Orbits (LEO) of the near-Earth space using data of recent space missions (Vernov, CORONAS series) and current (Lomonosov, Meteor-M, Electro-L). SWX is a modern system for the analysis and forecasting of space weather in the near-Earth space.

Введение

Космической погодой принято называть совокупность явлений на Солнце, в солнечном ветре, гелиосфере, магнитосфере Земли и ионосфере, которые могут повлиять на работу

бортовых и наземных технологических систем, а также на самочувствие людей. Одним из первых понятие "погоды в космосе" ввел советский геофизик, Герой Советского Союза, участник знаменитой экспедиции Папанина, академик Евгений Константинович Федоров. Впервые официальное определение понятия «космическая погода» («space weather») было дано в 1995 г при разработке национальной программы NSWP - National Space Weather Program (NSWP Strategic Plan. Office of Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research FCM-P30-1995,Washington DC, 1995, США).

К явлениям космической погоды относят: а) ионизующее электромагнитное излучение солнечных вспышек; б) солнечные протонные события - возрастание потоков энергичных протонов солнечных космических лучей (СКЛ); в) магнитные бури и суббури; г)возрастания потоков релятивистских электронов внешнего радиационного пояса Земли. Данные явления могут стать причиной возрастания радиационной опасности во время космических полетов (б, г) и авиационных рейсов (б), нарушения радиосвязи (а, в), сбоев в работе космических аппаратов (б, г), телеграфных линий, трубопроводов, линий электропередач и энергосетей (в), а также возможного ухудшения самочувствия некоторых людей (в).

По существующим оценкам более половины отказов и сбоев в работе бортовой аппаратуры космических аппаратов (КА) обусловлено неблагоприятным воздействием факторов космического пространства [1-3]. Основной вклад в суммарную радиационную дозу вносят протоны СКЛ с энергией 20-500 МэВ. Необходимо учитывать, что если возрастание потоков СКЛ происходит во время магнитной бури, то проникновения частиц СКЛ в магнитосферу Земли происходит на более низкие широты вследствие изменения структуры магнитосферного магнитного поля.

Во время геомагнитных бурь поток релятивистских электронов внешнего радиационного пояса Земли (ВРПЗ) с энергиями >1 МэВ резко падает на главной фазе, а на фазе восстановления примерно в 50% случаев возрастает на несколько порядков. Магнитные бури могут происходить в результате прихода к Земле как корональных выбросов массы (КВМ), так и высокоскоростных потоков солнечного ветра (СВ), источником которых являются низкоширотные корональные дыры (КД) на Солнце. КВМ, как правило, связаны с солнечными вспышками, и, следовательно, вносят основной вклад в вариации ВРПЗ во время максимума солнечной активности (СА). Высокоскоростные потоки СВ, источником которых являются КД, существуют на всех фазах солнечного цикла и также могут оказывать значительное влияние на радиационную обстановку в околоземном космическом пространстве (ОКП), особенно в минимумах СА. Для прогнозирования вариаций потоков электронов ВРПЗ также используются данные о параметрах ММП и СВ, а также предыдущее состояние самого ВРПЗ.

Существует множество центров космической погоды по всему миру. Наиболее крупные из них: Центр прогнозирования космической погоды NOAA - Space Weather Prediction Center (SWPC / NOAA - *http://www.swpc.noaa.gov*), интегрированная система анализа космической погоды - iNTEGRATED Space Weather Analysis System (iSWA - *iswa.gsfc.nasa.gov*), новый проект Евросоюза SPACECASE (*http://www.fp7-spacecast.eu/index.php*). Основные задачи любого центра космической погоды - это мониторинг ОКП на основе данных различных космических миссий в режиме реального времени, с использованием результатов моделирования условий в гелиосфере и магнитосфере Земли. Каждый центр обеспечивает анализ космической погоды, основанный на конкретном наборе данных и на результатах работы реализованных в данном центре операционных моделей. Данные онлайн мониторинга, как правило, содержат данные геостационарных космических аппаратов (КА), КА, находящихся в солнечном ветре, солнечных обсерваторий.

Рассмотрим подробнее возможности мониторинга и прогноза, предоставляемые Центром анализа космической погоды НИИЯФ МГУ.

Система оперативного мониторинга Центра космической погоды НИИЯФ МГУ

Радиационные условия в ОКП являются одним из основных факторов космической погоды [1]. С развитием космической техники, человечество становится все более и более зависимыми от процессов в космосе, поэтому оперативный мониторинг и прогнозирование процессов, происходящих в ОКП, становится все более и более актуальным. С другой стороны, в результате роста числа космических миссий возникает проблема получения, доступа в режиме реального времени к данным космических измерений, и их хранения.

Для адекватной оценки радиационных условий следует учитывать влияние геомагнитной активности на распространение, ускорение и рассеяние заряженных частиц в магнитосфере. Также, необходимо принимать во внимание характеристики солнечной активности – число солнечных пятен, состояние солнечной короны, нейтральное излучение

солнечных вспышек, в ультрафиолетовом, рентгеновском, гамма диапазонах. Прямые измерения потоков энергичных частиц, наблюдения за солнечной и геомагнитной активностью являются основными элементами системы радиационного мониторинга.

Центр анализа космической погоды, созданный в НИИЯФ МГУ (SWx), предоставляет пользователям актуальную информацию о текущем состоянии ОКП. Информационные сервисы центра , находящиеся на сайте *http://swx.sinp.msu.ru/* обеспечивают доступ к актуальным данным, характеризующим уровень солнечной активности, геомагнитного и радиационного состояния гелиосферы и магнитосферы Земли в режиме реального времени. Для анализа данных используются модели космической среды, работающие в автономном режиме. Интерактивные сервисы позволяют извлекать и анализировать данные в заданные моменты времени. В состав мониторинговой информации, используемой для анализа радиационной обстановки, входят следующие данные:

1) со спутника SDO: изображения Солнца в диапазонах 131 Å, 171 Å, 193 Å, 211 Å, 304 Å, а также магнитограммы HMI.

2) со спутника ACE: а) плотность и скорость плазмы солнечного ветра (СВ) (частиц в см3 и км/с, соответственно); б) модуль вектора и значения трех компонент межпланетного магнитного поля (ММП) (нТ); в) потоки протонов в диапазоне энергий 0.795-1.9 МэВ; д) потоки электронов в диапазоне энергий 38-315 кэВ;

3) со спутника GOES: а) потоки мягкого рентгеновского излучения в диапазоне длин волн 0.5-8 Å; б) дифференциальные потоки протонов в диапазоне энергий 4-200 МэВ; в) интегральные потоки электронов с энергиями >0.8 МэВ и >2 МэВ.

4) со спутников Электро-Л1 и Л2: а) дифференциальные потоки протонов в диапазоне энергий 13,5-320 МэВ; б) интегральные потоки электронов в диапазоне энергий >1.3 МэВ;

5) со спутников Метеор-М1 и М2: а) дифференциальные потоки протонов в диапазоне энергий от 1 до 260 МэВ;б) интегральные потоки электронов в диапазоне энергий от >100 кэВ до >4 МэВ; 6) Геомагнитные индексы Dst и Кр.

Поступающая в Центр анализа космической погоды НИИЯФ МГУ информация загружается в базу данных и выполняется усреднение данных по стандартным временным интервалам: 1 мин., 5 мин.,1 час. После этого запускаются модели и приложения, позволяющие рассчитать прогнозируемые значения измеряемых параметров космической среды (скорость солнечного ветра, поток релятивистских электронов на геостационарной орбите и т.д.), а также оценить не измеряемые прямо ключевые параметры магнитосферы Земли - давление солнечного ветра и/или расстояние до подсолнечной точки. Результаты моделирования также заносятся в базу данных. Для каждого временного разрешения формируются три потока данных: данные измерений; прогнозируемые значения данных измерений, необходимые для работы приложений; прогнозируемые значения факторов космической погоды, прямо не измеряемые КА, позволяющие эффективно осуществлять автоматический онлайн анализ, выполняемый одновременно для характеристик ММП и СВ, геомагнитных индексов, потоков заряженных частиц разных энергий, измеряемые в разных областях ОКП. Такой подход позволяет проследить всю цепочку гелио- и геофизических возмущений «Солнце – гелиосфера – солнечный ветер – магнитосфера Земли», в конечном итоге влияющих на радиационное состояние ОКП, создавая условия, критичные для функционирования КА.

Оперативный анализ данных спутниковых и наземных экспериментов является важным для анализа космической погоды. Изучение взаимосвязи процессов на Солнце, в солнечном ветре и магнитосфере Земли требует разных данных для разных периодов времени. Наборы данных часто перекрываются, иногда трудно определить, какие именно данные необходимы для текущих научных исследований. Сервис, представляемый на странице *http://swx.sinp.msu.ru/current.php*, позволяет исследователю выбирать необходимые данные для анализа, просматривать их в графическом представлении, экспортировать в цифровом виде.

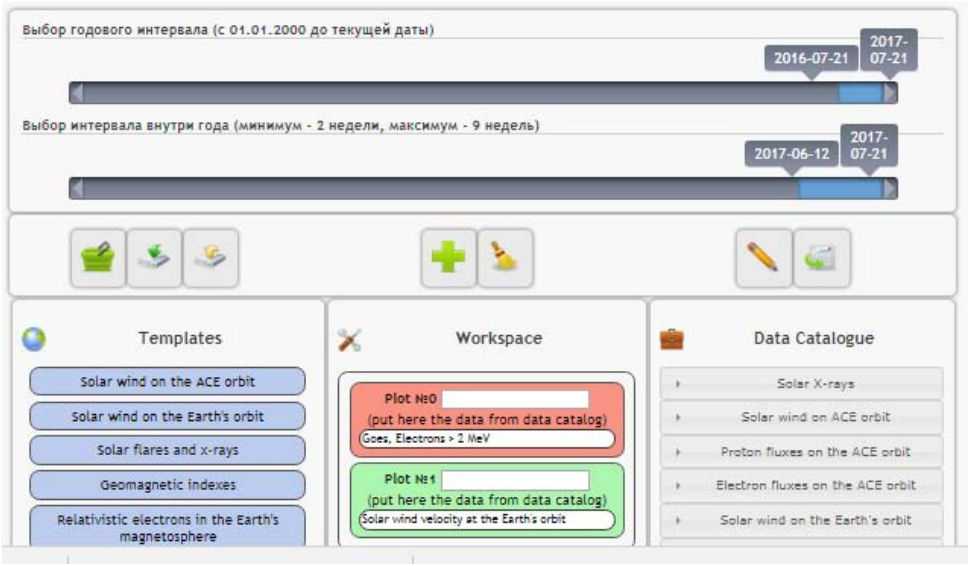


Рис. 1. Система оперативного анализа данных Центра космической погоды НИИЯФ МГУ http://swx.sinp.msu.ru/current.php

Сотрудниками Центра анализа космической погоды НИИЯФ МГУ разработана оригинальная методика обработки данных о потоках энергичных заряженных частиц, измеряемых на экспериментах КА с круговыми полярными орбитами. Данная методика основана на возможности автоматического разделения данных полярных спутников в соответствии с природой регистрируемых частиц и преобладающими на выбранных участках орбиты физическими процессами - солнечные космические лучи (СКЛ), измеряемые в полярных шапках, и электроны внешнего радиационного пояса земли (ВРПЗ). Это дает возможность сравнивать данные геостационарных и полярных спутников с круговой орбитой.

На верхней панели рисунка 2 показаны вариации потоков протонов СКЛ, измеренных на КА GOES и Метеор-М №1, выделенные при помощи автоматической системы разделения. Данные рисунки получены при помощи системы оперативного анализа данных SWx http://swx.sinp.msu.ru/current.php.

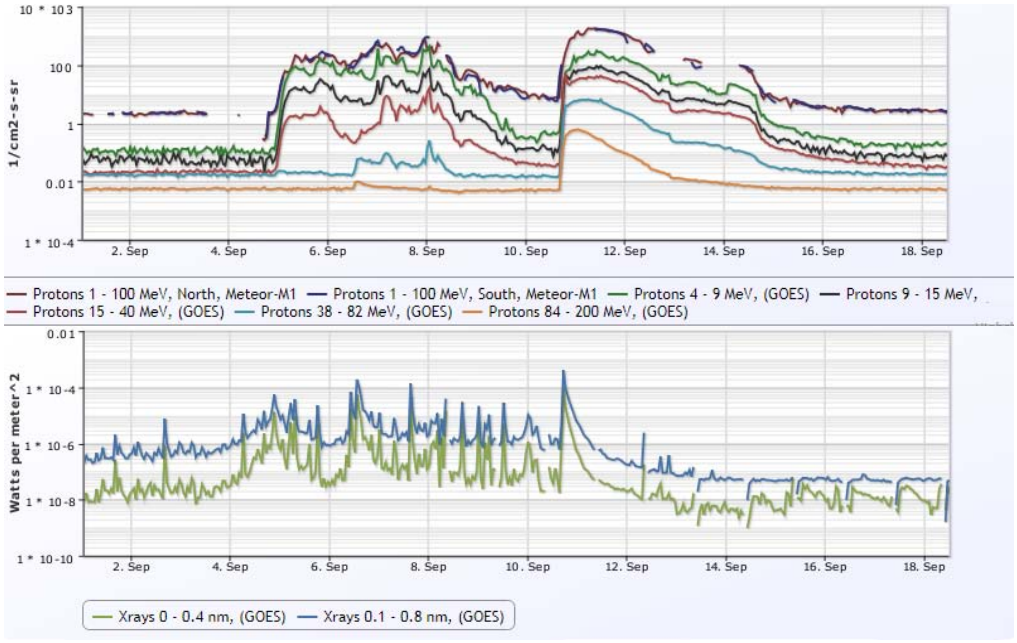


Рис. 2. Временные зависимости потоков солнечных протонов с энергиями от 1 до 200 МэВ, измеренные в первой половине сентября 2017 года в экспериментах на борту КА GOES-15 и Метеор-М №1 (верхняя панель) и мягкого рентгеновского излучения по данным GOES-15

На верхней панели рисунка 2 видно, что профиль протонов, измеренные на КА Метеор-М №1 (красная и синяя кривые) согласуется с профилем протонов, измеренных на GOES-15.

Разработанная методика разделения потоков частиц разной природы полезна также при исследовании вариаций потоков электронов СКЛ в ОКП. Это особенно актуально, поскольку в экспериментах на геостационарной орбите электроны СКЛ не регистрируются. Из рисунка 3 видно, что вариации потоков электронов СКЛ на КА ACE точке Лагранжа L1 (зелёная линия), и на КА «Метеор-М №1» на высоте 850 км в северной (черная линия) и южной (красная линия) полярных шапках имеют сходный характер.

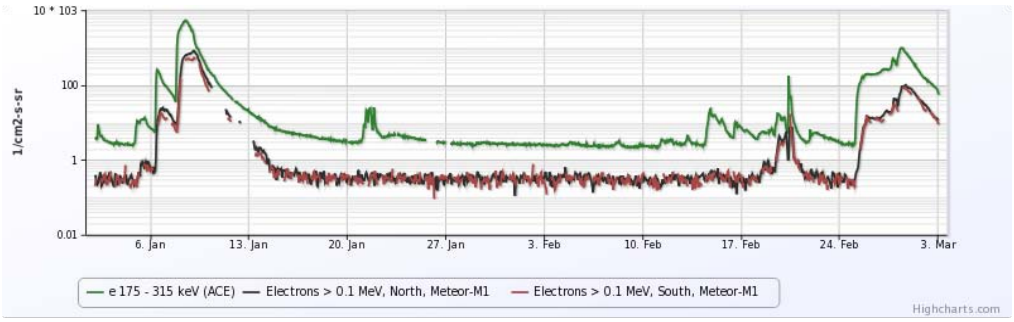


Рис. 3. Временные зависимости потоков электронов СКЛ энергиями 175-315 кэВ (ACE) и > 100 кэВ (Метеор-М №1), измеренные в январе-феврале 2014 года

Системы прогнозирования состояния околоземного пространства на сайте Центра анализа космической погоды НИИЯФ МГУ

Системой радиационного мониторинга Центра анализа данных космической погоды НИИЯФ МГУ предусмотрено прогнозирование факторов космической погоды, базирующихся на следующих инженерных моделях:

1. Прогнозирование скорости параметров солнечного ветра;
2. Прогнозирование геомагнитных индексов;
3. Прогнозирование среднечасовых потоков релятивистских электронов вешнего радиационного пояса Земли (РЭ ВРПЗ) на геостационарной орбите;
4. Прогнозирование суточных флюенсов РЭ ВРПЗ на геостационарной орбите;
5. Прогнозирование экстремальной границы проникновения протонов СКЛ на средние широты на главной фазе электромагнитной бури;
6. Прогнозирование положения полярной границы внешнего радиационного пояса Земли;
7. Прогнозирование потоков и доз на низких орбитах.

Перечисленные модели используют данные измерений, хранящиеся в базе данных, интернет-портал *http//swx.sinp.msu.ru* обеспечивает доступ к данным моделирования, выполненным в режиме он-лайн. Например, результат прогнозирования скорости солнечного ветра по модели [4] на основе данных наблюдений за солнечной короной спутником SDO в спектральном диапазоне с центром на длине волны 19.3 нм представлены на странице *http://swx.sinp.msu.ru/models/solar_wind.php*.

Так как известно, что основной причиной возникновения возмущений магнитосферы в целом, и внешнего РПЗ в частности, является солнечный ветер (СВ), в качестве входных данных для прогнозирования как значений Dst-индекса [5], так и величины потоков РЭ РПЗ используются параметры плазмы СВ и межпланетного магнитного поля (ММП). В настоящее время входными данными для прогноза служат предаваемые на Землю в реальном времени данные ИСЗ ACE (Advanced Composition Explorer), который находится в точке Лагранжа L1 между Солнцем и Землёй, на расстоянии около 1.5 млн. км от последней.

Поскольку не существует простой и очевидной связи между геомагнитными возмущениями, потоком РЭ ВРПЗ и параметрами космической среды, для прогнозирования геомагнитных индексов и потоков РЭ требуется разработка моделей, основанных на адаптивных методов и их программная реализация. В Центре космической погоды НИИЯФ МГУ

используются прогностические модели, созданные на основе искусственных нейронных сетей (ИНС). В качестве входов для прогнозирования Dst-индекса используются следующие данные:
1) параметры СВ (скорость СВ и плотность протонов в СВ) и ММП (x-, y-, z-компоненты и амплитуда напряженности ММП), которые измеряются в точке Лагранжа L1 между Землёй и Солнцем прибором SWEPAM КА ACE (http://www.srl.caltech.edu/ACE/Browse Data);
2) геомагнитные индексы Dst и Kp (*http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/).*

В случае, если требуемые значения с необходимым шагом по времени недоступны, они вычисляются в реальном времени на основе среднечасовых значений соответствующих параметров. Пример результата нейросетевого прогноза Dst-индекса на один час вперед, осуществляемого в Центре космической погоды НИИЯФ МГУ представлены на рис. 4 (*http://swx.sinp.msu.ru/models/dst.php*).

Рис. 4. Результат ИНС-прогнозирования Dst- индекса на час вперед с 24 по 30 сентября 2017 г.

Зеленые точки - результат прогноза, красная кривая - экспериментальные данные. Из рисунка 4 видно, что прогноз Dst-индекса на час вперед можно считать удовлетворительным.

При прогнозировании потоков РЭ ВРПЗ [6] помимо величин, используемых при прогнозировании Dst в качестве входного параметра берется также сам поток электронов с энергией E>2 МэВ [1/(см2·с·ср)], которые измеряются прибором SEM на геостационарных спутниках серии GOES (*https://satdat.ngdc.noaa.gov/ sem/goes/data/new_avg/*). Результат прогноза потоков электронов ВРПЗ (*http://swx.sinp.msu.ru/radiastatus/forecast.php?gcm=1*) представлен на рисунке 5. Видно, что прогноз успешно осуществляется даже при изменении потока РЭ ВРПЗ на несколько порядков.

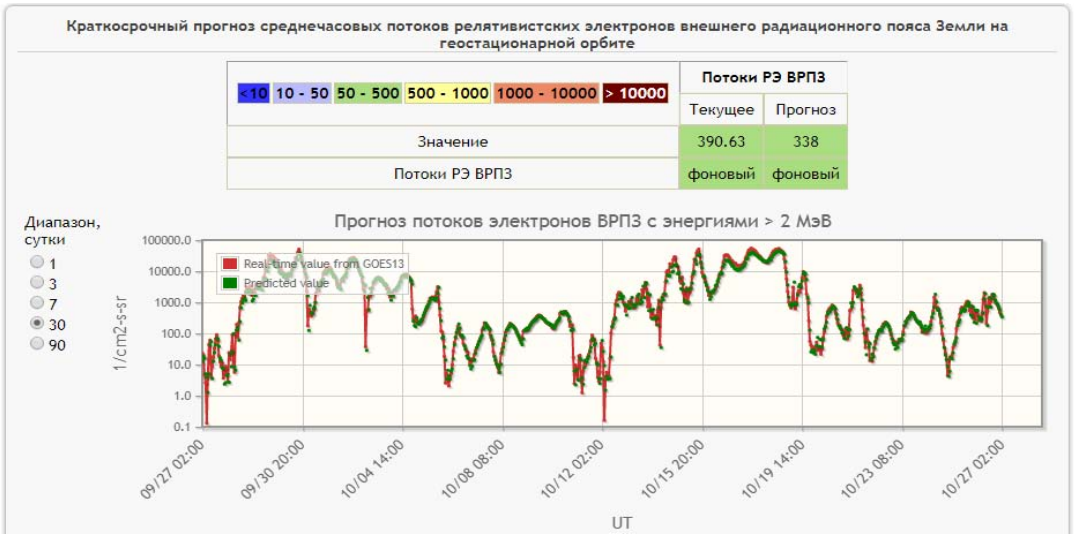


Рис. 5. Результат ИНС-прогнозирования потока РЭ ВРПЗ на час вперед с 27.09 по 27.09 2017 г.

Заключение

Мы показали, что в НИИЯФ МГУ создана уникальная автоматизированная система анализа и прогнозирования радиационных условий в ОКП. Поступающая спутниковая информация в режиме обрабатывается онлайн в Центре анализа космической погоды и используется для текущего анализа и прогноза состояния ОКП. Система позволяет прогнозировать такие ключевые факторы космической погоды как скорость солнечного ветра, амплитуду геомагнитных возмущений (Dst-индекс), а также среднечасовые потоки и суточные флуенсы релятивистских электронов (E > 2 МэВ) на геостационарной орбите. Предполагается дальнейшее развитие системы мониторинга и прогноза факторов космической погоды.

Литература:

1. Cole, D.G. «Space weather: Its effects and predictability» // Space Sci. Rev. 2003. **107**, pp. 295-302.
2. Dorman, L.I. , N. Iucci, A.V. Belov., et al., «Space weather and spacecrafts anomalies» // Annales Geophysicae. 2005. **23(**9), pp. 3009-3018.
3. Pilipenko, V., N. Yagova N. Romanova, J. Allen «Statistical relationships between the satellite anomalies at geostationary orbits and high-energy particles» // Adv.in Space Res. 2006. **37**, pp. 1192–1205.
4. Slemzin, V. A., Y. S. Shugai «Identification of coronal sources of the solar wind from solar images in the EUV spectral range» // Cosmic Research. 2015. **53**, pp. 47–58.
5. Dolenko, S. A., I. N. Myagkova, V. R. Shiroky, and I. G. Persiantsev «Objective discrimination of geomagnetic disturbances and prediction of Dst index by artificial neural networks». In *Proceedings of the 10th International Conference "Problems of Geocosmos"* 2014, St. Petersurg, pp. 270–275.
6. Myagkova, I. N., S. A Dolenko, A. O. Efitorov, V. R. Shirokii and Sentemova «Prediction of relativistic electron flux in the earth's outer radiation belt at geostationary orbit by adaptive methods». Geomagnetism and Aeronomy. 2017. **57**(1), pp. 8–15.

LONG-TERM FORECAST OF SOLAR ACTIVITY USING THE 150-YEAR HARMONIC AND CHARACTERISTICS OF CYCLES OF THE RELIABLE PART OF WOLF'S NUMBERS

Igor Shibaev

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

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

Abstract: *In work the Zurich number of average monthly numbers of Wolf (a number of relatives of solar spots – WSN) consisting of the average monthly values restored by Wolf on sketchy observations (the restored row from 1749 to 1849), and a number of the regular observations from 1849 to our days (a reliable row) is considered. Comparison of characteristics of spectral components and the analysis of their smoothness for the reliable and restored parts showed essential differences in their behavior. Selection of long-period components of a reliable row and extrapolation them on an external time interval gives the chance for reconstruction or prediction of temporary dynamics of a row. This work confirms existence of a 150-year harmonica for a reliable part of a row from 1849 to 2015 that, taking into account characteristics of reliable cycles, allows to predict solar activity.*

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ ПО 150-ЛЕТНЕЙ ГАРМОНИКЕ И ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЦИКЛОВ ДОСТОВЕРНОЙ ЧАСТИ РЯДА ЧИСЕЛ ВОЛЬФА

Игорь Шибаев

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

Ключови думи: *Числа Вольфа, спектральный анализ, преобразование Гильберта.*

Резюме: *Эпохи максимума или минимума солнечной активности характеризуются огибающей максимумов циклов и тесно связаны с длиннопериодной («вековой») компонентой ряда чисел Вольфа. Её удачная интерполяция и продление на внешний временной интервал дают возможность прогнозировать общий ход солнечной активности на временных масштабах в несколько циклов. Трактуя длиннопериодную компоненту, как огибающую средних значений циклов, разбивая циклы по длительности и опираясь на взаимосвязь интервальных оценок нескольких циклов можно детализировать прогноз на масштабах цикла.*

Introduction

Eras of the increased or reduced solar phenomena (SP) are characterized by the periods of a maximum or minimum of the "envelope" of cycles maxima and closely related to a long-period ("-century") component of a Wolf number sequence. The Zurich sequence of average monthly Wolf numbers (W = Wrest U Wtool) includes a reestablished sequence Wrest (since 1749 till 1849) and a certain sequence of Wolf numbers Wtool (the regular instrumental observations since 1849 till present). The successful interpolation of a long-period component of a sequence W and its extension on an external time interval give a chance to predict the common course of solar phenomena at time scales in several cycles. This work follows the basic concepts explained in the publication [1], where the 150-year frequency component (by a certain part of the sequence), which can form a basis of the long-term forecast of SP, is emphasized.

Spectral characteristics of a sequence W and choosing the underlying array

Sequence W is rather non-uniform due to the history and methods of its formation. Differences in total characteristics of the sequences Wrest and Wtool cycles, i.e. the cycles I ÷ IX and X ÷ XXIII groups are analysed in work of [2] where it is noted that only the characteristics of cycles VIII and IX are most concordant to the characteristics of cycles of a sequence Wtool. The analysis of cleanliness of spectral components showed also essential differences in their behaviour. In the work of [1], proceeding from character of a spectrum, a sequence is divided into five spectral intervals with the following time periods, put in years **:** P1 [24 < T], P2 [6.8 < T < 24], P3 [4.26 < T < 6.8], P4 [1.66 < T < 4.26], P5 [T<1.66]. Sequences P2(t) and P3(t) describe the main and second frequency components and so we will pass to the analytical signals characterizing these sequences, applying to them the Hilbert transform [3]. It allows finding a time dependence of the envelope and "instantaneous" frequency of these spectral components. The behaviour of the "instantaneous" frequencies of the components P2(t) and P3(t) shows the Fig. 1., where the area corresponding to a sequence Wtool is marked by the lower legend. The distortions are shown clearly and their degree increases with removal to the past. Characteristics of the time domain adjoining 1849, i.e. area of the VIII ÷ IX cycles (the top legend) are least distorted. It is the given estimations that define the choice of the underlying array for prediction of SP – a sequence Wtool with possible inclusion of the cycles VIII ÷ IX.

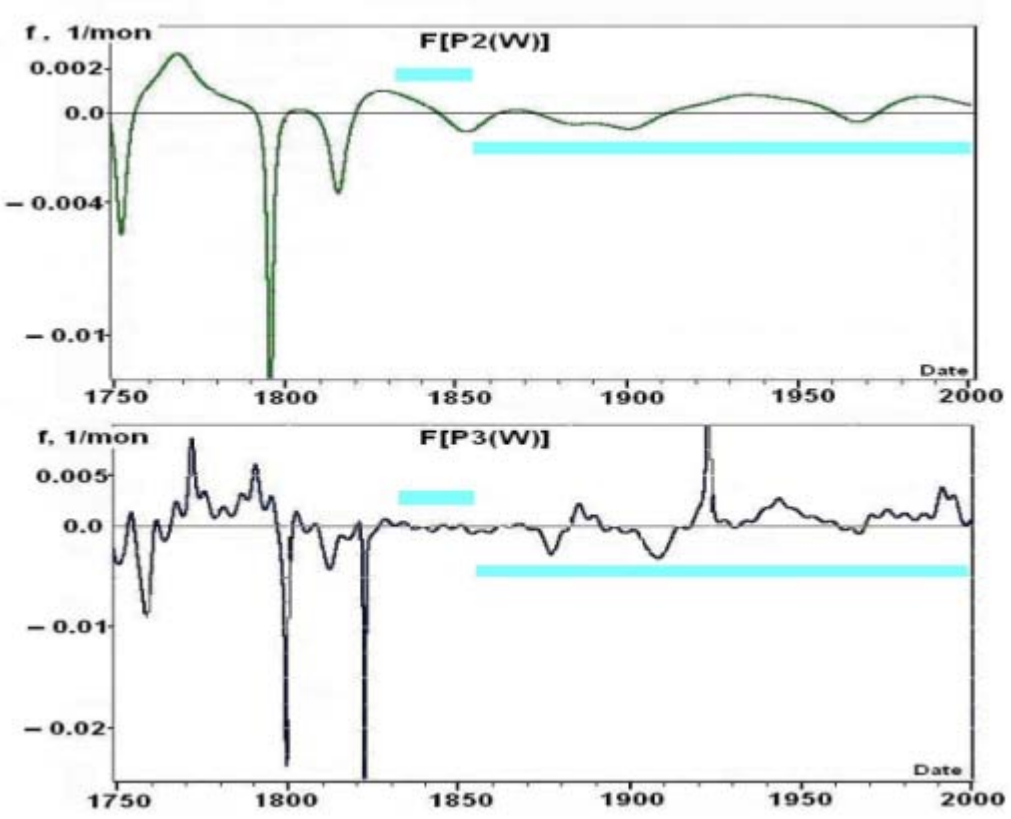


Fig. 1. Review of the "instantaneous" frequencies of spectral components of P2 (from above) and P3

We would like to remind the role of the components P1 ÷ P5 of the sequence W. The sum of a long-period component P1 and a basic frequency component P2 reflects the main time and amplitude characteristics of the cycles. The sequence P3 corrects branches of increasing and reduction. The component P4 transforms a clean relief of the cycles due to the quasitwo-year-olds - the local maxima are arisen, the displacement of the basic maximum is possible, i.e. the cycles assume more individual character. The high-pitched excess of the P5 includes annual and 155-d frequency components. The review of the sequences of the main spectral areas P1 ÷ P3 with relevant envelopes of the components P2 and P3 is presented on Fig. 2.

Representation of the underlying array for the issues of forecasting and reconstruction

Further a sequence Wtool (since 1849 till may 2015) is examined. Determination of the standard (table) parameters of cycles leans on the sequence W* which is deduced from a sequence of

monthly Wolf numbers W by the flexible averaging based on 13 months (W => W*). The average sequence, proceeding from simple rules, is divided into time spans (cycles), which are compared to duration Tc, the maximal value of Wolf number in the given span Wm and the time moment Tm – the duration of branch of increasing (Tm < Tc), corresponding to this maximum. At the same time, several local maxima and lack of monotony in behaviour of branches of increasing and reduction are peculiar for many cycles, which complicate the characteristics evaluation regarding to the issues of forecasting and reconstruction. Leaning on a sequence P13=P1+P2+P3 (a sequence Wtool without quasitwo-year-olds and a high-pitched part), after the relevant splitting into spans (cycles) we pass to one-vertex cycles with the monotonic branches of increasing and reduction, which are shown on a Fig. 3. All main characteristics of cycles remain however.

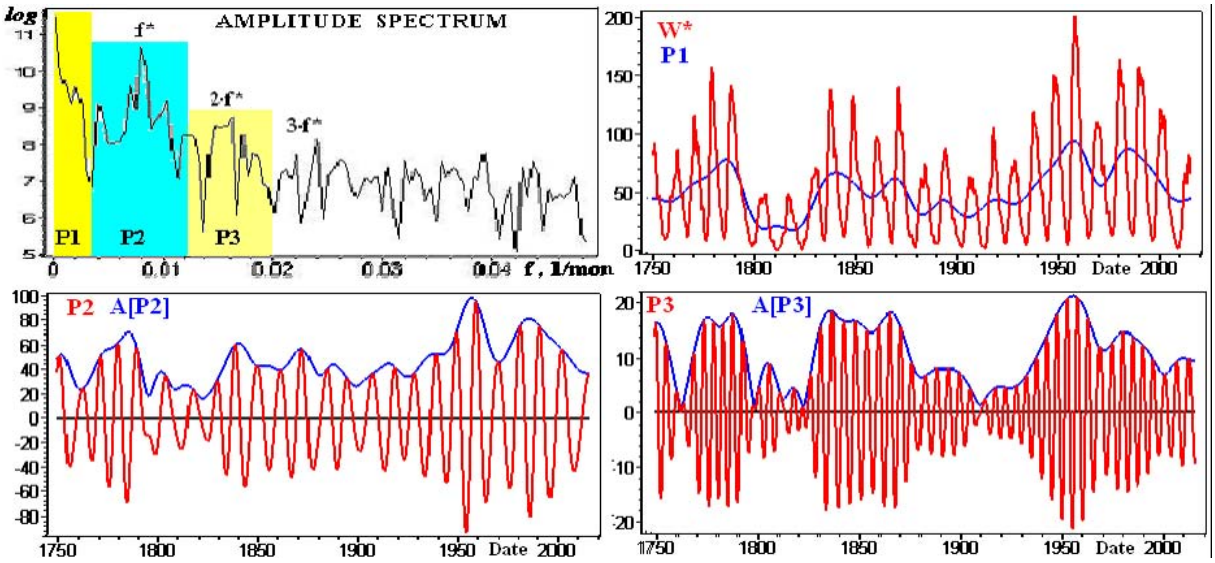


Fig. 2. Spectrum of a sequence of Wolf' numbers and review of spectral components of P1÷P3. A[P2], A[P3] – a time dependence of the envelope for spectral components P2 and P3

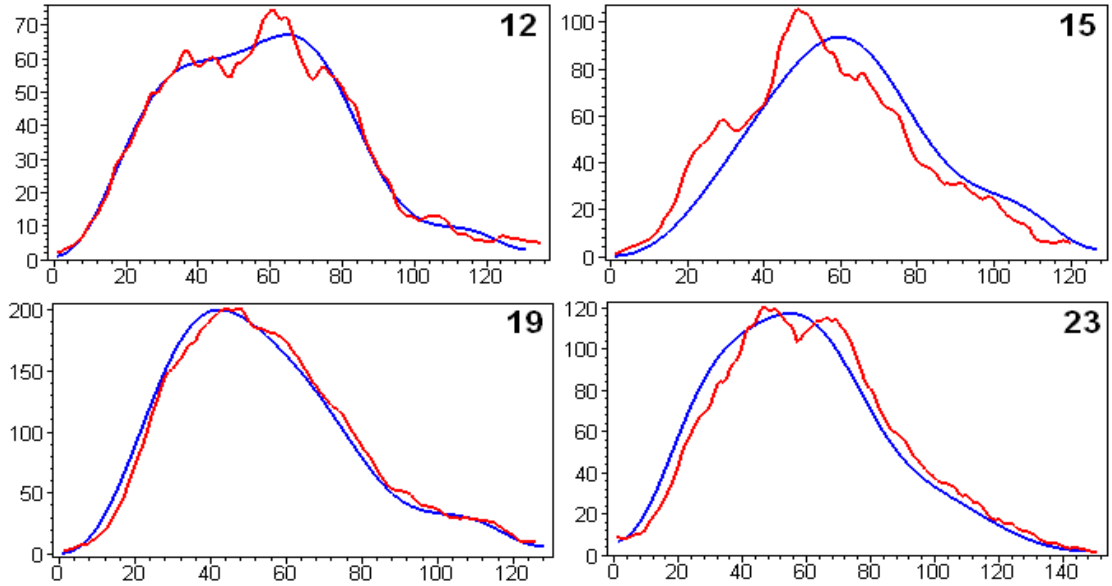


Fig. 3. Comparison of cycles in W* and P13 modifications

Leaning on slowly varying functions P1(t) and envelopes of the main and the second frequency components A[P2] and A[P3] it is possible to design the "envelope" maxima for cycles in representation of P13**:** A[P13]=P1+A[P2]+A[P3], which is imposed well on sequence P13(t) maxima. Extrapolation on an external span of slowly varying function A[P13] addresses actually the problem of

the long-time forecast of SP. Considering close connection of A[P13] with a long-period component it is enough to do that for P1(t) [2].

It is convenient to interpolate P1 by the sine P1_sin with the parameters, which are determined from the maximum of its correlation with P1 when scanning by reference to frequency and phase [1]. For the long-period component of the sequence Wtool (1849 ÷ 2015) the period of an approximating sinusoid equals to 150 years. Extrapolation of P1_sin on an external interval is presented on Fig. 4.

Conclusion

Eras of the The provided approach allows to predict the duration of an era of the reduced solar phenomena, the moment of beginning of its minimum and to estimate its level. We would like to note that the amplitudes of the cycles VIII and IX are reasonably described in this approach and it is possible to talk about compatibility of W and a 150-year frequency component on an interval more than 180 years. Dynamics of the current minimum of SP differs from the scenarios of Maunder Minimum and Dalton Minimum development.

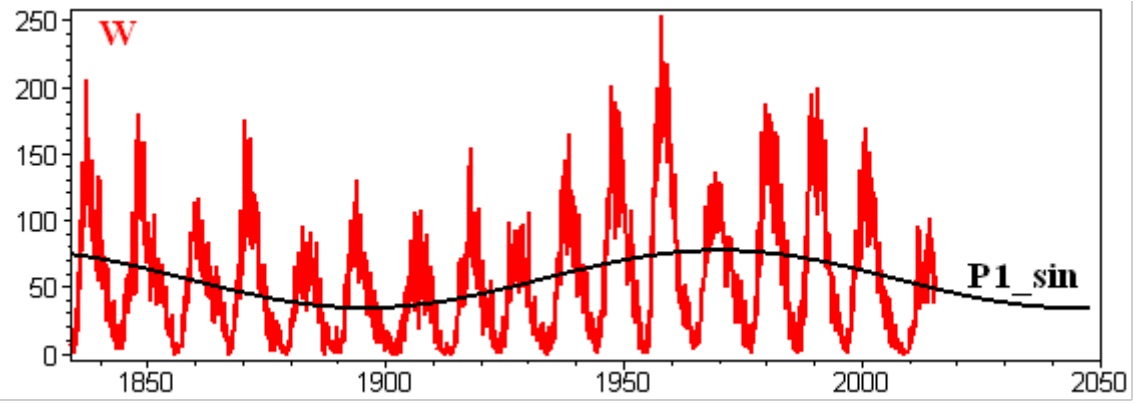


Fig. 4. Imposing of sin-approximation P1 on a certain sequence of Wolf numbers Wtool and its extrapolation

References:

1. Shibaev, I. G. Estimation of the Reconstructed Part of the Wolf Series and the Possibility of Its Correction, Solar System Research, V. 42, No. 1, 2008, p. 63 – 72. DOI: 10.1134/S0038094608010073.
2. Шибаев, И. Г. Реконструкция восстановленной части ряда чисел Вольфа по 150-летней гармонике и характеристикам циклов достоверной части ряда чисел Вольфа / Труды Всероссийской ежегодной конференции: Солнечная и солнечно-земная физика -- 2016, Пулково, Санкт –Петербург, 10 – 14 октября 2016 г., с. 349-352.
3. Bendant, J., A. Pirsol. Random data. Analysis and Measurement Procedures, John Wiley & Sons, Inc., NY; 1986.

SOHO/ERNE PROTON EVENT CATALOG: DESCRIPTION AND FIRST RESULTS

Rositsa Miteva

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

Keywords: *Solar energetic particles, Space weather.*

Abstract: *The procedure for compilation of a new proton catalog is presented here. The focus is on the SOHO/ERNE instrument for the period 1996 to 2016 (entire solar cycle 23 and the ongoing solar cycle 24). The main steps of the data analysis are outlined. Namely, as a first approach it is selected that 5-min averaged data will be used to identify the peak proton intensity. Contributions due to local shock acceleration close to Earth are not taken into account. In this report, the main properties of the proton sample in the energy channel 17–22 MeV are presented and discussed.*

КАТАЛОГ НА ПРОТОННИ СЪБИТИЯ НАБЛЮДАВАНИ ОТ SOHO/ERNE: ОПИСАНИЕ И ПЪРВОНАЧАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

Росица Митева

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

Ключови думи: *Слънчеви енергетични частици, космическо време.*

Резюме: *Представени са процедурата за съставянето на нов каталог от протонни събития. Фокусът е върху инструмента SOHO/ERNE за периода от 1996 до 2016 (целия 23-ти слънчев цикъл и настоящия 24-ти). Основните стъпки на анализа на данните са представени. А именно, като първоначален подход е избрано да се работи с осреднени данни (5-минути) за определяне на максимума на протонния поток. Приноси в протонния поток поради ударни вълни близко до Земята не се взимат предвид. Тук се докладват и дискутират основните характеристики на протонните събития в енергийния диапазон 17–22 MeV.*

Introduction

Non-thermal particles – electrons, protons and heavy ions – are a well-known space weather agent [1]. These keV-to-MeV particles follow in time the eruptive phenomena observed at the Sun (flares and coronal mass ejections, CMEs), considered as the solar origin of the particles, with the more energetic population arriving ahead of the slow particles. Nowadays the term solar energetic particles (SEPs) is more frequently used compared to 'solar cosmic rays'. SEP events still await quantitative description on the chain of processes of acceleration, escape and propagation through the interplanetary (IP) space. Moreover, the likelihood for a flare and CME to occur and the early assessment of their properties is a subject of ongoing work. These factors are essential for the improved SEP-forecasting since energetic particles can endanger the performance of terrestrial and satellite technological devices [2] and the health of crew members during polar flights on Earth or in space.

Numerous particle detectors record continuously the SEP intensity (flux) – both in flight (e.g., by the sequence of IMP and GOES spacecraft) and on ground (e.g., by the network of neutron monitors: http://www.nmdb.eu/). Since 1990s, numerous new satellites were launched to observe the Sun – in remote and/or in situ mode, among them, Ulysses (ended in 2009), SOHO, ACE, Wind,

STEREO, and SDO. There is a wealth of particle data (see, e.g., the large CDAWeb-database https://cdaweb.sci.gsfc.nasa.gov/index.html/) with just a few comprehensive SEP catalogs, mostly due to the fact that the analysis and compilation of a particle list is a time consuming task. In addition, not all statistical and other relevant particle studies in the past prepared and released a new particle catalog, but used available listings instead.

Several SEP catalogs, based on automatic or visual identification of the particle enhancements above a pre-event background level or fixed intensity threshold, became recently available. Selected notable examples for the case of proton events are listed below:

- NOAA solar proton events (https://umbra.nascom.nasa.gov/SEP/) based on GOES >10 MeV data (1976–present);
- [3] based largely on IMP-8 data (1997–2006);
- SEPServer project (http://server.sepserver.eu) based on SOHO/ERNE, STEREO, Ulysses, Helios data (1997–2015) [4];
- SEPEM reference list (http://dev.sepem.oma.be/help/event_ref.html) based on the re-calibrated GOES data (1973–2013) [5], see also catalogs in [6] and [7];
- http://newserver.stil.bas.bg/SEPcatalog based on Wind/EPACT data (1996–2016) [8];
- [9] based on the extended (1997–2016) SOHO/ERNE data at 55–80 MeV.

Recently, a summary analysis on 25 MeV protons over nearly five solar cycles (1967–2014) was presented in [10].

The aim of this report is to outline the main steps of the analysis and to present selected preliminary results on a new proton event catalog.

Data and analysis

For the present work, proton data from SOHO/ERNE instrument [11] was used. A detailed description of the data, background level, major data gaps and a proton event list over the energy 55–80 MeV can be found in [9].

The Energetic and Relativistic Nuclei and Electron (ERNE) instrument aboard SOHO satellite (https://srl.utu.fi/projects/erne/) consists of two energetic particle sensors, namely, the low energy detector (LED) and the high energy detector (HED). Each of them can detect protons over 10 energy channels, covering the range 1.6–13 MeV for LED and 14–131 MeV for HED. For the analysis presented below, 17–22 MeV (about 20 MeV) from HED is selected and regarded as a reference channel.

The procedure for assembling the 20 MeV proton catalog is similar to that described in [8]. Namely, the data is initially plotted in 3-to-5 day time window for visual identification of the proton enhancements above the background level. For the study here, a 5-point data smoothing is selected. Firstly, a background interval is selected by the observer and an averaged value of the proton intensity is calculated over that interval. A conspicuous data enhancement is marked when the proton intensity elevates three standard deviations above the preceding background level. Next, the peak value is identified as the maximum particle intensity reached over an interval, again specified by the observer. As peak proton intensity is regarded the background-subtracted value, namely the amplitude of the proton event. This is necessary in case when the pre-event background is enriched by particles from a previous event. Moreover, proton enhancements produced locally in the IP space (usually due to shock passage close to Earth) are excluded. All identifications (onset and peak time, peak intensity) are performed on the smoothed data. An example plot is shown in Fig. 1.

An important part of the SEP studies is the identification of their solar origin. The association of a pain of (remotely observed) flare and CME to a given (observed in situ) proton event is not straightforward. Overall, a set of criteria is imposed: the strongest solar flare and the faster and widest CME prior the proton onset is initially selected as the most probable particle accelerator. In case of multiple eruptive events observed nearly simultaneously or in succession, the proton profile is regarded as indicative for the longitude of the origin: a slowly rising particle profile is a signature for eastern origin, whereas the western origin events have shorter, more abrupt rise (rise time is the temporal duration from onset to peak intensity). In addition, the flare and CME must originate from the same solar disk quadrant. Information about the flare timings, soft X-ray class and location are adopted from ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/space-weather/solar-data/solar-features/solar-flares/x-rays/goes/ and www.solarmonitor.org, whereas CME time of first appearance, linear speed (projected) and direction of propagation are taken from https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/. In the present study, the above procedure is followed.

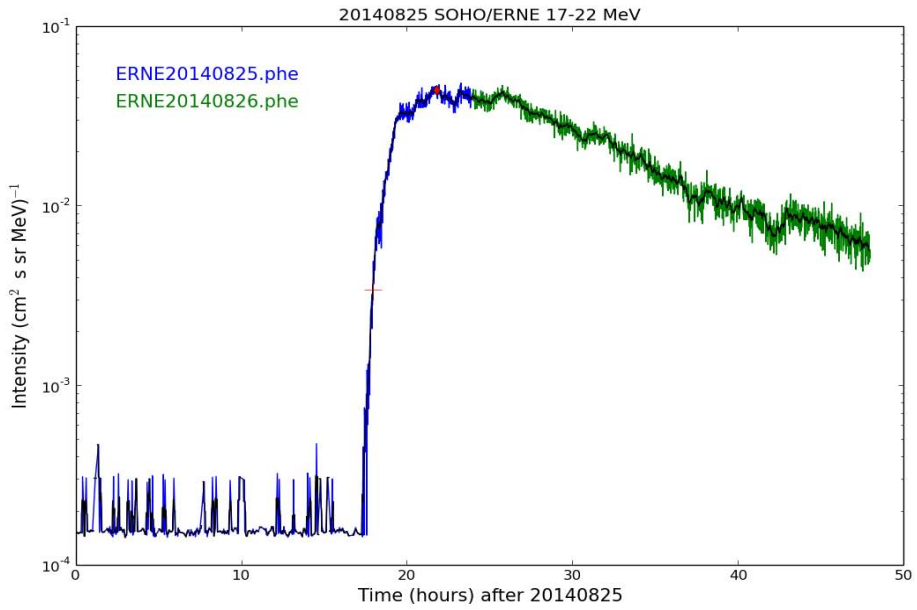


Fig. 1. Example of the intensity time plot in SOHO/ERNE 17–22 MeV channel over 2-day time period (proton data is shown in blue and green). The identified peak proton intensity is given with a red symbol. The 5-point smoothed data is shown in black curve.

Results and discussions

The results on the properties of the proton sample identified in the energy channel ~20 MeV are described below. The initial data analysis confirmed about 550 proton events in the period 1996–2016. The yearly distribution of the proton events is shown in Fig. 2 (left) using 6-month bins. The solar cycle (SC) trend is easily recognized. The drop in the number of protons in SC24 is also evident from the figure: over the 7-year period after the start of either SC, as defined in [8], the percentage drop in SC24, compared to the relevant SC23 period, is about 44±6%. This result is marginally close with the reported drop of Wind/EPACT ~25 MeV protons, 29±8% [8]. Note that SOHO data is subject to several large periods of data gap in SC23.

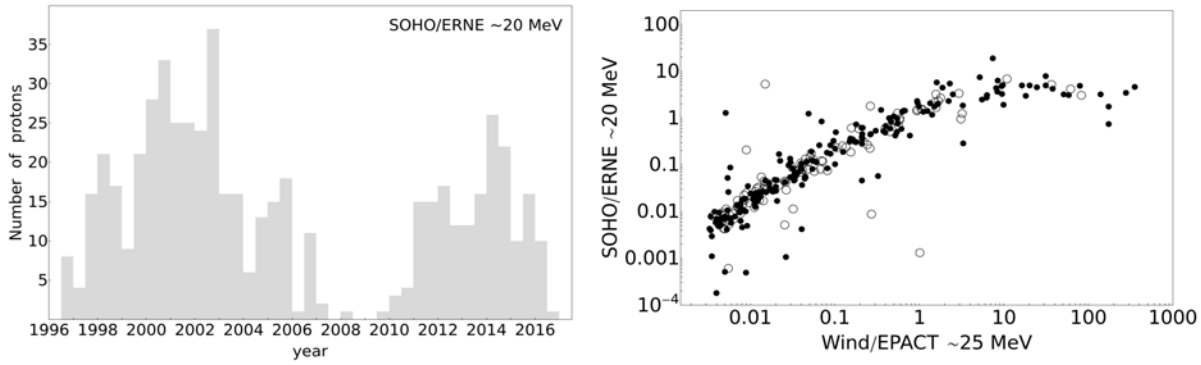


Fig. 2. Left: Number of SOHO/ERNE 20 MeV proton events in the period 1996–2016 binned over 6-months. Right: Scatter plot of the proton events observed simultaneously by SOHO/ERNE and Wind/EPACT; filled circles are for events in SC23, open circles are for events in SC24. The intensity is in protons/(cm^2 s sr MeV).

In order to validate the proton event identity observed with SOHO/ERNE, a cross-correlation is performed between the proton identifications using two independent instruments. A proton event is considered to be the same phenomena when recorded by two satellites, when the reported onset times are within one day and the identified solar origin is the same. Using data from SOHO/ERNE ~20 MeV and Wind/EPACT ~25 MeV, about 300 events in common were identified in the period 1996–2016. The scatter plot is shown in Fig. 2 (right), where the proton events in SC23 are given with filled circles and those occurred in SC24 – with open circles. The Pearson correlation coefficient is very

high: 0.89 for the entire sample (0.89 over SC23 and 0.84 for SC24 alone) with some outliers. One can notice a saturation for the SOHO/ERNE data at high proton intensities (flattening), which is an instrumental limitation for this data.

Description of the proton sample: distributions

The histograms of the SOHO/ERNE 20 MeV proton events are shown in Fig. 3, shown as a distribution over the peak proton intensity (left) and the onset-to-peak rise time (on the right).

The saturation at high energies is clearly seen as the cut-off effect at peak intensities of about 10–20 protons/(cm^2 s sr MeV), see the plot in the left. Both, mean and median values of the sample are at the order of 0.01–0.02 protons/(cm^2 s sr MeV).

With respect to the proton rise time, the majority of the events reach their maximum intensity up to about few hours after their onset. The distribution has a broad extent, with few events reaching longer rise times, up to about 40 hours (these are proton events progressing very gradually in time, with a plateau instead of a well-defined peak). The mean/median value of the rise time is 6/4 hours, respectively.

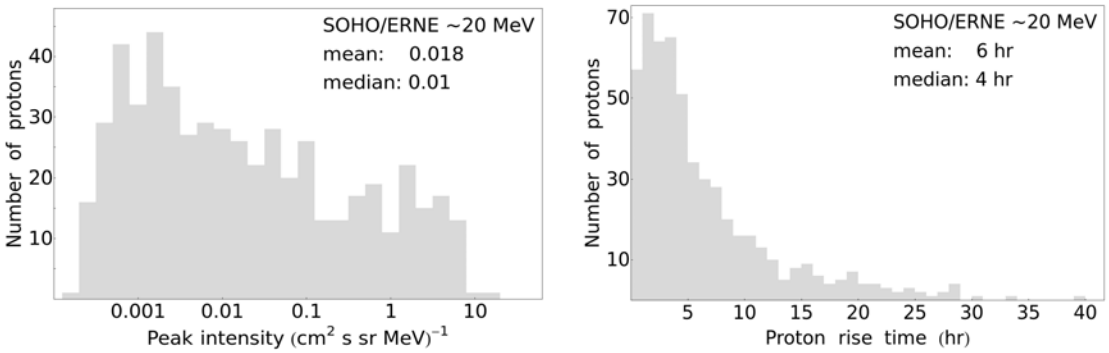


Fig. 3. Distributions of the SOHO/ERNE 17–22 MeV protons in the period 1996–2016 as a function of the peak proton intensity (left) and onset-to-peak proton rise time (right).

Correlation analysis

The preliminary results for the Pearson correlation coefficients, namely between the peak proton intensity and the flare class/CME linear speed (in log–log), are evaluated for the duration of SC23 (1996–2008). With respect to the flare class, the correlation in SC23 is 0.48±0.05. Considering the CME speed, the correlation is 0.51±0.04, respectively. The uncertainty is calculated according to the bootstrapping method based on 1000 individual runs.

The correlation coefficients are less than the reported 0.6 value for both solar origins by [3]. The significance cannot be estimated since no uncertainty range is given there. Alternatively, for ~18.5 MeV protons [6] reports 0.56±0.07, both for the correlation with flare class and the CME speed, which are nevertheless consistent with the obtained results for ~20 MeV SOHO/ERNE protons reported here. A discussion on results from different proton catalogs in SC23 was given in [12].

Outlook

The continuation of the statistical study to the ongoing SC24 is already in progress. In the future analysis, however, no smoothing will be applied on the data thus taking advantage of the full temporal resolution of SOHO/ERNE data (1-min). No significant difference in the number of identified events compared to the 5-min smoothed data is expected. Some minor differences in the peak intensity level are possible, but the quantitative estimation will be assessed after the re-evaluation of the ~20 MeV protons based on 1-min data analysis.

Moreover, expansion of the analysis to both higher and lower energies is planned under an ongoing project (http://newserver.stil.bas.bg/SEPorigin). The multi-energy analysis will be done by evaluating the signatures of the selected reference energy channel 17–22 MeV both in LED and HED of SOHO/ERNE. The particular selection of the 20 MeV protons is due to the fact that at lower energies IP shock counterparts become more prominent and need to be carefully filter out. At much higher energies, the number of proton events is naturally reduced and cannot be used as a guideline. The chosen reference energy is also close to the energy of other proton event catalogs [3, 5–8].

The SOHO/ERNE proton event catalog is planned to be published online at a dedicated web-site supported by the Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences: http://newserver.stil.bas.bg/SEPcatalog/.

Acknowledgements

This work is supported by the project 'The origin of solar energetic particles: solar flares vs. coronal mass ejections' which is co-funded by the National Science Fund of Bulgaria with contract No. ДНТС/Russia 01/6 (23-Jun-2017) and the Russian Foundation for Basic Research contract No. 17-52-18050.

References:

1. Schwenn, R. Space weather: The solar perspective. Liv. Rev. Solar Phys., 2006, Volume 3, Issue 1, article id. 2, 72 pp.
2. Pulkkinen, T. Space weather: Terrestrial perspective. Liv. Rev. Solar Phys., 2007, Volume 4, Issue 1, article id 1, 60 pp.
3. Cane, H. V., I. G. Richardson, T. T. von Rosenvinge. A study of solar energetic particle events of 1997-2006: Their composition and associations. Journal of Geophysical Research, 2010, Volume 115, Issue A8, CiteID A08101.
4. Vainio, Rami, 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. Journal of Space Weather and Space Climate, 2013, Volume 3, id.A12, 17 pp.
5. Crosby, N., D. Heynderickx, P. Jiggens, A. Aran, B. Sanahuja, P. Truscott, F. Lei, C. Jacobs, S. Poedts, S. Gabriel, I. Sandberg, A. Glover, A. Hilgers. SEPEM: A tool for statistical modeling the solar energetic particle environment, Space Weather , 2015, Volume 13, Issue 7, pp. 406–426
6. Dierckxsens, M., K. Tziotziou, S. Dalla, I. Patsou, M. S. Marsh, N. B. Crosby, O. Malandraki, G. Tsiropoula. Relationship between Solar Energetic Particles and Properties of Flares and CMEs: Statistical Analysis of Solar Cycle 23 Events. Solar Physics, 2015, Volume 290, Issue 3, pp. 841–874.
7. Papaioannou, A., I. Sandberg, A. Anastasiadis, A. Kouloumvakos, M. K. Georgoulis, K. Tziotziou, G. Tsiropoula, P. Jiggens, A. Hilgers. Solar flares, coronal mass ejections and solar energetic particle event characteristics. Journal of Space Weather and Space Climate, 2016, Volume 6, id. A42, 29 pp.
8. Miteva, R., S. W. Samwel, M. V. Costa-Duarte, O. E. Malandraki. Solar cycle dependence of Wind/EPACT protons, solar flares and coronal mass ejections. Sun and Geosphere, 2017, Volume 12, Issue 1, pp. 11–19.
9. Paassilta, M., O. Raukunen, R. Vainio, E. Valtonen, A. Papaioannou, R. Siipola, E. Riihonen, M. Dierckxsens, N. Crosby, O. Malandraki, B. Heber,, K.-L. Klein. Catalogue of 55-80 MeV solar proton events extending through solar cycles 23 and 24. Journal of Space Weather and Space Climate, 2017, Volume 7, id.A14, 19 pp.
10. Richardson, I. G., T. T. von Rosenvinge, H. V. Cane. 25 MeV solar proton events in Cycle 24 and previous cycles. Advances in Space Research, Volume 60, Issue 4, pp. 755–767.
11. Torsti, J., E. Valtonen, M. Lumme, P. Peltonen, T. Eronen, M. Louhola, E. Riihonen,G. Schultz, M. Teittinen, K. Ahola, C. Holmlund, V. Kelhä, K. Leppälä, P. Ruuska, E. Strömmer. Energetic Particle Experiment ERNE, 1995, Solar Physics, Volume 162, Issue 1-2, pp. 505–531.
12. Miteva, R., S. W. Samwel, M. V. Costa-Duarte. Solar energetic particle catalogs: assumptions, uncertainties and validity of reports. JASTP, in press (DOI: 10.1016/j.jastp.2017.05.003)

THE ORIGIN OF SEP EVENTS: NEW RESEARCH COLLABORATION AND NETWORK ON SPACE WEATHER

Rositsa Miteva[1], Larisa Kashapova[2], Irina Myagkova[3], Nataliia Meshalkina[2], Nikola Petrov[4], Andrey Bogomolov[3], Ivan Myshyakov[2], Tsvetan Tsvetkov[4], Dimitar Danov[1], Dmitriy Zhdanov[2]

[1]Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences
[2]Institute of Solar Terrestrial Physics SB, Russian Academy of Science
[3]Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University
[4]Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory, Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: rmiteva@space.bas.bg

Keywords: *Solar energetic particles, Space weather*

Abstract: *A new project on the solar energetic particles (SEPs) and their solar origins (flares and coronal mass ejections) is described here. The main aim of this project is to answer the question – whether the SEPs observed in situ are driven by flares, by CMEs or both accelerators contribute to an extent which varies from event to event – by deducing a quantitative measure of the flare vs. CME contribution, duration and efficiency. New observations (SONG/Koronas-F, Relec/Vernov) and new approaches of analysis will be utilized (e.g., magnetic topology of active regions using 3D extrapolation techniques of detailed case studies together with statistical analysis of the phenomena). In addition, the identification of the uncertainty limits of SEP injection, onset time and testing the validity of assumptions often taken for granted (association procedures, solar activity longitudinal effects, correlation analysis, etc.) are planned. The project outcomes have the capacity to contribute to other research fields for improvement of modeling schemes and forecasting methods of space weather events.*

ПРОИЗХОД НА СЛЪНЧЕВИ ЕНЕРГЕТИЧНИ ЧАСТИЦИ: НОВО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО И МРЕЖА НА ТЕМА КОСМИЧЕСКО ВРЕМЕ

Росица Митева[1], Лариса Кашапова[2], Ирина Мягкова[3], Наталия Мешалкина[2], Никола Петров[4], Андрей Богомолов[3], Иван Мишяков[2], Цветан Цветков[4], Димитър Данов[1], Дмитрий Жданов[2]

[1]Институт за космически изследвания и технолигии, Българска академия на науките
[2]Институт по слънчево-земна физика СБ, Руска академия на науките
[3]Скобелцин Институт по ядрена физика, Ломоносовски Московски Държавен Университет
[4]Истиутут по астрономия и Национална астрономическа обсерватория, Българска академия на науките
e-mail: rmiteva@space.bas.bg

Ключови думи: *слънчеви енергетични частици, космическо време*

Резюме: *Тук е представен новият проект по слънчеви енергетични частици и техния слънчев произход (избухвания и коронално изнасяне на маса). Целта на проекта е да се отговори на въпроса – дали наблюдаваните in situ частици са породени от избухвания, от коронална маса, или и двата източника влияят в степен, която варира между отделните събития – като се изведат количествени характеристики за приноса от всеки източник, тяхната продължителност и ефективност. Нови наблюдения (SONG/Koronas-F, Relec/Vernov) и нови методики за анализ на данни ще бъдат използвани (напр. магнитна топология на активни области чрез триизмерни екстраполации на избрани случаи, заедно със статистическите изследвания на всички събития). В допълнение се планува да се определят неточностите при инжекцията на частици в междупланетното пространство, тяхното начало във времето, както и приложимостта на широко приетите приближения (като процедури за асоциация, ефекти на местоположението на слънчевите събития, корелационен анализ и др.). Резултатите от проекта имат потенциал да допринесат и в други гранични научни сфери с цел подобряване моделите и схемите за прогнозиране на явленията на космическо време.*

Introduction

Our increasingly technological civilization is ever more vulnerable to disturbances known as ‘space weather’ which can not only endanger astronauts and space-borne instrumentation but can also disrupt ground-based communications and power supply, and can even lead to harmful effects on the human physiological state. The forecasting of such effects is at present one of the main challenges in the field of solar-terrestrial physics. The possibility of early warning of these potentially harmful solar events is invaluable for preventing or at least mitigating the effects of such adverse space weather conditions. Solar energetic particle (SEP), solar flare and coronal mass ejection (CME) events are signatures of the active Sun and the main space weather drivers [1].

At present there is no reliable method for prediction of when, where and how intensive each of these eruptive phenomena will become. The current challenge and ultimate goal of the space weather studies is the successful forecasting and timely mitigation of the negative effects in various aspects of human society, especially the large storms. Among these is the health hazard in terms of the elevated radiation doses which astronauts outside the protective magnetosphere can obtain and to a lesser extend also aircraft crew on polar flights. On other hand, there are social and economical damages to be prevented or minimized, such as service interruption, partial damage or loss of different technological systems, both space born and ground based. Of special interest are the prevention of black-outs due to large-scale networks failure, decreasing the operational costs and increasing longevity for satellite and ground-based systems. In addition, the high energy part of the SEPs can reach the surface (known as ground level enhancements, GLEs) and be detected by neutron monitors. Finally, the elevated radiation dose by SEP effects is rated among the main obstacles for the manned space travel (NASA report No. IG-16-003). In overall, there is the need to increase the space weather awareness by information exchange and active cooperation between scientific, engineering, governmental and general public communities.

The evolution of SEP fluxes is of considerable interest to heliophysics, since it allows us to study processes of particle acceleration, probe interplanetary magnetic fields, and understand the origins of particle radiation that pose significant risks for space exploration.

Solar energetic particles (SEPs) are electron, proton and ion populations with energies in the range of tens of keV to a few GeV. SEP events were initially categorized into two categories, ‘impulsive’ versus ‘gradual’ events, according to the timescales of their intensity profiles, their associated element/ion abundances, ionization states and accompanied phenomena [2]. In overall, the impulsive SEP events are attributed to particle acceleration due to magnetic reconnection process of solar flares, whereas the gradual SEP events are due to CME-driven shocks. Since observations from various new spacecrafts showed that there are a number of SEP events that exhibit characteristics of both impulsive and gradual events, identifying the distinction between flare and coronal/interplanetary shocks acceleration is difficult. At present, there is no clear answer on the origin of SEP events. Although multiple observations have shown that many ‘mixed’ in properties SEP events exists, the widely adopted terminology is still in use today [3].

In order to be able to forecast the SEP events, one needs to understand how to identify and separate unambiguously the different physical processes of particle acceleration that often occur simultaneously. The source of origin of solar energetic particles is one of the fundamental non-solved problems of space weather.

There exists a causality effect between the solar flare/CMEs (regarded as the SEP origin) and the non-thermal particles. Both flares and CMEs are known to be able to accelerate particles to high energies, which in turn can reach Earth traveling around the interplanetary (IP) field lines. The identification of the particular accelerator, however, is not an easy task. The difficulty is due to several reasons, e.g., an overall uncertainty of the time of SEP escape from the solar corona (error margins are usually not given); there are multiple flare/CME candidates prior the particle injection as well as during the course of the SEP event. The standard practice is to choose the ‘best candidate’ in terms of strongest flare and fastest and widest CME; however this procedure is a gross over-simplification.

The implications of knowing the SEP origin are multiple. There is direct effect for modelling, as well as for improving the forecasting techniques and their predicting capabilities. Flare and CME models for particle acceleration are both strongly supported by observational data. An intrinsic part of the problem is that solar flares and CMEs are related and frequently overlaid (in time/energy) phenomena. Despite the need for correct identification of flare/CME as the SEP origin, the association of the particle event with its origin is usually done based on temporal studies. Usually, a single flare-CME pair is selected as the SEP origin. Namely, the strongest in X-ray emission solar flare and fastest in projected speed CME that occur prior the particle enhancement (at 1AU) are selected as the most probable SEP origin. This procedure is usually straightforward to apply in ‘quiet’ times, however during active periods (around solar maximum) multiple flare/CME pairs can be present and identification

becomes subjective. The presence of several flare/CME candidates prior the SEP onset (and its time-shifted injection point) indicates that there is a multiple influence on the resultant particle flux.

The fact that during large SEP events (with duration of several days) several flare/CME events take place is usually never examined. The potential subsequent contribution by multiple flares/CME has not being quantified before. The 'rule of thumb'-type criteria employed to select the 'best' candidate or flare-CME pair, described above, could be erroneous. Occasionally, different authors provide a different SEP origin association, however the differences are not compared in details. In overall, no decisive dominance is obtained when performing correlation studies between the peak particle intensity and the flare class vs. the CME projected speed, with correlation coefficients about 0.6 in either case. This is especially true when one consider large number of events [4], or use statistical uncertainty estimation [5]. In summary, the reliability of the SEP origin evaluation needs to be assessed in a quantitative manner and uncertainty ranges need to be given. During the project we plan to address all these issues.

In order to unravel the connection between the SEP and their accelerator we aim to focus on new and not explored before observations, both in situ and remote-sensing, which are available to the team. With the aid of multi-wavelength emission observations and new techniques for analysis, we aim to explore in detail the topic of the SEP origin. We will identify a number of SEP events and we will perform two different tests for their origin: by means of statistical approach and via detailed single case studies. In addition, we will focus in identifying early eruptive signatures of flares/CMEs and their SEP-predictive capability will be quantified. At present we have unprecedented space observations monitoring flare and CME activity, however the CME parameters are not well integrated into the forecasting schemes. Finally, we will summarize our findings into a set of guidelines to be used for improvement of theoretical and forecasting models.

Description of the project

The main objective of the project is to address in details the long-standing question of the origin of the SEP events. Two main candidates are known to be able to accelerate particles in space plasmas: magnetic reconnection process (electric field acceleration) during solar flares and shock waves (single or multiple shock front encounters, wave–particle interactions) driven ahead of CMEs. The goal of the present project is to identify the individual contribution of flares vs. CMEs to the resultant flux of energetic particles observed close to Earth by means of observations.

There are three working hypotheses that our team will address, as summarized below. We aim to evaluate which scenario is true for the majority of the SEP events.

1: The dominant SEP acceleration is either flare or CME. We will investigate if the other accelerator provides any effect on the particle flux and under which conditions.

2: Both accelerators play a role that varies in time and space during the course of the particle event. In such case we aim to isolate, quantify and study the effect by each accelerator (where possible) as a function of time, space and energy. We will also study to which extent the multiple accelerators (multiple flares and CMEs) influence the peak particle flux and SEP total duration, compared to an isolated accelerator.

3: We will test (by applying the exclusion principle) whether the injection and transport effects are the dominant factor which shape the SEP events observed in situ, irrespective on the acceleration processes and drivers.

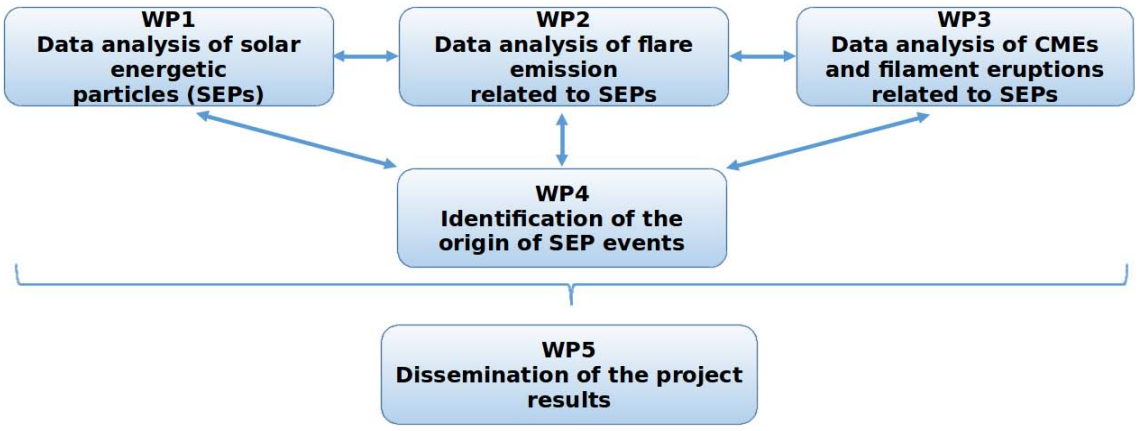


Fig. 1. Work flow structure of the SEPorigin project in terms of work packages (WPs) and their interaction

Data

The basic scientific method to be utilized during this project ('SEPorigin') is analysis of observational data, both, from new instruments and from well-known but unexplored in full data sources. The project will utilize particle and electromagnetic data from several new instruments. These are the Russian spacecraft **CORONAS-F** [6] and **Vernov** [7,8].

Flare observations are provided by GOES, SDO and SOHO and their data will be used in the project. For the observations of eruptive filaments we will use ground-based data (from the Bulgarian National observatory Rozhen) and space-born missions (SDO, SOHO, Hinode, STEREO). We will analyse full-vector SDO/HMI magnetograms using techniques developed by the project team participants (in collaborations). The links to solar dedicated satellite data are listed below:
GOES: http://www.swpc.noaa.gov/products/goes-x-ray-flux
Hinode: https://www.nasa.gov/mission_pages/hinode/index.html
SOHO: http://sohowww.nascom.nasa.gov/
SDO: http://sdo.gsfc.nasa.gov/
STEREO: http://stereo.gsfc.nasa.gov/

Work organization

The project is divided into five main directives (work packages: WPs) which will serve to its accomplishment. The research structure is given in Fig. 1.

WP1: Data analysis of solar energetic particles

This WP will provide the selection and identification of all SEP events to be considered in the project. Two directions for the SEP analysis will be followed: analysis of a large sample of proton events observed by SOHO/ERNE in multiple energy channels (namely, the development of a new proton catalog) and detailed single event analysis (by analysis of SEP data provided by multiple instruments and energy coverage stimulated and coordinated by data analysis and results in other WPs).

WP2: Data analysis of flare emission related to SEP events

The main target of this WP is to prepare observational data of solar flares, to separate the events by active region of their origination, and to estimate parameters of the magnetic field of the different active regions. Multi-wavelength observations together with 3D-magnetic field extrapolations will be considered here.

WP3: Data analysis of CMEs and filament eruptions related to SEP events

Several approaches will be explored, namely, the influence of the reported differences of various CME parameters on the deduction of the SEP origin. The analysis will continue with using de-projected CME speeds for selected events and comparison with the widely used on-sky projected speeds. Further, the team will evaluate if the presence of eruptive prominences increases the chance a SEP event to be detected or not and what is the energy distribution of such SEP events. Finally, the effect of multiple CMEs and their interaction on the resultant in-situ SEP fluxed will be addressed [9,10].

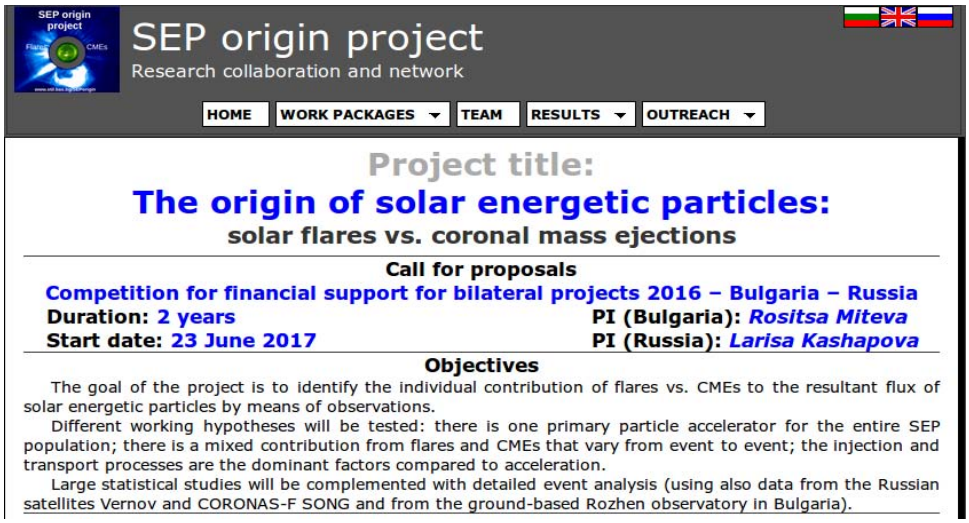


Fig. 2. Example view from the home page of the project web-site: http://newserver.stil.bas.bg/SEPorigin

WP4: Identification the origin on SEP events

This work package will combine all results obtained in the previous WPs (1, 2, and 3) in order to complete the project objective.

We will probe, test and finally identify the physical relationship of flares and CMEs to the SEP events (by inspection of the profiles and their temporal, spatial and spectral evolution). Timing relationships will be scrutinized and the validity of broadly adopted approximations will be tested. This will be accomplished by detail evaluation of well-observed case studies and comprehensive evaluation of SEP origin over two solar cycles (as statistical work).

Two novel approaches in the SEP origin evaluation will be explored here: the influence of the active region topology (using 3D magnetic field extrapolations) and the timing and spectral analysis of radio emission signatures in cm and m wavelengths (used as proxy for the particle escape from the solar corona, e.g., type III radio bursts). The occurrence, duration and efficiency of the particle accelerator can be also tested using gamma, X-ray and radio emission signatures (multi-frequency for the flare, and white light and radio emission for CMEs).

WP5: Dissemination of the project results

Scientific dissemination includes publications of the project results in scientific journals, conference participations of the project members, as well as the organization, participation and discussion of work progress in project meetings.

Dissemination to the general public is planned to be performed via direct communications by members of the research teams presenting popular talks (to schools, general public); writing popular publications (newspapers, social media); preparation of exhibitions; participations at science events; publication of free-of-charge flyers, information materials, etc.

In addition indirect contact will be established via the project dedicated web-site: http://newserver.stil.bas.bg/SEPorigin. Detailed information on the project objectives, team members and published results will be given there. The main content of the web-site will be dedicated to the scientific community with a section designed for the general public as well. We plan to support the website in three languages: English (as default language), Russian and Bulgarian. An example view on the developed web-site can be seen in Fig. 2.

Perspectives

The project success is based on the mutual collaboration between Bulgarian and Russian experts in different space weather topics. The novelty in this respect is that the two teams will gather for the first time establishing a new scientific network.

The foundation set by the project will allow exchanging data and expertise between the partner organizations thus improving the individual team member qualifications with a focus on young researchers and PhD students who will be part of the project.

We aim to achieve improved understanding on the physical link between SEP events and their accelerator by exploring the observational data to their limit. In addition, we plan to evaluate the SEP origin in quantitative way and to provide the uncertainty boundaries of our results.

During the project we foresee to obtain the following results:

1) We will test new hypothesis considering the peculiarity of the magnetic topology on the SEP origins and make a conclusion about the efficiency of using such factors in forecasting methods.

2) We will produce new scientific products. Among them is the new SEP proton catalogue in multiple energy channels by SOHO/ERNE instrument over two solar cycles (e.g., 1997–2016, with further extension if data is publicly released). In addition, we will analyse and present detailed case studies (temporal, spatial and spectral comparison) for selected SEP events and their solar origin using data from the new Russian space missions (CORONA-F, Vernov).

The project will translate the main findings into a set of guidelines and recommendation dedicated for improvement the numerical modelling efforts and forecasting schemes. The potential for practical application of the project is by providing a quantitative indication of which flare/CME parameters have the major influence on the SEP flux and its evolution.

Acknowledgements

This report is supported by the project 'The origin of solar energetic particles: solar flares vs. coronal mass ejections' which is co-funded by the National Science Fund of Bulgaria with Contract No. ДНТС/Russia 01/6 (23-Jun-2017) and by the Russian Foundation for Basic Research with Project No. 17-52-18050.

References:

1. Schwenn, R. Space Weather: The Solar Perspective, Living Reviews in Solar Physics, 2006, Volume 3, Issue 1, article id. 2, 72 pp.
2. Reames, D. V. Particle acceleration at the Sun and in the heliosphere, Space Science Reviews, 1999, Volume 90, Issue 3/4, pp. 413–491
3. Desai, M., J. Giacalone. Large gradual solar energetic particle events, Living Reviews in Solar Physics, 2016, Volume 13, Issue 1, article id.3, 132 pp.
4. Cane, H. V., I. G. Richardson, T. T. von Rosenvinge. A study of solar energetic particle events of 1997-2006: Their composition and associations, Journal of Geophysical Research, 2010, Volume 115, Issue A8, CiteID A08101
5. Miteva, R., K.-L.Klein, O. Malandraki, G. Dorrian, Solar Energetic Particle Events in the 23rd Solar Cycle: Interplanetary Magnetic Field Configuration and Statistical Relationship with Flares and CMEs, Solar Physics, 2013, Volume 282, Issue 2, pp. 579–613
6. Kuznetsov, V. D. The Coronas-F Space Mission, Astrophysics and Space Science Library, 2014, Volume 400, ISBN 978-3-642-39267-2, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 1
7. Panasyuk, M. I., S. I. Svertilov, V. V. Bogomolov, G. K. Garipov, E. A. Balan, V. O. Barinova et al. Experiment on the Vernov satellite: Transient energetic processes in the Earth's atmosphere and magnetosphere. Part I: Description of the experiment, Cosmic Research, 2016, Volume 54, Issue 4, pp. 261–269
8. Panasyuk, M. I., S. I. Svertilov, V. V. Bogomolov, G. K. Garipov, E. A. Balan, V. O. Barinova et al. RELEC mission: Relativistic electron precipitation and TLE study on-board small spacecraft, Advances in Space Research, 2016, Volume 57, Issue 3, pp. 835–849
9. Gopalswamy, N.; S. Yashiro, G. Michałek, M. L. Kaiser, R. A. Howard, D. V. Reames, R. Leske, T. von Rosenvinge. Interacting Coronal Mass Ejections and Solar Energetic Particles, The Astrophysical Journal, 2002, Volume 572, Issue 1, pp. L103–L107
10. Kahler, S. W., A. Vourlidas. Do Interacting Coronal Mass Ejections Play a Role in Solar Energetic Particle Events?, The Astrophysical Journal, 2014, Volume 784, Issue 1, article id. 47, 10 pp.

PRESENTATION OF THE PROJECT "AN INVESTIGATION OF THE EARLY STAGES OF SOLAR ERUPTIONS – FROM REMOTE OBSERVATIONS TO ENERGETIC PARTICLES"

Kamen Kozarev[1], Astrid Veronig[2], Peter Duchlev[1], Kostadinka Koleva[1], Momchil Dechev[1], Rositsa Miteva[3], Manuela Temmer[2], Karin Dissauer[2]

[1]Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory – Bulgarian Academy of Sciences
[2]IGAM of the University of Graz, Austria
[3]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: kkozarev@astro.bas.bg

Keywords: *Coronal mass ejections, solar energetic particles, coronal shocks, eruptive filaments*

Abstract: *Coronal mass ejections (CMEs), one of the most energetic manifestations of solar activity, are complex events, which combine multiple related phenomena occurring on the solar surface, in the extended solar atmosphere (corona), as well as in interplanetary space. We present here an outline of a new collaborative project between scientists from the Bulgarian Academy of Sciences (BAS), Bulgaria and the University of Graz, Austria. The goal of the this research project is to answer the following questions: 1) What are the properties of erupting filaments, CMEs, and CME-driven shock waves near the Sun, and of associated solar energetic particle (SEP) fluxes in interplanetary space? 2) How are these properties related to the coronal acceleration of SEPs? To achieve the scientific goals of this project, we will use remote solar observations with high spatial and temporal resolution to characterize the early stages of coronal eruption events in a systematic way – studying the pre-eruptive behavior of filaments and flares during energy build-up, the kinematics and morphology of CMEs and compressive shock waves, and the signatures of high energy non-thermal particles in both remote and in situ observations.*

ПРЕДСТАВЯНЕ НА ПРОЕКТ "ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАННИТЕ СТАДИИ НА СЛЪНЧЕВИТЕ ИЗРИГВАНИЯ – ОТ ДИСТАНЦИОННИ НАБЛЮДЕНИЯ КЪМ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИ ЧАСТИЦИ"

Камен Козарев[1], Астрид Верониг[2], Петър Духлев[1], Костадинка Колева[1], Момчил Дечев[1], Росица Митева[3], Мануела Темер[2], Карин Дисауер[2]

[1]Институт по Астрономия с НАО – Българска академия на науките
[2]Институт по физика, Университет „Карл-Франц", Грац, Австрия
[3]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: kkozarev@astro.bas.bg

Ключови думи: *Коронални изхвърляния на маса, слънчеви високоенергетични частици, коронални ударни вълни, еруптивни влакна*

Резюме: *Короналните изхвърляния на маса (Coronal Mass Ejections – CME), едно от най-енергетичните проявления на слънчевата активност, са комплексни събития, съпътствани от множество свързани феномени върху слънчевата повърхност, в слънчевата атмосфера (короната), както и в междупланетното пространство. Тук представяме нов съвместен проект между учени от Българската академия на науките (БАН), България, и Университет "Карл-Франц", Грац, Австрия. Целта на представения проект е да отговори на следните въпроси: 1) Какви са свойствата на еруптивните протуберанси, короналните изхвърляния на маса и ударните вълни предизвикани от тях в близост до слънцето (в слънчевата корона), както и на произтичащите от тях потоци високоенергетични частици в междупланетното пространство? 2) Как са свързани тези свойства с ускорението на слънчеви високоенергетични частици в короната? За да изпълним научните цели на този проект, ще използваме дистанционни слънчеви наблюдения с висока времева и пространствена разделителна способност, за да изследваме най-ранните етапи на слънчевите изригвания по систематичен начин – като проучим пред-еруптивното поведение на протуберанси и избухвания в*

бяла светлина през периода на натрупване на енергия, а също кинематиката и морфологията на CME и компресивни ударни вълни, и свойствата на свързаните високоенергетични заредени частици в дистанционни и in situ наблюдения.

Introduction

Coronal mass ejections (CMEs) are impulsive eruptions of plasma and magnetic fields from the Sun that propagate in the heliosphere, and one of the main phenomena that affect space weather in the Solar system. They can influence the interplanetary environment over vast longitudinal and radial ranges by injecting fast solar wind plasma, increased magnetic flux, and highly energetic ions and electrons. Modeling studies suggest that these major solar eruptions are part of stellar activity in general, and they help determine the structure and dynamics of astrospheres. Our research project aims to investigate the connection between CME onset, early-stage dynamics, and the acceleration of highly energetic ions in solar eruptive events.

If they reach speeds in the solar corona higher than the local fast magnetosonic speeds, CMEs may drive magnetized shocks of varying strength and speeds. It has been suggested that high-energy charged particles, called solar energetic particles (SEPs), may be accelerated out of the coronal plasma population and may gain most of their energy (up to several hundred MeV) at such eruption-driven shocks relatively close to the Sun, within 10 Rsun [1]. In fact, observational studies show that such shocks and compressions capable of producing SEPs can form as low as 1.2 Rsun due to the rapid expansion and acceleration of the CMEs, but then subside higher in the corona (beyond 2–3 Rsun), where the CME acceleration slows [2].

Characterizing and predicting the early-stage acceleration and heliospheric propagation of CMEs and SEPs is of considerable interest to heliophysics. CMEs disturb the interplanetary conditions and can drive strong geomagnetic storms at Earth if they reach the terrestrial environment. SEPs probe the magnetic conditions in the solar system, but also present a significant radiation damage risk to astronauts and spacecraft situated beyond low-earth orbit. The period between onset of a solar eruption and arrival of SEP fluxes of harmful energies to 1 Astronomical Unit (AU) is generally on the order of several hours, which is often very short time to warn astronauts and spacecraft operators. Thus, an important applied goal of heliospheric research is developing a capability to estimate and forecast interplanetary SEP fluxes and CME events as early as possible after their onset.

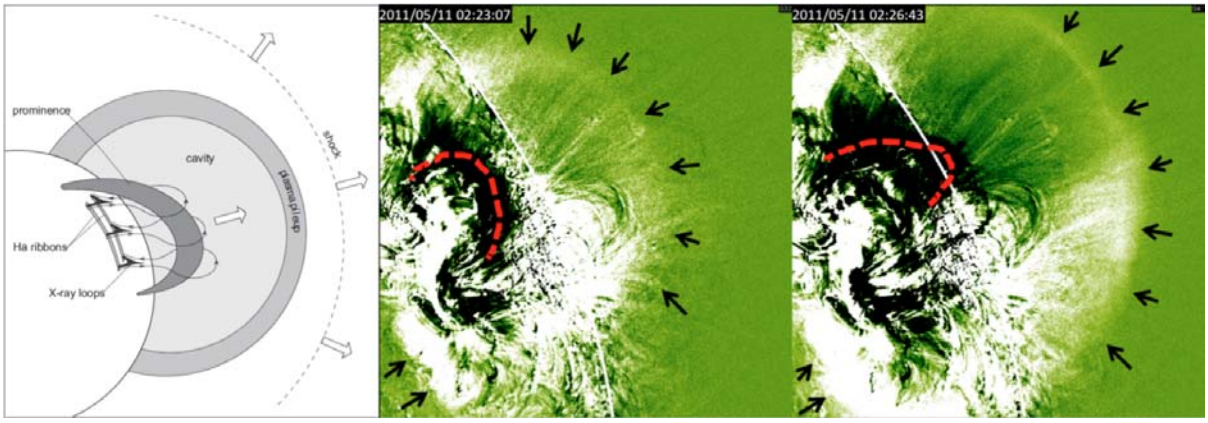


Fig. 1. A diagram of a canonical solar eruption from [6] showing the prominence lift-off, driving the plasma pile-up and shock wave. The pile-up and shock are shown separated. (Center and Right) Two snapshots from a solar eruption imaged by SDO/AIA, with the EUV wave brightening outlined by arrows, and the erupting prominence marked with a red dashed line. The flare emission is seen as bright EUV emission below the prominence. Adapted from [7].

Eruptive filaments (also known as eruptive prominences or EP) are often associated with CMEs and play an important role in their initiation. A common pattern of typical filament eruptions consists of: pre-eruption activation, followed by an initial slow-rise phase, during which the filament gradually ascends; then an abrupt transition to a fast-rise phase of acceleration, and a final gradual evolution characterised by little change of speed or morphology. In many events, the impulsive acceleration of the eruptive structure occurs closely synchronized with the energy release and particle acceleration in the associated flare [3]. While the detailed mechanisms responsible for the triggering and driving of the eruption are not fully understood [4], the specific characteristics of the eruptions may

well provide early diagnostics of CME triggers and behavior. Thus, detailed knowledge of the early evolution of CMEs and accompanying phenomena (flares, shocks) is essential for better understanding of their role in accelerating SEPs.

The initial properties of eruption drivers – such as orientation and initial velocity – may influence significantly their interaction with the corona, whether and where shocks may form, and how energetic particles are produced. While it is known that large SEP events correlate with fast interplanetary CMEs, and modeling has shown that flux rope overexpansion should cause the formation of coronal shock waves, it is not presently known to what extent the speed profiles of eruptions lower in the corona influence particle acceleration, or how much overexpansion is necessary to drive strong enough coronal shocks that produce significant SEP fluxes.

Eruption-driven coronal shocks and compressive waves are most readily observed in EUV as “EUV waves” [5] – broad, large-scale, arc-shaped regions of brighter EUV emission that propagate along the solar surface (when seen on the disk), or along the limb and away from the solar surface (when seen off limb). The left panel of Fig. 1 shows a diagram of a canonical CME onset, including an eruptive prominence, plasma pile-up, and leading shock wave. The middle and right panels in Fig. 1, adapted from [7], show two observations of an eruption onset near the western solar limb, separated by ~3 minutes, with the EP outlined by red dashed line and the driven compressive wave as a bright feature pointed out by arrows. Individual EUV waves have been studied in detail recently, thanks to the significant improvement in the spatial and temporal resolution of space-based, multi-wavelength remote observation missions, such as the extreme ultraviolet imagers (EUVI; [8]) on the two Solar-Terrestrial Relations Observatory (STEREO) spacecraft and the Atmospheric Imaging Assembly (AIA; [9]) on the Solar Dynamic Observatory (SDO) spacecraft.

Planned Work

Several previous observational case studies have made the connection between erupting filaments and EUV waves [10]. They have shown that EPs indeed can drive shocks low in the corona, based on kinematics and shock stand off models. However, these studies have not explored this connection for multiple events, or from the point of view of particle acceleration. We propose to investigate the connection in detail. Furthermore, a strong connection between EUV waves and shock waves has been established by observations showing temporal and spatial overlap of EUV waves and metric type II radio emission, indicative of a coronal shock. Recent analysis of the temporal relation between EUV wave evolution and in situ particle flux onset for a large sample of cycle 23 events has shown a general consistency with wave/shock acceleration for protons [11], but the question remains at which stage of the eruption SEP acceleration is strongest. This is one of the goals of the present project.

From a modeling perspective, early-stage acceleration of SEPs by CME compressions/shocks is possible. Previous studies of coronal SEP acceleration in single events have successfully used realistic 3D numerical CME simulation results in the corona to drive particle acceleration models [12,13]. These studies explored the time-dependent CME evolution in the corona and effects of post-shock compression structures on particle acceleration, and found that CMEs can accelerate protons to energies exceeding several hundred MeV within 20 solar radii. However, the detailed acceleration efficiency of a larger sample of CMEs has not been explored. We will address this using a recently developed an analytic model for early-stage SEP acceleration, based on diffusive shock acceleration (DSA) theory, driven mostly by detailed remote CME observations [14]. We will apply this model to selected events in our list with enough data to drive the model. This will allow us to directly characterize the overall acceleration efficiency of these CME-driven coronal shock waves.

The goal of the research work is to answer the following questions: 1) What are the properties of erupting filaments, CMEs, and CME-driven shock waves near the Sun, and of associated SEP fluxes in interplanetary space? 2) How are these properties related to the coronal acceleration of SEPs? To achieve the scientific goal of this project, we will use remote solar observations with high spatial and temporal resolution to characterize the early stages of coronal eruption events in a systematic way – studying the pre-eruptive behavior of filaments and flares during energy build-up, the kinematics and morphology of CMEs and compressive shock waves, and the signatures of high energy non-thermal particles in both remote and in situ observations. Below we describe briefly the various activities of our project.

Event and Data Selection

As a first step, we will select the CMEs for our analysis, identify eruptive filaments associated with onset of the events, pick the relevant EUV, X-ray, radio, and in situ observations. In previous work, the Bulgarian team has identified close to 50 solar flares with onsets and peaks (as indicated by

soft X-rays – SXR) in freely available RHESSI data over the last years. Such observations point to times and locations of SEP acceleration. The Graz team has identified a set of about 50 CMEs associated with EUV waves that are observed on-disk with SDO and from quasi-quadrature (limb view) from one of the two STEREO satellites. This unique combination of data allows detailed analysis of the intial CME/flux rope evolution for Earth directed events. These CME events will be cross-checked for associated SEPs. Using both these event samples as a starting point, we will determine a list of suitable events according to available other key observations, also based on the two teams' prior work. Developing a larger list of events will allow us to perform both single-case and statistical studies. We will select a sub-sample with sufficient multi-wavelength coverage, presence of EUV waves, and in situ observations, for the single-case studies. The necessary data will be downloaded and prepared for analysis.

Analysis of CME Eruptive Prominences and Flux Ropes

We will determine the relevant morphological and dynamic parameters of EPs and flux ropes in our event sample, such as: type, size, orientation of the filament or flux rope, time-dependent position, speed, and acceleration; timescales of activation and acceleration, amount of overexpansion, whether it activates overlying loops or not. We will use freely available SDO/AIA, STEREO/SECCHI, and SOHO/LASCO data.

EUV Wave Analysis

We will characterize the parameters of CME-driven coronal waves in the event list: onset time relative to the CME eruptions, time-dependent radius, starting velocity and acceleration, thickness/intensity of the wave sheath, stand-off distance from the driver, whether the wave is dome-like, change in sheath temperature and density, interaction with a model coronal magnetic field. The list of relevant parameters may change in the process. We will use freely available SDO/AIA, STEREO/EUVI, and SOHO/LASCO observations – separately, as well as in concert, where available. Where possible, we will augment our analysis with results from existing EUV wave catalogs, such as CoRPITA and CASHeW.

Analysis of remote signatures of SEPs

We will investigate the electromagnetic signatures of accelerated particles in hard X-rays (HXR) and in radio produced during the events, and quantify their properties (occurrence, location, spectrum and temporal evolution). We will select emission parameters to be utilized as additional input parameters. In addition, we will compare observed in situ SEP fluxes with HXR emission signatures (as evidence for particles and their spectra accelerated toward the Sun). Namely, we will perform a detailed analysis of all well-observed SEP-related flares in HXRs using RHESSI data. We will perform a correlation between the deduced HXR photon flux and spectral index and the particle event fluxes. We will compare the results with similar diagnostics using freely available GOES soft X-ray and ground-based radio observations.

Analysis of In Situ SEP observations

We will analyze in situ observations of SEP (proton) fluxes during the event periods, determine whether they are related to the appropriate solar eruption event, and characterize their parameters: onset time, rise time, maximum flux, energy spectrum. Since we are only interested in the coronal acceleration capability of SEPs, we will focus on the rise phase up to a day after the onset of the eruption. In addition, we will control carefully for SEP events that may be produced entirely in flares. We will use freely available proton data from SOHO/ERNE and GOES. Where possible, we will also use results from web-based catalogs such as SEPServer (http://server.sepserver.eu/).

Modeling of SEP Shock Acceleration

We will prepare, run and analyze data-driven analytic particle acceleration models, to be driven and constrained by our analyzed observations. The model to be used has been recently developed and enables a novel approach to characterizing early stage coronal SEP fluxes. It solves for the particle distributions based on an analytic solution of DSA theory, taking into account shock evolution and injection speeds, and produces time-dependent fluxes for each shock-crossing magnetic field line. The model domain is currently limited by the extent of the observations to ~2 solar radii. To keep the investigation focused on the influence of coronal dynamics on particle acceleration, we will simulate only protons as a representative SEP species.

Summary

Carrying out this project now is important and timely, as it will contribute significantly to advancing research on the topic of early-stage solar eruption evolution and energetic particle acceleration. By making the needed connection between the observational parameters of the onset of eruptive filaments and flux ropes, EUV waves/shocks, and SEP acceleration efficiency, the results of this project will enhance our understanding of arguably the most important and consequential stages of solar eruption, which have not been studied in such detail in multi-wavelength analyses previously. This work will be relevant and necessary for interpreting observations from the upcoming NASA and ESA space missions Solar Probe Plus and Solar Orbiter, which will study activity in the solar corona with unprecedented detail at a proximity to the Sun never studied before. Identification of remotely observable coronal eruption parameters that control early particle acceleration will allow us in future work to develop predictive tools that will improve the current state of solar event forecasting. In addition, the project will produce a significant and consistently analyzed event sample, which may be used as a catalog in upcoming studies of solar eruptions, and may serve to identify additional predictive parameters of these eruptions in the future.

Acknowledgements:

This research is co-funded by a bilateral collaborative project NTS/AUSTRIA 01/23, 28.02.17, under agreement between Bulgaria's National Science Fund and Austria's OeAD-GmbH.

References:

1. Roussev, I. I., I. V. Sokolov, T. G.Forbes, T. I. Gombosi, M. A. Lee, J. I. Sakai. A Numerical Model of a Coronal Mass Ejection: Shock Development with Implications for the Acceleration of GeV Protons, 2004, ApJL, Volume 605, Issue 2, pp. L171–L174
2. Kozarev, K. A., K. E. Korreck, V. V. Lobzin, M. A. Weber, N. A. Schwadron. Off-limb Solar Coronal Wavefronts from SDO/AIA Extreme-ultraviolet Observations – Implications for Particle Production, 2011, ApJL, Volume 733, Issue 2, article id. L25, 7 pp.
3. Temmer, M., A. M. Veronig, E. P. Kontar, S. Krucker, B. Vršnak. Combined STEREO/RHESSI Study of Coronal Mass Ejection Acceleration and Particle Acceleration in Solar Flares, 2010, ApJ, Volume 712, pp. 1410–1420
4. Aulanier, G. The physical mechanisms that initiate and drive solar eruptions, 2014, IAU Symposium, Volume 300, pp. 184–196
5. Veronig, A. M., N. Muhr, I. Kienreich, M. Temmer, B. Vrsnak. First Observations of a Dome-shaped Large-scale Coronal Extreme-ultraviolet Wave, 2010, ApJL, Volume 716, pp. L57–L62
6. Forbes, T. G. A review on the genesis of coronal mass ejections, 2000, J. Geophys. Res., Volume 105, pp. 23153–23166
7. Kozarev, K. A., J. C. Raymond, V. V. Lobzin, M. Hammer. Properties of a Coronal Shock Wave as a Driver of Early SEP Acceleration, 2015, ApJ, Volume 799, Issue 2, article id. 167, 10 pp.
8. Wuelser J.-P., J. R. Lemen, T. D. Tarbell, C. J. Wolfson, J. C. Cannon, B. A. Carpenter et al. EUVI: the STEREO-SECCHI extreme ultraviolet imager, 2004, SPIE, Volume 5171, pp. 111–122
9. Lemen, J. R., A. M. Title, D. J. Akin, P. F. Boerner, C. Chou, J. F Drake, D. W. Duncan. et al. The Atmospheric Imaging Assembly (AIA) on the Solar Dynamics Observatory (SDO), 2012, Sol. Phys., Volume 275, pp. 17–40
10. Madjarska, M. S., J. G. Doyle, J. Shetye. A coronal wave and an asymmetric eruptive filament in SUMER, CDS, EIT, and TRACE co-observations, 2015, A&A, Volume 575, id.A39, 10 pp.
11. Miteva, R., K.-L. Klein, I. Kienreich, M. Temmer, A. Veronig, O. E. Malandraki. Solar Energetic Particles and Associated EIT Disturbances in Solar Cycle 23, 2014, Sol. Phys. 289, pp. 2601–2631
12. Sokolov, I. V., I. I. Roussev, M. Skender, T. I. Gombosi, A. V. Usmanov. Transport Equation for MHD Turbulence: Application to Particle Acceleration at Interplanetary Shocks, 2009, ApJ, Volume 696, pp. 261–267
13. Kozarev, K. A., R. M. Evans, N. A. Schwadron, M. A. Dayeh, M. Opher, K E. Korreck, B. van der Holst. Global Numerical Modeling of Energetic Proton Acceleration in a Coronal Mass Ejection Traveling through the Solar Corona, 2013, ApJ, Volume 778, Issue 1, article id. 43, 13 pp.
14. Kozarev, K. A., N. A. Schwadron. A Data-driven Analytic Model for Proton Acceleration by Large-scale Solar Coronal Shocks, 2016, ApJ, Volume 831, Issue 2, article id. 120, 12 pp.

ИЗПОЛЗВАНЕ НА АСИМПТОТИЧНИ МЕТОДИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДИНАМИЧНИ СИСТЕМИ

Костадин Шейретски[1], Румен Шкевов[2], Николай Ерохин[3, 4]

[1] Университет за национално и световно стопанство
[2] Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[3] Институт за космически изследвания – Руска академия на науките
[4] Руски университет за дружба между народите, Москва, Русия
e-mail: ksheiretsky@space.bas.bg

Ключови думи: *небесна механика, нелинейна динамика, асимптотични методи, взаимодействие вълна-частица*

Резюме: *В доклада са разгледани три моделни задачи, в математическия апарат на които влизат нелинейни диференциални уравнения. Тези задачи са решени, като за всяка една от тях е приложен определен асимптотичен метод, подбран в съответствие със структурата на диференциалните уравнения. Задачите са решени до край в приетото приближение.*

ASYMPTOTIC METHODS APPLICATION IN DYNAMIC SYSTEMS STUDY

Kostadin Sheiretsky[1], Rumen Shkevov[2], Nikolay Erokhin[3, 4]

[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
[4] Peoples' Friendship University of Russia
e-mail: ksheiretsky@space.bas.bg

Keywords: *celestial mechanics, nonlinear dynamics, asymptotic methods, wave-particle interaction*

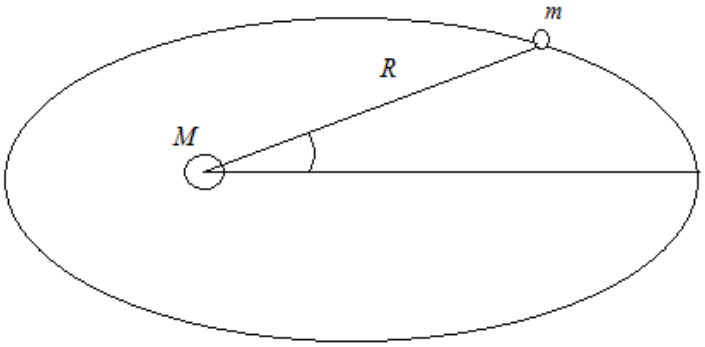
Abstract: *The paper examines three model problems in the mathematical apparatus of which are nonlinear differential equations included. According to the structure of the differential equations and applying carefully selected correct asymptotic method, each one problem is correctly solved. In assumed approximation the tasks are solved completely.*

Въведение

Асимптотичните методи са мощен апарат за решаване на нелинейни диференциални уравнения . Получават се решения в редове по малък параметър, които не е задължително да са сходящи, но в предварително уточнени граници, на стойностите, на участващите в уравненията променливи, тези редове адекватно описват моделираната от тях динамична система. Класически и широко използван е методът на Поанкаре-Линдщед - един от първите методи, който се използва за решаване на задачи свързани с движението на космичните тела [2]. Друга група методи, се базират на усредняване на получените системи от обикновени диференциални уравнения – метод на Ван дер Пол и метод на Кирилов – Боголюбов-Митрополски [6], [7]. В доклада са представени три задачи, които са поставени в различни физични области: небесна механика, радиофизика и взаимодействие на вълна с частица.

Определяне траекторията на спътник на планета по метод на Поанкаре-Линдщед

Да се намерят уравнението на траекторията и прецесията на материална точка - спътник, движещ се в централно гравитационно поле, под действието на потенциал: $U = \frac{\gamma Mm}{R} + \frac{\alpha}{R^3}$, където γ е универсална гравитационна константа, M е маса на централното тяло, m е маса на спътника, R е разстояние от централното тяло до спътника, φ е полярния ъгъл, а α е коефициент изразяващ несферичната форма на централното тяло [3], [8], [9].



Фиг. 1. Траектория на спътник

Записваме интегралите за запазване на енергията и импулса на системата [5]:

(1) $\frac{1}{2}m\left(\dot{R}^2 + R^2\dot{\varphi}^2\right) - \frac{k}{R} - \frac{\alpha}{R^3} = E$, $k = \gamma Mm$,

(2) $G = mR^2\dot{\varphi}$.

Изразявам разстоянието до силовия център R като функция на полярния ъгъл φ

(3) $\frac{1}{2}\frac{G^2}{mR^4}\left[\left(\frac{dR}{d\varphi}\right)^2 + R^2\right] - \frac{k}{R} - \frac{\alpha}{R^3} = E$.

Полагаме $\sigma = \frac{1}{R}$ и диференцираме равенството (3) още веднъж, като отбелязваме с щрих производната по полярния ъгъл, по този начин се достига до уравнение от вида

(4) $\sigma'' + \sigma - \frac{3\alpha m}{L^2}\sigma^2 = \frac{km}{G^2}$.

За да се опрости уравнението, търсим решение във вид на сбор от константа и функция

(5) $\sigma = \sigma_0 + f$, $\sigma_0 = cons$.

Константата подбираме така, че в уравнението за неизвестната функция да няма свободни членове.

(6) $-\frac{3\alpha m}{L^2}\sigma_0^{\,2} + \sigma_0 - \frac{k}{L^2}\frac{m}{}0$,

(7) $f'' + \left(1 - \frac{6\alpha m}{L^2}\sigma_0\right)f + \frac{3\alpha m}{L^2}f^2 = 0$.

Решаването на уравнение (6) налага да преминем към дефинирането на нова безразмерна променлива

(8) $x \equiv \frac{L^2}{km}\sigma_0$.

Така достигаме до уравнението

(9) $-\alpha_1 x^2 + x - 1 = 0$,

където $\alpha_1 = \frac{3\alpha m^2 k}{L^4}$. Когато $\alpha_1 = 0$ следва, че $x_0 = 1$. Логично е в случая $\alpha_1 \neq 0, \alpha_1 << 1$ да потърсим решението като ред по степените на малкият параметър

(10) $x = x_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_1{}^2 x_2 + \ldots$

Заместваме (10) в уравнение (9)

$$-\alpha_1\left(x_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_1{}^2 x_2 + \ldots\right)^2 + \ldots x_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_1{}^2 x_2 + \ldots - 1 = 0$$

Приравняваме коефициентите пред еднаквите степени и намираме неизвестните величини

$$x_0 = 1, x_1 = 1, x_2 = 2 \ldots$$

Така окончателно достигаме до израза за константата

(11) $$\sigma_0 = \frac{km}{G^2} + \frac{3\alpha m^2 k^2}{G^6} + \frac{18\alpha^2 m^5 k^3}{G^{10}} + \ldots$$

Полагаме:

(12) $$n_0{}^2 \equiv 1 - \frac{6\alpha m}{G^2}\sigma_0$$

и достигаме до израза

(13) $$f'' + n_0{}^2 f + \frac{1 - n_0{}^2}{2\sigma_0} f^2 = 0.$$

Преминаваме към безразмерната променлива

(14) $$y \equiv \frac{G^2}{km} f, \beta \equiv \frac{1 - n_0{}^2}{2\sigma_0}\frac{km}{G^2},$$

с β е означен малък параметър, посредством който ще решаваме полученото уравнение

(15) $$y'' + n_0{}^2 y + \beta y^2 = 0$$

по метода на Поанкаре-Линдщед.

Разглеждаме безразмерната променлива, като функция на $\nu = \omega\varphi$.

Търсим решение на уравнението (15) във вид на редове

$$y = y_0 + \beta y_1 + \ldots,$$

(16) $$\omega = n_0 + \beta n_1 + \ldots.$$

Като заместим величините със съответстващите им редове, като краен резултат се получава системата, като този път със щрих означаваме производната по ν.

(17) $$y_0{}'' + y_0 = 0,$$

$$y_1{}'' + y_1 + 2\frac{n_1}{n_0} y_0{}'' + y_0{}^2 = 0.$$

Първото от двете уравнения се решава веднага

(18) $$y_0 = A\cos(\nu - \nu_0).$$

Заместваме получения резултат във второто уравнение на система (17)

(19) $$y_1{}'' + y_1 = 2\frac{n_1}{n_0} A\cos(\nu - \nu_0) - \frac{A^2}{2}\left[1 + \cos 2(\nu - \nu_0)\right].$$

За да получим периодично решение приемаме $n_1 = 0$ и полагаме:

(20) $$y_1{}^* \equiv y_1 - \frac{A^2}{2}.$$

Окончателно уравнението добива вида:

(21) $$y^*{}_1{}'' + y^*{}_1 = -\frac{A^2}{2}\cos 2(\nu - \nu_0).$$

Търсим решението на (21) във вида $y_1^* = B\cos 2(\nu - \nu_0)$. Тогава за коефициента пред косинуса намираме $B = \frac{A^2}{6}$. Връщаме се към предишната променлива

(22) $y = -\frac{A^2}{2} + \frac{A^2}{6}\cos 2(\nu - \nu_0)$

Сега вече имаме възможност да запишем окончателното решението във вида

(23) $\sigma = \frac{km}{G^2} + \frac{3\alpha k^2 m^3}{G^6} + \frac{kmA}{G^2}\cos n\varphi + \beta\frac{kmA^2}{6G^2}\cos 2n\varphi - \frac{\beta km}{G^2}\frac{A^2}{2} + \ldots$

Дефинират се следните величини:

(24) $\frac{km}{G^2} \equiv \frac{1}{P}$,

(25) $A \equiv e$,

P и e представляват съответно фокалният параметър и ексцентрицитета на орбитата

(26) $\sigma = \frac{1}{P} + \frac{3\alpha}{kP^3} + \frac{18\alpha^2}{P^5 k^2} + \frac{e}{P}\cos n_0\varphi + \frac{\alpha e^2}{2kP^3}\cos 2n_0\varphi - \frac{3\alpha}{kP^3}\frac{e^2}{2} + \ldots$

С точност до втората степен на параметрите β и e, разстоянието до силовият център се определя чрез формулата:

(27) $R = \frac{P}{1 + \frac{3\alpha}{kP^2} + e\cos n_0\varphi} \approx \frac{n_0 P}{1 + en_0\cos n_0\varphi}$, $n_0 = \sqrt{1 - \frac{6\alpha}{kP^2}}$.

Движението може да се разглежда, като елиптично, като елипсата се движи равномерно в равнината си по посока на движението на тялото-прецесия. Ъгълът, на който се измества елипсата при движение от перихелия (афелия) до перихелия (афелия) е равен на:

(28) $\Delta\varphi - 2\pi = 2\pi\left(\frac{1}{n_0} - 1\right) \approx \frac{6\pi\alpha}{kP^2}$.

Намиране уравнението на граничен цикъл по метод на Ван дер Пол

Да намерим граничният цикъл на уравнението [10]:

(29) $\ddot{q} + q - \varepsilon\left(1 - 3q^2 - 2\dot{q}^2\right)\dot{q} = 0$, $0 < \varepsilon << 1$,

като използваме метода на Ван дер Пол.

Търсим решението във вида:

(30) $q = A(t)\cos\left(t + \theta(t)\right)$, $\dot{q} = -A(t)\sin\left(t + \theta(t)\right)$.

Достига се до системата, която ще осредним

(31) $\dot{A} = \frac{\varepsilon A}{2\pi}\int_0^{2\pi}\sin^2\psi\left(1 - 3A^2\cos^2\psi - 2A^2\sin^2\psi\right)d\psi$,

(32) $A\dot{\theta} = \frac{\varepsilon A}{2\pi}\int_0^{2\pi}\sin\psi\cos\psi\left(1 - 3A^2\cos^2\psi - 2A^2\sin^2\psi\right)d\psi$.

След осредняването се достига до съкратената система:

(33) $\dot{A} = \frac{\varepsilon A}{2}\left(1 - \frac{9}{4}A^2\right)$,

(34) $\dot{\theta} = 0$.

Веднага намираме стационарната амплитуда: $A_s = \frac{2}{3}$. Да направим анализ на стационарното решение. Полагаме $A = \frac{2}{3} + \xi, |\xi| << 1$. Тогава се достига до уравнението:

(35) $\dot{\xi} = -\varepsilon\xi$,

или решението за околност на стационарната амплитуда има вида:

(36) $A = \frac{2}{3} + e^{-\varepsilon t}$.

Уравнението на граничния цикъл е:

(37) $q = \frac{2}{3}\cos\left(t + \theta_0\right)$, θ_0 е константа.

Периодични решения на задачата за заряд подложен на действието на плоска електромагнитна вълна

Нека разгледаме само едномерния случай [1]. Уравнението на движение на заряда се дава с формулата:

(38) $\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0{}^2 x = eE_x \sin\left(\nu t - kx\right)$,

където e е елементарния заряд на електрона, E_x - компонентата на електричния вектор по оста x . Решението на (38) се търси под формата на квазихармонична функция във вида:

(39) $x = a\left(t\right)\sin\left(\omega t + \alpha\left(t\right)\right)$, $\omega = \frac{\nu}{N}, N = 1, 2, \ldots.$

Като използваме методът на Кирилов-Боголюбов-Митрополски се достига до скъсената система:

$$\dot{a} = -\beta a + \frac{eE_x N}{ka\omega} J_N\left(ka\right)\sin N\alpha ,$$

(40) $$\dot{\alpha} = \frac{\omega_0{}^2 - \omega^2}{2\omega} - \frac{eE_x}{a\omega} J'_N\left(ka\right)\cos N\alpha .$$

В системата са използвани функции на Бесел от първи род $J_N\left(ka\right)$ от ред N . Условието за намиране на стационарните точки води до уравненията:

$$\omega_0{}^2 - \omega^2 = \frac{2eE_x}{a} J_N\left(ka\right)\sin N\alpha ,$$

(41) $$\omega_0{}^2 - \omega^2 = \frac{2eE_x}{a} J'_N\left(ka\right)\cos N\alpha .$$

Разглеждаме резонансният случай $\omega_0 = \omega$, който е изпълнен при:

$J'_N\left(ka\right) = 0$ или $\cos N\alpha = 0$.

За изследване на устойчивостта на решенията нека запишем системата (40) във вида:

$\dot{a} = f\left(a, \alpha\right), \dot{\alpha} = g\left(a, \alpha\right)$.

Условията за стабилно решение могат да се запишат във вида:

(42) $\mathrm{Re}\, P_{1,2} < 0$, $P_{1,2} = \frac{\frac{\partial f}{\partial a} + \frac{\partial g}{\partial \alpha}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\frac{\partial f}{\partial a} - \frac{\partial g}{\partial \alpha}}{2} + \right)^2 + \frac{\partial f}{\partial a}\frac{\partial g}{\partial \alpha}}$.

Изчисленията показват, че стабилните амплитуди удовлетворяват условието:

(43) $J'_N\left(ka\right) = 0$.

Уравнение (3.9.17) показва, че стабилни амплитуди са възможни само за дискретен ред от стойности определени от уравнението:

(44) $ka_i = j_{N,i}$,

където $j_{N,i}$ е аргументът на функцията на Бесел $J_N\left(ka\right)$ от ред N в i -та екстремална точка.

Заключение

Разгледаните примери са едни от многото случаи, в които използването на асимптотични методи, изцяло решава поставените задачи. Разбира се, изборът на конкретен метод зависи, както от структурата на диференциалните уравнения, така и от последващия физичен анализ на резултатите. Макар и решенията да са приемливи при определени граници и условия, асимптотичните методи са незаменими при нечислен анализ на нелинейни динамични системи.

Литература:

1. Damgov, V., P. Trenchev, K. Sheiretsky “Oscillator-wave” model: properties and heuristic instances. Chaos, Solitons and Fractals. Oxford : Pergamon Press, 2003, pp. 41-60
2. Poincaré, H. Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste, V.1-3, 1892.
3. Белецкий, В. Движение искусственного спутника относительно центра масс. Москва, “Наука”, 1965.
4. Боголюбов, Н.Н., А. Митропольский Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: Гос. изд-во физико-математической литературы. 1963.
5. Ландау, Л., Е. Лифшиц Теоретическая физика. Том 1. Механика. М.: Наука, 1988.
6. Моисеев, Н. Асимптотические методы нелинейной механики. М.: Наука. 1969.
7. Найфе, А. Введение в методы возмущений. Москва, МИР, 1984.
8. Sheiretsky, K., R. Shkevov, N. Erokhin, A satellite performing one rotation in the absolute space within a time equal to two periods of the movement of its mass center along the orbit. Compt. rend. Acad. bulg. Sci., 65,(4), 2012, pp. 505-512.
9. Шейретски, К., Лазарова М., Шкевов Р. Ерохин Н. Движение на спътник в екваториалната равнина на планета. SES 2011. София, 2012, с. 92-98.
10. Эрроусмит, Д, К. Плейс. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Москва, “Мир”, 1986.

SOLVING OF SITUATIONAL PROBLEMS HAVING EQUAL SITUATIONAL CONDITIONS

Atanas Atanassov

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

Key words: *orbital situational problems; orbital situational conditions, constraints satisfaction problems*

Abstract: *Scientific space mission analysis and design is important process which is necessary and envelopes different stages of space missions preparation and realization. This process begins with an assessment of the possibility of solving a variety of scientific tasks, such as optimization of different satellite orbital parameters and scientific instruments. Reducing/shortening of the time for mission preparation and lowering costs are also important goals [Wertz]. Some elements of SMAD process continue during of mission control - planning and scheduling.*

Each scientific problem, which is solved through satellite data, demands appropriately performed experiments and measurements executed/accomplished in the frames of suitable time intervals under specific constraining conditions of geometrical or physical nature. Determination of these time intervals is achieved through so-called situational analysis. Situational problem solving is connected with checking of situational conditions. Each situational problem contains one or more situational conditions. Verification of some situation conditions may require a significant amount of calculation time. Effective simultaneous solving of many situational problems with difficult for computation conditions could be serious problem due to time for calculation. Optimization of situational analysis algorithms is an irresistible challenge.

Some of situational problems may contain one or more situational conditions heaving same type and equal attributes. The calculation of such situational conditions every time in the frames of different situational problems is inefficiently.

An idea about an algorithm which escapes from such over-calculation of equivalent conditions is submitted in the present report.

РЕШАВАНЕ НА СИТУАЦИОННИ ЗАДАЧИ ИМАЩИ ЕДНАКВИ СИТУАЦИОННИ УСЛОВИЯ

Атанас Атанасов

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

Резюме: *Разглежда се възможност за създаване на алгоритъм за решаване на ситуационни задачи с повече ситуационни условия, сред които има еднакви (от един и същи тип и с еднакви параметри) за някои от ситуационните задачи.*

Предлагания подход се основава на обратни отношения, от ситуационните условия към ситуационните задачи. Подходът е универсален и може да се прилага в общия случай на задачи имащи или без еднакви ситуационни условия.

Introduction

Preliminary analysis of a space mission checks the feasibility of planned experiments and measurements in order to obtain quality data to solve the given scientific tasks. Multiple analyses are accomplished to establish optimal values of different orbital and ballistic parameters, positioning the various instruments on satellite platform and parameters of scientific instruments. The goal is to achieve optimal mission results. Appropriate orbit is determined on the first stage of preparation of the mission and test of basic ideas about proposed satellite experiments are investigated [1]. All orbital

and scientific instruments parameters could be optimized on the next stages of mission preparation. Recently, requirements have been laid for quick preparation of cheap space missions [1, 2]. This is possible using appropriate flexible and portable new satellite missions software tools for computer simulation and analysis.

Some power commercial tools for space mission analysis and design are known [1, 3, 4] as well as other which are shareware [5, 6, 7].

The execution of various satellite operations related to solving of scientific problems, as well as control and support of different kinds of auxiliary systems, is subject to various restrictive conditions. The determination of the time intervals in which the restrictive conditions are in line with the requirements for performing satellite operations is based on a relevant analysis known as a situational analysis [8, 9, 10].

Computer program for situational problem solving for astrophysical experiment in the frame of second bulgarian cosmonaut mission was developed [11]. In this 'ad-hock' created program many situational problems (related to hundreds astrophysical objects) compiled from several situational conditions and corresponding constraints were solved. These conditions was related to transition of Mir station through Earth's shadow, angles between objects of interest according to Sun and Moon, radiative background and some other. All of situational problems were identical, with only different coordinates of the astrophysical objects of interest. The program was not flexible concerning to mixing situational problems with different type and number of situational conditions.

Approach for situational analysis which copes with "over-calculation problem" when different situational problems have equal situational conditions is presented in the article.

State of the problem

The situational problem (SP) can be presented as complex logical function in the general case.

1. $S = S(\vec{R}, A, t) = \overline{0,1}$

In (1) $\{\vec{R}\} = \langle \vec{r}_1(t), \vec{r}_2(t), ..., \vec{r}_n(t) \rangle$ is set of the radii-vectors of the objects in the model space, $\{A\} = \langle \alpha_1(t), \alpha_2(t), ..., \alpha_m(t) \rangle$ - set of vector or scalar fields, describing certain properties of the model space and t – the time.

Actually, we can have a combination of several constraining situational conditions (SC) for one situation problem. In addition, we shall examine such conditions that are independent from each other. Thus, the set of situation conditions $\{\gamma_i\}$ can be juxtaposed to the set of predicate functions $\{s_i\}$.

The presence of situation event S will require the fulfillment of the following identity:

2. $S = s_1 \wedge s_2 \wedge ... \wedge s_n = 1$

In the field of space investigations, one situation event occurs when S = 1. All predicate functions in (2) are justified in time interval (t_{final} - t_{start}).

There are different types of situational conditions:

- **geometrical** - visibility and lightening of objects of interest, angles between them and sources of light (Sun and Moon);
- **physical** - related to values of physical quantities (fields) and orientation according to vector fields (like magnetic field);
- **access to shared resources** - related to auxiliary apparatus and systems of the satellite (storage, communication tools).

Most often, a complex of specific situational conditions that meet specific constraints is required for performing a scientific or technological task. This happens at a certain time interval of some part of the orbit. The duration of the time interval, when the situation problem is executed (the value of the predicate function has a value of 1) may also be important for the execution of the satellite operations.

Let us pay attention that the planning and scheduling of satellite operations is a next stage that is dependent on the possible, previously determined time intervals. The situational analysis examines only part of the required conditions for carrying out various operations, related to solving different scientific tasks and determines the timeframes optimal for execution. A schedule shall be drawn up, which takes account of the need for joint use of different resources for the purposes of different scientific and technological tasks, for the implementation of requested satellite operations. Different satellite operations (similar operations are possible for different scientific tasks) compete for the use of common resources. A schedule for the implementation of satellite operations would be prepared,

which takes into account the need of shared use of resources for the purposes of different scientific and technological tasks. Different algorithms and strategies to achieve schedules are used [12, 13, 14]. For the optimal use of satellite systems, this analysis uses different algorithms and strategies to achieve close to optimal schedules.

Previous work

Initially, a model for situational problems definition was developed [15]. Each situational problem is presented trough structured data (user defined type). Such data types for each situational condition are saved in library- fortran module file. Every type contains specific attributes characterizing respective situational condition. Each situational problem is composed from several situational conditions. Dialog editor for assembling situational problems by selection of situational conditions and setting of their attributes.

Serial [15] and parallel [16] versions of situational problem solver were developed. The situational problems are treated as independent. If two situational problems contain equal situational conditions, they are checked in consecutive order every time.

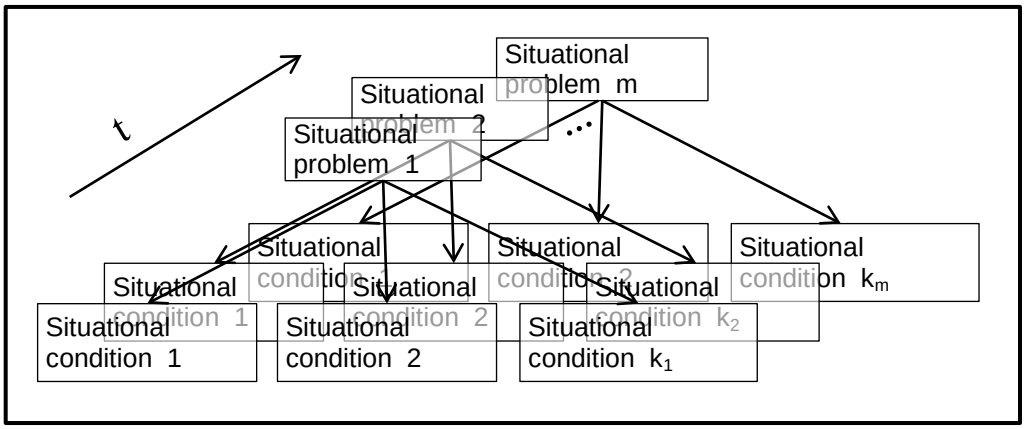


Fig. 1. All of situational problems are checked in consecutive order in the time

Setting of the problem

Let S_1 and S_2 are two situation problems containing more than one situational condition - N and M respectively:

$$S_1 = s_{1,1} \wedge s_{1,2} \ldots s_{1,N} \equiv \bigwedge_{i=1,N} s_{1,i}$$

$$S_2 = s_{2,1} \wedge s_{2,2} \ldots s_{2,M} \equiv \bigwedge_{j=1,M} s_{2,j}$$

If for some i and j the situational conditions are of one type and have the same attributes, a situational task will have equal situational conditions. Two situational problems can have more than one equal situational condition. The above condition from mathematical point of view could be written down:

$$\exists \langle i, j \rangle_{m;1 \le m < \min(N,M)}, \; s_{1,i;m} = s_{2,j;m}.$$

If the situational problems are solved one by one (fig. 1), without accounting values of already calculated predicate functions (situational conditions) from previously solved situational problems, over-calculations could be produced. Let have in mind that these unnecessary calculations are repeated on each step of simulation time. To find approach for minimization of these calculations is important.

Proposed algorithm

Optimizing situational analysis, when some of the situational conditions of different situational problems are equal is possible, based on the following approach.

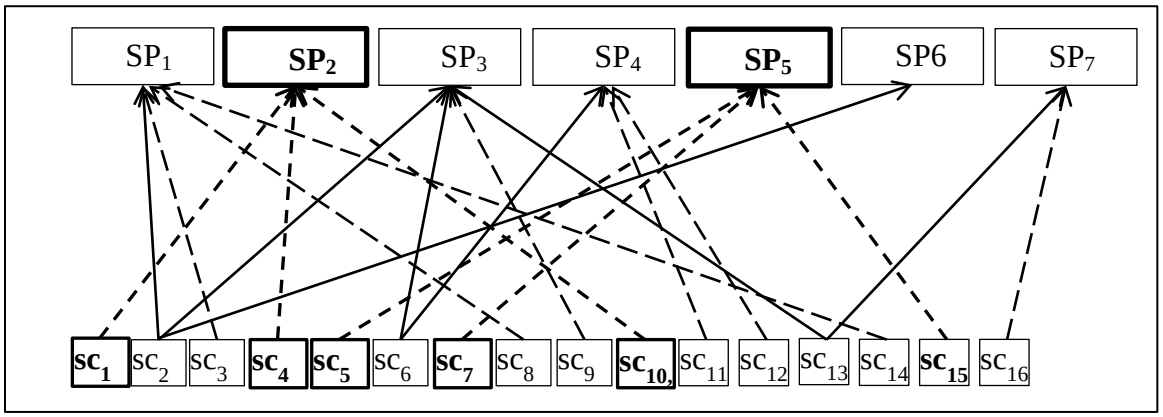


Fig. 2 The series of rectangles SP and sc illustrate the queues of situational problems and situational conditions respectively. Rectangles drawn with thick lines represent situational problems (**SP_2** and **SP_5**) having different situational conditions – (sc_1, sc_4, sc_{10} and sc5, sc7, sc_{15}). Other situational problems (SP_1, SP_3, SP_4, SP_6, SP_7) have mixed situational conditions- some of them are equal (sc_2, sc_6, sc_{13}) and other not.

At the beginning we have set of situational problems and relations between each of them and correspondent situational conditions. The proposed approach is based on reversed relations between each situational condition and all situational problems in which it participates. A dynamic storage/array is created which contains the names (identification code) of all situational conditions. Except these names this array contains and three additional attributes for each of situational conditions - number of situational problems where it participates, initial address of the storage where identification codes of these situational problems are dynamical allocated and series of identification numbers of SP.

Two queues, one containing all situational conditions (SP_Q) and other situational problems (SC_Q) are prepared before the beginning of simulation process (the simulation process contains situational analysis). All situational conditions and situational problems are arranged in respective queue in random order or according to the order of their definition.

When situational tasks are solved, situational conditions are checked in the order they are queued. The corresponding situational problems are marked as false or are deleted in the situational problems queue (SP_Q), when a certain situational condition is not fulfilled.

```
   CALL  Making_Queue(SP_Q)
    CALL  Making_Queue(SC_Q)
 …
DO WHILE(SC_Q ≠ empty)
       iSC= check_prFunc(SC_Q; <parameters>) ! predicate function (situational condition) checking
   IF(iSC   .EQ.   .false.) THEN ! Not satisfaction of situational condition
         kod=  SP_reject(SP_Q) ! corresponded situational problems are rejected-
                                  ! they will not been satisficed
         kod= SC_reject(SC_Q) ! rejects situational conditions of unfulfilled situational problems
      ELSEIF(iSC   .EQ.   .true.) THEN
     ENDIF
END DO
 CALL  sit_intervals(SP_Q) ! Time intervals determination
 …
```

Fig. 3. Code fragment illustrated the presented algorithm

Other situational conditions located further in the queue and associated with the same situational problem may remain unchecked after a currently tested unfulfillable situation condition (the value of the predicate function is 0 and the situational problem is deleted). If these situational conditions continue to stay in the queue (SC_Q) for following checking this will produce unnecessary, over calculations.

Copping with this issue is possible by two ways. The first one is related to preliminary check if the situational problem is in the queue of the problems. According to the second approach, all situational conditions related to the particular unfilled situational problem are deleted. After that, a checking of the next situational condition in the queue is performed.

When all situation conditions in the SC_Q queue are finished (all correspond predicate functions are checked), in the queue of situational problems SP_Q may eventually remain only such tasks, that can be executable according to the constraints in situational conditions at all current points in the time. The entire time interval when a situational problem is executable is determined on the basis of all consecutive moments of time when the relevant conditions are met.

Conclusion and future work

The proposed algorithm for situational analysis is universal unlike the previously developed one [16]. This algorithm could be applied to solve situational problems no matter whether they have or not equal situational conditions. A case when all situational problems haven't equal situational conditions is possible. So, this approach is universal and is interesting to investigate and analyze its priorities and disadvantages in different cases. Experiments for comparison of efficiency of the two algorithms are necessary to be performed.

Special attention will be directed toward establishing potential possibilities for parallelization of this algorithm. The influence of data locality and latency of different storage levels will be investigated too. The last is important when high-dimensional problems are solved.

Reference:

1. Wertz, J.R., W . J . Larson, Space Mission Analysis and Design, third ed. Microcosm Press, Kluwer Academic Publishers, 1999.
2. Trivailo, Olga, Martin Sippel, and Y. Ahmet Şekercioğlu. "Review of hardware cost estimation methods, models and tools applied to early phases of space mission planning." *Progress in Aerospace Sciences* 53, 2012, 1-17.
3. https://www.agi.com/products/engineering-tools
4. https://ai-solutions.com/freeflyer/
5. Hughes, Steve. "General Mission Analysis Tool (GMAT) Mathematical Specifications." (2007).
6. Hughes, Steven P., et al. "Verification and validation of the general mission analysis tool (GMAT)." (2014).
7. Qureshi, Rizwan H., and Steven P. Hughes. "Preparing general mission analysis tool for operational maneuver planning of the advanced composition explorer mission." *AIAA/AAS Astrodynamics Specialist Conference, San Diego, CA*. 2014.
8. Prokhorenko, V. I. "Study of satellite situations mission." *Acta Astronautica* 10.7 (1983): 499-503.
9. Nazirov, R. R., and V. I. Prokhorenko. "Situation analysis in the problems of space physics." *Kosmicheskie Issledovaniia* 36 (1998): 311-322.
10. Prokhorenko, V. "Mission analysis for the INTERBALL project. Pre-launch orbit selection and long-term experiments planning." *INTERBALL mission and payload*, 46, 1995.
11. Gaidarov, P., Sukhanov, A., Atanasssov, A., Rjazanova, V., Planirovanie astrofizicheskih eksperimentov v proekte "Shipka", Pr.- 1534, IKI AN SSSR, 1989.
12. Pemberton, J. C. "Towards scheduling over-constrained remote sensing satellites." *Proceedings of the 2d International Workshop on Planning and Scheduling for Space*. 2000.
13. Pemberton, Joseph C., and Flavius Galiber. "A constraint-based approach to satellite scheduling." *DIMACS Series in Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science* 57, 101-114, 2001.
14. Barbulescu, Laura, et al. "Scheduling space–ground communications for the air force satellite control network." *Journal of Scheduling* 7.1, 7-34, 2004.
15. Atanassov, Atanas. "Program System for Space Missions Simulation–First Stages of Projecting and Realization." *Proceedings of SES* 2013, 209-214, 2012.
16. Atanassov, Atanas Marinov. "Parallel satellite orbital situational problems solver for space missions design and control." *Advances in Space Research* 58.9, 1819-1826, 2016.

ON THE FEASIBLE ENGINES OF THE VORTICAL FLOW ACTIVITY IN CLOSE BINARY STARS

Daniela Boneva

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

Keywords: *Stars: Binary stars; Accretion; Instabilities: Vortices;*

Abstract: *We present some possible mechanisms that provoke development of vortices in accreting flow in binary star systems. We use the standard configuration of close binary systems with the distance between the stars, comparable to their size. It includes: interacting flow between the components, mass transfer through the Lagrangian point, accretion disc around the compact object. Numerical gas dynamical calculations are applied on the base conditions of the baroclinic instability and Rossby wave instability. These two instabilities are considered to be the main engines for the vorticity production in the flow.*

СЪСТОЯНИЯ НА НЕУСТОЙЧИВОСТИ КАТО МЕХАНИЗМИ ЗА РАЗВИТИЕ НА ВИХРОВИ СТРУКТУРИ В ТЕСНИ ДВОЙНИ ЗВЕЗДИ

Даниела Бонева

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

Ключови думи: *Звезди: Двойни звезди; Акреция; Неустойчивости: Вихрови структури;*

Резюме: *В тази статия са представени някои възможни механизми, които биха могли да предизвикат развитието на вихри в акреционното течение в двойни звездни системи. Използвана е стандартна конфигурация на тясна двойна система с разстояние между звездите, сравнимо с техните размери. Това също включва наличие на взаимодействащо течение между компонентите, трансфер на маса през точката на Лагранж, акреционен диск около компактния обект.*
Приложени са числени газо-динамични симулации върху основните условия за възникване на бароклинна неустойчивост и неустойчивост на Розби вълни. Тези две неустойчивости са считани за основни действащи механизми при образуването на вихри в потока.

I. Introduction

In close binary stars, the most common processes are related to the flow interaction between the components. The incoming flow usually meets the matter around primary star and the resulting effect comes to the accretion disc structure formation.

This research is based on the aim of searching the mechanisms that enforce angular momentum transportation and this way to increase of accretion rate. A configuration of vortices in the regions with accreting flow is one of the most considered mechanisms as an efficient angular momentum transportation [2] in regions where the magneto-rotational instability [1] does not operate.

The simulations of Klahr and Bodenheimer in [8] show that non-magnetic turbulence can drive outward angular momentum transport and is maintained itself by the resulting accretion process.

There are many hydrodynamics studies in finding the way of vortices appear and their further behavior in the flow. According to the investigations of Klahr [8], baroclinic instabilities could arise in rotating fluids when there is an inclination between surfaces of constant density and the constant pressure [22]. In this case vorticity per unit surface density is not conserved (Kelvin's circulation theorem, see e.g. Pedlosky 1987 [19]), and vortices can be generated.

Vortices can be generated by a globally unstable radial entropy gradient [8] that may result in local outward transport of angular momentum. The first global (2D) simulation of an accretion disc allowing for the baroclinic instability results in large vortices form. These vortices are long-lived high-pressure anti-cyclones with an over-density by a factor of up to four.
Johnson and Gammie in [18] give a very realistic way of the initial vorticity generation. They have noted that the remaining vorticity can be generated from "finite-amplitude compressive perturbations". Shen et al. [21] examine the formation of 2D vortices starting from 2D turbulence in fully compressible simulations. Such a situation could be baroclinically unstable, and in fact that region is found to be associated with outward transport of angular momentum. Lyra in [14] talks about the SBI (Subcritical Baroclinic Instability), which is processing to keep up large-scale vortices in the presence of a radial entropy gradient and thermal diminution.

Three-dimensional, cylindrical numerical simulation shows a growth of strong and steady vortex in a differentially rotating disc. It appears in the result of the Rossby Wave Instability [10], [13], [16], which has been studied in various astrophysical contexts such as in protoplanetary discs or in the accretion disc of compact objects.
Lovelace et al. [13] and Li et al. [10] investigated the stability of a strong local entropy maximum in a thin Keplerian disk and found the situation to be unstable to the formation of Rossby waves, which transported angular momentum outward and ultimately formed vortices [11].

In this paper we suggest our interpretation and results of the conditions and mechanisms that could cause development of vortical – like structures in the accreting flow in binary star system.

II. Engines that cause vorticity in the accretion flow

a) Disturbances in the flow and equations.

In the result of the mass transfer from the secondary to the primary star, the flow around the accreted object doesn't remain stable. It could be disturbed in the terms of velocity and density in time:

$V = v + u$; $\rho_q = \rho + \rho'$; $p = P + p'$; $\Psi_q = \Psi + \Psi'$

where V, ρ_q, p, Ψ_q are the total quantities of velocity, density, pressure and vorticity respectively;

v, ρ, P, Ψ are the time averaged values; u, ρ', p', Ψ' are the perturbations in time. The exponential form of the perturbation terms [3] give influence on the Navier – Stokes equations (eqs. 1), (see also [3], Boneva & Filipov 2012: Appendix – this equation is expressed in cylindrical coordinates (r, φ, z) with the perturbed quantities) and on the vortical transport equation (eq. 2) [3].

(1) $$\frac{\partial v}{\partial t} + v.\nabla v = -\frac{1}{\rho}\nabla P - \Omega \times (\Omega \times r) - 2\Omega \times v - \nabla \Phi + \nu \nabla^2 v$$

The basic notations are: ρ - is the mass density of the flow, v - is the velocity of the flow; P - is the pressure; ν - is the kinematics viscosity; Ω - is the angular velocity; $\Omega \times (\Omega \times r)$ is the centrifugal acceleration of the centrifugal force; and $2\Omega \times v$ is the Coriolis acceleration in the mean of the Coriolis force. In the current analysis $\rho \neq const$ and $\nu \neq 0$. Φ is the gravitational potential and it depends on the density distribution inside each of the star's component [5].

After the flow has once been perturbed, it could be transformed to the variety of unstable states, which might produce a development of vortical like structures throughout the whole disc. One way to explain the vortex formation is the operation of the vorticity equation (or its transformation as a vortical transport equation).

The vortical transport equation is related to the examination of transfer's mechanisms in the flow. This equation could be derived in the following commonly used way, how it has been done by Nauta, Lithwick, Godon in [7], [12], [17]. If the curl of Navier-Stokes equations is considered and using the expressions: $\Psi = \nabla \times v$, which gives the vorticity in the flow; as well as:

$(v.\nabla)v = \nabla v^2/2 - v \times \Psi$ and $\left(\frac{\partial \Psi}{\partial t} + v.\nabla\right)\frac{1}{\rho} = \frac{\nabla \rho \times \nabla P}{\rho^3}$,

then the following expression, which we would call "the vortical transport equation" is obtained:

(2) $$\frac{\partial \Psi}{\partial t} + \Psi(\nabla.v) + (v.\nabla)\Psi = -\frac{\nabla p \times \nabla \rho}{\rho^2} + D\nabla^2\Psi$$

Here Ψ - is the vorticity; D - is the diffusion coefficient (or matrix of the transport coefficient).
This equation expresses the relation between the transport coefficient, which takes part in the angular momentum transfer, evolution of the vorticity with time and the non-conserve relationship between density and pressure in the flow. Non-conservancy of specific vorticity by the each fluid element is observed in the right-hand side of Eq. (2), which gives a condition for baroclinicity in the flow [13] and enables the development of vortices in the accretion matter.

b) Baroclinic instability

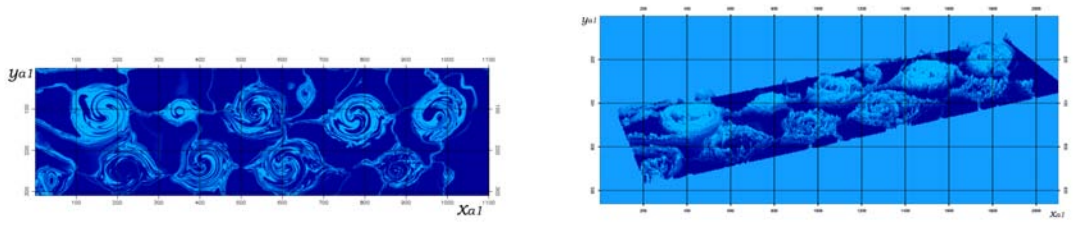
According to the baroclinicity conditions of Klahr and Bodenhiemer [8], misalignment of pressure gradient and density gradient is required wherever there is azimuthal density gradient. This misalignment acts as a source term for the generation of vorticity in the region of outer edge of the disc.

The baroclinicity of the general flow is given by the baroclinic term [9], [20]: $\nabla\rho(r,z,\varphi)\times\nabla p(r,z,\varphi)\neq 0$. The importance for this instability is the non-axisymetric deviations from the mean state which can lead to the rise of the baroclinic term even in two dimensions: $\nabla\rho(r,\varphi)\times\nabla p(r,\varphi)\neq 0$ and vorticity can be generated. This instability, known as baroclinic [8], [9] and the corresponding baroclinic term is responsible for the vortex production, as it is the only source term in the vorticity equation. Following this formulation, we perform a computational analysis to reveal one possible way of the vorticity appearance, based on the vortical transport equation (Eq. 2), [8]. For the purpose, the box - frame model is created (see Boneva & Filipov, 2012) [3].

The introduced boundary conditions in this model are of Dirichlet- and Cauchy type: $r_{v(1+n)} = K(x,y) - \frac{\partial K}{\partial r_v}\frac{\partial}{\partial t}$, $r_{v0}(0) = 0$ is the radius of the vortex; $K(x,y)$ is the boundary area of the equations activity: $\sim 10^8 m^2 \sim 6.68\times10^{-10} AU$, for x and y respectively. We place the cylindrical coordinates (r,φ,z) frame for the equations and quadratic (x,y) set for the numerical scheme. We perform a series of runs with zero initial vorticity, but different from zero the initial turbulence values: $v(0) = v_0$, $\Psi_{r,\varphi}(t_0) = 0$, $\rho(t_0) = \rho_0 \approx 2.5\times10^{-6} kg/m^{-3}$, $t_0 \approx 1$, and $r_0 \approx 1$.

Results of the simulations show a vortex type growth in r,φ plane of the disc zone. The box-frame values range from about $7.6\times10^{-3} AU \ldots to \ldots 6.68\times10^{-3} AU$ and from $7.6\times10^{-6} AU \ldots to \ldots 6.68\times10^{-6} AU$, corresponding to the above values of x and y, referred to as x_{a1} and y_{a1}.

After the numerical analysis, given in details in [3], the development of vortical-like patterns in the flow could be expressed in the next simulations:



(a) (b)

Fig. 1. Simulations of the vortical patterns production in the result of Baroclinic instability ([3], [4]). Figures illustrate the final stages of the development of vortical structures in the disc flow in 2D (fig. 1a) and 3D (fig.2b) view. The sizes of the pictures frames referred to the defined in boundary conditions values, ranged for x_{a1} and y_{a1}. The light Blue and dark Blue colours (light and dark in a grey scale for the printed version) show the difference in density in the interacting flow layers. The density values are increasing from dark to the light zone.

Now we can summarize that to describe the vortex production we need: the vortex equation, which to be converted in the vortical transport equation; plus baroclinicity conditions as a source of the vortex.

The analysis on the construction of vortical transport equation, (see Boneva & Filipov 2012, Eq. 5) [3], shows that it is an expression of the whole disc's structure analog. It gives the relation between the angular momentum transport part (the last term in the right hand side) and describes the sources of the transport mechanism in sense of the vorticity function, and the patterns development.

c) Rossby wave instability

In an unmagnetized differentially rotating disc, the vortices can be generated by the operation of Rossby Wave Instability [11], [13], [15]. This instability is usually proceeds in areas with variations in the density values and density accumulation.

The instability occurs, where the local extremum in the radial profile of the quantity $\Pi(r)$ exists, related to the vorticity of the equilibrium flow. It is initially given by Li et al. in [10], later applied by Meheut et al. in [15], [16] and here takes the form:

$\Pi(r) = \Lambda(r)\frac{P}{\rho^{\gamma}}$; $\Lambda \approx \frac{\rho\Theta}{f^2} = \frac{\rho}{2\Psi}$; (f^2/Θ is the vorticity Ψ); f^2 is the square of the epicyclic frequency, ρ is the volume density, γ the adiabatic index, Θ is the rotation frequency. Then we have: $\Pi(r) = \frac{\rho}{2\Psi}\frac{P}{\rho^{\gamma}}$.

One possibility for the extremum in $\Pi(r)$ is found to be near marginally stable orbit around the compact object, where the maximum of the dispersion relation of Rossby waves could be written here in the next form, following the expressions of Lovelace [13] and Meheut [15]:

(3) $$\Delta\omega = -\frac{f_{\varphi}\, c_S/\Theta}{1+f^2h^2}\left[(ln\,\Pi)' \pm \sqrt{[(ln\,\Pi)']^2 - \frac{1+f^2h^2}{L_S L_p}}\right]$$

where L_s is the length scale of the entropy variation, L_p is the length scale of the pressure variation; ω is the frequency mode; c_S - the speed of sound; $f^2 = f_r^2 + f_{\varphi}^2 + f_z^2$, $h = c_S/\Theta$; $\Theta = v_{\varphi}/r$.

Following Eq.(3) the maximum occures for $(ln\,\Pi)' = 0$ and it is obtained to be:

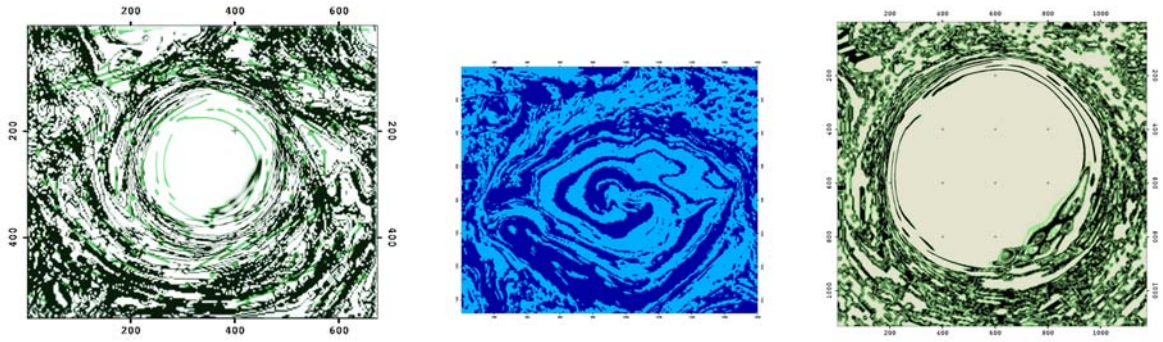
(4) $$\frac{max(\omega_i)}{\Theta} = -\frac{|f_{\varphi}|\, c_S^2/\Theta^2}{\left(1+f^2h^2\right)^{1/2}\left(L_S L_p\right)^{1/2}}$$

Then, its simplified form becomes:

(5) $$\omega_{i(max)} \approx \frac{|f_{\varphi}|h}{\left(1+f^2h^2\right)^{1/2}}\left(\frac{c_S}{v_k}\right)\left(\frac{r^2}{L_S L_p}\right)^{1/2}$$

Further, the equations 3-5 (Eqs. 3-5) are applied to investigate the flow states under the conditions and operation of the Rossby wave instability. For this calculation we employ 2D frame-scheme, and the same initially conditions as in the Section (II a).

Taking in account the whole disc's conditions and equations, the calculations are resulting in the next 3 figures. They give us one visualization of the vortices formation:



(a) (b) (c)

Fig. 2. Stages and snapshots pictures of the vorticity formation in the result of Rossby wave instability. Figure (a) illustrates the process of initial vortencity in the flow (in a (r,φ)frame). It is presented as the velocity vectors (green lines) and density layers (dark and light thick lines) along the area, where Rossby vortex is generating. Figure (b) shows the single Rossby vortex, situated in the flow. The light and dark blue colors correspond to the different density layers. The simulation at fig. (c) presents the development of small vortex formations along to the inner part of the accretion disc.

The grids of the Figures 2 (a,b,c) correspond to the calculation frame scheme. Their sizes are not related to the boundary condition, given in the model explanation in Section (IIa) and [3].

III. Conclusion

In the studied interaction parts of the binary star flow, the speed of the tidal flow is close to the speed of sound. Then, the incoming wave from the secondary to the primary star may cause some perturbations in quantities, which could change the dynamics of the gas flow. After applying the numerical methods via numerical code the result shows the presence of two-dimensional vortical patterns.

Vortices are usually local formations, but under the conditions assumed here, they could propagate globally throughout the disc. This type of vortices has often been observed in 2-D simulations of accretion discs. We have been started applying simulations in a 3-D calculating box - framed scheme, according to the model above, but still in a 2-D reference grid. The results in 3-D will be a part of the future work.

Vortices can be generated by two-dimensional instability as the Rossby wave instability or baroclinic instability, which have been investigated in recent years.

In depend on the dominant activity of the suggested in this paper vorticity generation engines, they could appear as single structures or in a group of several vortices.

In the cases, when the vortices are developed not as a single structure, they could be considered as a chain with tied to each other vortex formations. Further they can evolve as they start merge and form a larger vortex-like or other density structure. Or they could continue their movement throughout the whole disc until their decaying phase ends.

References:

1. Balbus, S. A., J. F. Hawley. Rev. of Mod. Phys, 1998, 70, 1
2. Barranco, J. A. P. S. Marcus. ApJ,2005, 623, 1157
3. Boneva, D., L.Filipov. astro-ph/1210.2767B, 2012
4. Boneva, D., L. Filipov. ASP, 2013, 469, pp. 359 - 364
5. Boyarchuk, A. A., D. V. Bisikalo, O. A. Kuznetsov, V. M. Chechetkin. Adv. in Astron. and Astroph., 2002, Vol. 6, London: Taylor & Francis
6. Bracco, A., A. Provenzale, E. Spiegel, P. Yecko. in Theory of Black Hole Accretion Disks, (Cambridge: Cambridge University Press), 1998, 254
7. Godon, P. 1997, ApJ, 480, 329
8. Klahr, H., P. Bodenheimer. ApJ, 2003, 582, 869-892
9. Klahr, H. ApJ, 2004, 606, 1070
10. Li H., J. M. Finn, R. V. E. Lovelace, S. A. Colgate. ApJ, 2000, 533, 1023
11. Li, H., S.A. Colgate, B. Wendroff, R. Liska. ApJ, 2001, 551, 874
12. Lithwick, Y. ApJ. 2007, 670, 789L
13. Lovelace, R. V. E., H. Li, S. A. Colgate, A. F. Nelson. ApJ, 1999, 513, 805
14. Lyra, W., H. Klahr. A&A, 2011, 527A, 138
15. Meheut, H., F. Casse, P. Varniere, M. Tagger. A&A, 2010

16. Meheut, H., Co. Yu, D. Lai. MNRAS, 2011
17. Nauta, D. Two-dimensional vortices and accretion disks, University Utrecht publications, 2000
18. Johnson, B. M., C. F. Gammie. ApJ, 2006, 636, 63
19. Pedlosky, J.P. Geophysical Fluid Dynamics, 2nd ed. (New York: Springer-Verlag), 1987
20. Petersen, M.R., G.R. Steward, K. Julien. Ap J., 2007, 658:1252-1263
21. Shen, Y., J. M. Stone, T. A. Gardiner. ApJ, 2006, 653, 513
22. Tritton, D. J., P. A. Davies. Instabilities in geophysical fluid dynamics. Topics in Applied Physics, 1985, vol. 45, pp. 229–270. Springer.

МЕЖДУКОМПОНЕНТНИ ВРЪЗКИ В КВАЗАР – ПРЕДПОСТАВКИ ЗА ВЪЗНИКВАНЕ

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 Изследване на разширението на адвективната хипотеза във общата теория на относителноста (ОТО). Да се проследят предпоставките на възникване на връзките на диска с останалите елементи на АГЯ и реализацията на механизма в някои от тях поради развитието на тези връзки.*

INTER-COMPONENT CONNECTIONS IN QUASAR

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 research the expansion of advective hypothesis in the theory of the general relativity (GR).To trace prerequisites for the emergence of connections the disk to the other Quasar elements , as a consequence of the realization of the mechanism.*

Въведение

В тази статия е определена основната посока на бъдещите ни изследвания. Целта е обобщение на разработения аналитичен модел за структуриране на компонентите на AGNs в GR. Ще търсим отговори на следните въпроси:

1. Определяне на начина, по който се развива не-деформиращата адвекция в общата теория на относителността и валидирането и като фундаментален механизъм;
2. Идентификация и изучаване естеството на причинно-следствената връзка, която осигурява нетермичен контрол върху механизма на адвекция;
3. Оценка на степента на унификация на модела на АГЯ;
4. Други въпроси, които могат да възникнат в хода на проучването ;

Wilson error

Wilson [2, 3, 9] разглежда адвекцията в релативизма и също като авторите на адвекция с деформация в геометрията на средното течение (на флуидна структура в многообразието) пренебрегва адвективното действие на компонента $\partial v_i / \partial t$.

$\left(\partial_t + v_j \partial_{x_j}\right) v_i \Rightarrow \partial_t v + v\nabla v =$, той прави кардинална грешка подведен от опита си с релативистката физика, като мултиплицира *пространствената* адвекция. Wilson сам усеща тази грешка в загубата на консервативност. Затова се стреми да я коригира и възтанави

консервативноста на закона $\Rightarrow \partial_{\boldsymbol{t}} v + \frac{1}{2}\nabla(v)^2$, но в действителност извършва подмяна на механизма на възбуждане, която е некоректна и отново довежда $\Rightarrow \partial_{t_I} \equiv 0$.

Подобно на останалите непълни режими – радиална и орбитална адвекция в акреционни дискове или адвекция в планетарни атмосфери и пръстени, Wilson разглежда шокови изменения на параметрите на потока при супернови. И иминно там си проличава собствено от обекта че той греши, понеже отново механизма следва избрана посока ±радиална заедно с присвоената посока на времето.

За разлика от деформиращите режими, който може да се разглеждат като непълни граници, защото не подменят механизма, неговото разглеждане е некоректно и поради това че не работи при ниска и висока граница, т.е при квази-класически преход (долна граница за ОТО) и/или при многообразия от по висок клас размерности M(n, m) and N(n,0) (горна граница).

Изградихме геометрично тънък, оптически дебел, едно-температурен Кеплеров диск в нормално магнитно поле около черна дупка. Модела е построен в галилеви трансформации [5, 6, 10-14] с псевдо-Нютонова поправка [1, 7]. При плавно достигане на ултра високи температури, както е показано в [11, 13], няма условия за деформация на потока. Адвекцията се разгръща постепенно за температури по-ниски от общоприетите до пълния капацитет на механизъма, като се установява в режим на самоиндукция при вириални температури.

При този квази-класически подход адвекцията под формата на пълен адвективен член (1) е естествено изведена в уравненията, описващи динамиката на потока:

$$\frac{\partial(\rho \boldsymbol{v}_i)}{\partial \mathbf{t}} + \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}_j}(\rho \boldsymbol{v_i} \boldsymbol{v}_j) = \rho\left(\frac{\partial \boldsymbol{v}_i}{\partial \mathbf{t}} + \boldsymbol{v}_j \frac{\partial \boldsymbol{v}_i}{\partial \mathbf{x}_j}\right) = \rho \frac{\boldsymbol{D v_i}}{\boldsymbol{D}\mathbf{t}} \quad (1)$$

Няма неестествено несъгласувано индивидуално изменение за една или друга от компонентите на скоростта; и не се игнорира действието на $\partial v_i / \partial t$. Това означава, че възниква изместване на средното течение със скорост v_i във някаква посока, като се запазва неговата природа.

В горната граница при смесени измерения пълния вид на релативиската адвекция (2) включва конкретна пространствена посока заедно с присвоената посока на времето ***τ, която се определя от знака на ентропията в многообразието***.

1. M(n, m)

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

Скоростa не прави разлика между пространствени и времеви измерения, каквато е същинската концепция на релативистката физика. Затова в чисто времево многообразие може да се види самото отместване по време (3-4):

2. N(n, 0)

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

(4) $\left(\partial_{t_i} + \boldsymbol{v}_{ji}\partial_{x_j}\right)v_{ij} = \left(\partial_{t_i} + \boldsymbol{v}_{ji}\partial_{t_j}\right)v_{ij} = \partial_{t_j}(\beta + 1)$

То не е добавено изкуствено на ръка, а е естествено изведено в уравненията на релативистка адвекция.

Релативистка адвекция

Релативистката адвекция се определя от два фактора – топологията на магнитното поле и самогравитацията на формацията в която адвекцията възниква. Самогравитацията и фоновия потенцял определени от метриката на пространство-времето са свързани пряко с развиващата се адвекция, понеже в качеството си на пълен диференциал, тя трябва точно да следва метриката на многообразието [4, 8]. Докато магнитното поле въздейства чрез обратна връзка на механизма.

Това означава че ако например многообразието е стратифицирано по някакъв признак (по брой измерения; квантово клониране; пространствена плътност...) лявата страна на уравненията (5) ще е една и съща, но отговора в резултат на обратно изображение от факторизираното разслоение – дясната страна (6) в оделните слоеве на многообразието ще бъде различен.

$$\frac{\boldsymbol{D}}{\boldsymbol{D}\vdash}\begin{pmatrix}\boldsymbol{v}\\ \boldsymbol{B}\\ \boldsymbol{S}\end{pmatrix} \tag{5}$$

$$\boldsymbol{T}_{\mu\nu}=\begin{pmatrix}T_{00} & T_{0i}\\ T_{i0} & T_{ij}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}ed & md\\ efd & mfd\end{pmatrix} \tag{6}$$

Връзките между елементите на Квазара

Междукомпонентните връзки в АГЯ се изграждат с развитието на адвекция в тях:

- ***В диска***

Развиващото се магнитно поле гарантира създаването на компактни уплътнени региони генетично несвързани със спиралите. Формират се адвективни пръстени (7-8) - чрез частично замразяване тока в диска води плазмата; Тя го следва и се уплътнява, образуват се флуидни световоди, които задържат вече формираното лъчение в пръстените. Флуидните световоди са нов индивидуален механизъм, който контролира термичното възбуждане на адвекция [12]. Самогравитацията в пръстена (7) се влияе пряко от уплътняването му. Тя контролира допълнителен механизъм на не-термично възбуждане на адвекция (къдри многообразието), свързано с локалната метрика на пространство-времето [16].

$$ds^2=g_{tt}dt^2+2g_{t\varphi}dtd\varphi+g_{\varphi\varphi}d\varphi^2+dr^2+dz^2 \tag{7}$$

$$\frac{\partial(\rho\boldsymbol{v}_i)}{\partial\vdash}+\frac{\partial}{\partial\chi_j}\left(\rho\boldsymbol{v}_i\boldsymbol{v}_j\right)=\rho\left(\frac{\partial\boldsymbol{v}_i}{\partial\vdash}+\boldsymbol{v}_j\frac{\partial\boldsymbol{v}_i}{\partial\chi_j}\right)=\rho\frac{\boldsymbol{D}\boldsymbol{v}_i}{\boldsymbol{D}\vdash} \tag{8}$$

- ***В короната***

Развитието на короната и по нататъшната и еволюция зависят от процесите по границата в системата диск-корона. Адвекцията в диска се самоиндуцира. Пръстените са мобилни (8). Това осигурява активно адвективно нагряване в подложката и подържа дълъгоживуща корона [12].

- ***В централният обект – ВН***

Адвективният винт (9-10) е продължение на адвективната спирала след последната стабилна орбита на диск от вътрешния ръб към и в компактния обект:

$$ds^2=g_{tt}dt_!^{\,2}+2g_{t\varphi}dt_!d\varphi+g_{\varphi\varphi}d\varphi^2+dr^2+dz^2 \tag{9}$$

Тази му форма е пряка последица от това, че адвекцията точно да следва метриката на многообразието [16].

$$T\left(\dot{M}\frac{D}{D\tau}S\right) \quad (10)$$

представлява термодинамичен пълен адвективен диференциал, с оглед на факта, че адвекцията възниква първо в дисковия компонент и се развива във връзките му с останалите елементи.

Заключение

Резултатите от квази-класическият модел на диска показват възможности за естествен преход [15] в общата относителност ОТО. Такава теоретична разработка ще даде широко поле на приложение към реални обекти за тестването на степента на унификация на модела за структурата и еволюцията на АГЯ

За да се модулират проблемите на унификацията и резултатите от интерпретацията на качествено ниво, ще се търсят оптимални теоретични и експериментални инструменти, включително наблюдение на достатъчно голям брой източници, подходящи числени методи и методи на поляриметрия.

Литература:

1. Abramowicz, M. A., Czerny, B., Lasota, J. P., Szuszkiewicz, E., Astrophysical Journal 332, 646-658, 1988.
2. Font, J., Relativistic Hydrodynamics, NewCompStar School 2017
3. Fuksman D., Numerical methods for relativistic plasma physics, Adriatic Workshop 2016: Supernovae, Hypernovae
4. Giuseppe Frè P, Gravity, a Geometrical Course I. , 2013
5. 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://sp.phys.uni-sofia.bg/Kiten06/Pres/Iankova.pdf
6. Iankova, Kr.D., 2009,‘’Stability and evolution of magnetic accretion disk”,Publ. Astron. Soc. "Rudjer Bošković", No. 9, pp 327-333, Belgrade (2009). http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84902507488
7. Igumenshchev, I.V., Abramovich M.A., Astrophysical Journal 130, 463-484, 2000.
8. THE GALACTIC BLACK HOLE (Lectures on General Relativity and Astrophysics, Institute of Physics,Publishing Bristol and Philadelphia, 2003)
9. Wilson James R.,Grant J. Mathews, Relativistic Numerical Hydrodynamics, 2007.
10. Yankova, Krasimira, “Structure of accretion disk in the presence of magnetic field”,Publications of the Astronomical Society "Rudjer Boskovic", vol. 11, pp. 375-383, 2012. http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56206009300
11. Yankova, Kr.D., Publ. Astron. Soc. “Rudjer Bošković” vol. 12, 375-381, 2013. http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56206009300
12. Yankova, Kr., 2014, Proceedings SES 2014, ISSN 1313-3888 , 35-40, 2015.
13. Yankova, Kr., Bulgarian Astronomical Journal, Vol. 22, p. 83, 2015. http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56206009300
14. Yankova, Kr., 2015, SSTRI-BAN, Proceedings Seventh Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, ISSN 2367-7570, http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2015Sunny/Proceedings2015S1-2.pdf
15. Yankova, Kr., SSTRI-BAN, Proceedings Eighth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere andAtmosphere”, 2016, ISSN 2367-7570, http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2016Sunny/Proceedings2016.pdf
16. Yankova, Kr., SSTRI-BAN, Proceedings Ninth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere andAtmosphere”, 2017, ISSN 2367-7570 http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2017Sunny/Proceedings2017_V3.pdf

ВЕЛИКОТО АМЕРИКАНСКО ЗАТЪМНЕНИЕ НА 21 АВГУСТ, 2017 ГОДИНА - НАБЛЮДЕНИЯ И РЕЗУЛТАТИ

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

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Физически Институт "Лебедев", Руска академия на науките, Москва
[3]Национален изследователски институт по астрономия и геофизика, 11421 Хелван, Кайро, Египет
e-mail: penm@abv.bg, kuzin@mail1.lebedev.ru, bmarzoke@yahoo.com

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

Резюме: *Разгледана е програмата на научната експедиция за наблюдение на Великото Американско пълно слънчево затъмнение на 21 август 2017г. Тя бе подготвена заедно със специалисти на Руската, Френската и Египетската Академия на науките.Наблюдателната апаратура бе разположена в района на град Сейнт Джоузеф, САЩ, близо до река Мисури.*

За изследванията на бялата и монохроматична корона, за метеорологичната обстановка и светенето на небето бяха предвидени телескопи – 130/2 000 (Максутов-Касагрен) и 80/840 рефрактор, тесноивичен зелен филтър (λ= 5 303Á), фотоапарати „Канон" EOC, луксметри, видеокамери, автоматична климатична станция и компютри.

Пълното слънчево затъмнение на 21 август 2017г. е първото в САЩ от 99 години насам и пресича страната от Орегон до Южна Каролина. Ние успяхме частично да наблюдаваме явлението поради внезапно изменилите се атмосферни условия, но получихме прекрасни фотографии от нашите американски и френски колеги.

THE GREAT AMERICAN ECLIPSE ON AUGUST 21, 2017 - OBSERVATIONS AND RESULTS

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

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow
[3]National Research Institute of Astronomy and Geophysics, 11421 Helwan, Cairo, Egypt
e-mail: penm@abv.bg, kuzin@mail1.lebedev.ru, bmarzoke@yahoo.com

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

Abstract: *The program of the scientific expedition for observation of the Great American total solar eclipse on August 21, 2017 is considered. It has been jointly prepared with specialists from the Russian, French and Egyptian Academy of Sciences. The observational equipment was located in the area of the town St. Joseph, USA, near the Missouri River.*

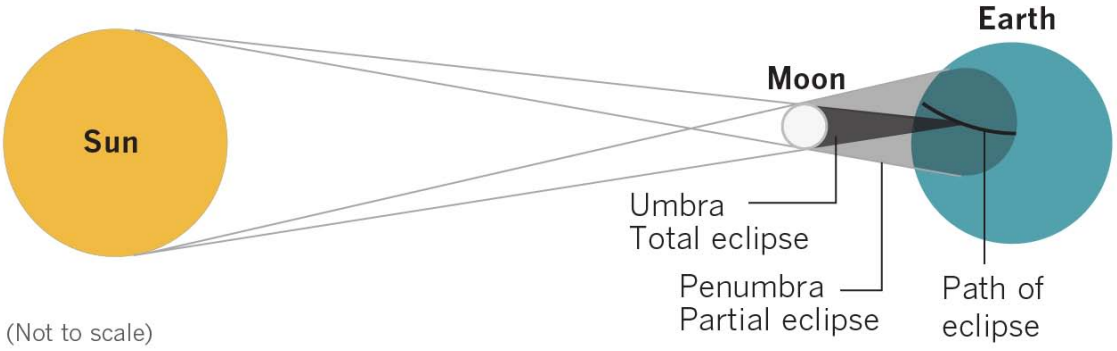
For the investigations of the white light and monochromatic corona, atmospheric response during the eclipse and variations of the sky illumination were provided telescopes - 130/2,000 (Macsutov-Cassegrain) and 80/840 refractor, narrow-band green filter (λ= 5 303Á), EOS Canon cameras, meteorological conditions and skylight , luxmeters, videocamers, automatic climate control station and computers.

Total solar eclipse on August 21, 2017 has been the first in the United States since 99 years and crosses the country from Oregon to South Carolina. We partly managed to observe the phenomenon due to suddenly changed weather conditions, but we received wonderful photographs from our American and French colleagues.

Въведение

Космическите обсерватории предоставят огромни възможности за изучаване физиката на слънчевата корона. Наземните наблюдения по време на пълни слънчеви затъмнения ни дават шанс да изследваме най-вътрешната част на короната. Така получаваме безценна информация за глобалното и локално магнитно поле на слънцето, за нагряването, структурата и динамиката на короната.

Пълно слънчево затъмнение се появява някъде по земята всеки 18 месеца.



Фиг. 1. Схема на пълно слънчево затъмнение

Луната напълно закрива Слънцето. През това време може да се види структурата на короната - външната атмосфера на Слънцето, която нормално е скрита от по-ярката фотосфера. Това е огромна област от супер нагрят газ, който се удържа от магнитното поле на Слънцето. Когато се блокира фотосферата, короната се появява с цялата си прелест - бледа, перлена светлина и стримери, излизащи от повърхността на Сънцето.

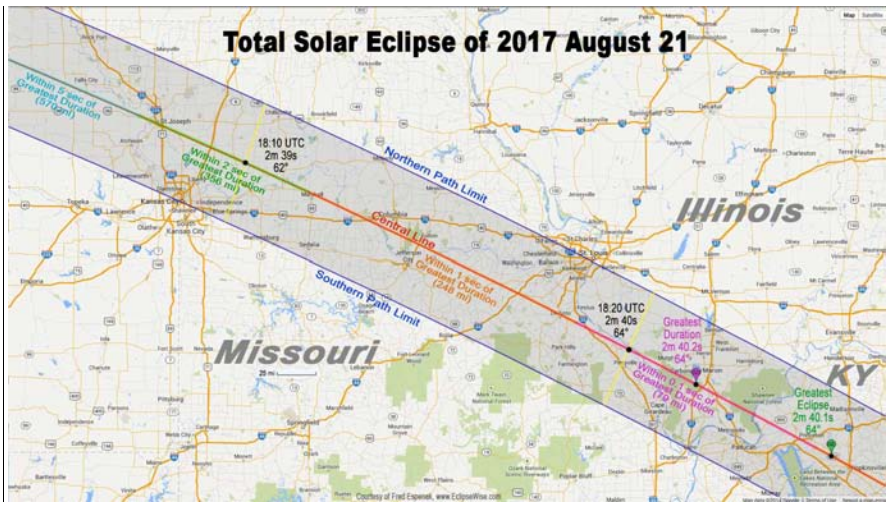
Съставните изображения и измервания, направени по време на предишни затъмнения разкриват, че короната е съставена от сложни вихри от газ, много по-горещ от повърхността на Сънцето. Температурата там е около 6000 градуса по Келвин, а на короната е средно 1 милион градуса по Келвин. Фундаменталният въпрос, който задаваме е "Какво причинява това нагряване?"

При наблюдение обикновено се използват дългофокусни обективи, които могат да заснемат изображения на Короната във видимата светлина. Правят се и спектрални измервания, за да се види кои елементи присъстват в Короната и колко горещи са те. Характерни са емисиите на многократно йонизираните железни атоми в зелена, жълта и червена светлина. За да достигнат това състояние, те трябва да се нагреят до много високи температури. Така, затъмнението ни предоставя уникалната възможност за определяне на термичното състояние на Короната на Слънцето.

Характеристики на пълното слънчево затъмнение на 21 август 2017 г.:

Великото американско затъмнение е първото в САЩ от 99 години насам и пресича страната от запад на изток - от Орегон до Южна Каролина. Явлението започва в 09:06 PDT (Pasific Daylight Time) (4:06 PM UTC (Coordinated Universal Time)) и завършва в 4:06 PM EDT (Eastern Daylight Time) (8:06 PM UTC). Най-голямата продължителност на пълната фаза е 2 минути и 41.6 секунди в Карбондейл, Илинойс. Слънцето е в минимума на своята активност.

Велико затъмнение се наблюдава когато оста на лунната сянка минава най-близо до центъра на Земята, а Велика продължителност се получава когато дължината на лунната сянка достига максимум по линията на тоталитета.



Фиг. 2. Великото американско затъмнение

Място на наблюдение:

Експедицията за наблюдение на пълното слънчево затъмнение на 21 август 2017г. бе организирана с помощта на проф. Джей Пасачов, ръководител на работната група по слънчеви затъмнения на Международния Астрономически съюз.

Апаратурата за наблюдение бе разположена в Националния парк на град Сейнт Джоузеф, САЩ, край река Мисури, в централната линия на затъмнението. Това е мястото с най-чисто небе през август. Тук и продължителността на пълната фаза е една от най-дългите - 2 минути и 38 секунди. Географските координати са $\varphi = 39°47'23.1''$ N, $\lambda = 94°52'42.6''$ E, Alt. = 253m.

Фиг. 3. Еблемата за наблюдение на пълното слънчево затъмнение в гр. Сеинт Джоузеф

В Сейнт Джоузеф затъмнението започва в 11:40:34 местно време и слънцето е на височина 54.1° на югоизток.

Пълната фаза започва в 13:06:19 и слънцето е на височина 61.9° на юг.

Максимума на затъмнението е в 13:07:38 и слънцето е на височина 61.9° на юг.

Краят на пълната фаза е в в 13:08:57 и слънцето е на височина 61.9° на юг.

Краят на затъмнението е в в 14:34:27 и слънцето е на височина 57.9 °на югозапад.

Град Сейнт Джоузеф е разположен на брега на река Мисури и е известен със забележителната си архитектура, артистична и музикална култура и първата поща в САЩ - Пони експресс, създадена през 1860г., когато с бързи коне са разнасяли писма, вестници и телеграми от Атлантика до Пасифика. По време на Великото американско затъмнение във всички музеи и паркове имаше програми и изложби, посветени на униканото природно явление.

Фиг. 4. Инструментите на българската експедиция за наблюдение на пълното слънчево затъмнение на 21 август 2017г. в Нционалния парк кай река Мисури, гр. Сеинт Джоузеф

Научна програма и резултати

1. Комплексна фотография на Слънчевата Корона във видимата светлина и получаване на съставно изображение на бялата Корона.

Оптичните наблюдения на бялата корона остават основен източник на информация за различните области на средната и външна корона на Слънцето. Короната в бяла светлина се формира от K- (Kontinuierlich) и F- (Fraunhofer) короната. К-короната се получава от разсейването на фотосферната светлина от бързо движещите се коронални електрони, а F-короната - от разсейването на фотосферната светлина от праха в междупланетното пространство между орбитите на Меркурий и Земята.

Използван е фотоапарат Канон EOS 750D с обектив с фокусно разстояние 300мм. За да се получи съставно изображение е необходимо да се направят снимки с експозиция от 1/500сек. до 2 сек. при чувствителност ISO 100.

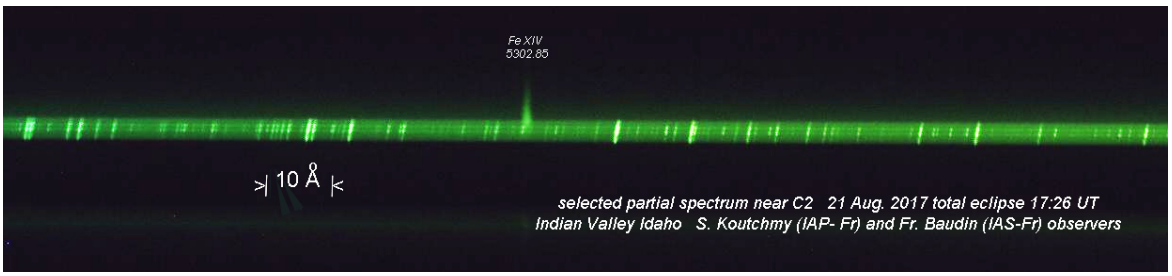
Фиг. 5. Слънчевата корона в бяла светлина. Фотография на екипа на проф. Пасачов от Уилямс Колидж, Портланд, Орегон; частичната фаза през облаци в С. Джозеф.

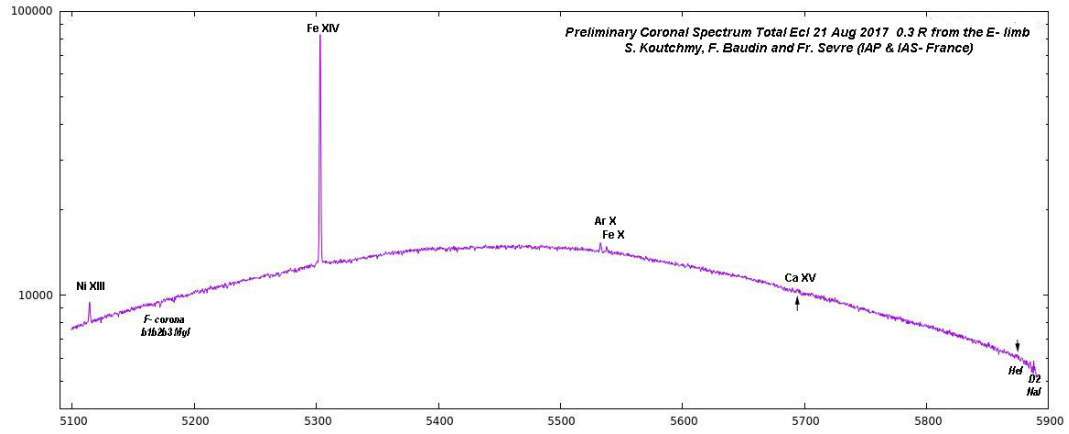
2. Астрометрия на явлението Пълно Слънчево Затъмнение на 21 август 2017 г. (визуални наблюдения и фотографиране на частичните фази).

Определя се точният момент на първия контакт с точност 1/10 сек. Фотографиране на диска на затъмненото Слънце в голяма фазова еволюция с точно опеделяне на моментите време на отделните фотографии. Контактът се определя визуално с 130/2000 Macsutov - Cassegrain телескоп с 20 мм окуляр и 99% неутрален филтър.

3. Фотометрия на слънчевата корона в зелената коронална линия (снимки с тесноивичен зелен филтър λ= 5 303Á).

Измерването и анализът на интензивността на емисионните линии е от основно значение за изследването на физическите условия и малко-мащабните структури във вътрешната корона на Слънцето. Присъствието на забранени линии от високо йонизирани атоми в спектъра на короната показва, че температурата там е много висока. Ние изследваме зелената коронална линия на 14 кратно йонизираното желязо с тесноивичен филтър с дължина на вълната *λ= 5303Á.*

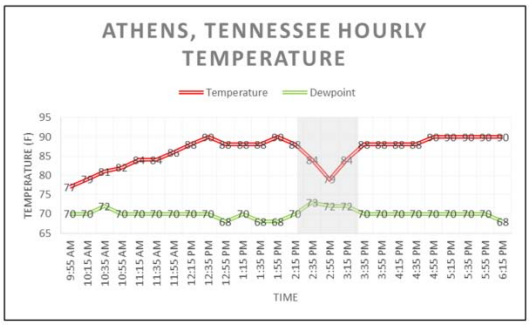




Фиг. 6. Спектри, получени от С. Кучми и Фр. Будон, от Института по Астрофизика, Париж, Франция

5. Метеорология на приземната атмосфера - измерване на температура, налягане и скорост на вятъра в двуметровия приземен слой на атмосферата.

По време на пълната фаза на слънчевото затъмнение, когато рязко прекъсва падащата светлина, температурата и налягането в атмосферата бързо се променят и това води до аномалии. Метеорологичните параметри се измерват с Професионална метеорологична станция.



Фиг. 7. Температура и влажност, измерени в Атина, Тенеси, САЩ. Температурата пада с 11 градуса, а влажността се увеличава.

6. Фотометрия на светенето на небето по време на фазовата еволюция на явлението Пълно Слънчево Затъмнение.

Промяната в яркостта на небето по време на затъмнението се измерва с 3 луксметъра LUX-PU-150 в зенит, в хоризонталната равнина и в равнината на слънцето близо до нея. Светенето намалява постепенно в ранните фази на затъмнението и бързо около пълната фаза. При наличието на облаци става особено тъмно.

Фиг. 8. Пълната фаза на затъмнението през облаци; Комбинация от космически наблюдения по време на Великото американско затъмнение и съставните изображения, получени от екипа на проф. Пасачов и публикувани от Центъра за космически полети на НАСА Годард . Подчертани са коронарните структури.

Успешно се реализира и проектът за Мегафилм (http://eclipsemega.movie), в който хората от цялата страна САЩ - "граждани-учени" изпращат фотографии или видеа към система, свързана с Гугъл, за да са достъпни за всички.

Фиг. 9. Диамантеният пръстен

Какво е да наблюдаваш Пълно Слънчево Затъмнение?

Всяко пълно затъмнение започва с частично затъмнение, при което Луната постепенно покрива все по-голяма част от слънчевия диск. Това става за около час, преди началото на пълната фаза на затъмнението. През по-голямата част от времето небето остава ярко и не може да се забележи, че има затъмнение. Малко преди пълната фаза небето става тъмно в посока на лунната сянка, като че ли се задава буря. Светлината, преминала през листата на дърветата образува хиляди полумесеци на земята. Сенките стават особено резки, а дневната светлина – слаба и сива.

В последните секунди лунната сянка се издига над хоризонта като завеса от мрак, която стремително ви приближава. Останалият от Слънцето сърп се накъсва на серия от брилянтни точки по края на лунния диск. Тези мъниста на Бейли се образуват защото слънчевата светлина свети през дълбоките долини между върховете на повърхността на Луната. Последният блясък, преди Слънцето да изчезне зад Луната е съпроводен с появата на призрачно - бялата слънчева крона и образуването на „Диамантения пръстен”.

Короната може да се види само при Пълно Слънчево Затъмнение, когато се закрива брилянтния слънчев диск. Сега небето е тайнствен здрач, достатъчно тъмен, за да се видят планетите и по-ярките звезди. Понякога, рубинено червени протуберанси могат да се видят по края на Слънцето. Това са огромни облаци от водороден газ, по-големи от Земята. Често животните се държат така, сякаш е дошла нощта. Температурата може рязко да спадне.

Пълната фаза рядко продължава повече от няколко минути (около 7 мин. максимум). След края на пълната фаза дискът на Слънцето се открива, отново се виждат мънистата на Бейли и Диамантеният пръстен, короната изчезва и се връща дневната светлина.

Пълното Слънчево Затъмнение е най-грандиозното, красиво и внушаващо страхопочитание природно явление. Ако веднъж се види, никога не може да се забрави. Ако някога имате възможност да наблюдавате Пълно Слънчево Затъмнение, не я пропускайте!

ИСТОРИЯ, НАСТОЯЩЕ И ПЕРСПЕКТИВИ НА КОСМИЧЕСКИТЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ПРОСЛЕДЯВАНЕ (SST) В БЪЛГАРИЯ

Огнян Огнянов[1], Явор Шопов[2], Петър Гецов[3], Пенка Мъглова[3], Алексей Стоев[3], Сергей Кузин[4], Андрей Перцов[4]

[1]Институт за високи технологии в индустрията 4.0, София
[2]Софийски университет „Кл. Охридски", София
[3]Институт за космически изследвания и технологии, БАН, София
[4]Физически институт, РАН, Москва
e-mail: ognianov@acceco.com

Ключови думи: *Космически наблюдения и проследяване, Познаване на ситуацията в космоса, Наблюдения на космически отпадъци в близкия Космос*

Резюме: *В доклада е представена историятата на оптическите и лазерни наблюдения на Изкуствени спътници на Земята (ИСЗ) в България в периода 1958 - 2002 г. Показани са основните насоки на развитието на тази перспективна област на космическите изследвания в света, и в частност в САЩ, Русия и Европа.*

Разгледани са главно европейските насоки на развитието на космическите наблюдения и проследяване (SST). Показани са главните усилия за изграждането на оперативна мрежа за наблюдения на ИСЗ и космическите отпадъци (SD).

Демонстрирани са типовете наблюдения: радарно, оптично и лазерно. Също така са дефинирани типа наблюдения на SST и SD:

- *Панорамни наблюдения за детектиране на обекти с използването на широкоъгълни светосилни обективи;*
- *Определяне на прецизни координати с използването на точно насочени телескопи с оптично водене;*
- *Определяне на точното разстояние до тях с лазерен сигнал;*
- *Оптично разпознаване (идентификация) на силуета на спътници и отработени елементи от тях.*

Дискутирани са изграждането и развитието на наблюдателни мрежи в Европа и привързването на български наблюдатели на SST и SD към тях. Показани са отделните етапи на получаване и съхраняване на данни, каталогизирането на обекти и детайли.

В заключение е показана структурата за изграждането на такава станция за SST и SD в България, както и отделните етапи за това: Първи етап – оптични наблюдения, Втори етап – лазерни наблюдения, Трети етап – радарни наблюдения.

HISTORY, PRESENT AND PERSPEKTIVES OF SPACE SURVEILLANCE AND TRACKING

Ognian Ognyanov[1], Yavor Shopov[2], Petar Getsov[3], Penka Malgova[3], Alexey Stoev[3], Sergey Kusin[4], Andrey Pertcov[4]

[1]Institute of High Technology in Industry 4.0, Sofia
[2]Sofia University "Kl. Ohridski ", Sofia
[3]Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia
[4]Lebedev Physical Institute, RAN, Moscow
e-mail: ognianov@acceco.com

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

Abstract: *The report presents the history of the optical and laser observations of Artificial Earth Satellites (ESA) in Bulgaria in the period 1958 - 2002. The main directions of the development of this perspective field of space research in the world, and in particular in the US, Russia and Europe.*

In particular, the European Development Guidelines Space Surveillance and Tracking (SST) are considered. The main efforts are being made to build an operational network for SST and Space Debris (SD) observations.

The types of observations have been demonstrated: radar, optical and laser. Also, the type of SST and SD observations is defined:

- Panoramic observations for object detection using wide-angle light-eyed lenses;

- Determination of precise coordinates with the use of accurately directed optical telescopes;

- Determining the exact distance to them with a laser signal;

- Optical identification of the silhouette of satellites and their processed components.

Discussion on development of observation networks in Europe and the participation of Bulgarian SST and SD observers to them were discussed. The individual stages of data acquisition and storage, cataloging of objects and details are shown.

In conclusion, the vision for the construction of such a station for SST and SD in Bulgaria is shown, as well as the different stages for this: First stage - optical observations, Second stage - laser observations, Third stage - radar observations.

Въведение

Бързо растящия брой малки сателити и планове за развитие на големи съзвездия от спътници допълнително увеличават необходимостта от надеждна и навременна информация за космическите обекти.

От 2009 г. насам Европейската космическа агенция (ESA) предприема програма за информираност за ситуацията в космоса (Space Situational Awareness - SSA) с три сегмента Space Weather (SWE), обекти в близост до Земята (NEO) и космическо наблюдение и проследяване (SST). Третия етап на програмата е одобрен от Управителния съвет на ЕКА през декември 2016 г. за период от три години от 2017 г. Общо 19 държави-членки на ЕКА участват в програмата SSA, от които 11 са абонирани за сегмента SST. В него са включени разработването на технологии за откриване, каталогизиране и проследяване на космическите обекти и на техните приложения за прогнозиране на сблъсъци, прогнози за повторно влизане на останки от сателити в атмосферата и откриване на събития с фрагментация, като първи важни стъпки към европейски капацитет в SST.

За да постигне тази цел, ESA се фокусира върху научните изследвания и развитие, подпомагане на националните инициативи и на взаимно допълване с други европейски подходи в SST. Очаква се, че в Европа възниква търсене на по-големи, транс-национални компоненти на SST и необходимост от технологични разработки за да се осигури оперативна съвместимост на системите. Примери за планирани дейности са космически SST сензори, софтуер за обработка, улесняване на механизмите за обмен на данни и общите методи и формати за обработка на данни. С дейностите на програмата SSA експертизата на ESA ще бъде допълнително използвана за подпомагане на научните изследвания, разработването и координирането на свързаните с космоса технологии в многонационална среда и при оценката и развитието на съответните нови технологии.

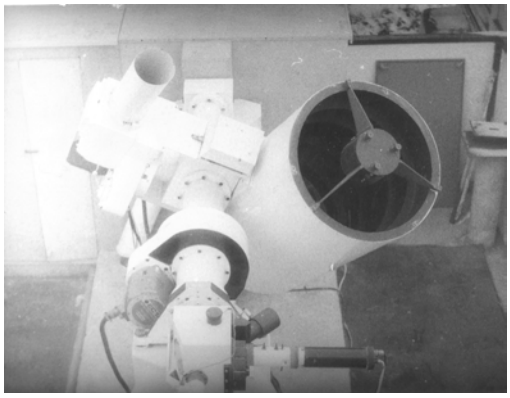
История на наблюденията на ИСЗ в България

На 4 октомври 1957 година е изстрелян Първият изкуствен спътник на Земята. Започва космическата ера в историята на Човечеството. Следват още стартове на ракети, възниква необходимост от изследване на движението на спътниците, еволюцията на техните орбити, промяната в блясъка им. Нужни са редовни наблюдения на движенията на изкуствените спътници на Земята (ИСЗ), а за реализирането на тази цел са необходими обучени наблюдатели. Така закономерно възниква нуждата от институции, занимаващи се с такава дейност.

Този процес не подминава и България. 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 са 1101 – София, 1102 – Стара Загора, 1103 – Варна. По-късно, тези станции преминават в 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”, което позволява 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 мм, F = 736 мм) – едната за ЦЛВГ, БАН а другата – за НАО, Стара Загора. Наблюденията на ИСЗ в НАОП, Варна постепенно отпадат от списъка на научните наблюдения, поради невъзможност да се оборудва наблюдателната станция със следващо поколение астрономически уреди за наблюдения на ИСЗ.



За нуждите за космическото приборостроене през 1982 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. През 1981 г. в Стара Загора е организирана и проведена Международната конференция за оптични наблюдения на ИСЗ в рамките на Международната организация “Интеркосмос”, Секция 6 с участието на повече от 270 учени от 14 страни.

Визуалните, фотографски и лазерни наблюдения на ИСЗ в България продължават до 2002 г., когато постепенно те престават да бъдат извършвани поради липса на финансиране и преминаване на световните наблюдателни центрове за наблюдения на ИСЗ на по-високо технологично ниво.

Състояние на Космически наблюдения и проследяване

В настоящия момент основните наблюдения за каталогизиране на космическите обекти се извършва в САЩ и Русия. Програми за наблюдение имат и в Китай, където напоследък се изгражда голяма наблюдателна мрежа, Япония, Индия, Канада.

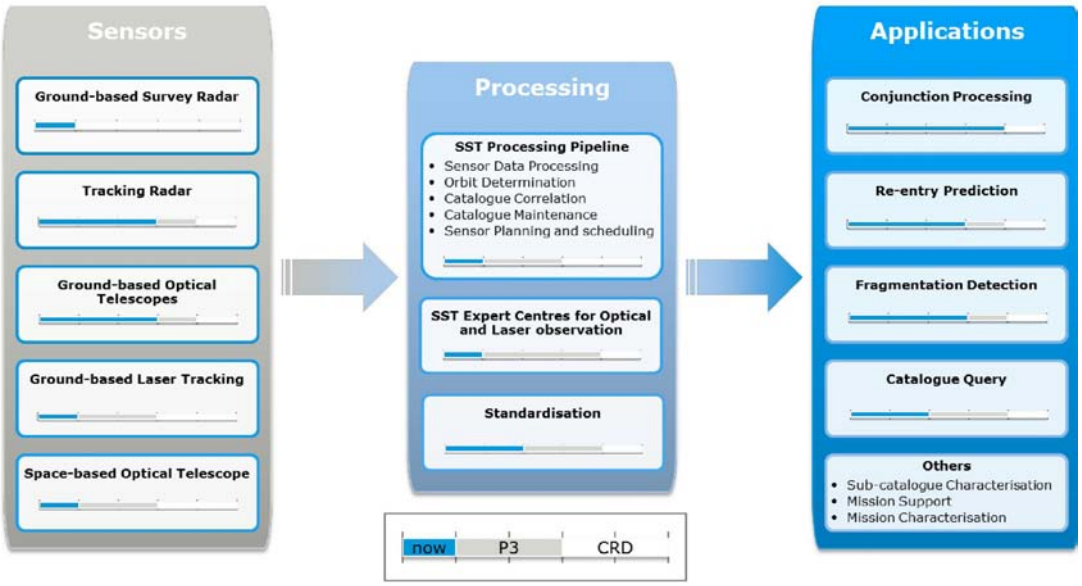
Големите европейски държави имат собствени наблюдателни мрежи, като за по голяма ефективност те постепенно се интегрират под егидата на ESA.

Програмата SSA се управлява чрез програмен офис, които е базиран в базата ESOC на ESA. Тя се изпълнява като незадължителна програма на ESA с финансово участие от 19 държави-членки. През първите два периода бяха утвърдени над 100 договора с индустрията за работа, свързана със SSA. Текущият период е финансиран с 95 млн. Евро за 2017-2019 година. През всичките три периода дейностите по SSA са финансирани на обща стойност около 200 милиона евро. Днес в програмата участват Австрия, Белгия, Чехия, Дания, Финландия, Франция, Германия, Гърция, Италия, Люксембург, Холандия, Норвегия, Полша, Португалия, Румъния, Испания, Швеция, Швейцария и Съединените щати, което позволява на юридическите лица от тези държави да кандидатстват за промишлени дейности по проекта.

SST включва технологии за откриване, каталогизиране и предсказване траекториите на обектите обикалящи около Земята. ESA разработва, демонстрира и утвърждава свързаните със SST технологии приложения. Допълването с други паралелни европейски подходи и научноизследователска и развойна дейност в подкрепа на националните инициативи се гарантира чрез изпълнението на програмата.

Очакваме бързо нарастващата необходимост от данни от SST да подкрепи оценката на ефективността на насоките за изпълнение и да допринесе за решаването на регулаторни въпроси [1]. Малките спътници се изстрелват с нарастваща честота в масови количества. Изведени са на няколко големи комерсиални съзвездия в орбита. SST е необходима за откриване на фрагментации в орбита и за споделяне на каталожна орбитална информация за генерираните фрагменти. Определена е средна стойност на годишната честота от около 3,4 фрагментации за последните 10 години [2]. Имайки предвид и статистическите данни за космически отломки с под-каталожни размери, MASTER модела на ESA изчисли, че повече от 750 000 обекти, по-големи от 1 cm са в орбита на Земята [3] с потенциал да повредят или унищожат действащи спътници, създавайки още повече фрагменти.

Днес, разчитането на навременни и точни данни от каталога на SST е реалност в съвременните операции с космически апарати, особено за избягване на сблъсъци и за оценка на събитията за повторно навлизане. ЕКА и всички европейски национални космически агенции и комерсиални оператори зависят от данните от наблюдения от неевропейски (предимно американски) източници.



Фиг. 1. Статус на разработките на SST, планове за период 3 на програмата и изисквания в CRD, по [6]

Използването на външни данни от наблюдения е извън обхвата на програмата SSA на ESA. Оперативна подкрепа за мисиите, базирани на данни от наблюдения се предоставя от

Службата за космически отломки на ESA. ESA като оператор на космически апарати има действащи активности, като тази за осигуряване на услуга за избягване на сблъсъци [4], за предсказване на повторно влизане [5] и за подкрепа на непредвидени и специални фази на мисията на космически апарати, като Стартиране и Ранни орбитални фази (LEOP). За подпомагане на операциите на ESA, беше подписано споразумение за обмен на данни между USSTRATCOM и ESA през 2014 г., позволяващо операциите на ESA да бъдат предупреждавани в случай на идентифициран риск от сблъсък.

План на SST в третия период на програмата

Плановете в програмния период 3 за SST са описани подробно в този раздел. Следваме потока от данни за SST: започвайки от сензорните системи, последвани от мрежови аспекти и на обработката на данни и производните им приложения. Форматите за обмен на данни и стандартите, както и сътрудничеството се разглеждат отделно.

Можем да сравним текущото състояние и планираните постижения в програмата със създадения от SSA на ESA документ за изискванията на клиента (CRD). Фигура 1 показва, че най-добрият прогрес досега може да бъде докладван за приложенията и за някои избрани сензорни технологии, докато за проучвателните радари не е предвидена пътна карта за периода 3.

1. Дейности на SST сензорите.

Проучена е една нова за Европа сензорна технология, която е космически базиран инструмент за SST цели. Основните проучвания проведени в рамките на Програмата за общи изследвания (GSP) на ESA, дадоха жизнеспособна концепция за фаза A. Космическа платформа на нискоземна, Слънце-синхроненна орбита в залез/зора, която сканира цялото GEO ежедневно с пасивен фиксирано-монтиран телескоп с около 20 см апертура е намерена за достатъчна за постигане на задачите за SST, определени в CRD. Концепцията на мисията е гъвкава за прилагане чрез демонстратор или полезен товар, базиран на мисия за наблюдение на Земята в сътрудничество с националните структури. Освен това този дизайн на сензорите може значително да допринесе за подобряването на статистически познания за под-каталожните малки космически отпадъци в LEO. С подкрепата на програмата за развитие на технологията на ESA, консолидираният дизайн от GSP проучването е допълнително детайлизиран. Прецизиран дизайн на мисията и инженерния модел на сензора за космически базиран SST компонент е планиран в периода 3.

Наземните телескопи, лазерните системи за измерване и радарните сензори са предмет на изследователска и развойна дейност (например, развитието на лазерните далекомери, използването на двата роботизирани телескопа на ESA или моностатични и бистатични радарни системи, притежавани от ESA). Целта е продължение на подкрепата на разработване на националните сензори, особено за посрещане на международни технологични нужди на всички нива на технологична готовност и за квалифицирани национални сензори.

2. Дейности в областта на сензорните мрежи и обработката на данни от SST и свързаните с тях технологии.

Развитието на технологиите за SST за оптични и лазерни сензори се нуждае от създаване на експертни центрове в областта. Наскоро първата версия на технологията на експертния център бе разгърната и тествана. През периода 3 се провежда финализирането на разработките и обширните тестови операции. Целта е да се използва ефективният обмен на данни с външни сензори за насърчаване на оперативната съвместимост на SST системи и сензорни инсталации. Освен това, подкрепата на Експертния център за квалификация, оценка и калибриране сензори, както и за подобряване на сензорите и разработките, вече е демонстрирана. Тази демонстрация разкрива голям потенциал и в подкрепа на националните дейности

3. Дейности в приложенията за SST

SST поставя фокуса на развитието върху SST сензорите и обработката на данни. Вече разработените приложения за SST за предотвратяване на сблъсъци, предсказване на събития на повторно навлизане, откриване на фрагментация и допитвания до каталозите ще бъдат поддържани, допълнително интегрирани и валидирани, като се използват наличните данни. Поддръжката ще включва и внедряване на нови и ревизирани стандартизирани формати на съобщенията в подкрепа на основните софтуерни дейности на SST.

4. Аспекти на сътрудничеството и стандартизация в SST

Нова посока в развитието на SST в Европа идва с въвеждането на финансирана от ЕС Рамка за подкрепа на SST. В тази сложна и динамична среда работата на SST на ESA ще продължи да подкрепя развитието на европейските способности чрез научноизследователска и

развойна дейност. Тези дейности ще бъдат допълнени от свързаните с това тестове и валидиране, разработване на сензорни технологии, обработка на данни и приложения.

ESA ще продължи да подкрепя и да води дейности, свързани със стандартизацията на SST (например в CCSDS).

Заключение

Като заключение може да кажем, че целия сегмент на космическо наблюдение на околоземното пространство е в бурно развитие и се развива много динамично. Като се има предвид опита в България от такива наблюдения и участието на страната в ЕКА, е естествено да се очаква възстановяването на наблюденията и в нашата страна. Стъпка в тази посока е създаването на Национален Център за Космическо Наблюдение и Проследяване (ЦКНП) в гр. Стара Загора. В началният етап, поради липса на собствена наблюдателна база е предвидено въз основа на договори със съществуващи 3 малки обсерватории да започнат тестови наблюдателни кампании за изясняване на технологията и организацията на този тип наблюдения. Към тези станции се очаква да се включат и други 2 обсерватории които се очаква да бъдат изградени в близко бъдеще. През този първи етап се предвижда да се провеждат само оптични наблюдения, за детектиране и проследяване на космически обекти, отработване на технологията, подбор на необходимата техника за втория етап и провеждане на експерименти за обмяна на съобщения между обсерваториите и националният център за обработка и каталогизиране. На този етап се планира и провеждане на експеримент по обмяна на съобщения с мрежата на ESA за SST. На вторият етап се предвижда при спечелване на проект за изграждане на научна инфраструктура, в гр. Стара Загора да бъде изградена собствена обсерватория за космически наблюдения. Поради ограничения размер на очакваното финансиране се предвижда да бъде изградена базовата инфраструктура, оптична обсерватория с автоматизирано наблюдение и национален компютърен център за обработка на резултатите. Предвижда се при възможност да се запази сътрудничеството с обсерваториите от първият етап на проекта, което ще позволи в България да се изгради мрежа от наблюдателни станции. Такава постановка ще изведе наблюденията у нас на много високо ниво. На третия етап при спечелване на европейски проект е предвидено инсталиране на лазерен далекомер, което ще даде възможност за пълно определяне координатите на космическите обекти.Тъй като в страната има известна налична инфраструктура и опит в научните среди, на следващи етапи, при наличие на финансиране се предвижда изграждане и на станция за радарно наблюдение.

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. Braun, V, Lemmens, S, Reihs, B, Krag, H.and Horstmann, A., Analysis of Breakup Events, In: Proceedings of the Seventh European Conference on Space Debris, Darmstadt, Germany, 2017.
3. Flegel, S., Gelhaus, J., Wiedemann, C., Vorsmann, P., Oswald, M., Stabroth, S. and Krag, H. The MASTER-2009 Space Debris Environment Model. In: Proceedings of the Fifth European Conference on Space Debris, Darmstadt, Germany, 2009.
4. Braun, V., Flohrer, T., Krag, H., Merz, K., Lemmens, S., Bastida Virgili, B., Funke, Q., Operational support to collision avoidance activities by ESA’s space debris office. CEAS Space Journal, 8(3), 2016.
5. Lemmens, S., Bastida Virgili, B., Braun, V., Flohrer, T.,. Funke, Q., Krag, H., Mclean, F., and Merz, K., From end-of-life to impact on ground: An overview of ESA's tools and techniques to predicted re-entries from the operational orbit down to the Earth's surface, In: Proceedings of the 6th International Conference on Astrodynamics Tools and Techniques, Darmstadt, Germany, 2016.
6. Flohrer, T. and Krag, H., ESA’s SSA Programme: Activities in Space Surveillance and Tracking (2017) in press
7. Масевич, А. Г., Лозинский А. М., Фотографическиенаблюдения искусственных спутников Земли, «Научные информации Астрономического совета АН СССР»,1970, с. 18.
8. Utzmann, J., Wagner, A., Silha, J., Schildknecht, T., Willemsen, P., Teston, F. and Flohrer, T. A system design for space-based space surveillance. In Proceedings of Small Satellites Systems & Services Symposium, Porto Petro, 2014.
9. Utzmann, J., et al., Optical In-Situ Monitor – A Step Towards European Space-Based Debris Observations, Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference, Maui, Hawaii. 2017.
10. Kirchner, G., Koidl, F., Friederich, F., Buske, I., Vцlker, U., and Riede, W. Laser measurements to space debris from Graz SLR station. Advances in Space Research, 51(1), 2013.

ОСВЕТЛЯВАНЕ НА „ТЪМНАТА" МАТЕРИЯ

Велко Велков

e-mail: velvel@mail.bg

***Ключови думи**: тъмна енергия, тъмна материя, Същност.*

***Резюме:** Докладът е посветен на въпроси, свързани с т.н. „тъмни" енергия и материя, които съвременната физическата наука усилено изследва теоретично и търси експериментално, с надеждата да бъде изграден най-после завършен и всеобхватен модел за произхода и устройството на заобикалящия ни свят. Предложен е нов възглед за тъмната материя, като по този начин тя е изведена от тъмнината и осветлена. Внесена е яснота относно нейната същност, параметри и роля във физическата реалност.*

LIGHTENING OF THE DARK MATTER

Velko Velkov

e-mail: velvel@mail.bg

***Keywords:** dark energy, dark matter, Essence.*

***Abstract:** The report is dedicated to issues, related to the so called "dark" energy and matter, that modern physical science intensively investigates theoretically and experimentally, with the hope to be built finally a complete and comprehensive model, concerning the origin and structure of the world around us. A new concept about the dark matter is proposed, thus it is taken out from the "darkness" and it is lit. It is clarified its nature, parameters and role in the physical reality.*

Физическата наука днес полага значителни усилия по изследването на т.н. „тъмна" материя, като една от възможностите за по-дълбоко и обхватно осмисляне на физическата реалност и построяване на цялостен модел на Всемира, какъвто все още не е изграден. На лице са множество разработки и публикации, някои от които доста сериозни, други не до там.

Част от изследователите по въпроса или феномена „тъмна" материя, например [1], [2], [3], [4] даже са определили, без да знаят какво точно представлява тя като физическо съдържание, нейният дял в обема на всемирното пространство. Освен „тъмна" материя във физиката, без никакво основание и обосновка, е въведена и категорията или понятието „тъмна" енергия. Тя е въведена, както и редица други феномени, очевидно от невъзможност да бъдат изяснени коректно, на здрава физическа основа, редица явления и процеси. Въведена е като нещо изначално, нещо съвсем отделно от самата „тъмна" материя и познатата на физиката или условно „светла" материя, от която е изградено барионното вещество. В цитираните и други публикации се въвеждат дори пропорции и съотношения за дяловете на различните видове материя и енергия във Всемира. Разпределението, например според [1], е както следва: 74 % - „тъмна" енергия, 22 % - „тъмна" материя и само 4 % - познатата ни светла материя или вещество. При това от тези оскъдни 4 % светла или веществена материя, 3,6 % са във вид на междугалактичен и междузвезден прах и само 0,4 % концентрирани в звезди, планети, комети и други структурни образувания. Отнасяйки се колегиално и с уважение към труда на всички изследователи по темата „тъмна" материя за техните усилия да изяснят на себе си, а и за науката, този така важен въпрос, не може да не бъдат изразени някои съмнения и резерви по предлаганите постановки и да бъдат предложени в противовес съображения, базирани на нови актуални изследвания в това направление. Те са отразени в няколко публикации от последните години, например [5], [6], [7], [8].

Предварително обаче следва да бъдат направени някои уточнения, с оглед повече яснота и конкретност при следващото изложение.

Преди всичко е необходимо ясно и точно да бъде осмислено и определено възможно ли е съществуването на енергия без наличието на материя. Ако се върнем доста години назад и си спомним за едно от теченията във физическата наука „енергетизъм", с негов основен представител Оствалд, според който енергията „е нещо извън всичко друго, тя е първопричината и основата на всичко" ще открием, че идеята за наличието на енергия извън материя, като самостоятелна физическа реалност и категория не е нова. Оствалд и енергетиците едва ли са си задавали и изяснявали въпроса от къде се взема енергия и какво всъщност представлява и отразява тя. По скоро не, защото приемат както беше цитирано, че тя е нещо над всичко, самодостатъчна в своето съществуване и не подлежи на анализ и изследване. Но ако за учените от преди 100-200 години може да се намери някакво оправдание за такава представа и заключение, поради общото ниво на развитие на науката към онова време, то е парадоксално, че и много съвременни учени, в т.ч. водещи физици не отиват по-далеч в разбиранията и по-дълбоко в основите на физиката. Те също смятат, а и налагат становището, че Вселената, физическата реалност, произхождат от неща без ясни физически характеристики и параметри, например от самото пространство според Уилър (геометродинамиката), от енергията на вакуума според Питър Хигс, посредством "божествената" частица Х-бозона и едва ли не от нищото, според Краус и Грийн. Показателни в това отношение са книгите на последните двама физици и автори, „Вселената от нищото" на Лорънс Краус или „Скритата реалност", „Елегантната вселена" и „Тъкънта на космоса" на Брайън Грийн. Книги с много данни и информация в тях, но много далеч от задълбочено изясняване на физическия свят. Никакъв опит за търсене на отговор на основния въпрос на физиката, а именно, от какво произтича и се развива всичко, дали не е от нещо реално съществуващо. Очевидно е, че когато е изчерпана възможността за изясняване на нещата в дълбочина, в корен, изходът е да се приеме нещо за даденост и всичко да се гради и изяснява на тази основа. Друг е въпросът дали приетото начало съответства на реалната действителност. Известни са и други форми на човешкото познание, които ползват подобен подход.

За строго и научно обосновано доказателство, че енергия в „чист" вид и сама по-себе си, като нещо изначално и първично, не може да съществува, е достатъчно да се обърнем към основните формули за енергията от двете водещи към момента теории във физиката, изясняващи процесите на макро и микро ниво на физическата реалност, съответно Теорията на относителността и Квантовата механика. Двете формули в тях са съответно $E = m.c^2$ и $E = h.f$. Те еднозначно и недвусмислено указват условията за пораждането на енергия, а именно наличието на предпоставка, съответно маса материя или квант (m и h) и състояние на динамика, движение на тази предпоставка (c и f), при това съвместно. Стойност 0 (нула), на която и да е от двете компоненти във формулите или отсъствието на което и да е от двете условия, т.е. наличието на маса и нейната динамика едновременно, изключва възможността за пораждане и наличие на енергия.

Следователно енергия в „чист" вид, обективно като нещо базово, не може да съществува. Тя може да се появи едва след наличието на някакви формирования и тяхното движение и взаимодействие. Енергията, според указаните нови изследвания, е определена като мярка за количество действие, формирано от някаква маса и скоростта на промяна на нейното състояние в пространството, или динамиката й. Доколкото масата и кванта, както и тяхното движение, са присъщи само на материята, то и енергията може да бъде само „светла", което изключва възможността за наличие на „тъмна" енергия. Тя би трябвало да бъде отхвърлена и забравена от физиката като физическа реалност и категория, и въобще да не се извежда в ранг на равностойна компонента, наравно с реалната материя и дори „тъмната" материя, както и да се обсъждат въпроси, свързани с нея.

И така, остава възможността за съществуването и наличието само на две компоненти на физическата реалност, а именно известната ни, позната, както я нарекохме условно „светла" материя и все още непознатата ни, неясна и поради това именувана „тъмна" материя. Изясняването на нейната физическа същност, място и роля в реалността стана възможно в процеса на изследването на редица все още неизяснени въпроси от съвременната физика. В търсенето на комплексен, обобщаващ, отговор на такива въпроси като, кое придава маса на елементарните частици на веществото, коя е причината материалните тела да се насочват едно към друто, разширява ли се Вселената, имало ли е Голям взрив като начало на Вселената и съответно точка на сингулярност, възможно ли е съществуването на т.н. „черни" дупки и редица други, се стига до идеята, че всички тези явления и процеси би трябвало да имат обща реална физическа основа и обединяващо звено. Съвременната физика отчетливо долавя и

установява, че такова нещо й липсва, но обективно го има, в резултат на което се възприема с основание определението „тъмна" материя, като нещо неясно и необяснимо. Без неговото разкриване и ясно определяне изглежда невъзможно както изясняването на посочените явления и процеси, така и сглобяването на цялостна и завършена представа за физическия свят. Усилено се търси из всемирното пространство „тъмна" материя с презумцията и предубеждението, че тя е някъде отделена и обособена от останалата физическа среда, уединена в някой космически кът и чака да бъде открита. И още едно погрешно предубеждение препятства издирването й. По аналогия с познатата материя и поради прекомерното фаворизиране, дори фетишизирането, на квантовата идея и формализъм, се е наложило схващането, че всичко във физическия свят се квантова. Дори се спряга идеята за „квантова гравитация", тази причудлива комбинация, нямаща физическа основа, но явяваща се надежда за изход от застоя във физиката. И така с представата и мотива квантоване се провеждат експерименти по издирването на частици с прието наименование „вимп" (от английското WIMP - Weakly Interacting Massive Particles – слабо взаимодействащи масивни частици) или още аксиони, като елементарни частици или кванти носители на „тъмната" материя. За съжаление и в това направление, както при гравитацията, с въвеждането на гравитон и гравитационни вълни по аналогия с електромагнетизма, аналогията е лош помощник и отвежда встрани от действителността.

С убеждението и съзнанието, че следваните пътищата и прилагани методи за разкриването на „тъмната" материя са изчерпани и не водят до нужните резултати, беше потърсен и приложен нов подход за издирването й. Подходът се основава на идеята, че параметрите на непознатата до сега и издирваната „тъмна" материя би трябвало да са обезателно свързани с фундаменталните физични величини, за каквито физиката е определила гравитационната величина, скоростта на разпространение на електромагнитните взаимодействия и планковата константа. Именно чрез тях и съответни теоретичните изводи и аналитични изрази на теорията на полето, термодинамиката и маханиката бяха определени присъщите физически параметри на издирваната физическа реалност или „тъмна" материя, изчислени техните актуални стойности и диапазона на промяната им в процеса на еволюцията, както следва:

- за плътността – от 10^5 до 10^8 g/cm^3, при актуална стойност - 1,49.10^7 g/cm^3 ;
- за модула на еластичност - 13,4.10^{27} Pa (Pa – паскал, единица мярка за еластичност);
- за средната температура – диапазона от приблизително абсолютната нула 0^{O}К до 9-10^{O}К, при актуална стойност 2,73^O К;
- за термодинамичната величина, изчислена на базата на уравнението на състоянието на средата - 7. 10^{14} erg/grad;
- за вътрешното налягане в средата - 18,9.10^{14} erg/ cm^3;
- за скоростта на електромагнитните колебания или светлината в процеса на еволюцията на средата – от 10^8 до 10^{11} cm/s при актуална стойност 3.10^{10} cm/s;
- за скоростта на въздействието на средата върху веществото или скоростта на промяна на вътрешното налягане в средата – от 10^{10} до 10^{13} cm/s, при актаулна скорост приблизително 10^{12} cm/s.

В резултат на определените обективно реални физически параметри „тъмната" материя бе разкрита, „осветлена" и определена като физическа реалност, първична маса и среда с физически състав и същност, еднакви с тези на познатата ни материя, но със специфични, присъщи физически параметри, значително отличаващи си по стойности от нейните. За отчетливо разграничаване между известната материя и „тъмната" или новоустановената, на последната беше присвоено наименованието Същност, отразяващо първичност и фундаменталност, същевременно кратко, не съставно, изчерпващо и отразяващо началото, същината и последователността на процесите във физическата действителност. Приемайки с убеденост тъждествеността на „тъмната" материя с новоустановената физическа реалност или кратко Същност, в следващото изложение ще бъде използван именно този термин и категория.

Вече определените параметри на Същността недвусмислено указват, че това е непрекъсната и неразривна хомогенна среда, с много висока плътност. Тя е недискретизирана, неквантована еднородна маса, изпълваща плътно цялото всемирно пространство, при това изоморфно, т.е. без обособени точки и зони и изотропно, т.е. без особени и привилегировани направления в нея. Всички така изведени за нея признаци и характеристики, съгласно теорията на полето, я определят недвусмислено и еднозначно като базов континуум на физическата релност, за разлика от изкуствено въведения континуум пространство-време, континуум от две нямащи физически характиристики и параметри или общи признаци, категории. Тук следва ясно да бъде изказано твърдение, което освен за достоверно, може да се счита и за определящо при описанието и изграждането на представи, идеи, хипотези, модели и теории за Всемира, а

именно че геометрията не е и не може да породи физика, обратно физиката неминуемо поражда геометрия. Това е ясно най-малкото поради неоспоримия факт, че геометрията не е физична категория с физически атрибути, каквато е Същността. С геометрията само могат да бъдат представяни и описвани явления и процеси от обективния свят. Тя не може да бъде нещо повече от помощно средство за описание и изграждане на модели за околния свят, но не и основен атрибут на физическата реалност.

Математически реалния физически континуум може да се опише като скаларно поле на Същността. Следователно с тензори от нулев ранг или скалари могат да бъдат представяни и описвани всички негови параметри, представени по-горе. Такъв скалар е например вече определената плътност. Както е известно от математиката тензорите от нулев ранг са величини само със стойност, големина, но без направления, докато векторите са величини от първи ранг, описвани със стойност и направление.

Изпълваща по определения начин цялото всемирно пространство, в отсъствието на каквито и да е нееднородности, Същността би следвало да е в абсолютен покой, в собствена инерциална система и отсъствие на каквато и да е енергия. Тя е само привидно с много висока плътност, защото същевременно плътността ѝ е нищожно малка по сравнение с плътността на градивните елементи на „светлата" материя, на веществото, чиято плътност е в диапазона 10^{13} - 10^{15} g/cm^3. Съотношението между плътностите на фундамента и градивните елементи на материята, барионното вещество, навежда на мисълта и дава сериозно основание за допускането, че елементарните частици на веществото са породени именно от масата на Същността без посредничеството на хипотетичната „божествена" частица или издирвания също така упорито и неуспешто Х-бозон. Т.е. елементарните частици сами извличат маса от средата на Същността кондензирайки и уплътнявайки я по силата на термодинамичните закони в обеми с размери в диапазона 10^{-12} - 10^{-14} cm, т.е. добре известните на физиката на елементарните частици радиуси. Друг механизъм на придобиване на маса от формированията на барионното вещество, като изкривяване на пространството или извличането ѝ от енергията на вакуума, която не може да съществува, както вече беше доказано, е малко вероятен, физически невъзможен. Защото просто няма от какво друго да произтича веществото и частиците да придобиват маса, освен от реалната физическа основа, за каквато беше определена Същността и вероятно е единствения реално възможен претендент за база на физиката. Естествено се налага схващането, че физическата реалност в своята битност и еволюция има две обективно налични компоненти, първата, фундаменталната Същност или предполагаемата до сега „тъмна" материя, с присъщите ѝ и определени вече параметри и втората, производната ѝ, добре позната ни материя със своите две прояви – вещество и лъчение.

Изтъкнатите постановки и обосновани доводи подкрепят убеждението, че именно Същността е тъмната материя, която до сега убягваше от теоретичните модели и експериментални изследвания на физиката. Тя, съгласно актуалните изследвания и изложеното, е навсякъде около нас и в нас, от междуатомно и междумолекулното до междузвезно и междугалактичното пространство. Между параметрите на двете компоненти – **Същност и материя,** съществува взаимна връзка и зависимост, очевидно предпоставена от процеса на преобразуване и трансформация на Същност във вещество и обратно.

Така представените тук кратко теоретични разработки, резултати и изводи естествено се нуждаят от експериментална проверка на състоятелността и достоверността. С тази цел в [5] са предложени методи, опити и постановки за проверката. Окуражаващо е, че редица публикации и съобщения в световното информационно пространство и мрежи, на водещи изследователски екипи и учени потвърждават във висока степен правилността и достоверността на проведените изследвания, чрез тенденцията на промяна на параметрите на фундаментални физични величини, имащи пряка връзка с параметрите на новооткритата Същност, [9], [10] и др.

Базирането на физическите явления и процеси върху Същността би имало две важни за физиката следствия. **Първо**, улеснява и спомага получаването на ясни и непротиворечиви отговори на всички онези въпроси на физиката, за които до скоро отсъстваха убедителни и достоверни и непротиворечиви такива. **Второ**, осигурява възможност за изграждането на общ модел за съдържанието, устройството и еволюцията на Всемира, като синоним и обобщение на физическата реалност.

Литература:

1. http://www.gazeta.ru/science/2014/10/30_a_6282085.shtme
2. http://lenta.ru/news/2012/02.21/dark /physorg.com/

3. http://www.km.ru/ science-tech/2013/03/25/nauchnye-issledovanya-i-otkritya-v-mire/706845/observatoriya-plank-brosila.
4. https://lenta.ru/news/2016/06/27/universe
5. Велков, В. Същността, нова хипотеза за съдържанието, структурата и еволюцията на Всемира. Полиграфически комбинат „Д. Благоев", София, 2015 г.
6. Velkov, V. Hypothesis of a cosmological model of the Universe without gravitation. Aerospace Research in Bulgaria. Space Research and Technology Institute. Bulgarian Academy of Sciences. vol. 26, 2014. Sofia.
7. Velkov, V. On fundamental constants of the Universe. Aerospace Research in Bulgaria. Space Research and Technology Institute. Bulgarian Academy of Sciences. vol. 27, 2015. Sofia.
8. Velkov, V. Basic cosmological cycle of the Universe. Aerospace Research in Bulgaria. Space Research and Technology Institute. Bulgarian Academy of Sciences. vol. 27, 2015. Sofia.
9. http://www.gazeta.ru/science/2014/06/19_a_6076849.shtme
10. http://www. Scienceworldreport.com/articles/30461/20150924/stealth-dark-matter-theory-reveal-universe-missing-mass.htm.

МИЛИТАРИЗАЦИЯТА НА КОСМОСА КАТО РИСК ЗА СИГУРНОСТТА НА ЮЖНА АЗИЯ

Ерол Буюклиев

Докторант във Военна академия „Г. С. Раковски“, Факултет „Национална сигурност и отбрана”
e-mail: erol.buyukliev@gmail.com

Ключови думи: *космос, сигурност, милитаризация, Южна Азия*

Резюме: *В доклада се анализира тенденцията към милитаризация на космическото пространство. Изследват се последиците от този ппроцес за сигурността на Южна Азия (ЮА).*

MILITARIZATION OF SPACE AS A RISK FOR SECURITY OF SOUTH ASIA

Erol Buyukliev

PhD Student with the “Georgi Stoykov Rakovski” National Defence College,
National Security and Defence Faculty
e-mail: erol.buyukliev@gmail.com

Keywords: *Space, security, militarization, South Asia*

Abstract: *The report analyzes the process of militarization of space. It examines the implications for the security of South Asia (SA).*

Въведение

Човекът е с неограничени интелектуални възможности, което е предпоставка за обживяването, надпреварата, противопоставянето и завладяването на всяко достъпно пространство на нашата планета Земя. Тази безграничност на човешката мисъл води до сбъдване на най-смелите и фантастични желания за покоряване на сушата, водата и въздуха. Освен непосредствено достъпната ни земна, планетарна среда, за която сме приковани по силата на физическите закони, най-дръзките умове отправят взор отвъд видимото и пределите на сетивата, бленуват за непонятното, необятното, плашещо със своята неизвестност, но в същото време притегателно космическо пространство. В средата на XX век, през 1957 г., Съветският съюз извежда в орбита първия сателит, Спутник I, което поставя началото на нова ера в живота на цялото човечество. Към сътрудничеството, надпреварата, противопоставянето за земята, водата и въздушното пространство се добавя космическото пространство. Ограничеността на природната обвързаност към Земята, зависимостта от водата, необходимостта от въздуха провокират най-смелите умове да погледнат отвъд лимитите на сетивата. В недрата на човешката фантазия и въобръжение се ражда идеята за „покоряване“ и включване на космоса в живота на хората. В свой анализ на глобалните тенденции, които определят нашата действителност, Националното разузнаване на САЩ извежда тенденцията към разширяване на възможностите и инициативите за достъп до космическото пространство: космически туризъм, минно дело на астероиди, разработване на технологии за живот в космическото пространство. И въпреки отдалечеността в бъдещето на активното комерсиализиране на космоса, това води до съперничество между страните и ускорени темпове на развитие на технологиите за поразяване, неутрализиране, дори разрушаване на сателитите. В допълнение към общото удивление и възхищение от достигнатите космически висоти се добавя тревогата от съперничеството в космическото пространство и неговото използване за военни цели. Космосът се превръща в нова стратегическа среда на съперничество между държавите, в която от достъпът до нея, от използването и контролът над

нея зависи бъдещето на държавите и света. Първи в списъка се нареждат Китай, Русия и САЩ. [1; с. 157-158] Идеализираното мирно използване на космоса е изместено от реалистичността в процеса на милитаризация. С оглед на технологичните възможности все повече актори разработват космически програми за реализиране на свои проекти в името на отстояване на своите интереси и потребности. Китайските усилия в разработването на космическите способности провокира активизирането на Индия, която с помощта на САЩ успешно разработва своята космическа програма. В уравнението влиза Пакистан, като противник на Индия, с което сигурността на Южна Азия е застрашена от увеличаващите се възможности на космическото милитаризиране. Казано по друг начин, демократичността в използването на космическото пространство и възможностите на все повече елементи в разпределението на влиянието в космоса оказва пряко влияние върху сигурността на света като цяло и на Южна Азия (ЮА) в частност. От друга страна, конфликтните отношения между Индия и Пакистан определят надпреварата в разработването на ядрено оръжие. Към ключовият въпрос за урегулиране на отношенията в космическото пространство се добавя необходимостта от изследване на зависимостта между милитаризацията на космоса и сигурността на ЮА.

Интензивното развитие на космическите програми и необятните възможности на космоса, както и увеличаващите се възможности на хората за изследване, достигане и „покоряване“ на космоса определя актуалността на темата за влиянието на милитаризацията на космическото пространство над сигурността на Южна Азия. Това е една от най-взривоопасните зони на света, където две ядрени сили, Индия и Пакистан, враждуват за територии, ресурси, влияние. Съседството на друг азиатски гигант, Китай, и нейното сътрудничество с Пакистан внася нови неизвестни в урегулирането на средата на сигурност в Азия и света.

Изследването е фокусирано върху използването на космическото пространство за военни цели и влиянието на тези процеси над сигурността на ЮА. Целта на доклада е като се анализират определени параметри на милитаризирането на космическото пространство да се определи влиянието им над сигурността на Южна Азия. Обект на изследване е процесът на милитаризация на космическото пространство. Особен интерес представлява влиянието на тази тенденция върху не/сигурността на ЮА. Изследователската хипотеза разглежда милитаризацията на космическото пространство като процес, който под влиянието на надпреварата за достъпът, използването и контролът над космическото пространство около Земята е риск за сигурността на Южна Азия. Задачите, които си поставя настоящото изследване са: Да се анализира процеса и причините за милитаризацията на космоса; Да се определи влиянието на космическата милитаризация над сигурността на ЮА; Като се изведат основни параметри на милитаризацията на космическото пространство, да се очертае зависимостта милитаризация на космоса ↔ регионална сигурност.

Настоящото изследване се базира на мултидисциплинарния подход за теоретизиране в областта на науката за сигурността. Анализирани са съвременни литературни източници, в които е разгледан процесът на милитаризация на космоса като елемент от проблемът за мирното използване на общите човешки блага, каквото е космическото пространство и използването му за военни цели. Основополагаща перцепция в изследването е идеята за общото обитавано пространство, Земята, за което негораничените възможности на човешката мисъл и достигането на необятното космическо пространство оказва влияние върху не/сигурността в ЮА. В изследването са разгледани стратегически документи на България, в които се търси визията на нашата страна относно космическото пространство. Разгледани са актуални анализи от различни „мозъчни резервоари“ think-thank. Изследването е допълнено с преглед на коментари, доклади, нормативни документи. Всички източници, които са използвани в анализа, са цитирани според изискванията и са подредени в библиографската справка.

Методологията на изследването се базира на идеята за комплексност, сложност, вариативност на темата. Използвани са традиционни методи на изследване: Проучване и отчитане на актуалната ситуация; Анализ на информационните източници; Теоретичен подход; Системен и факторен анализ; Заключенията се базират на преминаването от абстрактно и общо към конкретно и частно, и обратно. Ограниченията на настоящото изследване са в представянето на най-общи показатели на достигнатите нива на милитаризация на космическото пространство и влиянието на този процес над сигурността на ЮА. В изследването не се набляга на уточняване на технологичните параметри и възможности за водене на военни действия в космоса. Систематизацията на последиците за сигурността на ЮА ограничават анализа в един регион, което изключва останалата част на света, с ясното съзнание за огромната значимост на процесите в останалите региони.

Изследването е насочено към широк кръг от потребители, но е насочено предимно към специалисти в областта на законодателството, анализатори в сферата на сигурността,

студенти, които имат интерес към процесите в международните отношения и вчастност към Южна Азия.

1. Параметри на милитаризацията на космоса

Аперцепцията на НАТО и Европейския съюз (ЕС), към които се интегрира и България, определя море, въздух, космос и кибер като блага със стратегическа значимост за икономиката и военната сфера. Това извежда в своята книга „Сигурността и отбраната на ЕС след Лисабонския договор и стратегическата концепция на НАТО от 2010 г.“ д-р Моника Панайотова. В своя анализ тя подчертава оскъдната правна регламентация по отношение на космоса и кибер пространството. Не на последно място са поставени предизвикателствата в близка и средносрочна перспектива пред НАТО и ЕС. Едно от тях е постоянното нарушаване на системата за командване и управление на авиацията и противовъздушната отбрана (ПВО) чрез атаки в космоса и кибер пространствата. Друг индикатор за нарастващото значение на космическото пространство е разработването на оръжия с голям радиус на действие, за които е необходимо развитие на способностите за разузнаване, наблюдение, опознаване пряко зависещи от достъпа до космоса и кибер пространството. Д-р Панайотова допълва своя анализ относно космическото пространство с очертаването на числените показатели на космическите обекти и определя техния брой на 18 000 включително 1300 сателит, оперативно използвани от около 40 страни. Всички те са в непрекъснат обмен на информация, която освен за нуждите на телекомуникациите, глобалното позициониране, метеорологията и др. граждански цели, се използват за сигурността и отбраната. Към този коментар може да се добави един важен акцент. Нито една част от космическото пространство не попада под суверенитета на която и да е държава. В „Договор за Космоса“ от 1967 г. (Outer Space Treaty) и последвалите го споразумения определят космоса като глобално общо благо, до което достъпът и ползването за мирни цели е право на държавите. Достъпът до космоса се оказва от жизненоважно значение за НАТО и ЕС.[2; с. 114 - 127] Повишаването на активността в космическото пространство крие рискове от сблъсък на интереси, които провокират развитие на технологии за унищожаване и/или повреждане на сателити. Освен увеличаването на страните-участнички в космическата надпревара, появяват се и недържавни актори с амбиции за използване на космическото пространство, което поражда нови рискове на сигурността на всички равнища, от индивидуалната до глобалната сигурност. [3; с. 21][4; с. 210]

По начало космическото пространство се третира като общо пространство, под наблюдението на ООН, което може да се използва за мирни цели. В динамиката на отношенията САЩ излизат от общия контекст с деклариране на необходимост от въоръжаване на космическото пространство в името на националните си отбранителни способности. Оказва се, че мощни държави като САЩ, Русия, Китай, Индия са силно зависими от сателитните технологии за бързото преодоляване на незвистните във воденето на военни действия. Основната комуникация, навигация и информация минава през сателитите. Към това се прибавя информацията от предупреждения за ракетни нападения. Наземните части използват глобалната система за позициониране GPS (Global Positioning System), тук се прибавя метеорологичната информация използвана от военните командири и точното картографиране. Следствието от нарастващото значение на сателитите е интензивно изграждане на способности за защита на собствените сателити и атакуващи способности за поразяване на чужди сателити. Водещите страни в разработването на тези технологии отново са за САЩ, Русия и Китай.[5][6] След изстрелването на Спутник I, администрацията на американския президен Айзенхауер е изправена пред огромна отговорност и натиск да отговори на предизвикателството отправено от СССР. Стартират серия от нови опити за достигане на постиженията на комунистическия блок. Според един пакистански автор, Ахмад Кан, вследствие на тази надпревара, космическото пространство се превръща в нова среда на конфликт между двете суперсили, които определят глобалните политически, икономически и социални процеси. Това е периода на Студената война, когато в края на 50-те и началото на 60-те години на XX век налагат своята хегемония и във военната сфера. Един от аспектите на военното преимущество се оказва възможността за двойно предназначение на сателитите в орбита и тяхното използване за военни цели. По-конкретно, анализ в реално време на стратегическите позиции на врага, на атакуващите способности и тяхната скорост, не на последно място предоставяне на информация за целите на вражеска територия. Когато става дума за милитаризация на космоса, трябва да се отчете, че в началото на космическата епоха сателитите са използвани предимно от военнитеи, а именно разузнаване за активността на вражеските сили, комуникация, анализ на климатичните условия. Дори и днес, сателититните системи са използвани предимно за военни цели, което ги превръща в интегрален компонент във всяка военна стратегия. От изследването на Ахмад Кан става ясно, че основната причина

за космическата надпревара е асиметричната природа на ядрените и конвенционалните арсенали на двата военни блока. В желанието си за надмощие двете суперсили насочват усилията си към превъзходство в необятните пространства на космоса. И двете страни изграждат атакуващи оръжия с ядрени заряди, включително интерконтинентални балистични ракети (Intercontinental Ballistic Missile - ICBMs). В допълнение, изграждат се подводници със способности за изстрелване на балистични ракети, както и бомбандировачи, с ядрени и конвенционални оръжия. С развитието на ядрените способности на двата противникови блока и изстрелването на Спутник I става ясно, че СССР имат способности да изстрелят балистични ракети с ядрен заряд. В резултат на това, сателитите са използвани за фотографиране на военни цели, разузнаване в океаните за локализиране на ядрени подводници и военни кораби, както и за ранно сигнализиране за изстреляни междуконтинентални балистични ракети с ядрен заряд.[7, с. 39-42]

Студената война е период на интензивно развитие на космическите програми на двете суперсили, САЩ и СССР. В последните 40 години на този конфликт хиляди сателити за военни цели са изведени в космическото пространство. САЩ реализират първите си мисии в космоса – CORONA и KOSMOS. За изпълнение на военни задачи и задачи са сформирани NASA – National Aerunautics and Space Administration и NRO - National Reconnaissance Office. В началото на 60-те години на XX век е достигната точката на гарантираното взаимно унищожение (Mutual Assured Destruction – MAD). Страхът от внезнапна ядрена атака срещу САЩ мотивира президента Рейгън да обяви на 23 март 1983 г. Стратегическа отбранителна инициатива (Strategic Defence Initiative – SDI), което означава изграждане на щит в космоса и на Земята предназначени да предотвратят всеки опит за атака с балистични ракети срещу територии на САЩ. Дата е паметна за космическата програма на САЩ поради стартирането на нова доктрина, подменила MAD, целяща гарантирано оцеляване на страните (Mutual Assured Survival). През последните години все повече актори имат възможност за развитие на свои космически програми. Сред тях са Япония, Северна Корея, Иран, Бразилия, Пакистан, Китай, Индия.[8; с. 3; с. 64] Както беше отбелязано в началото на анализа, с напредването на китайската космическа програма изправя сигурността на Индия и цяла Южна Азия пред изпитание. Тази взаимозависимост ускорява развитието на индийската и пакистанската космически програми.

2. Влияние на космическата милитаризация над сигурността в Южна Азия (ЮА)

Забавеното изработване на законодателство, което регламентира взаимоотношенията в космическото пространство е възможност за неограничено въоръжаване в Азия. Допълнителен тласък в тази посока е революцията в информационните и комуникационните технологии.[9; с. 62] Индия и Пакистан са ключовите актори в ЮА. Двете страни постигат своята независимост след оттеглянето на Великобритания от субрегиона през 1947 г. Оформя се стратегически триъгълник – Индия-Пакистан-Китай. От една страна застават Китай и Пакистан, а от другата Индия, което води до перманентно съперничество и конфликти. Сблъсъците преминават и в космическата надпревара. Междувременно се стига до три големи войни между Индия и Пакистан (1947, 1965, 1971 г.) и една между Индия и Китай (1962 г.).

„Заключена“ между Китай и Пакистан, Индия активно развива сътрудничество със САЩ, с които през 2005 г. се стига до индийско-американско сътрудничество в областта на ядрените и космическите програми. В следствие на сътрудничеството между САЩ, Индия и Израел, на 11 януари 2007 г. Китай поставя нов етап в космическата надпревара с успешното изпробване на Dong Feng-21 (DF-21). И въпреки значително по-малкия си бюджет, под 10% от този на САЩ, страната изпробва наземно базирана антисателитна система, която има възможности за неутрализиране на сателити. Китай се включва относително късно в космическата надпревара с извеждането на първия си сателит Dong Fang Hong-1 (DFH-1) през 1970 г. През месец Август 2016 г. Китай извежда в орбита свой сателит, с което се легитимира като трета космическа сила. Сателитът е с доказани анти-хакерски защити. В съперничеството със САЩ китайската държава съзнава невъзможността за противопоставяне със самолети и танкове и точно затова приоритетно развива космическата си програма, по-точно със стратегията си Anti Access Area Denial (A2/AD). В допълнение, Китай и Пакистан развиват сътрудничеството си и в космическите си програми. Първият пакистански сателит е изведен в космоса от китайска станция. С развитието на технологиите и увеличаващите се възможности на китайската икономика и относително западащото глобално преимущество на САЩ изправят двете страни пред съперничеството за космическото пространство, което оказва негативно влияние върху сигурността на ЮА. Отговорът на Индия е в посока изграждане на антисателитни способности, които са провокирани от демонстрираните китайски възможности през 2007 г. Резултатът от

тази надпревара е промяна на регионалните и международната политическа сцена и по-специално по въпросите на космическото пространство.[10; с. 81]

Китайската мощ в антисателитните системи е допълнена с антисателитните ракети SC-19 и DN-2, които са с възможности за унищожение на сателити и космически кораби. Към тях могат да се прибавят технологиите за енергийни и кинетични оръжия за антисателитните мисии. Оказва се, че революционните постижения в технологиите провокират задълбочаване на дилемата на сигурността и засилена надпревара от страна на всички актори. Това застрашава сигурността на ЮА. Индия разбира необходимостта от защита на своите интереси от евентуална китайско преимущество в космическата програма и през 2008 г. индийският генерал Deepak Kapoor определя използването на космоса за военни цели като съществен елемент от балансирането на китайската мощ. Индия засилва изграждането на антисателитни оръжия, чрез поразяване на електрониката или материалните тела на сателитите в орбита. Така през 2012 г. успешно е изпробвана ракетата Agni V с възможности за достигане на 600 км в космическото пространство. Към това се прибавят нарастващият брой на сателити за защита на индийските интереси по отношение на използването на космоса. Освен това, Индия изстрелва радарен сателит през 2009 г., Radar Imaging Satellite-2 (RISAT-2) и RISAT-1 през 2012 г., с което дава заявка за възможности за извеждане на оръжейни системи до 2 тона базирани в космоса.[11; с. 63-65]

3. Изводи

1) Установиха се два едновременно протичащи процеса. Първият е увеличаването на актoрите с достъп до технологии за изследване и достигане на космическото пространство. Вторият е движен от милитаризацията на космоса като оскновен мотиватор за развитие на космическите програми и увеличаващите се възможности за извеждане на въоръжение в космическото пространство;

2) Изведоха се основните актори, които имат и развиват способности за използване на космическото пространство, което със статута си на общо глобално благо е предпоставка за сблъсък на интереси и конфликти в космическата среда. Набелязаха се негативните ефекти от революционното развитие на технологиите, достъпът на все повече страни до космоса. Това има негативен ефект върху сигурността на Южна Азия, като последица от активното участие на Китай, Индия и Пакистан в космическата надпревара.

В заключение, за последните десетилетия на XX век и първата четвърт на XXI век човечеството извървява пътя от „приковаността“ към Земята до изграждане на потенциал за водене на космически конфликти/войни. Достойните за уважение постижения на човешкия интелект са застрашени от достигане на такава мощ за унищожение, която може да се превърне в цивилизационно самоубийство. Както на Земята, така и в космоса, една от възможностите за урегулиране на отношенията е консенсусно съгласие на законова основа между страните и влагане на усилия за изграждане на мир вместо насочването на ресурсите в изграждане на отбранителни бойни способности. В ерата на комуникационните технологии, мрежовизацията, загубата на легитимност, политическата немощ на правителствата, нарастващото значение на нетрадиционните рискове за сигурността се налага изграждане на сигурност черз утопичната идея за интеграция, вместо дезинтеграцията чрез сила. В особена степен това важи и за региона на Южна Азия.

Литература:

1. Global Trends – Paradox of Progress, A publication of the National Intelligence Council, January 2017, NIC 2017-001, www.dni.gov/nic/globaltrends, pp. 157-158.
2. Панайотова, М., „Сигурността и отбраната на ЕС след Лисабонския договор и стратегическата концепция на НАТО от 2010 г.“. Институт за икономическа политика, 2017, www.epi-bg.org, pp. 114-127.
3. Global Trends – Paradox of Progress, A publication of the National Intelligence Council, January 2017, NIC 2017-001, www.dni.gov/nic/globaltrends, pp. 21.
4. Global Trends – Paradox of Progress, A publication of the National Intelligence Council, January 2017, NIC 2017-001, www.dni.gov/nic/globaltrends, pp. 210.
5. http://www.cato.org/pubs/pas/pa427.pdf,
6. http://www.nuclearfiles.org/menu/key-issues/space-weapons/basics/introduction-weaponization-space.htm
7. Khan, A., Global Trends in Space Militarization: Its Implications on South Asia. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013, pp. 39-42.
8. Пак там: с. 64.
9. Lele, A., Fifty Years of the Outer Space Treaty: Tracing the Journey. PENTAGON PRESS, 2017, Institute for Defence Studies and Analyses, New Delhi, pp. 63.
10. Khan, A., Global Trends in Space Militarization: Its Implications on South Asia. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013, pp. 81.
11. Lele, A., Fifty Years of the Outer Space Treaty: Tracing the Journey. PENTAGON PRESS, 2017, Institute for Defence Studies and Analyses, New Delhi, pp. 63-65.

Session 2

Aerospace Technologies and Biotechnologies

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

ОПТИМИЗАЦИЯ НА МУЗИКАЛНАТА ПСИХОТЕРАПИЯ НА ОПЕРАТОРИТЕ НА ЕРГАТИЧНИ СИСТЕМИ ЧРЕЗ МЕТОДА ГРВ-БИОЕЛЕКТРОГРАФИЯ

Геннадий Маклаков

Санктпетербургски институт по информатика и автоматизация
Руска академия на науките
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Ключови думи: *човек, психо-физиологично състояние, рехабилитация, музикотерапия, планиран експеримент, газоразрядна визуализация.*

Резюме: *В статията се разглеждат методи за прилагане на музикална терапия с цел стабилизиране на психо-физиологичното състояние на човека. За оптимизиране на процеса музикотерапия се предлага използването на комбинаторни методи за експериментално планиране. Показана е възможността на технологията ГРВ-биоелектрография за избор на оптимална стратегия при провеждане на музикотерпия.*

APPLICATION OF THE GDV METHOD FOR OPTIMIZATION THE MUSICAL PSYCHOTHERAPY OF THE PSYCHOSOMATIC CONDITION OF THE OPERATORS OF ERGATIC SYSTEMS

Gennadii Maklakov

Petersburg Institute for Informatics and Automation - Russian Academy of Sciences
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Keywords: *operator, psycho-physiological condition, rehabilitation, music therapy, experiment planning, gas discharge visualization.*

Abstract: *The article examines methods of application of music therapy in order to stabilize the psycho-physiological state of the working people in transport. Experiment planning theory methods are used for optimization. Efficiency of using combinatorial planning methods is shown. The ability of the gas-discharge visualization technology to select an optimal strategy for conducting music therapy is demonstrated.*

Въведение

За безопасността в аерокосмическия отрасъл важна роля играе умението на човека да приема правилни решения в екстремална ситуация. Това е повече от основателна причина за възстановяването, укрепването и опазването на физическото и психическото здраве на работещите при силен стрес да се търсят нови и все по-ефективни методи. Сред най-перспективните от тях днес разглеждаме музикалната психотерапия (психокорекция).

Теоретичните положения за музикотерапия, които могат да бъдат основни при създаването на системи за възстановителна корекция, бяха обсъждани и получиха одобрение на научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии «BULTRANS-2017» [1, 2].

При избор на музикална композиция за психотерапия сега се използват най-общи препоръки. Не се отчитат индивидуалните предпочитания на пациента и, което е още по-важно - не се вземат под внимание индивидуалните особености на организма. Препоръките, като правило, се основават на интуитивни знания, предшестващ опит на психотерапевта и не винаги се мисли за конкретен пациент. Така задачата за правилния избор на музикално произведение по стил, направление, изпълнител и т.н. си остава нерешена.

В тази светлина един от проблемите, които търсят решение, е необходимостта да се определи как психосоматичните структури на човека реагират на музикалното въздействие. Ясно е, че за получаване на достоверни характеристики е необходимо да се използват най-съвременните методи и медицинско оборудване за обективизиране на това въздействие.

Методология на изследванията

Анализът на публикации в Интернет по биомедицински технологии за комплексно оценяване състоянието на човека позволява да направим извод, че най-ефективен метод за тази цел се явява методът газоразрядна визуализация (ГРВ метод).

Множество изследвания, проведени във водещи клиники по света, показват високата сигурност на този метод. Същността на ГРВ-метода и неговите възможности да бъде използван в оздравителни програми за стабилизиране психосоматичното състояние на човека, в частност на операторите на сложни ергатични системи, са публикувани в материалите на конференцията. Обсъждани са и имат одобрението на научната общественост на международните конференции и конгреси през 2016–2017 г. в Русия и България.

Затова сега пристъпвам направо към особеностите на експеримента. За количествено оценяване на параметрите на психо-физиологичното състяние на човека използвахме многофункционалния апаратно-програмен комплекс «ГРВ компакт ЭКО», разработен от фирма «Kirlioniks Technologies International».

Този комплекс дава възможност с висока точност да се дигитализират пространствените енергоемисионни процеси чрез ГРВ грами и да се изчислят повече от 50 различни параметри.

Проведени по-рано проучвания позволиха да определим като най-информативни за оценяване на психо-физиологичното състояние 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.

Изборът на музикално произведение (в общия случай – акустично въздействие), осигуряващо най-голяма ефективност за положително въздействие върху психо-физиологичното състояние се осъществява на няколко етапа. Отначало на тестирания се предлагат различни природни шумове (от вода, в гора, пеене на птици и т.н.), а след това музика от различни жанрове (класическа, инструментална, народна и др.) със съответно видеоизображение. В същото време се фиксират значимите параметри на ГРВ грамите, след чиято обработка се взема и решение за индивидуалните предпочитания на субекта.

Получаването на меродавна и обективна информация за предпочитанията на човека при избора на музика (главно за възстановяване и рехабилитация) изисква да се проведат голямо количество експерименти. Това отнема много време. Както показаха предварителните изследвания, тестирането продължава няколко часа, което, естествено, е неприемливо. Човек дотолкова се уморява, че достоверността на получената информация е минимално. Изход от ситуацията намираме в използването на метода на планирания експеримент. Такъв подход рязко съкращава времето за експеримента и едновременно – за сметка на специална статистическа обработка, чувствително повишава истинността на получената информация.

Прилагането на метода на планирания експеримент ни позволи да усложним самия експеримент, без да увеличаваме времето за провеждането му. Става дума за допълнително изучаване на това как влияят видеосюжети, свързани по смисъл с музикалните композиции.

При изследванията организмът на човека се разглежда като «черна кутия», на входа на която се подават музикални композиции със съответни видеосюжети. В качеството на отклик на системата се явяват параметрите на ГРВ грамите, отразяващи психосоматичното състояние на човека.

Особеност на планирания експеримент е това, че факторите (музика, изображение) имат качествен характер (имат формата на лингвистични променливи) и естествено нивата на факторите не могат да бъдат описани чрез количествени оценки. Проведеният анализ показа, че на това изискване съответстват методите на комбинаторното планиране [3, 4]. Подробното разглеждане на комбинаторните планове ни позволи да изберем метод за планиране, основан на ортогонални латински квадрати, за да оптимизираме процеса на тестване. При това се ръководим от постановките по-долу.

Латинският квадрат е квадратна матрица от порядък n, всеки ред и всяка колона от която е пермутация на елементите на ограниченото множество S, състоящ се от n елементи (числото n се нарича порядък на квадрата). Обикновено $S = \{1, 2, \ldots, n\}$ [5].

Ортогоналният латински квадрат [5] е двойка латински квадрати

$$A = \|a_{ij}\| \text{ и } B = \|b_{ij}\|,$$

от порядък n така, че $(a_{ij}, b_{ij}) \neq (a_{kl}, b_{kl})$ при $(i, j) \neq (k, l)$, $i, j, k, l \in S = \{1, 2, \ldots, n\}$.

Факторите са входните променливи, постъпващи на входа на системата ($x_1, x_2, \ldots, x_k$). В нашия случай това са слайд филми, чийто сюжет е свързан със съответна музика. Всеки фактор се оценява чрез качествени оценки (семантично съдържание), т.е. той по принцип не може да има количествена оценка на нивата. Откликът е: изходни променливи, взети от изхода на системата ($y_1, y_2 \ldots, y_k$). В нашия случай – параметри на ГРВ грами, отразяващи психосоматичното състояние на човека. Всеки фактор x_i, $I = 1, 2, \ldots, k$ може да приеме в експеримента едно или повече значения, наречени нива. Фиксираният набор от нива на факторите определя едно от възможните състояния на разглежданата система, по които, използвайки известни методи за оптимизация, се определя аудиовизуалната композиция, осигуряваща най-ефективно въздействие върху дадено лице.

За да изчислим конкретните зависимости на значенията на отклика от факторите, използвахме стандартната методика на Шенк [7].

Изследвания на психосоматичното състояние на човека при различно аудиовизулно въздействие

В експеримента участваха лица от двата пола на възраст от 30 до 70 години, на които бяха предложени различни видеофрагменти.

За регистриране на тяхното психосоматично състояние използвахме параметрите на ГРВ грамите на палеца на лявата ръка. Именно параметрите на ГРВ светенето на левия палец достатъчно пълно характеризират психосоматичното състояние при външни влияния и в частност могат да служат като показател за психическата адаптация към екстремални условия. Регистрирахме следните параметри: площ и яркост на светене, кофициенти на фракталност и ентропия. После всяка получена извадка (50 значения) обработвахме по стандартни статистически методи. За да оптимизираме процеса на изучаване влиянието на видео и аудио информацията върху психосоматичното състояние, планирахме експеримента, използвайки ортогонален латински квадрат от трети порядък (виж фиг. 1).

11	22	33
23	31	12
32	13	21

Фиг. 1. Ортогонален латински квадрат от трети порядък

Бяха проведени 3 серии от експерименти.

В първата серия изследвахме влиянието на звуците на природата върху психосоматиката на човека, определянето на предпочитанията на човека към различни звуци от природата (шум от водата на водопад, горски шумове, морски вълни и т.н.). Като фактор 1 беше приет слайд ред с изображения на пейзаж (визуално въздействие) на следните нива:

- 1 ниво – слайд филм с изображения от Каскаден водопад (с. Крушуна) – «Видео 1»;
- 2 ниво – слайд филм с изображения на гора (Рила, Стара планина) – «Видео 2»;
- 3 ниво – слайд филм с изображения от крайбрежието (около гр. Варна) – «Видео 3».

Като фактор 2 беше приет музикален ред (аудио въздействие) на следните нива:

- 1 ниво – «звуков ред 1» (звуци на водопад);
- 2 ниво – «звуков ред 2» (звуци от гората - пеене на птици, ромолене на ручей и др.);
- 3 ниво – «звуков ред 3» (звуци от вълни, викове на чайки и др).

В съответствие с матрицата на планиране (фиг. 1) бяха създадени 9 слайд филма:
1) «Видео 1, звуков ред 1»; 2) «Видео 2, звуков ред 2»; 3) «Видео 3, звуков ред 3»;
4) «Видео 2, звуков ред 3»; 5) «Видео 3, звуков ред 1»; 6) «Видео 1, звуков ред 2»;
7) «Видео 3, звуков ред 2»; 8) «Видео 1, звуков ред 3»; 9) «Видео 2, звуков ред 1».

За целта бяха създадени слайд филми с изображения и съответстващи аудиозаписи на шум на вода от водопад, морски вълни, шумове в гората (автор Н. Георгиева).

По този начин бяха проведени 9 експеримента, в които като отклик бяха регистрирани показатели на ГРВ-светенето: площ, яркост, коефициенти на фракталност и ентропия.

Във втората серия експерименти определяхме предпочитанията по жанрове музика (медитативна, класическа, романтична). В този случай като нива на фактор 2 бяха приети:

- 1 ниво – «звуков ред 1а» (Carino, Chris Spheeris)
- 2 ниво – «звуков ред 2а» (Шопен, валс № 10);
- 3 ниво – «звуков ред 3а» (Франсис Гойя, Вечност).

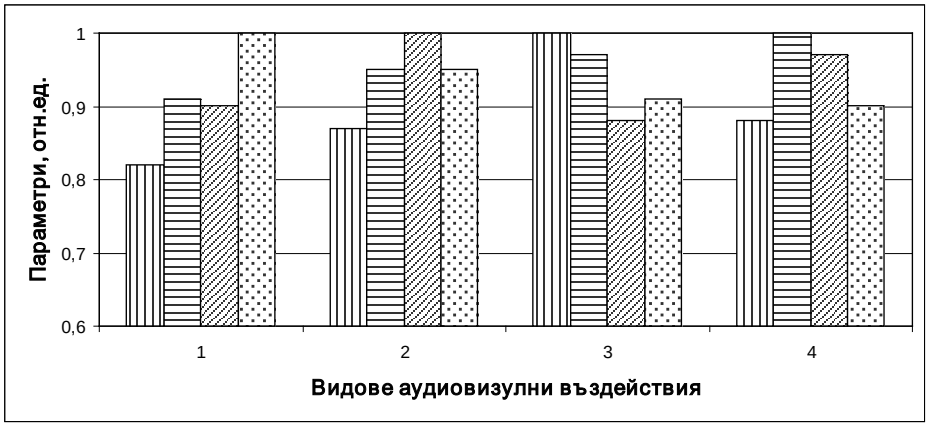
В третата серия експерименти предпочитанията на човека определяхме, изхождайки от избрания музикален жанр във втората серия (медитативна, класическа, романтична). Да допуснем, че тестираният е предпочел романтична музика. В такъв случай в третата серия като нива на фактор 2 приемаме:

- 1 ниво – «звуков ред 1б» (Кай Метов, Тема любви);
- 2 ниво – «звуков ред 2б» (Жан Мишел, Жар Magnetic Fields);
- 3 ниво - «звуков ред 3б» (Geh doh con mit mir mal spazieren, акордеон).

Ако субектът избира друг жанр музика от втората серия, тогава нивата на втория фактор в третата серия от експерименти се променят съответно.

Анализ на данните и резултати

Като пример да разгледаме промяната в психофизиологичните параметри преди и след музикалната терапия на човек, изразил предпочитание за релаксация, като се използват природни звуци. На фиг. 2 е представена диаграма, която показва как се изменят параметрите на светене в ГРВ изображенията на палеца на лявата ръка (за удобство на сравнението 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 – фракталност по изолиниите.



Фиг. 2. Разпределение на параметрите на ГРВ грами на палеца на лявата ръка при различни видове аудиовизуално въздействие: 1 – изходно ниво (до сеанса с музикотерапия), 2 – филм с изображения на водопад, 3 – филм с изображения на гора, 4 – филм с изображения на море.

Анализът на литературни източници, посветени на изучаването на най-информативните признаци, отразяващи психосоматичното състояние на човек при аудиовизуални влияния, ни позволява да заключим, че най-силно реагират площта на светене и ентропията. От особен интерес е ГРВ ентропията, тъй като ентропията на биологичните системи особено добре характеризира доколко човек може да се промени, адаптирайки се към променящите се условия на живот. Затова е прието да се смята [6], че ако след психологически тренинг, в частност след музикална терапия, се увеличава само средната интензивност на светенето на пръстите, а ентропията остава ниска, тогава е възможно да се приеме с висока степен на вероятност, че ефектът от психотерапията бързо изчезва, жизнените сили в борбата с обстоятелствата също бързо се изчерпват и човек отново ще има нужда от помощ. Поради тази причина по-подробно ще анализираме точно посочените параметри.

За изследвания пациент по време на сеанса филмът с изображения от водопада увеличи площта на светене с 5 %, а ентропията с 8 %; филмът с изображения от гората увеличи площта на светене с 12 %, но ентропията леко се понижи (с 6 %); филмът с изображения от морето увеличи площта на светене само с 6 %, но ентропията се увеличи с 9 %. В този смисъл, ако е необходимо <u>даденият човек</u> бързо и силно да възстанови психоемоционалното си състояние, най-добре да изберем видео филм с картини от гората; ако се изисква по-малко силно, но дългосрочно възстановяване, тогава може да се избере филм с

изображения на морето или – което е малко по-зле – на водопада. Следва особено да подчертаем, че в този случай говорим за музикална терапия с помощта на аудио- и видеозаписи. Ако има възможност за организиране на психотерапия сред природата, то несъмнено най-ефективните методи на лечение са в близост до водопади (вж. статията в този сборник Г. Маклаков, Н. Георгиева "Приложение на ГРВ метода за изследване на екологията в рекреационни зони в Крушунския край").

Заключение

Понастоящем особена актулност придобиват мерките за подобряване на съществуващите и създаване на нови ефективни средства и методи за рехабилитация и превенция, които увеличават резервния капацитет на организма. Тази задача е извънредно важна, когато се отнася до операторите в критични сфери на дейност (космонавтика, авиация, АЕЦ, и др.) с цел предотвратяване на аварийни ситуации.

За създаване на ефективни методи за рехабилитация и превенция с голям ефект може да бъда използвана музикалната терапия - област на възстановителната медицина, която използва различни музикално-акустични методи, технологии и подходи за коригиране на психическото и физическото здраве. При това е важно да подчертаем, че много по-добър резултат се постига, прилагайки индивидуален подход към всеки човек и съобразявайки се с неговите предпочитания.

Процесът на музикотерапия се оптимизира, като се използват методите на планирания експеримент. Най-предпочитани са методите на основата на комбинаторното планиране, например, на основата на ортогонални латински квадрати.

За музикална терапия, насочена към контролиране на психоемоционалното състояние, е препоръчително да се използва методът газоразрядна визуализация (ГРВ технология).

Литература:

1. Маклаков, Г., Н. Георгиева. Музикотерапия в програмите за възстановителна корекция на психо-физиологичното състояние на работещите в транспорта. Научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии «BULTRANS-2017». ТУ-София. 2017 (под печат).
2. Маклаков, Г., П. Гецов. Система за комплексна рехабилитация и профилактика на нарушенията в психосоматичното състояние на операторите на ергатични комплекси. Научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии «BULTRANS-2017». ТУ-София. 2017 (под печат).
3. Маркова, Е.В. О применении комбинаторного анализа в планировании эксперимента. / Проблемы планирования эксперимента. – М.: Наука, 1968. С.125–133.
4. Маркова, Е.В., Лисенков А.Н. Комбинаторные планы в задачах многофакторного эксперимента. – М.: Наука, 1979, с.125–133.
5. Математическая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия. Т. 4, 1984.
6. Коротков, К. Принципы анализа в ГРВ биоэлектрографии. СПб, Изд-во “Реноме”, 2007.
7. Шенк, Х. Теория инженерного эксперимента. – М.: Мир, 1972.

ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЛОПАСТЕЙ ВОЗДУШНОГО ВИНТА САМОЛЕТА ИНТЕГРАЛЬНЫМ МЕТОДОМ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Михаил Владов[1], Виктор Афанасьев[2], Александр Владов[3], Георги Сотиров[4]

[1]Молдова, Кишинев, «Comelpro» SRL, e-mail: office@comelpro.com
[2]Россия, г. Ступино, ОАО «НПП «Аэросила», e-mail: vint@aerosila.ru;
[3]Россия, г. Москва ООО «Агат Плюс» e-mail: agatplus16@mail.ru
[4]Институт космических исследований и технологий – Болгарской академии наук, e-mail: gsotirov@space.bas.bg

Ключовые слова: *остаточный ресурс лопастей воздушного винта самолета, трещины усталости, запас по повреждаемости лопастей, акустические и вибрационные характеристики лопасти.*

Резюме: *В статье представлена методика прогноза остаточного ресурса лопастей воздушного винта самолета и программно аппаратный комплекс аппаратуры СКИ «Агат» для виброакустической системы диагностики методом свободных колебаний. Способ диагностики начала процесса разрушения лопастей винта самолета основан на контроле спектра акустических колебаний и частоты собственных колебаний лопастей возникших после кратковременного ударного воздействия. Периодически через равные интервалы времени производится измерение частот вибраций и спектра, их взаимный анализ, момент появления неравенства квалифицируют как начало процесса разрушения контролируемого элемента конструкции объекта.*

VIBROACOUSTIC SYSTEM FOR FORECASTING THE RESIDUAL RESOURCE OF AIR PROPELLER BLADES BY AN INTEGRATED METHOD OF FREE OSCILLATIONS

Michael Vladov[1], Victor Afanasiev[2], Aleksandr Vladov[3], Georgi Sotirov[4]

[1]Moldova, Chisinau, e-mail: office@comelpro.com
[2]Russia, Stupino, «Aerosila» Open Joint Stock Company, e-mail: vint@aerosila.ru
[3]Russia, Moscow, «Agat Plus», Ltd, e-mail: agatplus16@mail.ru
[4]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: gsotirov@space.bas.bg

Keywords: *The remaining life of the aircraft propeller blades ,cracks fatigue, reserve for damages of blades,acoustic and vibration characteristics of the blade)*

Abstract: *The article presents a technique for predicting the residual life of airplane propeller blades and a hardware-software complex for Control measuring system (CMS)"Agat" equipment for a vibroacoustic diagnostic system by the method of free oscillations. The method for diagnosing the beginning of the process of destruction of propeller blades is based on the control of the spectrum of acoustic oscillations and the frequency of natural oscillations of the blades that appeared after a short-term impact.And for the basic acoustic and vibration characteristics of each blade, measurements taken at the beginning of the application are used and are designated as basic ones, with which the current statistical values of the control parameters are compared with periodic monitoring***.***

Введение

В ряду методов акустического контроля металлов [1] рассматриваются резонансные методы, которые правильнее назвать методами колебаний, поскольку они объединяют методы свободных и вынужденных колебаний контролируемого изделия. К вынужденным колебаниям

относят понятие резонанса, т.е. совпадение частоты возбуждения с частотой собственных колебаний системы.

Метод свободных колебаний предполагает отсутствие постоянной связи системы возбуждения с объектом контроля. Интегральный метод свободных колебаний используют очень давно при проверке стеклянной, хрустальной и фарфоровой посуды, бандажей железнодорожных колёс, ударных музыкальных инструментов и других объектов, оценивая «чистоту» их звона. В своё время этот метод получил и приборное оснащение [2], которое применяют для контроля абразивного инструмента, твёрдосплавных резцов, деталей подшипников и др.

Колебания объекта контроля возбуждают путём удара, после чего объект колеблется свободно. Воспринимают колебания с помощью микрофона и частотного анализатора. Измеряемые характеристики – основная частота, спектральный состав колебаний, их длительность. Появление в спектре дополнительных частот, которые воспринимаются контролёром, как дребезжание (ревибрация), является признаком наличия дефекта. По длительности колебаний судят о затухании звука в объекте контроля. Длительность уменьшается при наличии множественных мелких дефектов. Применительно, например, к лопастям из композитных материалов (КМ), которые в процессе эксплуатации поверглись не типичному нагружению (попадание в мощную турбулентность с возникновением в них критичных по прочности динамических напряжений) множественные мелкие дефекты – это растрескивание связующего при сохранении несущей способности армирующего наполнителя

Основная частота определяется геометрией объекта контроля и упругими свойствами его материала. Применительно к лопастям воздушных винтов (ВВ), изготовленных, как из сплава алюминия Д1Ч, так и из КМ, а также к компрессорным лопаткам из аналогичных материалов, расчёт их частот собственных колебаний разных форм (тонов) является обязательной процедурой на стадии их проектирования. Регламентированные значения собственных частот, например, для лопастей некоторых типов ВВ составляют:

Тип ВВ	Самолёт	Частота, Гц		Материал лопасти
		мин	макс	
АВ-140	Ан-140	17,8	19,8	КМ
СВ-34	Ил-114	19,3	20,7	КМ
АВ-36	Ан-38	32,9	35,1	КМ
АВ-115	БЛА	26	32	КМ
АВ-60К	Ту-95	38	41	Д1Ч
АВ-72(Т)	Ан-24(Т), Ан-26	53	60	Д1Ч

1. Обоснование внедрения эксплуатационного контроля лопастей ВВ интегральным методом свободных колебаний

В настоящее время приборный контроль (ПК) лопастей ВВ из сплава Д1Ч проводится ультрозвуковым (УЗК) и вихретоковым методами с установленной периодичностью 100 и 50 часов.

Эти виды контроля применяются к лопастям ВВ более 40 лет дополняя друг друга, т.к. УЗК обнаруживает, как внутренние, так и поверхностные дефекты (в основном трещины усталости и инородные включения в материале), но только определённой отражающей площади. Вихретоковый метод позволяет обнаруживать только поверхностные дефекты (коррозионные язвы под лакокрасочным покрытием, микрорастрескивание повехности пера) и не столь критичен к размерам малых дефектов, как УЗК.

Нормированное время УЗК одной лопасти, например, ВВ АВ-60К (самолёт типа Ту-95) составляет 1 час. В самолётокомплекте ВВ АВ-60К 32 лопасти (4СУ × 8 лоп =32 лоп), следовательно, при необходимости проведения УЗК лопастей всех соосных ВВ одного самолёта требуется не менее 32-х часов. Контроль проводится в условиях базирования техники, т.е. под открытым небом и зачастую при неблагоприятных погодных условиях.В таких условиях обеспечить 100% надёжность ПК весьма сложно.

Статистика, полученная за многолетний период в части обнаружения трещин усталости в пере лопастей, свидетельствует, как об эффективности этих методов контроля, так и об отмеченных случаях обнаружения, как сквозных трещин пера лопастей после проведения приборного контроля при обязательном послеполётном осмотре ВВ, так и об обрыве концевой части пера и даже всей лопасти по резьбе её комля, например, за последние 10 лет получено: см. таблицу и рис. 1, рис.2 и рис.3.

Тип ВВ	№ ВВ	Наработка СНЭ, час	Тип ВС	Дата обнаруж трещины	Длина трещины, мм	Контроль, зона пера
72	001Л1	5951	Ан-24	апрель 2006	*15*	УЗК, конец пера (КП)
72Т	С73Л741	2000	Ан-26	октябрь 2006	115	Визуально, КП
60К	С311Г537	1830	Ту-95	9.10.2013	*30*	*ВДЦ-2М, КП*
60К	52Г6	1912	Ту-95	9.10.2013	*30*	*ВДЦ-2М, КП*
60К	11Г35	421,5	Ту-95	30.09.2013	180	Визуально, сквозная, КП, см. рис.1
60К	23Г23	1850	Ту-95	25.08. 2013	ОБРЫВ	После полёта, КП см. рис.2
72Т	21Л54	2381	Ан-26	29.03.2016	ОБРЫВ	При разбеге ВС по резьбе комля, см рис.3

а) Трещина усталости до удаления краски б) Трещина усталости после удаления краски

Рис. 1. Трещина усталости

Рис. 2. Обрыв лопасти

Рис. 3. Обрыв комля по резьбе

2. Экспериментальные исследования

Цель испытаний:

1. Определение скорости развития макротрещины усталости в условиях программного нагружения на стенде ВС-10Д для лопасти АВ-72 с начальной эксплуатационной трещиной, обнаруженной приборным контролем.
2. Получение исходных данных для разработки методики контроля усталостной повреждаемости лопастей ВВ АВ-23М4 по падению частоты собственных колебаний лопастей по первому тону в процессе динамического нагружения.
3. Установление допустимой нормы на снижение частоты собственных колебаний лопастей ВВ АВ-23М4, обеспечивающей запас по долговечности лопастей.
4.Проведение усталостных испытаний лопастей моноблоков ВВ АВ-23М4 до разрушения для оценки характеристик выносливости ПКМ (стеклотекстолит СК-2561С) лопастей.
5. Проведение оценочных испытаний разрушения лопасти вертолета МИ-8 искусственным путем

Объект испытаний:

1. Усталостным испытаниям подвергалась лопасть № Л7434, входившая в состав в/в АВ-72, изготовленного в ноябре 2000 г.. Наработка лопасти составила 5951час. с начала эксплуатации и 1952час. после последнего ремонта.
2. Испытаниям до разрушения подвергнуты 9 моноблоков АВ23М4.000.010
3. Испытаниям подвергалась лопасть вертолета МИ-8

Методика проведения испытаний:

1.Усталостные испытания лопасти АВ-72 №Л7434 проводились на стенде ВС-10Д при программном динамическом нагружении по форме колебаний 2-го тона. Частота нагружения составляла ~36 Гц, что соответствует 2160 цк/мин. Программный блок нагружения представлял собой последовательное чередование двух уровней (режимов) динамических напряжений:

$\delta_{a,экв} = 4{,}5 кГ / мм^2$,

На 1-ом режиме задавался уровень динамических нормальных напряжений соответствующий эквивалентному эксплуатационному уровню действующих в концевой зоне пера ($\bar{r}$ =0,8) напряжений (дин.+стат.) за весь цикл работы винта (работа на земле + полёт).

На 2-ом режиме, продолжительность которого составляла 12 минут, задавался уровень напряжений $\delta_{a,макс} = 7 кГ / мм^2$, соответствующий максимальным уровням напряжений при работе винта АВ-72Т на земле (режимы 07Ne, 0,85 Ne, Ne, Nmax, Nвзл, Приёмистость).

2. Искусственные повреждения, путем пропила поверхности лопасти вертолета МИ-8 от минимальных размеров и до разрушения

Испытания на 1-ом режиме (1час) и на 2-ом режиме (12минут) в комплексе составляли один блок нагружения лопасти, соответствующий ~150000 циклов нагружений на стенде ВС-10Д (при частоте нагружения 36 Гц).

Суммарное время работы лопасти (72 мин.) за блок нагружения, принятое для испытаний, соответствует трассам полёта с минимальным временем работы винта в полёте, что обеспечивает максимальную долю времени земных высоконагруженных режимов работы винта и, следовательно, дополнительный запас по длительности нагружения максимальными напряжениями при испытаниях. На фото, рис. 4, показана лопасть ВВ самолета с установленным вибродатчиком для записи полученных амплитуд и частот при ударном возбуждении.

Рис. 4. Запись амплитуд и частот при ударном возбуждении лопасти ВВ

Эксперимент проводился с использованием опытного образца виброакустического прибора прогноза остаточного ресурса лопастей. Использовались акустический и вибродатчики. На фото, рис.5, показаны примеры записи полученных амплитуд и частот при разных глубинах и длине создаваемых искусственным путем трещин в лопасти винта вертолета МИ-8, а на рис. 6 показано фото тестовых испытаний лопасти винта вертолета МИ-8

Рис. 5. Примеры записи полученных амплитуд и частот при разных глубинах и длине искусственных трещин в лопасти винта вертолета МИ-8

Рис. 6. Фото тестовых испытаний лопасти винта вертолета МИ-8

3. Анализ процесса развития макротрещины усталости

Основной целью эксперимента, результаты которого приведены в [5, 6 и 7], была оценка скорости увеличения общей длины макротрещины усталости.
Из приведенного ниже графика, рис. 7, изменения текущих средних значений этих скоростей за 30 блоков нагружения (полетов) видно, что этот процесс не является случайным. Из рис. 7 следует, что с увеличением числа блоков нагружения отмечается устойчивая тенденция к увеличению текущей средней скорости роста трещины в сторону передней кромки (ПК) и к уменьшению скорости роста в сторону задней кромки (ЗК). Текущие средние значения скорости роста трещины в направлении ЗК и ПК вычислялись по формуле:

$$V_{cp,k} = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} V_i}{\sum_{i=1}^{i=k} n_i}$$

Где: i=1,2, 3…….k порядковый номер контроля приращения длины трещины в направлении ЗК и ПК;

ni – число блоков нагружения лопасти между очередными контролями;

Vi=Li/ ni – скорость роста трещины в пределах ni блоков нагружения;

ni блоков нагружения.

Li –приращение длины трещины за ni блоков нагружения.

Из приведенных данных по суммарной длине трещин в направлении ЗК и ПК следует, что отмеченная выше тенденция сохранялась практически в течение всего времени испытаний лопасти.

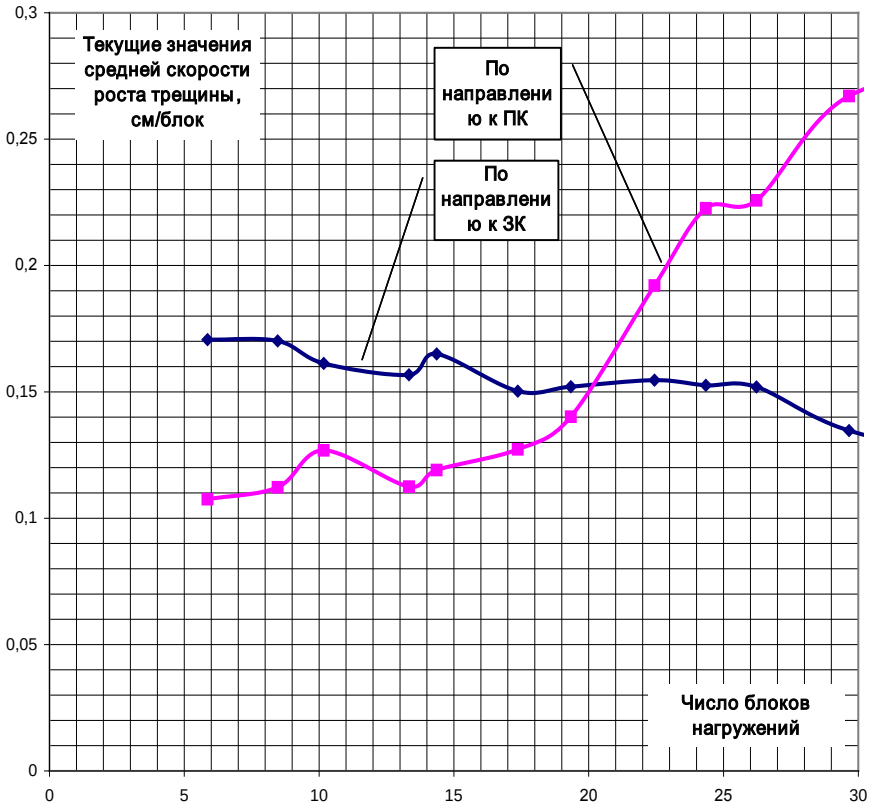


Рис. 7. График изменения текущих средних значений

График влияния динамических напряжений на скорость роста трещины построен по результатам расчетно-экспериментальной оценки и представлен на рис. 8

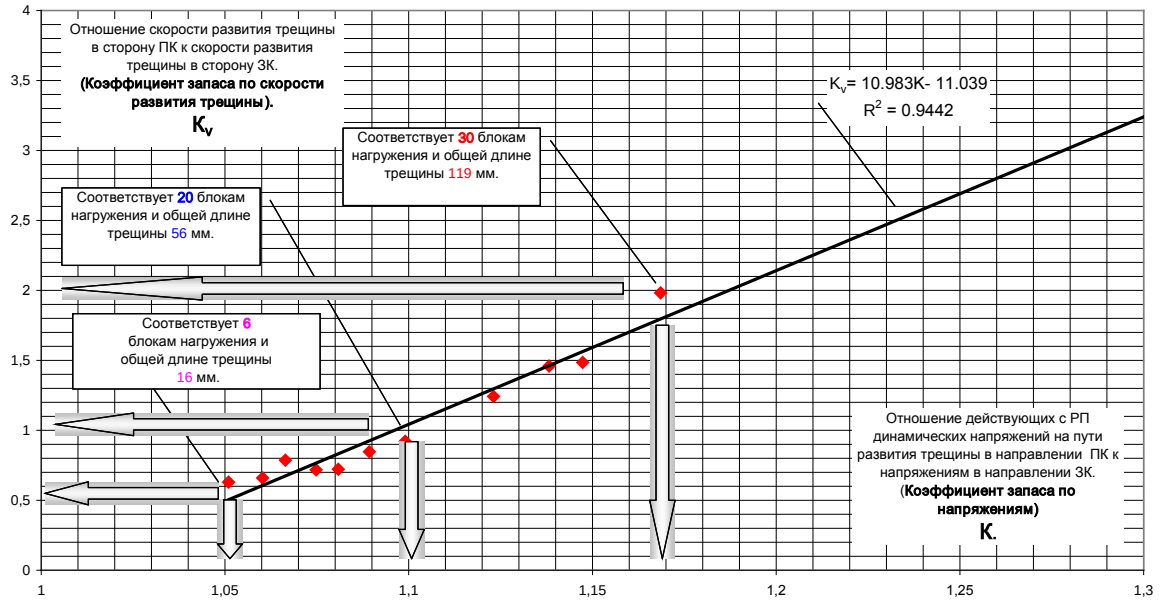


Рис. 8. График влияния динамических напряжений на скорость роста трещины

Следует отметить, что различие в уровнях действующих напряжений (или их соотношение) приобретает определяющее влияние на скорость роста трещины тогда, когда оно составляет величину 1,1 и более (или 10% и более).

До этой величины различие в скорости роста трещин в большей степени зависит от различий в характеристиках трещиностойкости, обусловленных неоднородностью, как микро, так и макроструктуры материала лопасти в испытуемой зоне пера. Запас по напряжениям, заданный при испытании на скорость развития трещины, как показано в Отчёте, составлял К≈ 2. Он представлял собой отношение уровней напряжений в блоке нагружения к эквивалентным эксплуатационным напряжениям.

Результаты испытаний показали:

1. После наработки $N=4{,}555\cdot10^{6}$ циклов появились вторичные трещины усталости, расположенные под углом ≈ 75° к первоначальной трещине. Вторичные трещины появились практически одновременно с двух сторон от расположения первичной трещины.

2. После наработки $N=13{,}977\cdot10^{6}$ циклов начался ускоренный рост вторичных трещин и при наработке $N=14{,}817\cdot10^{6}$ циклов произошло окончательное разрушение лопасти. Для точного измерения участков роста трещины она была отсканирована и заведена в компьютер для обработки. Масштаб компьютерной копии составлял 1 к 1 с оригиналом трещины на лопасти. Это позволило, используя возможности компьютера, измерять участки роста трещины с точностью до 0,1 мм и показать схематизированный процесс развития трещины в режиме покадровой съёмки.

3. Результаты контроля длины трещины по журналу испытаний следующие:

- По указанным результатам построен график, рис.9, изменения длины трещины от числа блоков нагружения.

- Этот график, как показывает его компьютерный анализ, хорошо апроксимируется линейной зависимостью вида y= k * x (т.к. коэффициенты корреляции близки к 1 и составляют R2= 0,9862; R2= 0,9688).

Коэффициент k, определяющий угол наклона графика, здесь является суммарной средней скоростью роста трещины по ширине сечения ($V^{ЗК}$ + $V^{ПК}$), размерность его составляет мм/блок (полёт)

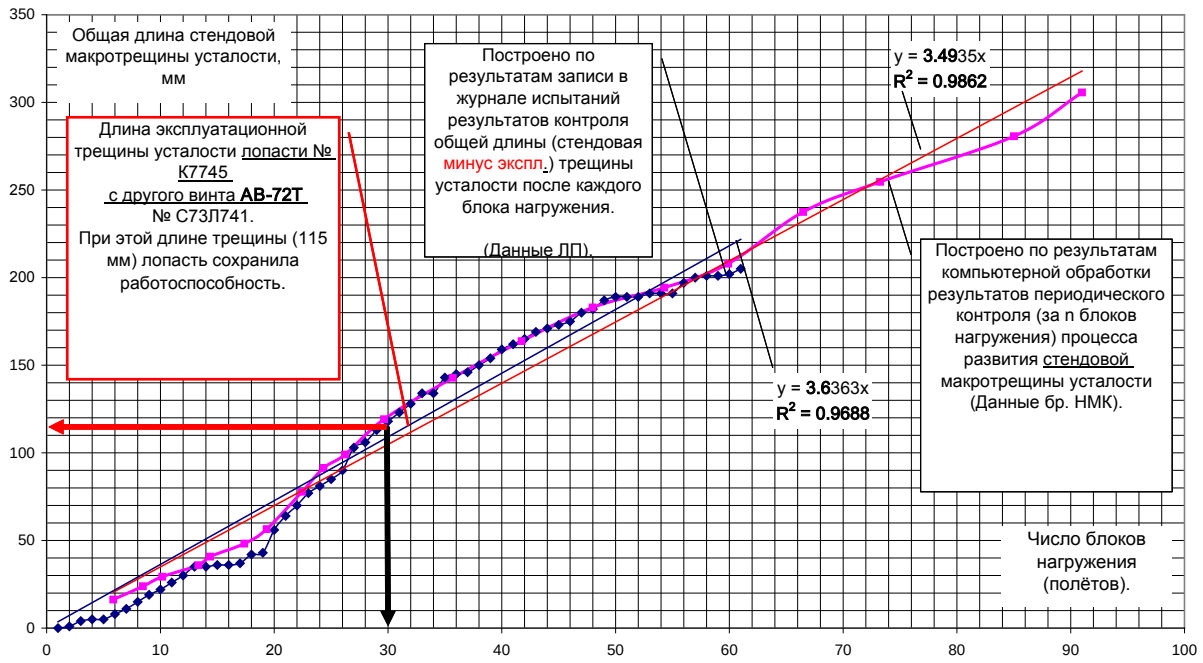


Рис. 9. График изменения длины трещины от числа блоков нагружения

Анализ графиков (Рис.9) показывает хорошую сходимость результатов контроля роста длины трещины разными методами и исполнителями – лаборатория прочности (ЛП) и бюро неразрушающих методов контроля (бр. НМК).

По результатам контроля ЛП средняя скорость роста трещины составляет 3,6 мм/блок (полёт), по результатам контроля бр. НМК –3,5 мм/блок (полёт).

За критический (допускаемый) размер трещины, можно принять длину эксплуатационной трещины 115 мм, визуально обнаруженной на лопасти № К7745 с другого винта АВ-72Т № С73Л741 при наработке ~ 2000 часов. При этой трещине лопасть сохранила работоспособность.

4. Анализ результатов усталостных испытаний моноблоков воздушного винта АВ-23М4 до разрушения

Контроль усталостной повреждаемости лопастей ВВ АВ-23М4 по падению частоты их собственных колебаний по первому тону в процессе динамического нагружения представлен на рис. 10 в относительном виде, где текущая наработка в циклах нагружения отнесена к полученной суммарной приведенной наработке до разрушения. Это отношение, как следует из изложенного, строго соответствует по величине усталостной повреждаемости - доле потенциальной долговечности.

На рис. 11 представлены результаты располагаемого запаса по повреждаемости – долговечности при усталостных испытаниях моноблока воздушного винта АВ-23М4. Из анализа полученных результатов следует, что относительно средней зависимости все результаты контроля частоты лопастей практически лежат в пределах от + 2,5 Гц и до минус 2 Гц на протяжении всего процесса испытаний вплоть до разрушения.

Функциональные зависимости частоты и накопленной повреждаемости, показанные на рис. 11, позволили оценить по долговечности запасы следующих градаций (как величину обратную повреждаемости):

- не менее, как KN, мин =1/эхр [(35.302-f)/ 0.5607], (3)
- в среднем, как KN, ср =1/эхр [(32.802-f)/ 0.5607], (4)
- не более, как KN, макс =1/эхр [(30.802-f)/ 0.5607], (5)

где f- измеренная собственная частота колебаний лопасти моноблока

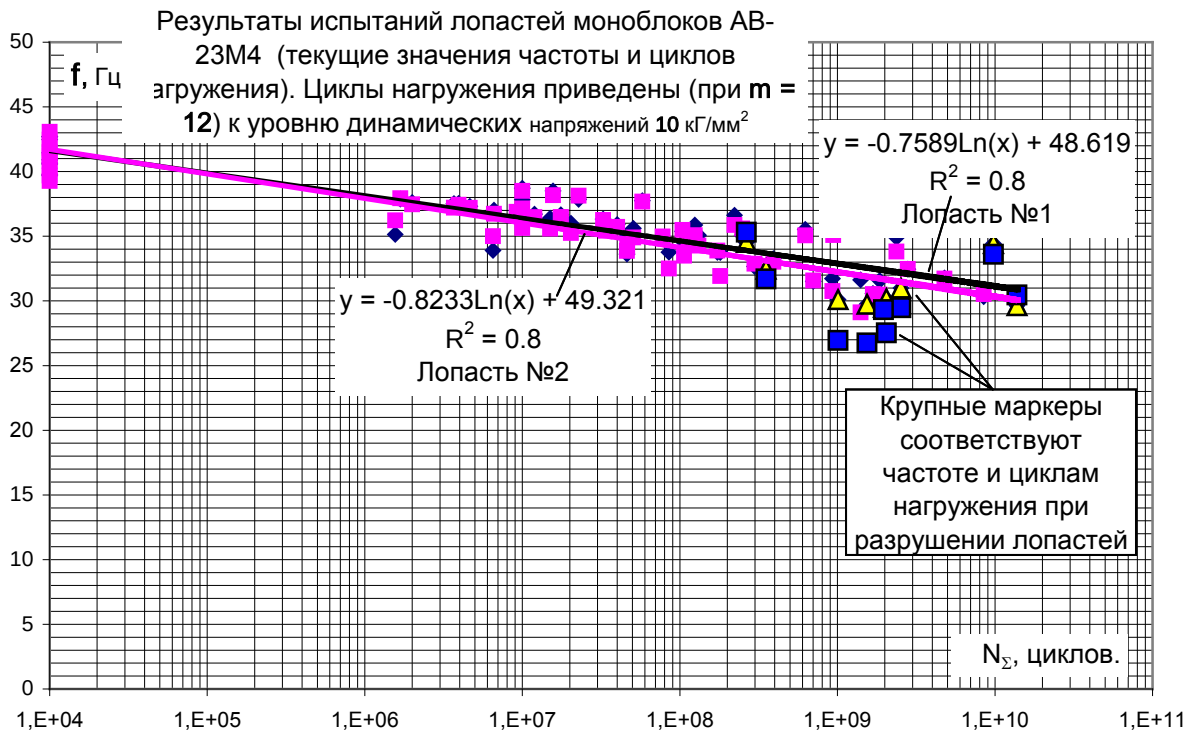


Рис. 10. Контроль усталостной повреждаемости лопастей ВВ АВ-23М4 по падению частоты

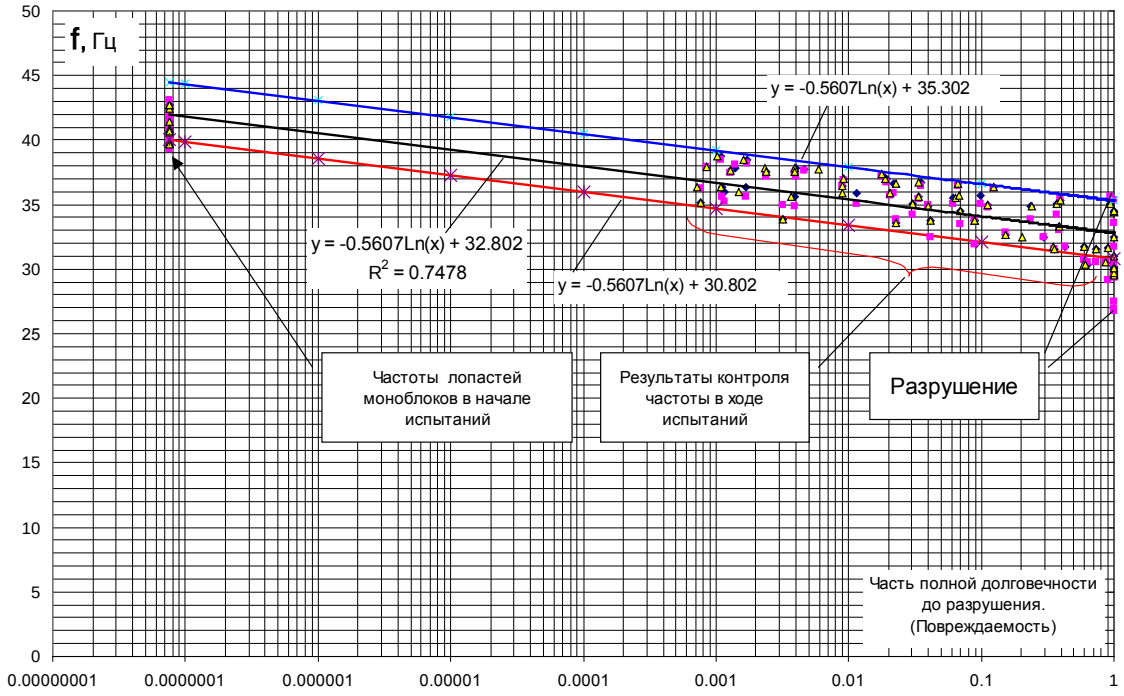


Рис. 11. Результаты усталостных испытаний моноблока воздушного винта АВ-23М4

График зависимостей (3), (4) и (5) дан на рис.12.

Практическое значение, с учётом надёжности определения располагаемой величины запаса, имеет только зависимость (3), которая позволяет оценить минимальный запас. Зависимость (4) носит справочный характер, но может быть использована с дополнительным привлечением приборного метода неразрушающего контроля.

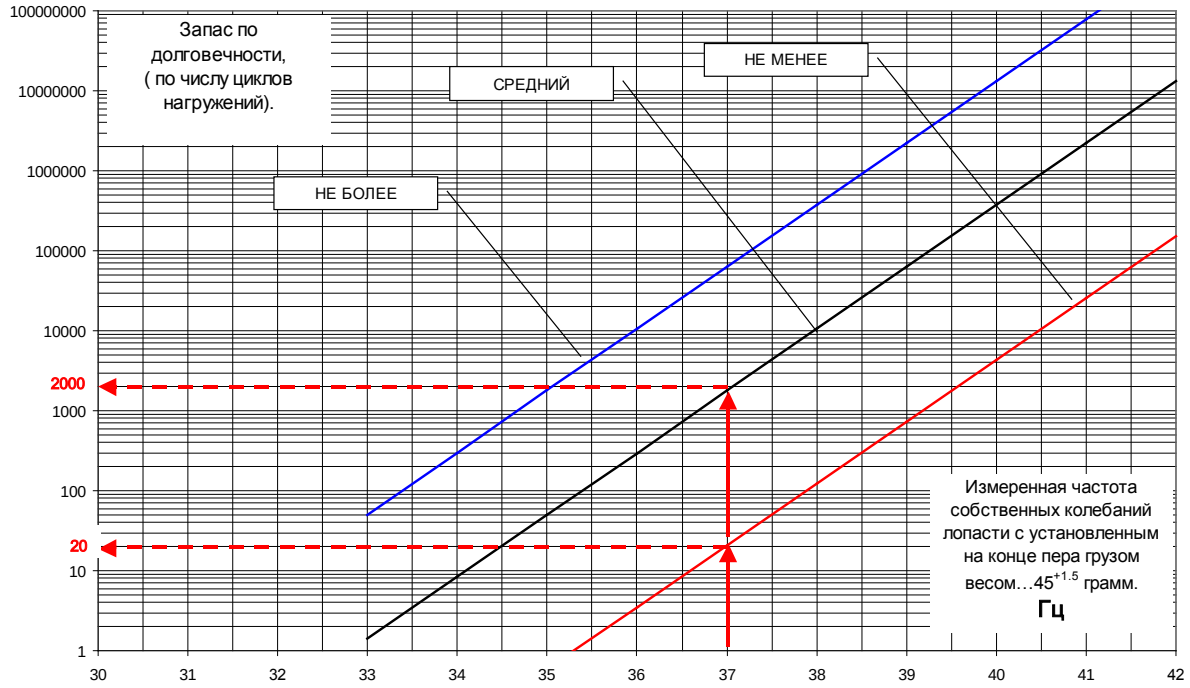


Рис. 12. График запаса по долговечности от частоты собственных колебаний

Выводы по результатам усталостных испытаний

1. Повышение уровня напряжений до $\sigma=\pm 10$ кг/мм2 и дальнейшее ступенчатое увеличение до $\sigma=\pm(15\ldots19)$ кг/мм2 привело к разрушению всех моноблоков (по крайней мере одной из лопастей моноблока).

2. При этом периодическим контролем лопастей отмечалось снижение частоты собственных колебаний лопастей в процессе всего периода испытаний. Снижение частоты свидетельствовало об уменьшении жесткостных (упруго-прочностных) характеристик пера лопастей из-за накопления усталостной повреждаемости в их КМ. При этом отмечалась идентичность процесса снижения частоты для лопасти №1и №2 в одном моноблоке.

3. Перед окончательным разрушением снижение частоты составило от 13,4% до 35,6% (от моноблока к моноблоку).

4. Полученные компьютерным анализом уравнения осреднённых зависимостей частоты от текущей наработки для лопастей №1 и №2 моноблоков, как следует из рис 10, оказались практически одинаковыми:

- для лопасти №1

$f = -0.7589\mathrm{Ln}(N\Sigma) + 48.619$ (6)

- для лопасти №2

$f = -0.8233\mathrm{Ln}(N\Sigma) + 49.321$ (7)

Это подтверждает идентичность процессов изменения упруго-прочностных свойств КМ разных лопастей моноблоков при динамическом нагружении и свидетельствует о стабильности технологии их изготовления.

5. Вычисление располагаемого минимального запаса долговечности по формуле (4) или его определение по графику При этом критической следует принять частоту 35 Гц – максимальную из всех 18-ти испытанных до разрушения лопастей 9-ти моноблоков, при которой произошло разрушение лопасти №1 моноблока № 0903-03. Т.е. при фиксации частоты 35 Гц (и менее) для любой из тестируемых лопастей моноблока (или ВВ), дальнейшее его использование в прежних условиях работы нецелесообразно.

С учётом повышенного разброса прочностных характеристик свойственного КМ, предпочтительной величиной запаса по долговечности лопастей ВВ АВ-23М4 целесообразно принять величину не менее 20.

6. Структурная схема прибора виброакустического прогноза остаточного ресурса

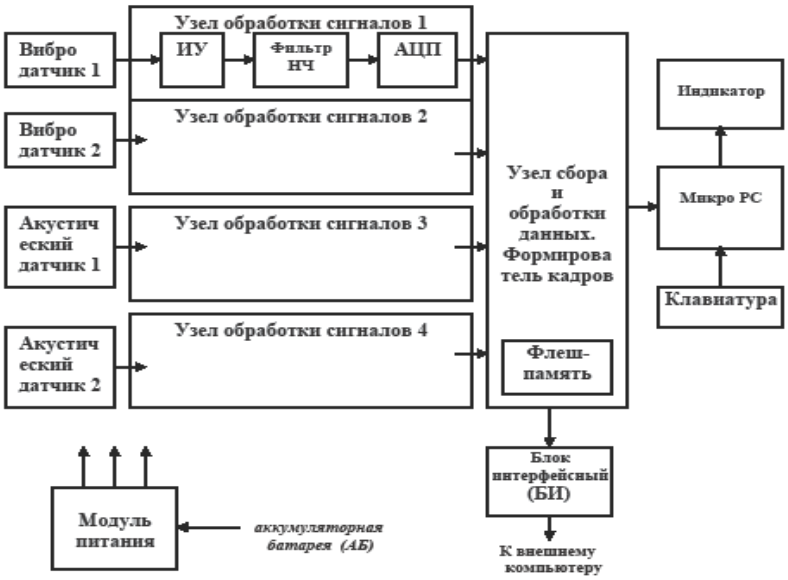


Рис. 13. Структурная схема прибора виброакустического прогноза остаточного ресурса

Рис. 14. Внешний вид опытного образца прибора

На рис. 13 представлена структурная схема прибора виброакустического прогноза остаточного ресурса. Вибро и акустические датчики, всего 4-штуки подключаются через внешние разъемы к узлам обработки сигналов 1-4. Сигналы с датчиков усиливаются инструментальными усилителями (ИУ), фильтруются в ФНЧ и далее преобразуются в цифровой код с помощью 16-разрядного АЦП. В узле сбора и обработки данных оцифрованные сигналы формируются в 12 разрядные информационные слова и далее в младшие кадры. Каждому слову соответствует измеренное мгновенное значение одного из 4-х датчиков. Всего в младшем кадре помещается (256:4 =64) 64 измерения. В служебной части младшего кадра имеются: синхронизатор мл. кадров, счетчик младших кадров и метки текущего времени которые позволяют проводить синхронизацию непрерывно поступающих мл. кадров и «сшивку измеренной информации в непрерывный поток с указанием текущего времени измерения. Сформированные мл. кадры записываются в флеш-память для дальнейшей обработки на внешнем компьютере, а также поступают в микро РС прибора, в котором с помощью ПО в

котором реализованы математические уравнения, графики и закономерности роста трещин и изменения собственных частот колебаний.

Специальное ПО в котором реализованы математические уравнения, графики и закономерности роста трещин и изменения собственных частот колебаний изложенные в работах [3-10] , позволяет провести оценку прогноза остаточного ресурса лопастей. При этом на экране индикатора прибора отображается информация о текущих измеряемых параметрах (амплитуд напряжений, собственных частот колебаний) и выводы по оценке прогноза остаточного ресурса лопастей. Для проверочных испытаний был использован бортовой терминал БТ-03, фото на рис. 14. Проверочные испытания показали высокую сходимость (более 95%) результатов натурных испытаний и реализованного алгоритма оценки остаточного ресурса лопастей. Испытания проводились на 20 лопастях воздушных винтов самолета.

Выводы

1. Разработан прибор виброакустической оценки прогноза остаточного ресурса лопастей воздушного винта самолета интегральным методом свободных колебаний в котором за основу взят контроль спектра акустических колебаний и снижения частоты собственных колебаний лопастей в процессе всего периода испытаний при этом:
- За базовые акустические и вибрационные характеристики каждой лопасти используются измерения, проведенные в начале применения и обозначаются, как базовые, с которыми при периодическом контроле сравниваются текущие статистические значения параметров контроля;
- Периодически через равные интервалы времени производится измерение частот вибраций и спектра, их взаимный анализ, момент появления неравенства квалифицируют как начало процесса разрушения контролируемого элемента конструкции объекта;
- Момент возникновения трещины и скорость развития трещины определяют на основе динамики изменения разности частоты вибрации, появления в спектре дополнительных частот и изменения длительности колебаний от двух и более датчиков.
2. В основу разработанных алгоритмов и математических зависимостей по оценке прогноза остаточного ресурса лопастей воздушного винта взяты результаты практических испытаний проводимых в период с 2010 по 2016 годы специалистами НПП «Аэросила».
3. Проверочные испытания показали высокую сходимость (более 95%) результатов натурных испытаний и реализованного алгоритма оценки остаточного ресурса лопастей. Испытания проводились на 20 лопастях воздушных винтов самолета. Было подтверждено что:
- перед окончательным разрушением лопасти снижение частоты было в диапазоне от 15% до 32%, что подтверждает выводы по результатам усталостных испытаний (3.Перед окончательным разрушением снижение частоты составило от 13,4% до 35,6% (от моноблока к моноблоку).
4. Для внедрения в промышленную эксплуатацию прибора необходимо провести проверочные испытания еще хотя бы на 50-80 лопастях воздушных винтов самолета.

Список использованных источников:

1. Методы акустического контроля металлов», Москва, «Машиностроение». 1989 г., Н.П. Алёшин и др.
2. Низкочастотные акустические методы контроля в машиностроении», Л. «Машиностроение». 1977 г., Глаговский Б.А., Московенко И.Б.
3. Технический отчёт №333.170.014.2014 по анализу факторов, способствующих образованию и несвоевременному обнаружению эксплуатационной усталостной трещины в концевой зоне лопасти воздушного винта АВ-60К №11Г35. НПП «Аэросила», 2014 г.
4. Вероятность попадания в фюзеляж самолёта обломка лопасти воздушного винта при её разрушении», ФГУП «ЦАГИ», УДК 629.735.33.015.4:539.43. Л.М. Певзнер.
5. ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЁТ №722.420.012.07 по результатам испытаний лопасти воздушного винта АВ-72(Т) на скорость развития макротрещины усталости. НПП «Аэросила», 2007 г.
6. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ №233.420/170.006.10 по результатам усталостных испытаний моноблоков АВ23М4.000.010 воздушного винта АВ-23М4 до разрушения и их расчётно-экспериментального анализа. НПП «Аэросила», 2006 г.
7. Техническая справка № 103.170.035.06 по сравнительному анализу результатов испытаний лопастей воздушного винта АВ-140 (ЛБВ-1) с ремонтом и без ремонта после наработки в эксплуатации 1500 часов. НПП «Аэросила», 2006 г.
8. Технический отчет № 003.от 06.16г по оценке остаточного ресурса лопасти винта вертолета МИ-8 при создании в ней трещин. «Comelpro» SRL, 2016 г.
9. Пестриков, В.М., Морозов Е.М. Механика разрушения твердых тел. Курс лекций. СПб: Профессия, 2002
10. Хеллан, К. Введение в механику разрушения. М.: Мир. 1988.

РАЗРАБОТВАНЕ НА СИСТЕМА ЗА МОНИТОРИНГ НА РАСТЕЖА И СЪСТОЯНИЕТО НА РАСТЕНИЯТА В КОСМИЧЕСКА ОРАНЖЕРИЯ СВЕТ-3 ВЪЗ ОСНОВА НА ТЕРМАЛНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ИЗОБРАЖЕНИЯ ВЪВ ВИДИМИЯ ДИАПАЗОН: ИЗИСКВАНИЯ И ПОДБОР НА КАМЕРАТА

Илияна Илиева[1], Галин Гюлчев[2], Геновева Златева[2]

[1]Лаборатория „Космически биотехнологии“, Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Катедра „Физика, биофизика и радиология“, Медицински факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“
e-mails: iliana_ilieva@space.bas.bg, gyulchev@phys.uni-sofia.bg, gzlateva@abv.bg

Ключови думи: *космическа оранжерия Свет-3; би-спектрална (комбинирана термо и във видимия диапазон) камера; листна температура; растеж на растения.*

Резюме: *Основна функция в бъдещите Биологични системи за осигуряване живота на екипажите при продължителните мисии се отрежда на растенията. В космически условия експерименти с отглеждане на растения се провеждат от 45 години, но въпреки натрупания опит в областта на „космическото растениевъдство”, все още в космическите оранжерии (КО) се създават стресови условия за развитие на растенията. Концепцията за адаптивно управление на КО Свет-3 предвижда включване на обратна връзка от статуса на растенията в процеса на контрол на параметрите на околната среда с цел да се преустанови създаването на неблагоприятни условия и да се оптимизира средата за отглеждане на растенията. Цел на настоящата разработка е надграждането на Системата за мониторинг растежа и статуса на растенията в КО Свет-3, чрез добавяне на камера за заснемане растежа и развитието на растенията (VIS камера), и термо камера (IR камера) за заснемане температурата на листата. Би-спектрална (VIS и IR) камера FLIR AX8 (FLIR Systems Inc., USA) е приложена в мониторинговата система на КО Свет-3 поради съответствието на спектралните и оптичните ѝ характеристики с топлинното излъчване на растенията и мащаба на заснемената листна площ на растенията, както и поради възможността получените изображения да бъдат анализирани и данните от тях да бъдат включени към PLCs.*

DEVELOPMENT OF THERMAL AND VISUAL IMAGING SYSTEM FOR MONITORING PLANT GROWTH AND STATUS IN SVET-3 SPACE GREENHOUSE: REQUIREMENTS AND CAMERA SELECTION

Iliana Ilieva[1], Galin Gyulchev[2], Genoveva Zlateva[2]

[1]Space Biotechnology Laboratory, Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Department of Physics, Biophysics and Radiology, Faculty of Medicine, Sofia University "St. Kliment Ohridski"
e-mails: iliana_ilieva@space.bas.bg, gyulchev@phys.uni-sofia.bg, gzlateva@abv.bg

Key words: *space greenhouse Svet-3; bi-spectral (combined thermal infrared and visible light) imaging camera; leaf temperature; plant growth.*

Abstract: *Plants will play key role in the future Biological life support systems to sustain crews' life during long duration space missions. Plants are grown in space for more than 45 years and although significant knowledge is gained in the field of "space horticulture" stressful conditions are still being created in the space greenhouses (SG). The concept for adaptive control of Svet-3 SG envisions control of the environmental parameters by feedback from the plant physiological status with the scope to prevent creation of suboptimal conditions for plant growth and to optimize the environment. The aim of this study is to upgrade the plant growth and status monitoring system of Svet-3 SG with visible light (VIS) camera for imaging of plant growth and development, and thermal (IR) camera for imaging of leaf temperature. FLIR AX8 (FLIR Systems Inc., USA) bi-spectral (VIS and IR) imaging camera was implemented in the Svet-3 monitoring system. The spectral and optical*

characteristics of the camera suited well with plants' thermal emissivity and scale of leaf area being measured. FLIR AX8 also has built-in support to connect to industrial control equipment such as PLCs, and allows sharing of image analysis and results for control.

Въведение

Биологичната система за осигуряване на живота (БСОЖ) е системата, която създава и поддържа оптимални условия за живот на екипажа на космическите кораби и станции при продължителни мисии. Основен елемент в бъдещите БСОЖ са растенията, тъй като чрез процесите фотосинтеза и транспирация растенията могат да пречистват въздуха и водата. Растенията са също източник на всички необходими на човека хранителни вещества, както и на ценни вещества, които могат да бъдат използвани като лекарства, суровини и материали.

Отглеждането на растения в космически условия започва през 1971 г., в специално създадена контролирана среда наречена Космическа оранжерия (КО). Оттогава досега в космически условия са отгледани повече от 100 вида растения в над 20 различни КО (Porterfield et al., 2003). Разработването на КО и до днес е изправено пред редица технически и ресурсни ограничения (Monje et al., 2003), които налагат използването на технологии за отглеждане на растения по-скоро съобразени с ограниченията за размер, обем, тегло и ниски разходи на енергия, отколкото с изискванията на растенията. Прилагането на този подход при създаването и контролирането на параметрите на околната среда (ОС) в КО води до възникването на стресови условия за отглеждане на растенията (Илиева и др., 2004).

Подход за противодействие на възникващите стресови условия в ОС е предложен за реализиране в трето поколение на КО Свет (КО Свет-3), който има за цел да създаде подобрени условия за култивиране на растенията като оптимизира средата им на отглеждане въз основа на физиологичния статус на растенията (Kostov et al., 2002). Функцията на системата за адаптивен контрол на КО Свет-3 се състои в регулиране на параметрите на ОС – фотопериод, интензитет и спектър на светлината; съдържание на въглероден диоксид; температура и влажност на въздуха; контрол на влажността в изкуствената почва и др. не само около зададени прагови стойности, предварително определени на базата на евристични знания, но и въз основа на обратна връзка от самите растения, така че условията на ОС да се създават съобразно изискванията на растенията.

Изключително важен елемент за реализирането на практика на адаптивен контрол в КО Свет-3 е разработването на мониторингова система за оценка на физиологичния статус на растенията.

Мониторинговата система на КО Свет-3 включва Газанализираща система (ГАС) за определяне на фотосинтезата и транспирацията на растенията, както и две камери: камера за заснемане растежа и развитието на растенията за определяне на листната площ и височината им и камера за измерване на температурата на листата. Подробно критериите за подбор на инфрачервените газанализатори на ГАС са описани от Sapunova et al., 2008. Цел на настоящата разработка е подбор на камера за заснемане растежа и развитието на растенията (VIS камера) и термо камера (IR камера) за заснемане температурата на листата, които да се включат в Системата за мониторинг растежа и статуса на растенията в КО Свет-3.

Критерии за подбор на VIS и IR камери за Системата за мониторинг на КО Свет-3

VIS и IR камери, специално предназначени за заснемане на растения, не са разработени до момента от производителите на оптика или оптични уреди. На пазара са налични IR камери за измерване температурата на сгради или промишлени процеси; военни (полицейски) IR камери, предназначени за видеонаблюдение и/или охрана; както и VIS фото и видео камери. Поради тази причина, освен анализ на спектралните, температурните и оптични характеристики на наличните VIS и IR камери с цел оптималния им подбор, съобразен съответно с топлинното излъчване на растенията и мащаба на листната площ, бяха въведени и следните допълнителни изисквания с цел изпълнение на функциите на системата за адаптивен контрол на КО Свет-3:

- Възможност за непрекъснато видео заснемане в VIS и IR области на спектъра в хода на жизнения цикъл на растенията;
- Възможност за анализ на получените VIS и IR изображения за извличане на информация от селектирани области на листата и стеблото;
- Възможност за сигнализиране при измерване на температура на листата по-висока или по-ниска от зададен праг;

- Възможност за използване на данните за температурата на листата и/или динамиката на растеж на растенията в последващ контрол на параметрите на околната среда.

Подбор на VIS и IR камери за Системата за мониторинг на КО Свет-3

Съвременното развитие на технологиите в оптиката позволи подбор на камера, която съчетава в едно VIS и IR сензор за едновременно заснемане на обекта и по-лесно анализиране на получените изображения. В Таблица 1 са представени техническите характеристики на камера **FLIR AX8** (FLIR Systems Inc., 2014) в зависимост от изброените критерии.

Таблица 1. Технически характеристики на камера FLIR AX8

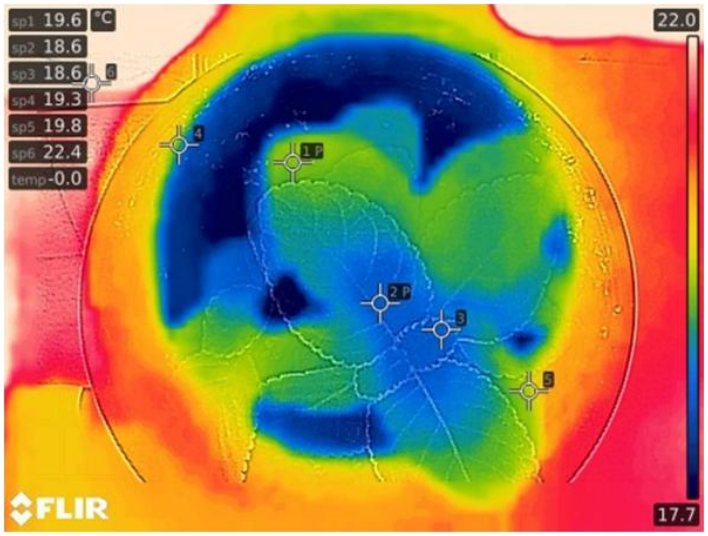
Тип IR детектор	FPA неохладен микроболометър
Разделителна способност IR / VIS камера	80 x 60 pixels / 640 x 480 pixels
Спектрален обхват	7,5 – 13 μm
Зрително поле	48° x 37°
Обхват	-10 – 150°C
Чувствителност	0,1°C
Точност	±2°C
Фокус	Фиксиран
Минимално разстояние на фокусиране	0,1 m
Максимално разстояние на фокусиране	∞
Формат на изображението	IR VIS Би-спектрален (VIS & IR)
Формат на видео изображението	IR VIS Би-спектрален (VIS & IR)
Влажност на въздуха при работа	95% при 25 – 40°C
Температура на въздуха при работа	0 – 50°C
Захранване	PoE
Пренос на данни	PoE
Анализ на изображението	Задавене на 6 области с анализ на минималната, максималната и средната температури
Анализ на данни	Аларма и изпращане на e-mail възоснова на 6 критични точки зададени в изображението
Контрол	Възможност за връзка към PLCs
Размери	54 x 25 x 95 mm
Тегло	125 g

Дискусия

Камерата, която беше добавена в мониторинговата система на КО Свет-3 е FLIR AX8 (Фиг.1). Тя може да заснема и предава видео изображение в VIS, IR и би-спектрален (комбиниран формат между термално изображение и изображение във видимия диапазон - MSX) (Фиг.2.). При този формат IR изображението е контурирано и по този начин много по-лесно могат да се разграничат детайлите на наблюдавания обект, както и проблемните му зони. С камерата може да се осъществи непрекъснато видеонаблюдение, като предаваният видео сигнал при би-спектрално изображение е с резолюция 640 x 480 pixels, т.е. въпреки по-ниската разделителна способност на IR камера при този процес се извършва автоматично ресемплиране на изображението. Чрез софтуера на камерата могат да се зададат 6 области в изображението, в които да се следи минималната, максималната и средната температури.

Могат да се зададат и 6 отделни точки в изображението (Фиг.2.), в които да се следи температурата да не надвиши или да не се понижи под определен предварително зададен праг, при което автоматично може да се изпрати е-мейл на посочен адрес с анализ на данните и изображение от съответното събитието. Допълнително могат да се направят снимки и/или видео, които да се запишат в компютър. FLIR AX8 може да работи при висока влажност на въздуха – 95%, което също я прави подходяща за мониторинговата система на КО Свет-3, тъй като растенията се отглеждат в среда с висока влажност. Най-голямото предимство на FLIR AX8 е възможността камерата да бъде свързана към PLC и показанията ѝ да се използват в реален процес на контрол. Тази функция напълно отговаря на концепцията за адаптивен контрол на КО Свет-3, тъй като параметрите на растенията, които ще бъдат измерваните от камерата са всъщност физиологични показатели като: температура на листата, височина, листна площ, растеж и развитие на растенията, и последващото включване на анализираните и обобщени данни от тези паказатели в контрола е реална стъпка в осъщесвяването на обратна връзка от статуса на растенията към контрола на параметрите на ОС в КО.

Фиг. 1. Би-спектрална (VIS и IR) камера FLIR AX8



Фиг. 2. Би-спектрално (VIS и IR) изображение на растение *Sinningia speciosa* със зададени 6 критични точки

Благодарности

Разработката е извършена по Проект „Определяне статуса на растенията, култивирани в космическа оранжерия Свет-3, чрез анализ на термални изображения“, Договор No. Н 80-10-210/24.04.2017-ФНИ, финансиран от Фонда за научни изследвания на Медицинския факултет, Софийски университет “Св. Климент Охридски“.

Литература:

1. Илиева, И. И., Т. Н. Иванова, С.М. Сапунова, П.Т. Костов. Създаване на подходяща среда за развитие на растенията в микрогравитация - технически решения и експериментален опит, Сборник с доклади от Юбилейна научна сесия “90 години авиационно образование в България”, Т. 1, с. 98-106, 2004.
2. Kostov, P., T. Ivanova, I. Dandolov, S. Sapunova, I. Ilieva. Adaptive environmental control for optimal results during plant microgravity experiments, Acta Astronautica, Vol. 51, Nos. 1-9, pp. 213-220, 2002.
3. Monje, O., G. W. Stutte, G. D. Goins, D. M. Porterfield, G. E. Bingham. Farming in space: environmental and biophysical concerns, Advances in Space Research, Vol. 31, No. 1, pp. 151-167, 2003.
4. Porterfield, D. M., G. S. Neichitailo, A.L. Mashinski, M.E. Musgrave. Spaceflight hardware for conducting plant growth experiments in space: The early years 1960-2000, Advances in Space Research, Vol. 31, No. 1, pp. 183-193, 2003.
5. Sapunova, S. M., T. N. Ivanova, P. T. Kostov, Y. N. Naydenov, I. I. Ilieva, I. W Dandolov. Monitoring and control of atmospheric gas composition in space plant growth facilities: selection of CO2 sensors for Svet-3 SG. Ecological Engineering and Environment Protection, Vol. 7, No. 1, pp. 56-64, 2008.
6. FLIR Systems Inc., User’s manual FLIR AX series, Publ. No.: T559913, 2014.

NOTES ON TEACHING EXPERIENCE GAINED THROUGH SIMLAT C-STAR SIMULATOR IN BULGARIA

Zoya Hubenova, Konstantin Metodiev

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

Key words: *operator, UAV, simulator, training, C-Star*

Abstract: *In the report hereby, topics related to training, evaluation, and selection of UAV operators are discussed. Experimental data taken from recent courses held by means of C-Star simulator of Israeli company SimLat are also presented. The flight task data are logged by means of PANEL module. Our teaching experience is shared, so is the trainees' performance.*

БЕЛЕЖКИ ПО ПРЕПОДАВАТЕЛСКИЯ ОПИТ НАТРУПАН ЧРЕЗ СИМУЛАТОР SIMLAT C-STAR В БЪЛГАРИЯ

Зоя Хубенова, Константин Методиев

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

Ключови думи: *оператор, БЛА, симулатор, обучение, C-Star*

Резюме: *В настоящия доклад се обсъждат въпроси, свързани с обучението, оценката и селекцията на оператори на БЛА. Представени са експериментални данни, получени от наскоро проведени курсове на симулатор C-Star на израелската фирма SimLat. Полетната информация е събрана посредством модул Panel. Обсъден е преподавателският опит на авторите, както и успеваемостта на обучаемите.*

Preamble

Business and entertainment drone applications are all the rage these days in Bulgaria and worldwide. For example, the drones might be used in agriculture and forestry for observation purposes. On the basis of collected data, it might be decided when crops should be treated, the yield is forecasted, etc. Activities like coordinating forest fires extinguishing, medical care in the event of an accident, fight against hailstorms, and many others are also facilitated by drones. Unlike the recent past, drone applications are nowadays there for the taking.

In Bulgaria, the first aerial target drone was designed about 50 years ago, [1]. Many others have been produced since then. In order to get well trained, pilots are required to attend a preliminary training course including practicing at a simulator. Similarly, having realized the need of vocational UAV training, the managing body of Space Research and Technology Institute was persuaded into purchasing a UAV simulator. From among all received offers, SimLat's was rated as the best value for money. The simulator gives a crew the opportunity to carry out specific tasks solely related to typical UAV applications. The achieved results are topical and may be useful in further UAV teaching activity.

C-Star solution in the Space Research and Technology Institute

The Space Research and Technology Institute (SRTI) possesses a full crew solution of the C-Star simulator including a pilot station, a payload station, and an instructor station. The taught course is led by SRTI employees who have already been certified by SimLat in advance. The overall arrangement of the simulator within the laboratory is shown in following figure.

Fig. 1. The C-Star laboratory at the SRTI

Teaching method

Among wide variety of teaching methods, demonstrating, [2], was given the biggest priority for obvious reasons. Prior to practicing at any station, each trainee is shown a correctly performed task once. The task is performed by the instructor correctly. The trainee is expected to memorize as many details about task implementation as possible. Having confirmed readiness, the trainee is offered to be seated at the station and try to implement the task by her/himself. Immediate help is provided by the instructor if it is necessary. Should the trainee undergoes a crash, the flight task is started over again. This is repeated until the trainee achieves satisfactory result. Upon task completion, a short debriefing follows.

In 2016, about fifty employees from Bulgarian Ministries of Interiors and Defense attended educational courses at C-Star laboratory. Students were between 20 and 30 years old. Women made up about 10% of trainees' total number. Each student practiced maximum one hour per station and eventually took an exam. Among the students, there were several professional fighter pilots.

Initially, the students had to master basic piloting skills such as takeoff, flight on route, visual approach, and landing so as to get familiar with the pilot station. Having got used to fly, the students were assigned more difficult tasks. For example, distinguished students were asked to perform landing procedure with autopilot failure. In this way, the airplane attitude stabilization and Euler angles limitations are no longer available which is why the trainee has to make more effort to avoid crash landing. Severe weather conditions were also simulated to make steering the airplane even harder.

The students were assigned next task at the payload station. The task plan is depicted in Fig. 2. In this scenario, the payload operator has to detect and follow a moving ground target (T-72 medium tank). Both the airplane and the target move along a previously assigned route. Also, there are additional clues (accompanying vehicles) that let the operator figure out the target from a greater distance. The task goal is to lock the target within the sensor field of view (FOV) as soon as possible. Simultaneously, the Panel module records few performance parameters. The most important parameter is period of time within which the target falls into sensor FOV. The sooner student locks the target, the better. The task depicted in Fig. 2 is same for all trainees.

Finally, a crew training session was also carried out. The session consists of initial checklist, taxiing for take-off, take-off, flight en-route, task completion, landing approach, landing, and taxiing to parking area. It is worth mentioning that the only available video channel gives an impression of additional impediment to the crew trying to identify a ground object. Whenever the onboard camera is turned aside by the payload operator, it prevents the pilot from observing the front hemisphere and maintaining the right course.

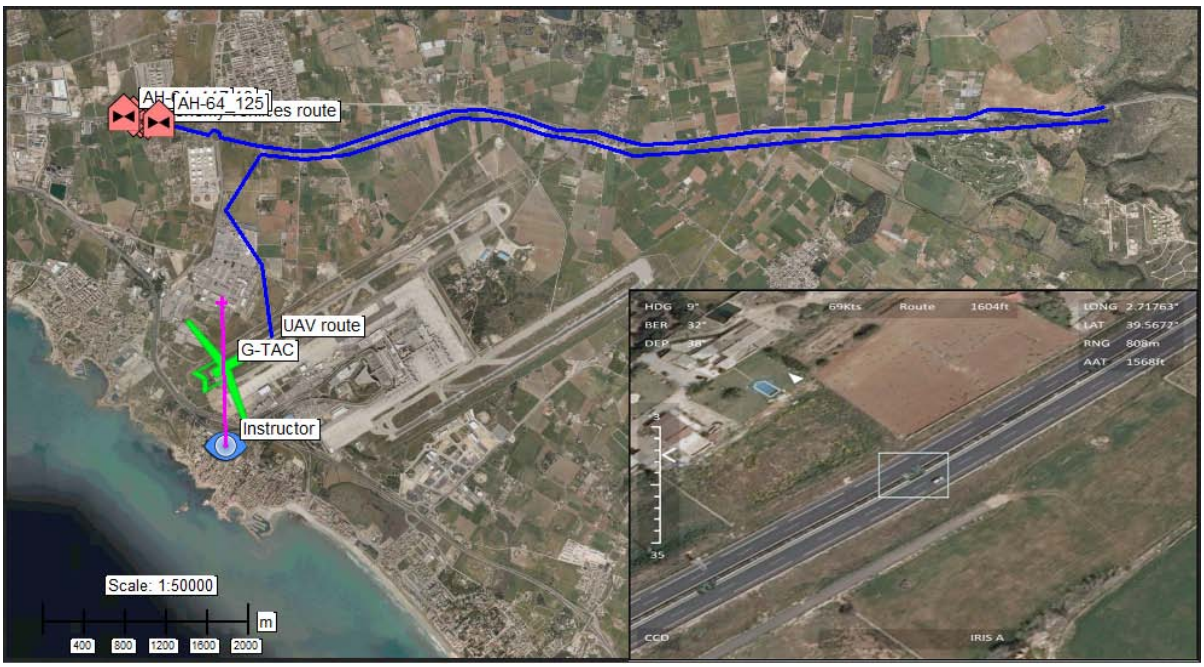


Fig. 2. Flight task scenario

Results

Graphs depicted in Fig 3, 4, and 5 show success rate of trainees carrying out a flight task at the payload station. The graphs are put together by means of the Panel module. The tested trainees are a professional pilot, Fig. 3, and two beginners, Fig. 4, 5. As it was mentioned earlier, the flight task comprises detecting and following a mobile ground target. In the figures, each curve provides information about following:

- Line 1: distance between the UAV and the target, m
- Line 2: distance between the line of sight and the target, m
- Line 3: payload field of view, deg
- Gray areas: the target is locked within the sensor field of view

Fig. 3. Very good performance by a professional pilot

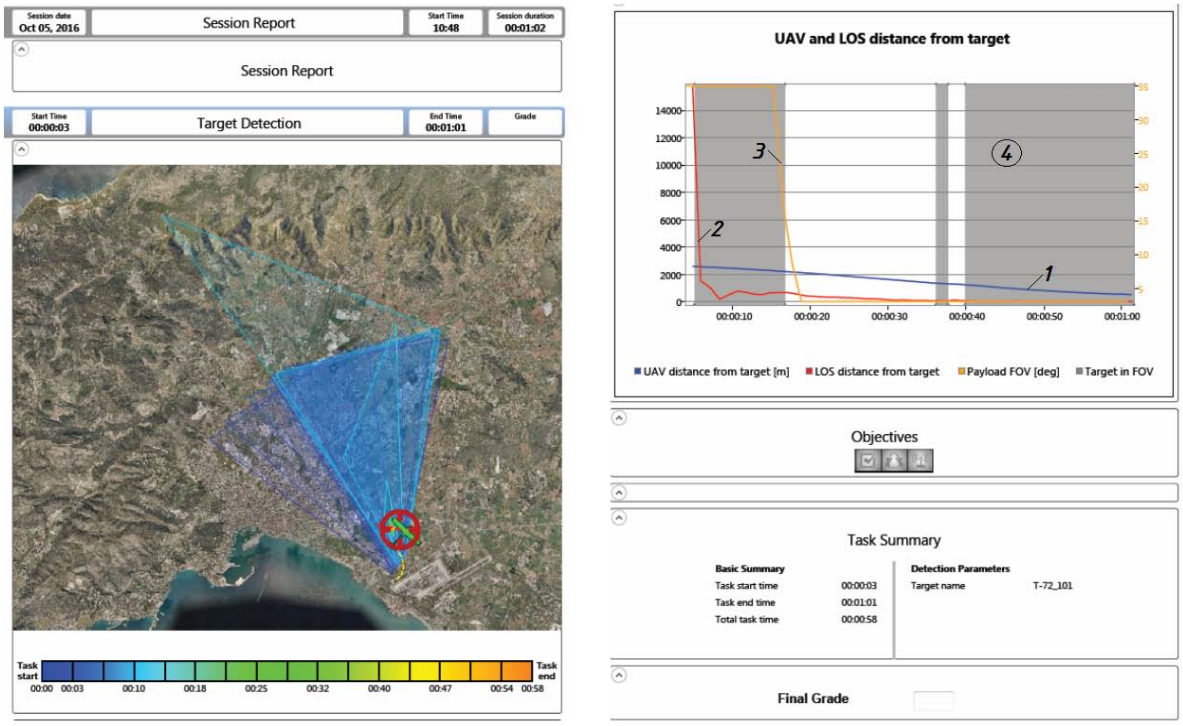


Fig. 4. Intermediate level achieved after initial training

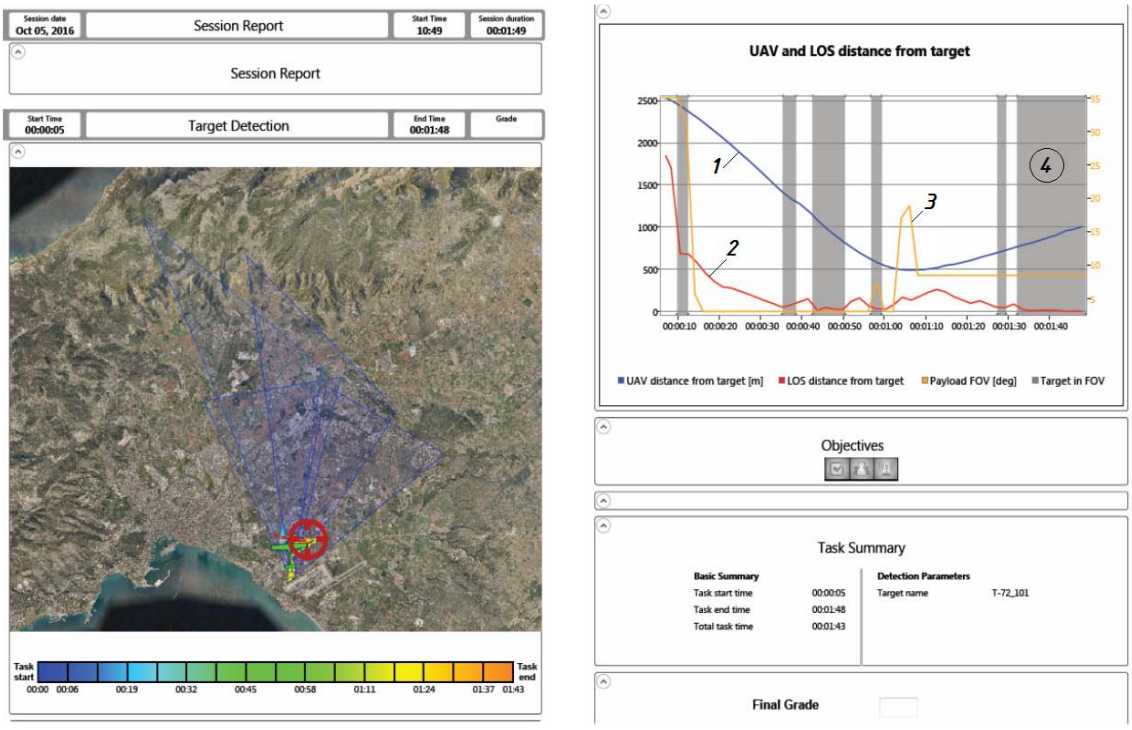


Fig. 5. Weak performance following initial training

Discussion

The achieved results indicate that successful trainees are either skilled professional operators (of UAV in particular) or play computer flight simulators on a regular basis. From figures above, it is evident that the professional trainee makes a single attempt at locking the target and succeeds at once. On the contrary, it takes the unexperienced beginner trainee more time to get used to the joystick and be quick on the uptake. Eventually, everybody succeeds. However, preliminary

demonstration made by the instructor is strongly necessary. Having watched the flight scenario in advance, the trainee is less likely to make errors due to ignorance.

Another conclusion might be made that mastering the payload station appears to be a more arduous undertaking for all trainees. Working with the payload is a relatively long task taking a trainee up to a few minutes to complete. The underlying scenario involves performing vigorous maneuvers by the airplane which is why the line of sight shifts continuously. The trainee has to decide on a course of action quickly and figure out the new target location over again. What is more, the moving target is very elusive within a scene with small angular extent (a.k.a. small angle of view, zoomed-in window), which may happen right before triggering the locking button. On the other hand, it is impossible to lock the target within a zoomed-out scene of the video channel. All these pieces of subtlety are critical for successful performance because they burden the trainee's attention in addition.

In the C-Star simulator, there are five generic tasks that might be added to the scenario. These include target detection, static target observation, dynamic target observation, route scanning, and area scanning. In the course of task, the Panel module provides a mean of data logging and depicting the trainee's performance automatically. This is the only available tool for the purpose.

We would like to bring minor technical issues to reader's notice, Fig. 6. Whenever the payload operator happen to scan a large area, the corresponding FOV rectangle is depicted too large. We suggest that a kind of limiter should be introduced so as to cut off rectangles which exceed an initial size limit so as to preserve the overall minimum resolution of the scenario.

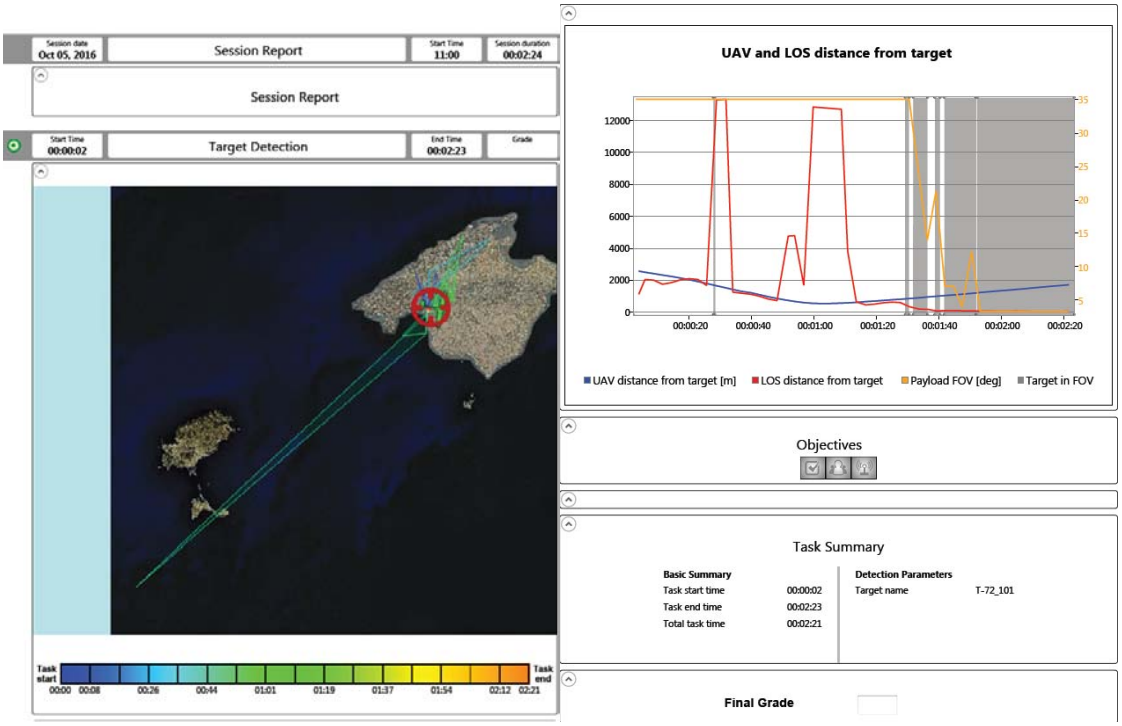


Fig. 6. Occasionally, the field of view rectangle appears excessively stretched (left half)

What lies ahead is putting a 3D map of Bulgaria together and installing it further in the C-Star simulator. Another improvement to come up with is making the flight dynamics model more plausible by expanding it within the bounds of possibility.

Reader is strongly advised to get acquainted with the C-Star manuals [3], [4], [5] so as to gain profound insight into the simulator theory and practice.

References:

1. http://goo.gl/KDS9J9
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Teaching_method
3. C-STAR 3G Instructor User Manual v.3.2.1.8
4. C-STAR 3G Trainee Manual v.3.2.1.8
5. C-STAR 3G Maintenance Manual Rev.3

РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПРИБОР „ПЛЕВЕН-87“ НА МОБИЛНО УСТРОЙСТВО

Константин Методиев

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

Ключови думи: *Андроид, Процесинг, Плевен-87, оператор*

Резюме: *Цел: Програмна реализация на тестовете от приборен комплекс „Плевен-87“ на смартфон или таблет.*
Метод: Използваната развойна програмна среда е Processing v.3, а използваният API – Android версия 6, Marshmallow. Разработен е изходен код за един примерен тест от приборния комплекс „Плевен–87”. Резултатите от теста се записват в реално време в текстов файл. Използваният формат на файла е csv.
Резултати: В доклада не само е обсъден разработеният софтуер, но и също така е демонстриран тест от приборния комплекс, инсталиран на смартфон.

MOBILE IMPLEMENTATION OF DEVICE “PLEVEN-87”

Konstantin Metodiev

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

Keywords: *Android, Processing, Pleven–87, operator*

Abstract: *Objective: Software implementation of tests initially installed on Pleven-87 device by a smartphone or a tablet.*
Method: The used development environment is Processing v.3, whereas the utilized API is Android v.6, Marshmallow. The source code is developed for a sample test of the Pleven-87 device. The results are stored in a text file in real time. The used file format is csv.
Results: In the article hereby, special attention is given to a test case, previously installed on the smartphone, as well as to developing the software itself.

Въведение

През 1988 г. вторият български космонавт Александър Александров на борда на орбиталната станция „Мир“ проведе повече от двадесет медицински експеримента по международната програма „Шипка“ с цел да се изследва работоспособността на екипажа. За нуждите на експеримента са били разработени пет специализирани бордови системи. Една от тях е приборен комплекс „Плевен-87“. Приборът е предназначен за изследване на психофизиологичните реакции на оператора в наземни и космически условия. Целта на експеримента, проведен едновременно в космоса и на земята, е била изследване и овладяване на промените, които настъпват в психическата работоспособност, функционалното състояние на нервната система и адаптивните възможности на космонавтите. Експериментът е бил проведен не само при продължително пребиваване на борда на космически летателен апарат, но така също и в периода на адаптация към условията на космическия полет, т.е. към микрогравитация. Този период е характерен с т. нар. „Синдром на космическа адаптация“.

Резултатите са дали възможност да се определят критерии и нормативи за оценка на работоспособността на космонавтите при пребиваване в космоса. Допълнително са били разработени мероприятия за психологическа поддръжка и профилактика при снижена работоспособност.

Прибор „Плевен-87“, фиг 1, реализира петнадесет психофизиологични теста, както следва: 1) смятане в зададен темп, 2) непрекъснато смятане в зададен темп, 3) непрекъснато смятане в автотемп, 4) смятане в зададен темп, втори вариант, 5) смятане в зададен темп с превключване, 6) проста сензомоторна реакция на светлинен дразнител, 7) проста сензомоторна реакция на звуков дразнител, 8) сложна сензомоторна реакция с предварително обучение, 9) сложна сензомоторна реакция за избор, 10) сложна сензомоторна реакция с предварително обучение и превключване на вниманието, 11) сложна сензомоторна реакция в зададен темп, 12) сложна сензомоторна реакция в зададен темп с психологическа обратна връзка, 13) сложна сензомоторна реакция в автотемп, 14) условни двигателни реакции на комбинации от цветни стимули, 15) реакция на движещ се обект.

Фиг. 1. Общ вид на прибор „Плевен-87“ (ляво) и смартфон Doogee X5 Max Pro

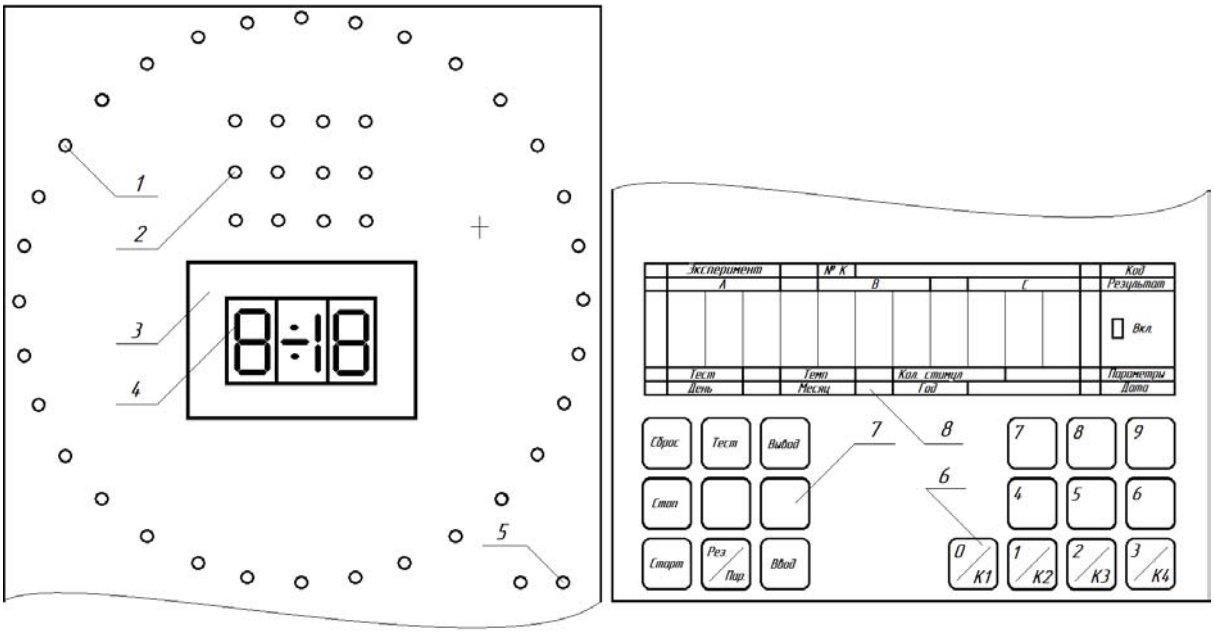
Целта на настоящото изследване е да се пренесат тестовете от прибор „Плевен-87“ на мобилно устройство – таблет или смартфон. По този начин масата и габаритите на изследователския комплекс намаляват драстично. Това дава шанс на комплекса от тестове да се използва отново на борда на действащ обитаем космически апарат. Общият вид на прибора и използвания смартфон е показан на фиг. 1.

Методи и материали

За развойна среда бе избрана Processing v.3 [1]. Програмният език се основава на Java, но използва опростен синтактичен модел на програмиране [2]. Името на API е Marshmallow версия 6, ниво 23 [3]. За целево устройство е използван смартфон Doogee X5 Max Pro [4], с параметри 2 Gb RAM, 16 Gb ROM, диагонал на екрана 5‘‘ и резолюция 1280x720 пиксел, фиг. 1.

Приложението е разработено със средствата на обектно ориентираното програмиране (ООП). В този случай съвкупността от данни и операциите над тях (методи) са реализирани в обособени структури на кода – обекти или абстрактни типове данни. Съвкупността от всички обекти от един и същ тип се нарича клас. Абстракцията на данните позволява класовете да се разработват в относителна изолация от останалия код. Тази техника на кодиране се нарича „капсулиране“ [5]. При нейната реализация съществува чисто разграничаване между интерфейса на даден клас, който е достъпен за останалата част от програмата, и вътрешната част на класа, която не може да бъде достигната от външни програмни елементи. Такова разделение позволява да се променя вътрешната част на класа без да се засяга останалата част на програмата. Други достойнства на ООП са „наследяване“ и „полиморфизъм“ [6].

В приложението са разработени класове за бутон, фоново поле, светодиоден кръг, светодиодна матрица, два 7-сегментни дисплея (цифрово и информационно табла) и два светодиода за индикация на режима съгласно означенията, показани на фиг. 2. Класът за бутон съдържа променливи за размери и позиция на екрана, текст, цвят и една булева променлива, отчитаща алтернативна функция на бутона (бутон с декоративен триъгълен елемент). Класът съдържа само един метод – функция за изобразяване. От този клас логично са дефинирани 19 обекта, а от всички останали класове – по един обект. Обектите от тип „бутон“ се съхраняват в хаш-таблица по етикет, съвпадащ с текста върху тях. За избор на конкретен бутон е достатъчно да се направи обръщение към етикета.



Фиг. 2. Елементи от интерфейса на прибор Плевен-87: 1) Светодиоден кръг; 2) Светодиодна матрица за представяне на образи; 3) Фоново поле; 4) Цифрово табло; 5) Индикатори на режима; 6) Цифрова клавиатура; 7) Функционална клавиатура; 8) Информационно табло.

Класът за фоновото поле съдържа променлива за текущ цвят и един метод за изобразяване. Същото важи и за двата класа на светодиодните кръг и матрица. В тези класове има по един допълнителен метод за изобразяване на активния светодиод. В класовете за двата 7-сегментни дисплея се съдържат променливи за техните координати, а така също и методи за изобразяване на текст с определени параметри – шрифт, големина и цвят. Всички класове съдържат явен предефиниран конструктор. За разлика от C++, Java не поддържа деструктори.

При натиск върху сензорния екран програмата извършва прекъсване на функция draw(), изпълнява библиотечна функция mousePressed() като ISR и сверява получените координати на мястото на натиска mouseX и mouseY с тези на бутоните. Ако координатите съвпадат, текущият бутон се изобразява с черен цвят (техника overlay) и се активира флаг от тип boolean. В тялото на функция draw() флагът винаги се проверява. Ако проверката върне положителен резултат, текущият бутон се изобразява отново с бял цвят и флагът се нулира. Така се реализира ефект на премигване на натиснатия бутон, който е достатъчно бавен, за да е видим от потребителя.

В табл. 1 е показана извадка от документацията на изделие „Плевен-87“ [7]. В таблицата е описана задачата, програмирана в смартфона.

Табл. 1. Описание на теста

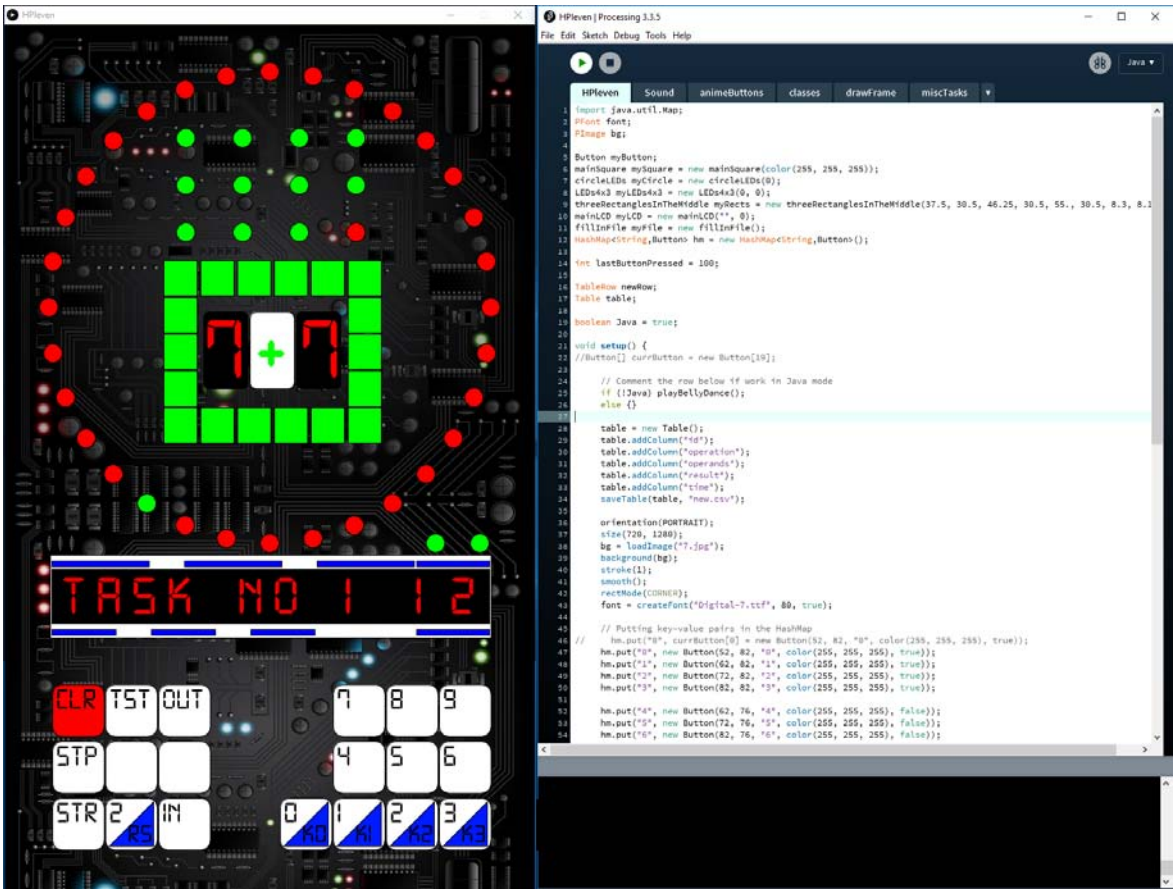
Тест № Наименование	*Вид стимула Действия оператора*	*Време предъявления одного стимула*	*Количество стимулов*
Счет в заданном темпе (вариант 1)	Два случайных десятичных числа на зеленом или красном фоне.	Выбирается из диапазона: 0.5 – 3.5 сек. с шагом 0.25 сек.	25 – 250

Задачата се изпълнява от оператора в следната последователност. На зелен или червен фон се появяват две случайни едноцифрени десетични числа. Операторът трябва да събере числата при зелен фон или да ги извади при червен цвят на фоновото поле, фиг. 2, поз. 3. Резултатът се въвежда чрез цифровата клавиатура. За разлика от оригиналното изделие, мобилното приложение поддържа двуцифрен резултат. Системата подава следващия стимул след реакцията на оператора, но не по-късно от избраното време за появяване на един стимул. Регистрира се броят на правилните, грешните и пропуснатите отговори, като съответните стойности се съхраняват в променливите A, B и C, фиг. 2, поз. 8. За размер на извадката по-голям или равен на 30 се измерва времето за правилна реакция, средното време за правилна реакция и средно квадратичното (стандартно) отклонение по формулата:

$$\sigma = \pm\sqrt{\frac{\sum\left(x^2\right) - \frac{\left(\sum x\right)^2}{n}}{n-1}} \quad (1)$$

Резултати

На фиг. 3 е показан описаният примерен тест от прибор „Плевен-87“, реализиран в симулационния прозорец на Processing. Интерфейсът на приложението изглежда по същия начин на целевото устройство Doogee X5 Max Pro. Проведени са серийни тестове за отстраняване на грешки по време на изпълнение. Приложението понастоящем работи според очакванията.



Фиг. 3. Тест на разработената програма в симулационния прозорец на Processing v.3.3.5

В табл. 2 е показана извадка от резултатите от провеждане на пробен тест със смартфона. С цел извършване на допълнително тестване на софтуера в приложението са кодирани всички аритметични операции. Те са показани в колона „operation“. В колона „operands“ са показани числата, извеждани на цифровото табло, фиг. 2, поз. 4. В колони „result“ и „time“ са показани съответно резултатите на оператора и времето за реакция. Темпът на теста е фиксиран и равен на 2200 ms за едно аритметично действие.

Табл. 2. Извадка от примерен тест, mean = 1533.9 ms, σ = 328.7 ms

id	*operation*	*operands*	*result*	*time, ms*	*Коментар*
0	0	0	0	2	Служебно
1	*	85	40	1933	
2	+	76	13	1933	
3	–	18	7	1208	Модул
4	*	98	72	1734	
5	+	20	2	1067	
6	–	45	1	1266	Модул
7	*	53	15	1534	
8	/	72	3	1797	Целочислено
9	*	51	5	1333	

Дискусия

Както се вижда от експериментите, проведени със смартфона, няма пречки за реализацията на всички тестове от комплекс „Плевен-87“ на мобилно устройство. Трябва да се направи уточнението, че разработеният софтуер не обработва получените данни, а само ги събира. Анализът на получената информация е задача за експерти психолози. За достъп до събраните данни потребителят трябва да има root привилегии за конкретното устройство.

Приносът на докладваната разработка е чисто практически. Авторът е обнадежден, че тестовете могат да се използват на борда на МКС например, поради значителното намаляване на масата и габаритите на изследователския комплекс. След проведения експеримент се вижда, че разработката на нови тестове за мобилно устройство е реалистична и финансово достъпна задача. Използването на тестовете от астронавти не изисква знания по програмиране. На фиг. 4 е показана примерна употреба на таблет на борда на Союз МС-04.

Поради ограничения обем на доклада са спестени подробности относно разработката на изходния код. За да получи читателят пълен достъп до кода е необходимо да се изпрати искане до автора на посочения e-mail, както и да бъде цитиран настоящият доклад.

Изследователски комплекс Плевен-87 е обект на авторско право. Представеният в доклада софтуер е автентичен и разработен без да са заимствани елементи от програмното обезпечение на оригинала, доколкото такова съществува. Мобилното приложение е разработено с идеална цел и не може да се използва комерсиално.

При евентуална употреба на приложението е необходимо да се проведат тестове за електромагнитна съвместимост на мобилното устройство с инсталирана бордова апаратура.

Абревиатурата на изделието показва, че 2017 година е юбилейна, тъй като тогава се навършват 30 години от създаването на прототипа.

Фиг. 4. Астронавтът Фьодор Юрчихин (на заден план – Джак Фишер) използва таблет с контролен списък на борда на Союз МС-04, експедиция МКС-51/52, 20.IV.2017 [8]

Литература:

1. http://android.processing.org/
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Processing_(programming_language)
3. https://www.android.com/versions/marshmallow-6-0/
4. http://www.doogeemobile.com/doogee-x5-max-pro.html
5. Overland, Brian, C++ in Plain English, MIS:Press, ISBN 1-5582-8472-9, 1996
6. Object – Oriented Programming in C, Application Note Rev. E, Quantum Leaps, LLC, 2015
7. Изделие „Плевен–87“, Конструкторска документация, Приложение № 5, Описание психо-физиологических тестов, София, 1986
8. https://www.youtube.com/watch?v=XdS7xrP6xG8&t=194s

ВТОРИЧНА ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАЩА СИСТЕМА ЗА КОСМИЧЕСКИ ПРИБОР „ASLAV“ - ДЕТЕКТОР НА СЛЪНЧЕВО ЛАЙМАНОВСКО АЛФА-ИЗЛЪЧВАНЕ

Павлин Граматиков, Венета Гинева

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

Ключови думи: *Вторични източници за захранване, проектиране на ключови източници за захранване, вторични електрозахранващи системи, ефективност на електрозахранващите източници,*

Резюме: *За удовлетворяване на техническите изисквания на европейска ракета-носител към бордни вторични електрозахранващи системи (ВЕС) на космически прибор са реализирани редица авторски решения. Приложено е ново решение в схемата за ограничаване на пусковия ток. Използвана е нова схемотехника при свързването на мощна високоволтова интегрална схема в нисковолтов режим, с цел висока надеждност. Изследвано е техническо решение за повишаване на КПД в режим на малки сигнали в схема Flyback.*

SECONDARY POWER SUPPLY SYSTEM OF SPACE EQUIPMENT „ASLAV“

Pavlin Gramatikov, Veneta Guineva

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: *To meet the technical requirements of the European carrier rocket to onboard secondary power systems (SPS) space instruments the number of copyrights decisions were adopted. It is taken a new solution in the circuit to limit the inrush current. It is used a new schematic decision when connecting powerful high voltage integrated circuits in low voltage mode, with a goal of high reliability. It is studied a technical solution to increase the efficiency in the mode of small signals in the Flyback circuit.*

Въведение

Приборът „ASLAF” от проекта „Поток на абсолютната Lα радиация“, е предназначен за измерване и изследване на пряката слънчева Lα радиация. Резонансният преход на атомарния водород (Лаймановско алфа-излъчване) е особеност на слънчевия спектър в далечната ултравиолетова област. Това излъчване се поглъща от кислорода в атмосферата и като се следи неговото отслабване може да се изчисли плътността и температурата на O2 [2]. Проектът „HotPay“ е част от проекта ALOMAR eARI, от VI-та рамкова програма на Европейския съюз за научни изследвания, технологично развитие и демонстрационни дейности, Andoya Rocket Range (ARR), Ardenes, Norway. В рамките на този проект се осъществява разработка на прибора „ASLAF“ в ИСЗЛ-БАН, Филиал Стара Загора и Групата по Атмосферна Физика на Филиала по Метеорология на Университета в Стокхолм (MISU).

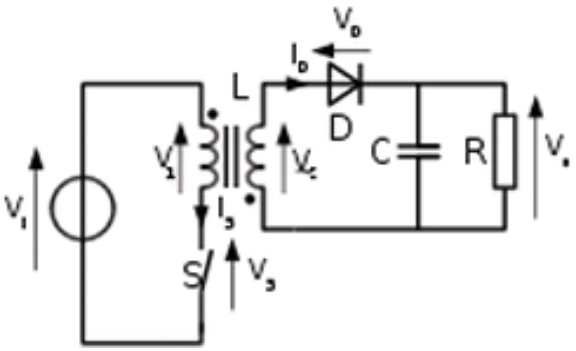
Електрозахранването на прибора „ASLAF“ се реализира от две съвместно работещи системи: първичната електрозахранваща система (ПЕС) и вторичната електрозахранваща система (ВЕС). ПЕС на ракетата съдържа акумулаторна батерия, първични импулсни

преобразуватели, силова автоматика, тоководещи кабели и конектори. При руските космически апарати ПЕС е с постоянно напрежение с диапазон на изменение от + 24 *V* до + 34 *V*. В ИКИТ-БАН за повече от 27 години е натрупан опит в реализирането на бордни космически ВЕС с приложение в следните научни области: дистанционно изследване на Земята, космическа биология, космическа физика, космическа астрономия и др. При редица научни експерименти качествата на ВЕС определят точността и грешките при измерване на параметрите на физични, физиологични, биологични, химични и други процеси при реален експеримент с космическа апаратура в космически условия.

А. Сравнение и приложение на основните видове ВЕИ за космически цели

- **Обратноходов преобразувател** (flyback converter, Фиг. 1).

Той е разновидност на еднотактните импулсни преобразуватели на напрежения с галванично развързване между първичните и вторичните вериги. При затваряне на ключа, към първичната намотка (***Np***), на дросела се подава напрежението от първичния източник (***Vi***), и в първичната намотка се натрупва енергия. При запушване на транзистора се индуктира напрежение във вторичната намотка (***Ns***), което отпушва диода във вторичната страна. Във вторичната верига започва да протича ток, който едновременно зарежда кондензатора и захранва товара. Докато транзисторът е отпушен, товарът се захранва само от кондензатора. Работната честота е от 1 *kHz* до 300-500 *kHz*. Регулирането на изходното напрежение (***Vo***), обикновено се осъществява чрез коефициента на запълване (***D***) на управляващите импулси на транзистора. Обратноходовите преобразуватели се прилагат за апаратури с мощност до 250 *W*, (телевизори, монитори, аудиотехника и видеоапаратура, периферни устройства към компютърна техника и др.). Масово се използват също и в зарядни устройства за мобилни телефони и преносими компютри.



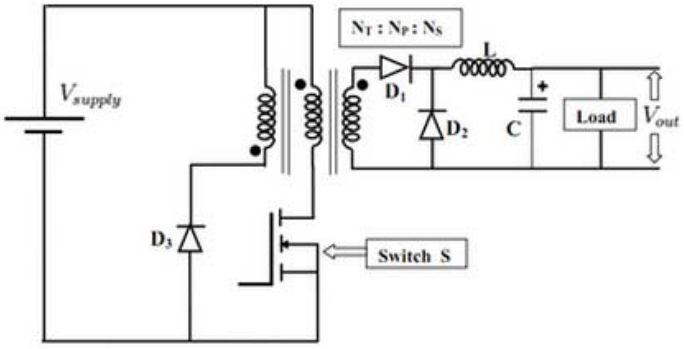
Фиг. 1. Обратноходов преобразувател

Изходното напрежение на обратноходовия преобразувател се определя от зависимостта (1):

(1) $$\boldsymbol{Vo = \frac{D}{1-D}\ Vi.\ \frac{Ns}{Np}}$$

Преимуществата на обратноходовия преобразувател са: регулиране на изходното напрежение в широки граници; използване на малко елементи със сравнително ниска цена. Недостатъците на обратноходовия преобразувател са: мощността е ограничена от енергията, която се натрупва в дросела; по-високо ниво на електромагнитни смущения, създавани както в източника, така и в товара; по-големи размери на трансформатора, в сравнение с други импулсни преобразуватели при същата мощност.

- **Еднотактен прав импулсен преобразувател** (Forward converter, Фиг. 2).



Фиг. 2. Прав импулсен преобразувател

Използва се за по-големи мощности, спрямо Flyback converter, обикновено над 250 *W*. Изходното напрежение на Forward converter се определя от зависимостта (2):

(2) $$Vo = \frac{Ns}{Np} Vi.D$$

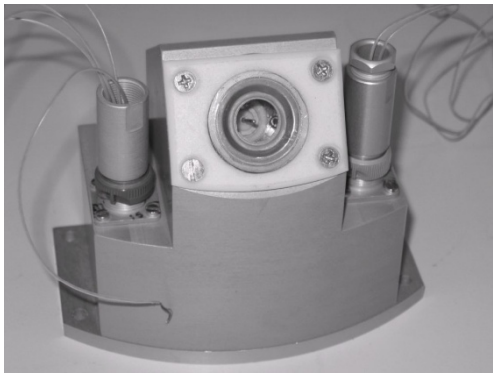
- **Двутактен импулсен преобразувател** (Push-pull).

Използва се за по-големи мощности, спрямо Forward converter, обикновено над 350 *W*.

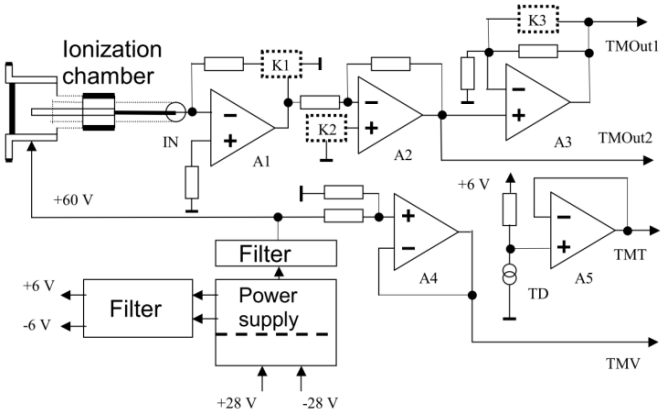
Б. Експериментална част

Ще бъде разгледана BEC за прибор „ASLAF“ (Absolute Solar Lyman Alpha Flux) – детектор на слънчево лаймановско алфа-излъчване. Захранването за йонизационната камера трябва да има следните параметри [3]: пълна работоспособност при постоянно бордно напрежение от номинално 28 *V*, изменящо се от 20 *V* до 34 *V*; галванична развръзка между бордните и изходните вериги.

На Фиг. 3 е показана снимка на прибора, а на Фиг. 4 е показана функционалната схема на детектор на слънчево лаймановско алфа-излъчване.



Фиг. 3. Прибор „ASLAF”

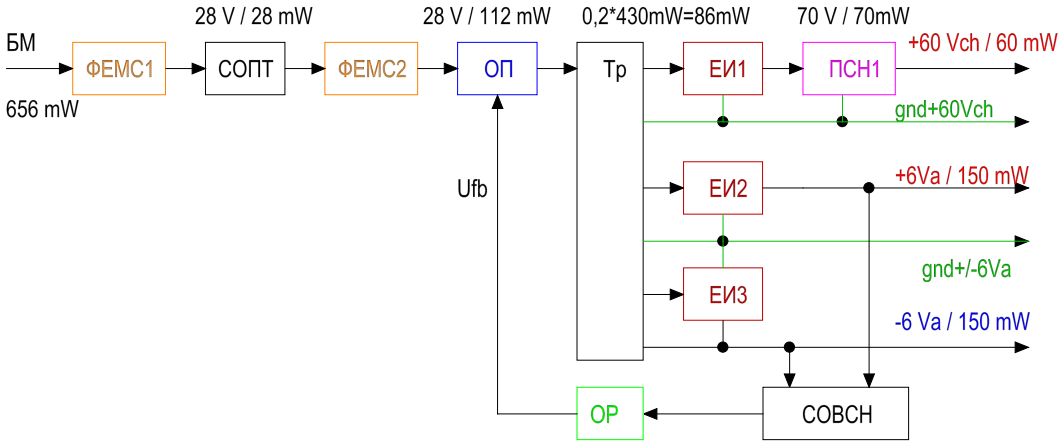


Фиг. 4. Детектор на слънчево лаймановско алфа-излъчване

Операционният усилвател А3 подава към телеметрията аналогово напрежение на полезния сигнал. Операционният усилвател А4 подава към телеметрията напрежение пропорционално на анодното напрежение +60 *V* на йонизационната камера. Аналогично А5 подава към телеметрията информация за температурата.

BEC-ASLAF трябва да осигури следните изходни напрежения, токове, мощности и параметри: +6 *V* / 25 *mA* *(150 mW);* +6 *V* / 25 *mA* (*150 mW*); +60 *V* (+1/-1*V*) / 1 *mA* (60 *mW*); обща изходна мощност: 360 *mW*; пусков ток: до 3 *A*; размерите на платката на BEC-ASLAF да са 64x49x8 *mm*.

Размерите на прибора „ASLAF” са 105x60x90 *mm*, а теглото е 498 *g*. По време на полета BEC-ASLAF е постоянно захранен от БМ [64]. На Фиг. 5 е показана функционалната схема на BEC-ASLAF.



Фиг. 5. Функционална схема на BEC-ASLAF

По задание към BEC-ASLAF няма външна команда за разрешаване на изходните напрежения. Схемите ФЕМС1 и ФЕМС2 служат за филтрация на вътрешни и външни за BEC - ASLAF електромагнитни шумове. Схемата за ограничаване на пусковият ток (СОПТ) ограничава пусковия ток до стойност 0,3 *A* в два момента от време: при зареждане на първичните кондензатори и при зареждане на вторичните кондензатори. Изградена е от един чип с функция на аналогов компаратор, един PWM контролер и мощен MOSFET транзистор. За блок ОП е избрана схема на обратноходов транформаторен преобразувател (Flyback), който е реализиран с чип с три извода. Трансформаторът Тр е с 4 намотки и работи с променлива честота, вариращa около средната 100 *KHz* с цел подобряване на ЕМС [5]. Сумата от двете напрежения на еднопътните изправители ЕИ2 и ЕИ3 се следи от схемата за обратна връзка за стабилизация на напрежението СОВСН. С цел галванична развръзка, сигналът от СОВСН се предава чрез оптрон от блок ОР. Нестабилното напрежение на изхода на ЕП1 се стабилизира и филтрира от ПСН. За блоковете СОПТ, ОП, Тр, ЕИ1, ЕИ2, ЕИ3 и ПСН са дадени разчетните мощности на загубите, които общо за BEC-ASLAF са 296 *mW*. Събрани с общата полезна мощност (360 *mW*) се получава консумация 656 *mW* от БМ. В табл. 1 са дадени параметри на BEC-ASLAF при пълен товар и празен ход.

Табл. 1. Параметри на BEC-ASLAF при пълен товар и празен ход

Условия	U-БМ *[V]*	*14*	*17*	*20*	*24*	*28*	*30*	*35*
Pout =438 [mW]	КПД *[%]*	*0*	*78*	*75*	*73*	*68*	*68*	*65*
Pout =438 [mW]	*Рвес [mW]*	*0*	*123*	*150*	*162*	*207*	*207*	*244*
Pout =0 [mW]	*Рбм [mW]*	*112*	*136*	*156*	*182,4*	*221,2*	*237*	*273*

Заключение

Предвижда се изстрелването на две ракети: „HotPay-1“ за изследване на средната атмосфера (60-110 *km*) и „HotPay-2“ за изследване на йоносферата до 300 *km*. През юли 2006 г. е изстреляна ракетата „HotPay-1“, която след 7-8 *s* полет се разпада и след 80 *s* пада в океана.

Научно-приложните резултати по отношение на BEC-ASLAF са следните:

- Приложено е ново решение в схемата за ограничаване на пусковия ток.
- Използвана е нова схемотехника при свързването на мощна високоволтова интегрална схема в нисковолтов режим, с цел висока надеждност на BEC. Изследвано е техническо решение за повишаване на КПД в режим на малки сигнали в схема Flyback.

Литература:

1. Ташев, В. , В. Гинева, А. Манев , Г. Уит , Й. Гумбел, М. Капланов , Б. Киров, Л. Банков, Ст. Спасов, Захранващо устройство на датчик за измерване на слънчева Лайман-алфа (Lα) радиация, International Science conference 4th - 5th June 2009, Stara Zagora, BULGARIA, "Economics and Society development on the Base of Knowledge", Volume IV 35 Natural & Mathematical science, p34-p43.
2. Guineva, V., G.Witt, J.Gumbel, M.Khaplanov, R.Werner, J.Hedin, S.Neichev, B.Kirov, L.Bankov, P.Gramatikov, V.Tashev, K.Hauglund, G.Hansen, J.Ilstad, H.Wold, ASLAF: Detector of the direct solar Lyman-alpha radiation. Future alternatives, Workshop „Solar influences on the ionosphere and magnetosphere", Sozopol, Bulgaria, 7-13 June, 2009.
3. Guineva, V., G. Witt, J. Gumbel, M. Khaplanov, R. Werner, J. Hedin, S. Neichev, B. Kirov, L. Bankov, P. Gramatikov, V. Tashev, M. Popov, K. Hauglund, G. Hansen, J. Ilstad, H. Wold. Lyman-alpha Detector Designed for Rocket Measurements of the Direct Solar Radiation at 121.5 nm, Bulgarian Journal of Physics, V.34, iss.1, pp.116-127 (2007).
http://www.bjp-bg.com/papers/bjp2007_2_116-127.pdf
4. Guineva, V., Witt G., Gumbel J., Khaplanov M., Werner R., Hedin J., Neichev S., Kirov B., Bankov L., Gramatikov P., Tashev V., Popov M., Hauglund K., Hansen G., Ilstad J., Wold H., Detector for Rocket Measurements of the Direct Solar Lyman-Alpha Radiation, Third Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Nanotechnology, Safety", C., Space Research Institute, 27-29 June, 2007, Varna, Bulgaria, p114-p119, Book of abstracts, p.58, ISSN 1313-3888.
http://www.space.bas.bg/SENS-2007/2_3.pdf
5. Граматиков, П. А., Р. Г. Шкевов, Оптимизация на електромагнитното излъчване на цифрови модули с космическо предназначение, SENS'2006 Second Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Nanotechnology, Safety", Space Research Institute, 27 – 29 June 2007, Varna, Bulgaria.
6. Граматиков, П. Дисертация за получаване на образователната и научна степен „Доктор", Анализ и синтез на вторични електрозахранващи системи за бордна аерокосмическа апаратура, София, 2015 г.
http://www.space.bas.bg/BG/konkursi/stari/Procedura%20Gramatikov/Disertazia_Gramatikov.pdf

S E S 2 0 1 7
Thirteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2017, Sofia, Bulgaria

ВТОРИЧНА ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАЩА СИСТЕМА ЗА КОСМИЧЕСКИ ПРИБОР „AMEF-WB”

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, ефективност на електрозахранващите източници, електрозахранващи сиситеми.*

Резюме: *Представена е електрозахранваща система, като нейните схемни и структурни решения са изпитвани и реализирани във вторичната електрозахранваща система на космическия прибор „AMEF-WB”.*

SECONDARY POWER SUPPLY SYSTEM OF SPACE EQUIPMENT „AMEF-WB”

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.*

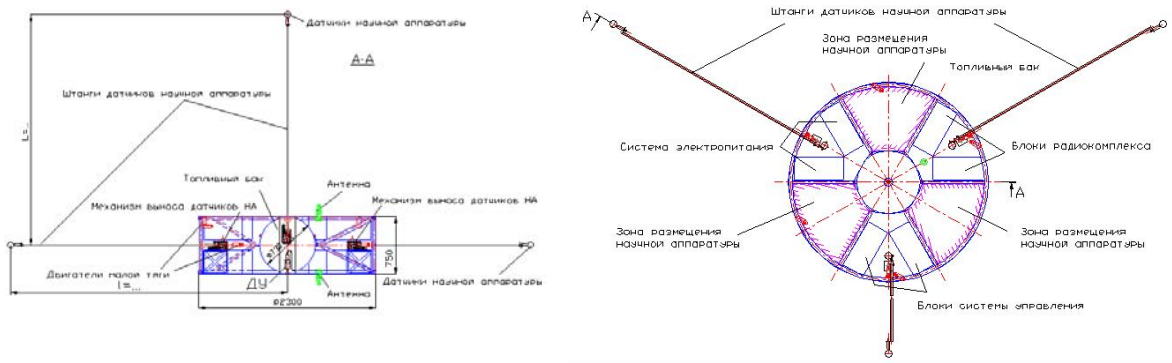
Abstract: *Presented power system have been tested and implemented schemes and structural solutions of secondary power supply system of space equipment „AMEF-WB”.*

Въведение

В бордната апаратура, която служи за събиране на информация за различни космически процеси задължителен функционален елемент се явяват вторичните електрозахранващи източници (ВЕИ) и вторичните електрозахранващи системи (ВЕС). Настоящето изложение обхваща проектната дейност, реализацията и изследванията на космическа ВЕС за прибор „AMEF-WB”, част от проект „Резонанс”, предназначен за изследване на елекромагнитните полета и взаимодействията на вълни и частици във вътрешната магнитосфера на Земята чрез използване на високоапогейни спътници. Разработеното схемно и конструктивно решение на ВЕС е изпитвано и проверено в Русия в условията на специализирани лаборатории, съгласно космическите стандарти за изпитване и експлоатация на космическа апаратура.

В проекта „Резонанс” се използва съзвездие от микросателити, предназначено за изучаване на магнитосферата на Земята. Целите на мисията са изследването на: еволюцията на магнитното поле; пръстеновидните токове; магнитосферните бури и плазмената динамика. Сателитите ще работят по двойки в пресичащи се елиптични орбити от 500 *km* × 28000 *km* при наклон 63.4°. Ракетата носител се предвижда да бъде Soyuz-2-1b Fregat-M, а четирите спътника е възможно да бъдат изстреляни през 2019 година [1].

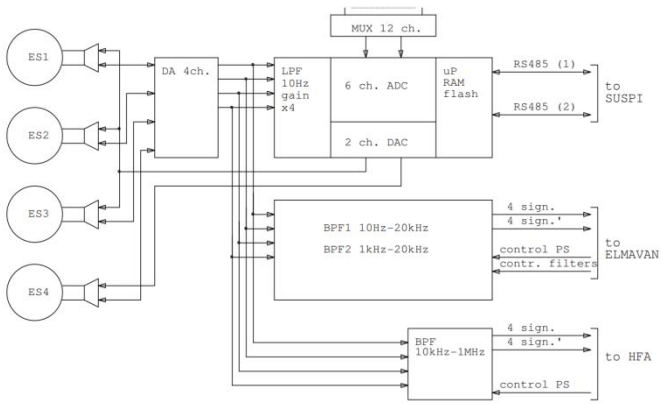
На Фиг. 1 е даден космическият апарат „Резонанс”, с общо тегло 550 *kg*, от които 100 *kg* са за научна апаратура [4]. Две двойки спътници ще бъдат изведени на специално подбрани орбити - така наречените магнитносинхронни. Периодът на въртене на спътниците е около 8 *h* и в първата фаза на експеримента спътниците ще преминават през авроралната област на Земята в противофаза [4].



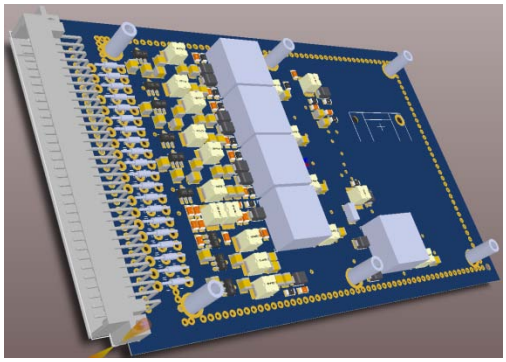
Фиг. 1. Компоновъчна схема на космическия апарат „Резонанс”

Експериментална част

Приборът „AMEF-WB” представлява комплексен приемник на електрически полета. Състои се от четири детектора и електронни модули [4]. Функционалната схема на прибора „AMEF-WB” е дадена на фиг. 2 [9]. На фиг. 3 е даден модел на BEC-AMEF за прибор „AMEF-WB”, получен в окончателния етап от проектирането и пространствената компановка на модула.



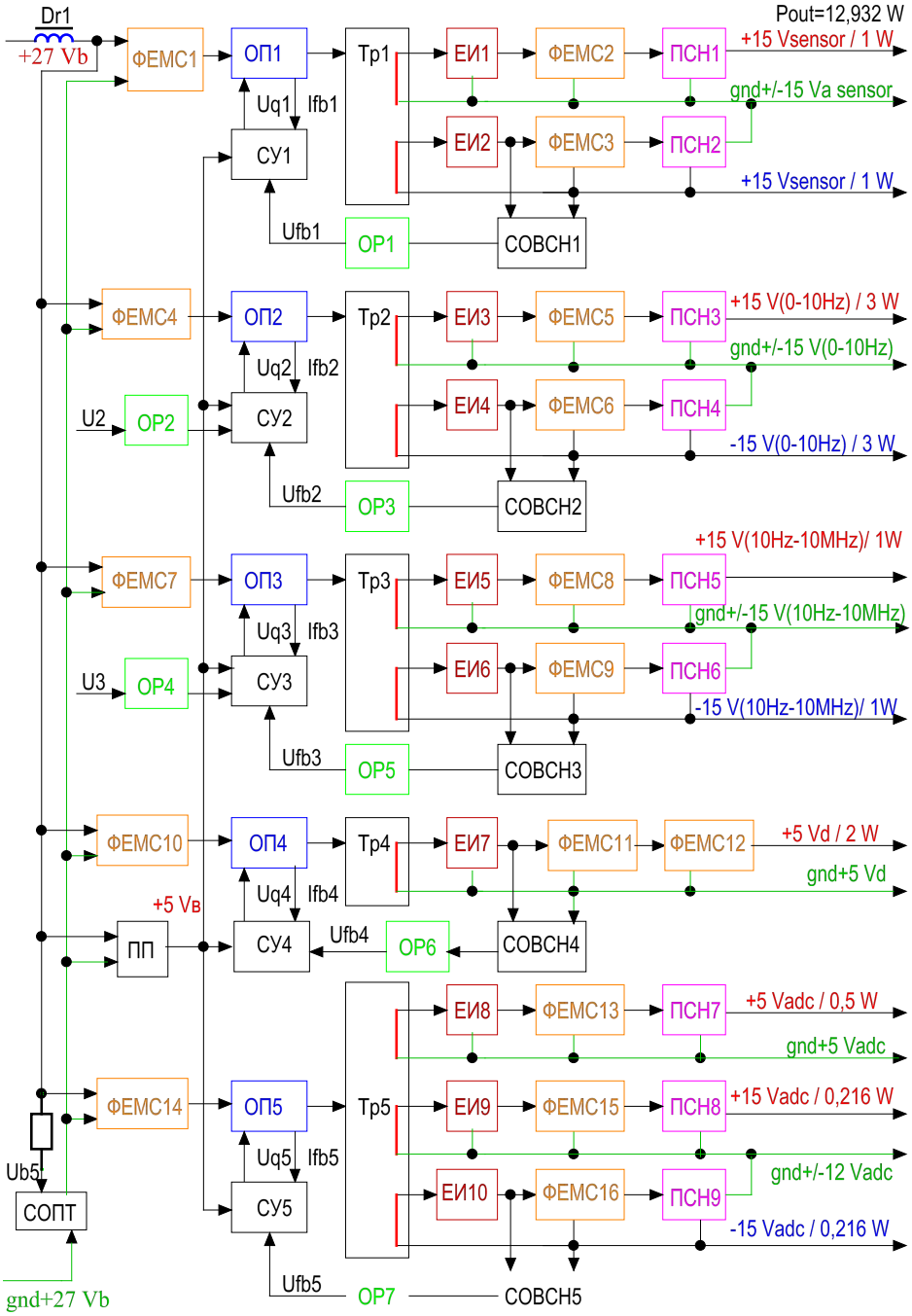
Фиг. 2. Функционалната схема на ”AMEF-WB”



Фиг. 3. Модел на BEC-AMEF, прибор ”AMEF-WB”

На Фиг. 4 е дадена функционалната схема на BEC-AMEF за прибор „AMEF-WB”. Захранването на всички системи, блокове и устройства на „AMEF-WB” се извършва от пет модула на импулсни преобразуватели, състоящи се от еднопътни изправители ЕИ1-10, обратноходови преобразуватели ОП1-5, оптронни развръзки ОР1-7, последователни стабилизатори на напрежение ПСН1-9, схеми за обратна връзка и стабилизация СОВСН1-5, схема за ограничаване на пусковия ток СОПТ, схеми за управление СУ1-5, трансформатори ТР1-5, филтри за електромагнитна съвместимост ФЕМС1-16. Преобразувателят П1, изграден с ТР1 захранва с мощност до 1 *W* четирите датчика ES1-4 със стабилизираните напрежения +15 *Vsensor* и -15 *Vsensor* ,с маса gnd+/-15 Va sensor. При наличие на разрешение U2 (галванично развързано чрез ОР2) преобразувателят П2, изграден с ТР2 захранва с мощност до 3 *W* аналоговите схеми в българския прибор „AMEF-WB” със стабилизираните напрежения +15 *V* (0-10 *Hz*) и -15 *V* (0-10 *Hz*), с отделна аналогова маса gnd+/-15V(0-10 *Hz*). При наличие на разрешение U3 (галванично развързано чрез ОР4) преобразувателят П3, изграден с ТР3 захранва с мощност до 1 *W* аналоговите схеми в полския прибор „HFA” със стабилизираните напрежения +15 *V* (10 *Hz* -1 *MHz*) и -15 *V* (10 *Hz* -1 *MHz*), с отделна аналогова маса gnd+/-15 *V* (10 *Hz* -1 *MHz*). При наличие на бордно напрежение, подадено от СОПТ преобразувателят П4, изграден с ТР4 захранва с мощност до 2 *W* цифровите схеми в българския прибор ”AMEF-WB” със стабилизираното напрежение +5 *V*d и цифрова маса gnd+5Vd. При наличие на бордно напрежение, подадено от СОПТ преобразувателят П5, изграден с ТР5 захранва с мощност до 3 *W* аналогово-цифровия преобразувател (АЦП) на българския прибор „AMEF-WB” със стабилизираното напрежение +5 *Vad*c, с цифрова маса gnd+5 Vadc; аналоговите напрежения +15 *V* adc и -15 *V* adc, с аналогова маса gnd+/-12 Vadc. Схемата ПП представлява импулсен

източник на напрежение +5 V за захранване на пет схеми за управление СУ1-5. Напрежението Ub5 се използва за захранване на СОПТ от бордната верига +27 *Vb.*



Фиг. 4. Функционална схема на BEC-AMEF за прибор „AMEF-WB”

Пусковият процес на BEC-AMEF се разделя на два времена. Първото се обуславя от заряда на входните кондензатори, а второто от заряда на изходните кондензатори. Времетраенето на двата процеса при включване към бордната верига трябва да бъде до 100 *ms* и да се задава от СОПТ. Двата пикови тока в режим на ограничаване съгласно техническото задание не трябва да превишават 1,12 *A*, а е постигната пикова стойност на тока 0,7 *A*. При висока консумация или късо съединение на модули от BEC-AMEF или от прибор „AMEF-WB”, по задание трябва да се извърши самоизключване от бордната верига (със запаметяване на състоянието) за време не по-голямо от 110 *ms* чрез електронен предпазител, изграден в СОПТ. Тогава приборът трябва да консумира минимална мощност от бордната верига, като реално е постигната мощност в изключено състояние 0,08 *W*. Съгласно изискването на

електромагнитните стандарти за космическа апаратура, задължително е последователното свързване на дросел Dr1. В табл. 1 са дадени коефициентът на полезно действие (КПД) на отделните пробразуватели и общият КПД на BEC-AMEF, измерени при различни стойности на бордното напрежение, съответно 20 *V,* 27 *V* и 34 *V.*

Табл. 1

Преобразувател	№	1	2	3	4	5	1,2,3,4,5
Pout	*[W]*	1,95	1,92	1,96	2,05	1,20	6,11
КПД / 20 *Vb*	%	92,8	88,8	90,7	66,2	77,5	73,2
КПД / 27 *Vb*	%	90,3	84,5	86,3	61,8	73,1	71,8
КПД / 34 *Vb*	%	84,7	79,6	81,3	51,5	65,5	68,3

Заключение

Научно-приложни резултати:

– разработена е BEC за широколентов измерител „AMEF-WB", който позволява измерване на електрическите и магнитни полета в честотната област от 0 – 1 *MHz* от борда на спътниците по проекти „Резонанс" и „Странник";

– изготвени са два технологични екземпляра на BEC за прибор „AMEF-WB";

– проведени са успешни изпитвания на технологичен екземпляр на прибора „AMEF-WB" в Русия и Чехия, също така и на интерфейса му и връзката му с телеметрията на спътника.

Предстои провеждане на входен контрол и комплексни изпитвания на прибора и изготвяне на елементи от летателните образци на прибора и сензорите.

Литература:

1. Интернет сайт за проекта Резонанс:
   http://space.skyrocket.de/doc_sdat/rezonans.htm
2. Изучение процессов во внутренней магнитосфере Земли: спутниковые и наземные измерения. М.М. Могилевский, Л.М. Зеленый ,А.Г. Демехов , С.Н. Немыкин и команда проекта.
   http://www.izmiran.ru/POLAR2012/REPORTS/POLAR_2012_Mogilevskiy.ppt
   http://www.myshared.ru/slide/695560/
3. Могилевский, М.М.[1], Зеленый Л.М.[1], Демехов А.Г.[2], Немыкин С.А.[3] , Изучение процессов во внутренней магнитосфере Земли: спутниковые и наземные измерения [1]Институт космических исследований РАН [2]Институт прикладной физики РАН [3]Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина, ВТОРАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "БАЗЫ ДАННЫХ, ИНСТРУМЕНТЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ПОЛЯРНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ" 22-26 мая 2012 года, ИЗМИРАН.
   http://www.ikfia.ysn.ru/images/doc/publication2013/Tezis_dokladov%20_2012_RUS.pdf
4. Интернет сайт на ИКИ-РАН, Москва за проекта Резонанс:
   http://www.iki.rssi.ru/resonance/karta.html
5. Спътник Странник и прибор AMEF-WB:
   http://www.russianspaceweb.com/karat4_strannik.html
   http://space.skyrocket.de/doc_sdat/strannik.htm
6. НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ им. С.А. ЛАВОЧКИНА и прибор AMEF-WB:
   http://www.laspace.ru/projects/information-systems/resonance/
7. Бойчев, Б., М. Могилевский, Г. Беляев, Б. Хотинов, Т. Романцова, В. Бойчев, К. Методиев, П. Граматиков, Г. Сотиров, О. Сантолик, И. Колмашова, Л. Углирж, Й. Баше, Е. Мацушова, З. Хрбачкова, Я. Хум, Ф. Грушка, Р. Лан, Д. Чугунин, Експеримент по измерению електрических полей в широком диапазоне частот AMEF-WB/ИЭСП-3Р и анализатор электромагнирных волн ELMAVAN для проекта РЕЗОНАНС, Eight Scientific Conference with International Participation Dedicated to 40 YEARS OF BULGARIA IN SPACE, Space, Ecology, Safety - SES`2012, 4-6. December 2012, Sofia, Bulgaria Proceedings, pp. 119-125, ISSN1313-3888.
8. Бойчев, Б., М. Могилевский, Г. Беляев, Б. Хотинов, Г. Сотиров, К. Методиев, Сензори за измерване на електрични полета в йоносферата и контролно измервателна апаратура за тях, ЮБИЛЕЕН МЕЖДУНАРОДЕН КОНГРЕС "НАУКА ОБРАЗОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ "40 ГОДИНИ БЪЛГАРИЯ – КОСМИЧЕСКА ДЪРЖАВА", 12-14 септември 2012 г., Дом на учения – БАН, Златни пясъци, Варна, България, Том 1, стр. 131-144, ISBN 978-954-577-636-6.
9. Boychev, B., Mogilevsky M., Belyaev G., Hotinov B., Boychev V., RomantsovaT., AMEF-WB/ИЭСП-3Р experiment to a measure electric fields in a wide frequency range of the Resonance Project, Scientific Conference on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies BulTrans-2012, September 26-28, 2012, Sozopol, Bulgaria, Proceedings, pp. 96-103, ISSN 1313-955X.
10. Граматиков, П. Дисертация за получаване на образователната и научна степен „Доктор", Анализ и синтез на вторични електрозахранващи системи за бордна аерокосмическа апаратура, София, 2015 г.
    http://www.space.bas.bg/BG/konkursi/stari/Procedura%20Gramatikov/Disertazia_Gramatikov.pdf

КОСМИЧЕСКО ВРЕМЕ И ДИНАМИКА НА СЪРДЕЧНО-СЪДОВИ ИНЦИДЕНТИ

Светла Димитрова

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

Keywords: *Space weather, Acute Myocardial Infarctions, Sudden Cardiac Death*

Abstract: *This study reviews collaborative investigations, performed at middle latitudes at different geographical places, concerning the potential effects of space weather on acute cardio-vascular incidences.*

Въведение

Космическо време е влиянието на проявленията на слънчевата активност (СА) върху космическите и наземни технологични системи и здравето на хората. Провеждани изследвания показват различни ефекти на фазите на цикъла на СА върху сърдечно-съдовата система [1]. Намаляващата фаза на слънчевия цикъл се различава от нарастващата фаза по продължителност и интензитет на слънчевите екстремални събития (напр. коронарните изхвърляния на маса) и свързаните с тях феномени като геомагнитните бури [2].

Повечето от последните изследвания са фокусирани върху връзката между СА, геомагнитната активност (ГМА), космичното лъчение и функционалното състояние на сърдечно-съдовата система, разглеждайки както заболеваемостта, така и смъртността от тях [3-6].

Индивидуалното сърдечно-съдово състояние е от голямо значение за физиологичната стабилност на организма. Още Чижевски преди почти век е предположил, че внезапните промени в хелио-геофизичната обстановка могат да бъдат деструктивен фактор по отношение на жизнената дейност на биологичните системи [7]. Това предположение е разглеждано в различни изследвания, включително касаещи сърдечно-съдовото състояние [5, 8-11].

Материал и методи

В продължение на няколко години бяха провеждани съвместни изследвания за изучаване на възможното влияние на космическото време върху епидемиологични данни, свързани с остри сърдечно-съдови инциденти на средни ширини, но на различни дължини – гр. София и гр. Баку (Азербайджан).

Острите сърдечно-съдови инциденти могат най-общо да бъдат разделени на две основни групи: остър инфаркт на миокарда (ОИМ) и внезапна сърдечна смърт (ВСС).

ОИМ, по-известен като „сърдечен удар“, възниква когато кръвоснабдяването към част от сърцето е прекъснато. Ако не бъде третирано навреме, последващата исхемия или кислороден недостиг, може да доведе до увреждане на сърдечна тъкан и дори да бъде с летален изход.

ВСС е смърт вследствие на внезапна загуба на сърдечната функция (сърдечен арест).

Бе изследвана заболеваемостта и смъртността от ОИМ в гр. София и гр. Баку, както и случаите на ВСС в Баку.

Българските данни са за период от 9 години (01.12.1995 - 31.12.2004), обхващащ по-голямата част от 23-тия цикъл на СА. Това са данни за дневното разпределение на пациенти с ОИМ, приети в Окръжна Болница – гр. София (общо 1192 случая). Броят на пациентите с летален изход е 175.

Азербайджанските данни са за периода 01.01.2003-31.12.2005 г., отнасящ се към периода на намаляваща фаза на същия цикъл на СА. Това са данни от Центровете за спешна и първа медицинска помощ в гр. Баку и неговата област, населена от няколко милиони жители. Тези данни включват 4479 случая с ОИМ, 440 инциденти на ОИМ с летален изход и 788 случаи на ВСС.

Бе изследван ефекта на следните фактори на космическото време:

- Индекси на ГМА;

- ГМА в зависимост от слънчевия драйвер;

ГМА бе разделена на няколко нива в зависимост от стойностите на използваните геомагнитни индекси (Ap, Kp, Dst). В последвалите анализи ГМА бе разделена в съответствие със слънчевите драйвери на бурите – магнитни облаци (МО) и високоскоростни потоци слънчев вятър (ВСПСВ).

Бе използван дисперсионен анализ (ANOVA), за установяване дали е статистически достоверно влиянието на изследваните фактори на космическото време върху динамиката на медицинските данни. Бе анализиран и ефекта на вида бури до 3 дни преди и след тяхното развитие, прилагайки метода на наложените епохи. Допълнително бе приложен и Post hoc анализ (Newman-Keuls test). С него се установява дали между средните аритметични на медицинските данни в различните комбинации от нива на факторите съществува достоверна разлика.

Резултати

1. Резултати от данните за ОИМ в София

Резултатите от ANOVA показаха статистически достоверно повишение на случаите с ОИМ и леталните изходи от ОИМ в дните с високи нива на ГМА в сравнение с дните със спокойна ГМА и слаби геомагнитни бури. Фиг.1. показва динамиката на заболеваемостта и смъртността от ОИМ при промени в ГМА, оценявани чрез Ap-индекса.

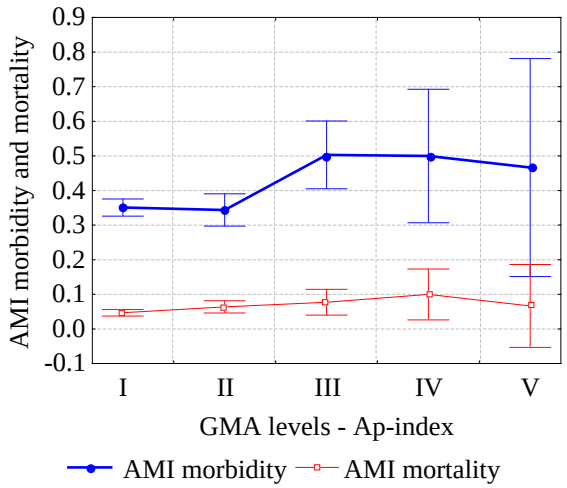


Fig. 1. GMA effect (estimated by Ap-index) on AMI morbidity and mortality (±95%CI), Sofia data, 1995-2004.

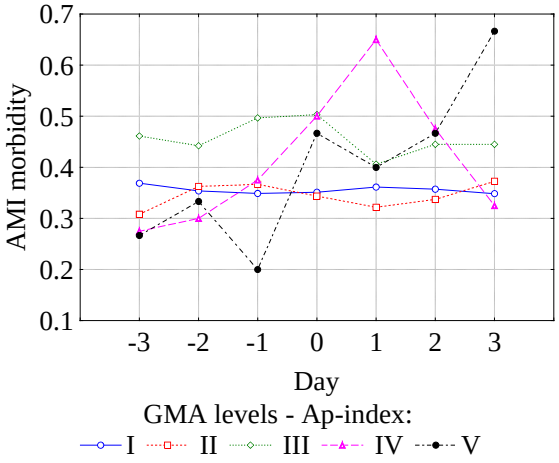


Fig. 2. GMA effect (estimated by Ap-index) on AMI morbidity before, during and after geomagnetic storms; Sofia data, 1995-2004.

Последвалите анализи разкриха, че заболеваемостта и смъртността от ОИМ има пикови увеличения в дните преди, по време и след геомагнитни бури с по-висок интензитет, Фиг.2 [12-14]. Резултатите показват също така, че установените ефекти не са пропорционални на повишаването на интензитета на геомагнитните бури.

2. Резултати от данните за ОИМ в Баку

Предварителните резултати за динамиката на заболеваемостта и смъртността от ОИМ в Баку разкриха отрицателна корелация за усреднените месечни медицински данни и използваните индекси на ГМА за разглеждания период на намаляваща фаза на СА.

Бе установено, че случаите на ОИМ и леталните изходи от ОИМ се повишават в дните с най-висок интензитет на геомагнитното поле, както и в дните преди, по време и след силни и много силни геомагнитни бури. Резултатите също така разкриха, че случаите с ОИМ бяха повишени и в дните с най-ниска ГМА, Фиг. 3 [12, 14-15].

Имайки в пред вид резултатите за динамиката на ОИМ в Баку по време на намаляваща фаза на СА, бяха проведени допълнителни анализи върху данните от София за съответния период на съвпадане на редиците от данни – 2003-2004 г. Резултатите показаха, че заболеваемостта и смъртността от ОИМ в София за този период са също твърде високи в дните с най-ниска ГМА в допълнение към пиковите нараствания на този тип инциденти около дните със силни и много силни геомагнитни бури [12].

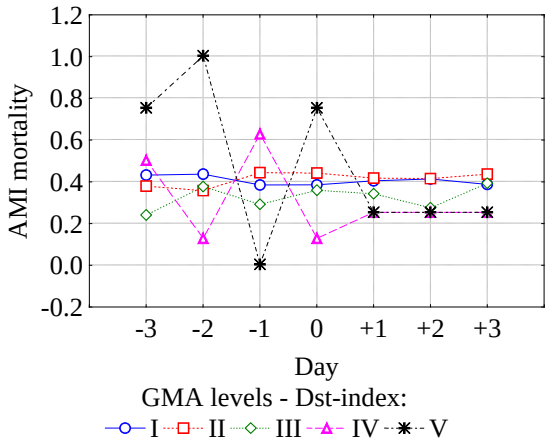


Fig. 3. GMA effect (estimated by Dst-index) on AMI mortality before, during and after geomagnetic storms development; Baku data, 2003-2005

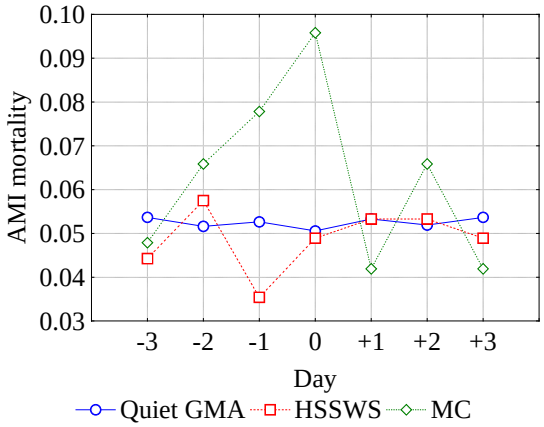


Fig. 4. GMA effect, estimated by the types of storm, on AMI incidences before, during and after geomagnetic storms, Sofia data, 1995-2004

3. Влияние на ГМА, оценявана по типа геомагнитни бури, върху заболеваемостта и смъртността от ОИМ в София и Баку

Анализите относно слънчевия драйвер на геомагнитните бури [12, 15-16] разкриха за данните от София, че заболеваемостта и смъртността от ОИМ се повишава статистически достоверно в дните с геомагнитни бури, предизвикани от МО в сравнение с дните със спокойна ГМА и бури, причинени от ВСПСВ. Последвалите Post-hoc анализи потвърдиха статистическата достоверност на тази разлика.

Бе установено, че заболеваемостта и леталните изходи от ОИМ в Баку се повишават в дните на бури, предизвикани от МО и намаляват в дните на бури от ВСПСВ в сравнение с дните със спокойна ГМА.

По отношение на дните на различните видове бури, бе установена тенденция заболеваемостта и смъртността от ОИМ в София да се повишават достоверно в дните непосредствено преди, по време и след геомагнитни бури, предизвикани от МО, Фиг. 4. Подобна тенденция бе разкрита и за данните от Баку.

4. Резултати от данните за ВСС в Баку

Бе установена силна отрицателна корелация между усреднените месечни данни на броя случаи на ВСС в Баку и геомагнитните индекси (Am, Km-sum, Ap and Kp-sum) за разглеждания период на намаляваща фаза на цикъла на СА.

Установените ефекти за въздействието на ГМА върху броя случаи на ВСС не са пропорционални на интензитета на ГМП [16-17]. Броят на инцидентите е най-голям в дните с най-ниска ГМА, дните на развитие на силни и много силни бури и на втория ден след развитието на много силни бури, Фиг. 5.

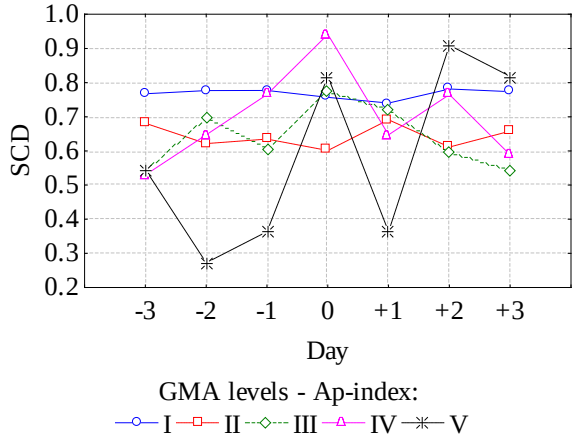


Fig. 5. GMA effect, estimated by Ap-index on SCD number before, during and after geomagnetic storms

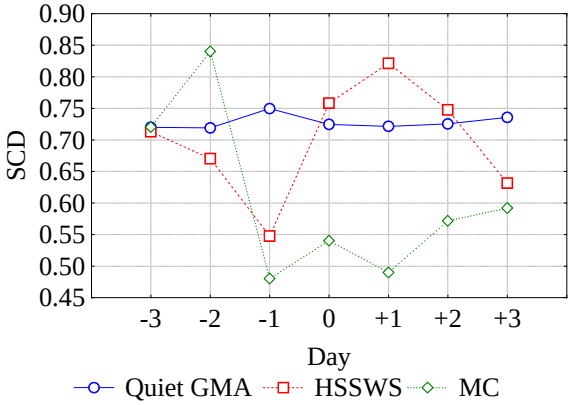


Fig. 6. GMA effect, estimated by the types of geomagnetic storms, on SCD number before, during and after geomagnetic storms

По отношение на типа бури бе установено, че случаите на ВСС се повишават в дните когато бурите са предизвикани от ВСПСВ и остават висок брой до втория ден след тяхното развитие, както и в дните с най-ниски стойности на ГМА, Фиг. 6.

Изводи

Изследванията, проведени на базата на данни за остри сърдечно-съдови инциденти в два региона, разположени на средни ширини, разкриват още насочващи факти за влиянието на вариациите на космическото време върху сърдечно-съдовите заболявания:

- Резултатите разкриват сходни тенденции в динамиката на сърдечно-съдовите инциденти за данните от двата региона.
- Динамиката на сърдечно-съдовите инциденти проявява различия в отделните фази на цикъла на СА.
- Анализите показват, че както най-високите, така и най-ниските нива на ГМА са свързани с увеличаване на броя разглеждани сърдечно-съдови инциденти и леталните изходи от тях.
- Получените резултати индикират, че различните видове геомагнитни бури в зависимост от техния слънчев драйвер, вероятно повлияват чрез специфичните си параметри по различен начин сърдечно-съдовата система.
- Клиничните прояви на ОИМ и ВСС, изглежда са свързани с вариациите на космическото време, наред с другите повлияващи сърдечно-съдовата система фактори.
- Различните патофизиологични механизми на отделните сърдечно-съдови заболявания също трябва да се имат в пред вид, тъй като ОИМ и ВСС се обуславят от различни състояния.

Извършените съвместни изследвания за влиянието на космическото време върху острите сърдечно-съдови инциденти на средни ширини, показват необходимостта от продължителни и задълбочени изследвания в областта на различни ширини и дължини.

Възможните неблагоприятни ефекти на много ниската ГМА върху сърдечно-съдовото състояние и ролята на физичните фактори на околната среда, които се проявяват в дни с много ниска ГМА, е необходимо да бъдат обект на бъдещи изследвания.

Трябва да бъдат проведени допълнителни изследвания за влиянието на някои параметри на космическото време, които все още не са изследвани, както и на синергичното действие на различните гео-физични фактори на околната среда.

Необходимо е да се изяснят възможните механизми, чрез които различните индекси и нива на ГМА, като косвен индикатор на космическото време влияят на сърдечно-съдовата система.

Литература:

1. Samsonov, S.N., V.I. Mavykina, G.F. Krymsky, S.S. Parshina, P.G. Petrova, A.M. Palshina, A.A. Strekalovskaya, L.P. Shadrina, V.V. Vishnevsky. Influence of space weather on a cardiovascular system of a human being during various solar cycle phases. Odessa Astronomical Publications, 2014, Vol. 27(1), pp. 99-100.
2. Kane, R.P. Fluctuations of solar activity during the declining phase of the 11-Year sunspot cycle. Solar Phys., 2009, Vol. 255(1), pp. 163–168.
3. Бреус, Т.К., С.М. Чибисов, Р.Н. Баевский, К.В.Шебзухов. Хроноструктура ритмов сердца и факторы внешней среды. Монография. М. Издательство Российского университета дружбы народов, Полиграф сервис, 2002, 232 с.
4. Бреус, Т.К., С.И. Рапопорт. Магнитные бури. Медико-биологические и геофизические аспекты. М. Издательство Советский Спорт, 2003, 192 с.
5. Palmer, S.J., M.J. Rycroft, M. Cermack. Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface. Surv. Geophys., 2006, Vol. 27(5), pp. 557-595.
6. Babayev, E.S., N.B. Crosby, V.N. Obridko, M.J. Rycroft. Potential effects of solar and geomagnetic variability on terrestrial biological systems. Chapter in the Book: "Advances in Solar and Solar-Terrestrial Physics", Research Signpost, 37/661 (2), India, 2012, pp. 329-376.
7. Чижевский, А. Л. Земное эхо солнечных бурь. М. Издательство Мысль, 1973, 352 с.
8. Stoupel, E. Effect of geomagnetic activity on cardiovascular parameters. J. Clin. Basic Cardiol., 1999, Vol. 2(1), pp. 34-40.
9. Cornelissen, G., F. Halberg, T. Breus, E. Syutkina, R. Baevsky, A. Weydahl, Y. Watanabe, K. Otsuka, J. Siegelova, B. Fiser, E.Bakken. Non-photic solar associations of heart rate variability and myocardial infarction. Journal of atmospheric and solar-terrestrial physics, 2002, Vol. 64(5-6), pp. 707-720.
10. Владимирский, Б.М., Н.А. Темурьянц, В.С. Мартынюк. Космическая погода и наша жизнь. Издательство Век 2, 2004 г., 224 стр.

11. Stoupel, E., R. Kalediene, J. Petrauskiene, S. Domarkiene, R. Radishauskas, E. Abramson, P. Israelevich, J. Sulkes. Three kinds of cosmophysical activity: links to temporal distribution of deaths and occurrence of acute myocardial infarction, Med. Sci. Monit., 2004, Vol.10(2), pp. 80-84.
12. Dimitrova, S., F.R. Mustafa, I. Stoilova, E.S. Babayev, V.N. Obridko, K. Georgieva, T. Taseva, S.S. Aliyeva. Heliogeophysical activity and mortality from acute myocardial infarction: Results of studies based on data from Bulgaria and Azerbaijan. Solar-Terrestrial Physics, 2008, Vol. 12(2), pp. 344-349.
13. Dimitrova, S., I. Stoilova, T. Taseva, K. Georgieva, E. Babayev, T. Breus, T. Zenchenko. Heliogeophysical variations and acute myocardial infarction in Bulgaria. Proceedings of Conference “Fundamental Space Research”, Sunny Beach, Bulgaria, 2008, pp. 279-282.
14. Dimitrova, S., I. Stoilova, K. Georgieva, T. Taseva, M. Jordanova, D. Maslarov. Solar and geomagnetic activity and acute myocardial infarction morbidity and mortality. Proceedings of Conference “Fundamental Space Research”, Sunny Beach, Bulgaria, 2009, pp. 161-165.
15. Dimitrova, S., E. Babayev, F.R. Mustafa, I. Stoilova, T. Taseva, K. Georgieva. Geomagnetic storms and acute myocardial infarctions morbidity in middle latitudes. Sun and Geosphere, Sun and Geosphere, 2009, Vol. 4(2), pp. 72-78.
16. Dimitrova, S., E.S. Babayev, N.B. Crosby. Space weather changes and human cardio-vascular health state in middle latitudes. Global Telemedicine and eHealth Updates: Knowledge Resources, 2009, Vol. 2, Eds.: M. Jordanova, F. Lievens, Luxemburg, pp. 399-402.
17. Dimitrova, S., E.S. Babayev, K. Georgieva, V.N. Obridko, F.R. Mustafa. Possible effects of solar and geomagnetic activity on sudden cardiac death in middle latitudes. Sun and Geosphere, 2009, Vol. 4(2), pp. 84 – 88.

ЕФЕКТИВНО УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОЕКТИ В СЕКТОРА ЗА ОТБРАНА И СИГУРНОСТ

Ирена Николова

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

Ключови думи: *Управление на проекти, сектор за сигурност, ефективност, резултатно базирано управление, управление на промяната, моделиране и симулации, компютърно подпомагани учения обучения*

Резюме: *Статията представя добри практики в управление на проекти, управление на промяната чрез проекти и опита от въвеждане на проектното управление в Министерството на отбраната на Р България. Очертани са ползите от използване на съвременните информационни технологии, моделирането и симулациите в процеса на управление на проекти и повишаване квалификацията на проектните мениджъри. Дефинирани са компютърно подпомагани учения като инструмент за обучения, развитие на способности и ефективно управление на проекти в сектора за сигурност.*

EFFECTIVE PROJECT MANAGEMENT IN THE DEFENSE AND SECURITY SECTOR

Irena Nikolova

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

Key words: *Project management, security sector, efficiency, result oriented management, change management, modeling, simulation, computer assisted exercises, trainings*

Abstract: *The article presents, project management best practices, change management true projects and experience from initiation a project management approach at the Ministry of Defense in Bulgaria. The benefits of involving advanced information technologies, modeling and simulation in the process of project management and improving the qualifications of project managers are outlined. Computer-assisted exercises are defined as a tool for training, capacity building and effective project management in the security sector.*

„Главния принцип на моята външна политика - добро управление вътре в страната.“
Уилям Гладстон

Управлението на проекти е базов компонент в цялостната система за добро управление, от управление на портфолио от проекти, програми, до стратегическо управление на организациите.

В световен мащаб проектите стават все по-сложни, поради нарастващите изискванията на възложителя, разнообразието от различни стандарти, все по-големите очаквания към крайните резултати, приложения, инфраструктура, както прозрачност и ефективност на разходите. Всичко това увеличава риска, свързан с реализиране на проектите. Тези предизвикателства, несигурността и динамиката, свързани с управлението на проекта, го правят подходяща област за ефективно използване на моделиране и симулации. Това е един иновативен подход за анализ, подготовка и обучение, даващ възможност чрез изразходване на

минимални средства да се проиграват различни варианти за кратко време, анализ на множество алтернативи за действие с голям мащаб, да се сведе до минимум риска, чрез вземане на най-удачните управленски решения. Въвеждането на съвременни информационни технологии в проектното управление осигурява ефективно и икономично управление на постоянните промени в изискванията и обхвата на процесите, причинени от неопределеността на средата, в която се изпълнява всеки един проект.

Необходимост от управление на проекти

В съвременната непрекъснато променяща се среда, за да бъде конкурентоспособна, всяка организация трябва да бъде гъвкава и адаптивна. Мениджърите все повече се убеждават, че управлението на проекти в реално време е най-добрият начин за манипулиране на динамичните промени, с които ежедневно се сблъскват. Управлението на проекти се смята за най-модерният подход за управление на промените и прилагането му от модерните технологични организации е вече налице. Това по същество е формализиран и структуриран метод за управление на промени по общи правила.

Казват, че една от „константите“ в света е промяната. Човек може да си прави идеални планове, но те не са в състояние да предвидят всяка потенциална промяна, която може да настъпи.

Именно когато се извършва промяна – решение на някакъв проблем, задоволяване на потребност или използване на благоприятна възможност, възникват проектите. Проектът може да се определи като средство за постигане на определени цели, а целите са свързани с постигането на такава промяна, при която проблемът е решен, потребността е задоволена или благоприятната възможност е използвана [1].

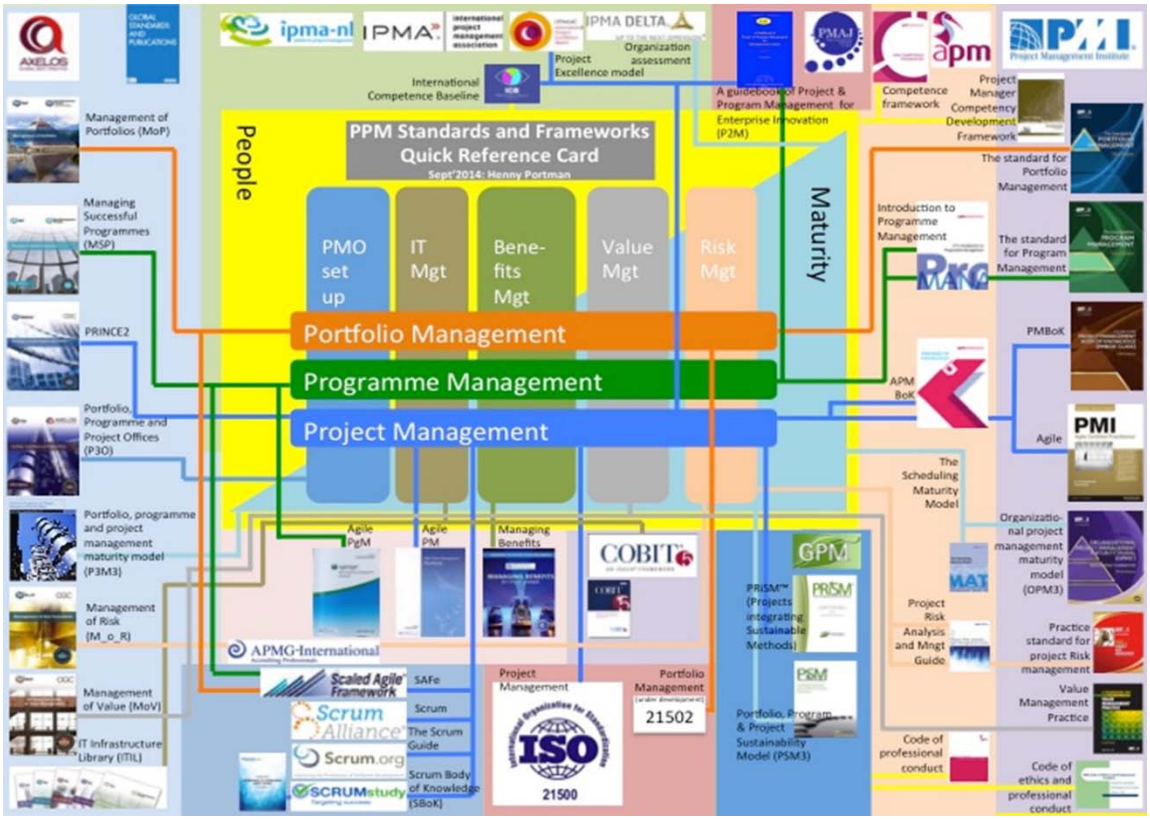
Управлението на проекти винаги е било присъща човешка дейност, която бележи връх в развитието си през последните десетилетия. В момента, управлението на проекти е най-динамично развиващата се професия в световен мащаб [2].

Способността успешно да се дефинира и управлява проект днес се превръща в ключова необходимост за организации от различен вид – държавна администрация, бизнес, неправителствени организации, учебни заведения, научно-изследователски и развойни организации и т.н.

Повечето проектно насочени организации (като консултантските компании, компаниите разработващи софтуер, юридическите фирми, правителствените и международни организации, и др.) програмират дейността си основно по фактора „време”. Техният успех изключително зависи от уменията им да повишават вътрешната си ефективност и да управляват непрекъснато увеличаващите се потоци от информация, изисквания, допълнителни ресурси или наложителни промени.

Всеки проект се изпълнява в условия на предварително поставени ограничения: ресурсни, времеви, технически или технологични, по качество на проектните дейности. По-голяма част от проектите се осъществяват в условия на неопределеност и риск, произтичащи от липсата на пълна и достатъчна информация за тяхното планиране. В хода на обичайната дейност проектните ръководители се сблъскват със съвкупност от различни форми на риск, които се променят във времето, мястото на възникване, в съчетание на вътрешни и външни фактори, влияещи на тяхното ниво. Всички аспекти на риска са взаимно свързани и промяната на който и да е вид риск предизвиква промяна в по-голямата част и от другите форми на риск.

Управлението на проекти се състои в прилагането на знания, умения, опит, средства и техники за описване, разработване, организиране, предвиждане и контрол на различни проектни процеси. Независимо от голямото разнообразие на определението за управление, то се изгражда и подчинява на определени общи принципи. Принципите за проектно управление са извлечени от практиката и имат универсален характер. Разработени са редица стандарти за управление на проекти, включващи добри практики на управление, които могат да бъдат използвани, както от всякакъв тип организации, включително публични и обществени, така и за всякакъв тип проекти, независимо от сложността, продължителността и размера на проекта. Използвайки насоките в избрания от организацията стандарт, чрез адаптацията му към конкретната среда, ръководителите на проекти могат да подобрят изпълнението на управляваните от тях проекти и да постигнат по-добри резултати [3].



Фиг. 1. Стандарти за управление на проекти [4]

Новите условия и задачи налагат необходимост от използване на нови понятия и технологии в сферата на управление на проекти. Високите изисквания към управлението на проекти налагат непрекъснато повишаване способността на мениджърите да вземат решения в непредвидени ситуации, изпреварващи развитието на планираните дейности.

Въвеждане на проектно управление в Министерство на отбраната

Изграждането и поддържането на капацитет от високи способности за управление на проекти и портфолиото от проекти в Министерство на отбраната (МО) цели ефективно, прозрачно и контролирано управление чрез прилагане методите и инструментите на доброто управление, както и в съответствие с прилагане нормите на НАТО и ЕС.

Създаване на управляващ орган за проектно управление е важен подход за изграждане на библиотека от добри практики в МО, произтичащи от завършени проекти в сферата на Интегрирания сектор за сигурност, съвместими с методите и инструментите за проектно управление в НАТО и ЕС. По този начин изпитаните вече процедури могат да бъдат формализирани и адаптирани в текущите и бъдещи проекти, в зависимост от проектната сложност, специфика, екипната структура и други особености.

Пълната интеграция на въоръжените сили на Р България в структурата на силите на НАТО и постигане на високо ниво на оперативна съвместимост, налага повишаване разходите за отбрана и добро управление на инвестициите за постигате на адекватни резултати.

Прозрачното, контролирано и ефективно управление на дейностите по модернизация и повишаване способностите на българската армия е ключов въпрос в изграждане на интегрирани, съвместими и високо технологични сили в рамките на НАТО и ЕС, допринасяйки за повишаване на гражданската сигурност и устойчивост на държавата в частност.

В съответствие с решение на Министерски съвет № 690/03.10.2014 точка 2.1 и заповед № ОХ-704/2014 на Министъра на отбраната в МО се въведе проектното управление по стандарта PRINCE II, използван в НАТО. На база на добрите практики, посочени в стандарта, ясно се разграничават основните нива на управление – стратегическо, оперативно и тактическо, ясно се дефинират роли, отговорности, дейности и срокове за тяхното изпълнение.

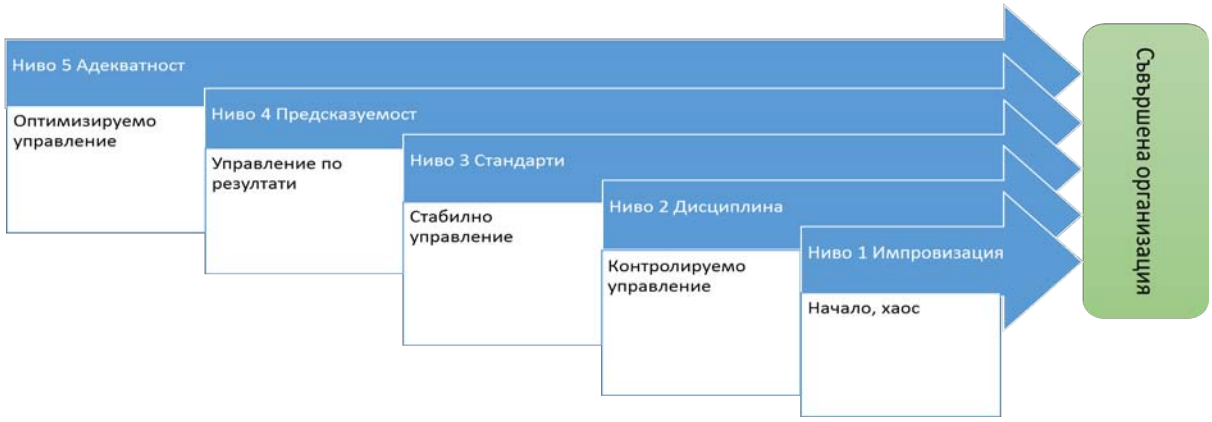
При изграждане на системата за управление на проекти в МО се включиха всички организационни, технологични, методически, технически, програмни и информационни средства, които са насочени към поддържане и повишаване на ефективността от управлението

на проектния портфейл. Ключов елемент от тази система е създаването на дирекция „Проектно управление“[5]. Като висш орган за стратегическо ръководство на проектното управление в МО е създаден Борд за управление на портфолио от проекти (заповед ОХ-744/14.10.2014 г.), разработено и прието е Ръководство за проектно управление в Министерство на отбраната и Въоръжените сили на Р България и е създаден Консултативен съвет по проектно управление към Министъра на отбраната [6].

Въвеждането на проектно управление следва да се разглежда като елемент на политиката на Министерството на отбраната на Република България за прилагане принципите на добро управление на ресурсите за отбрана, чрез цялостно планиране, делегиране на права и отговорности, координация, мониторинг и контрол на всички аспекти на проекта, за постигане проектните цели в рамките на заложените параметри: време, разходи, качество, обхват, ползи и рискове [7].

Всички тези действия водят до повишаване нивото на зрялост на организацията, която се оценява чрез използване на еталонни модели, демонстриращи основните характеристики, които Министерство на отбраната трябва да постигне в своето развитие. Тези модели отразяват основните тенденции и дават възможност за извършване на организационна диагностика, като предлагат методология за оценяване на основните аспекти и характеристики от дейността на всяка една организация.

Съгласно Модел на зрялост на процесите CMM (Capability Maturity Model) се дефинират пет нива на зрялост, посочени на следната фигура [8]:



Фиг. 2. Нива на зрялост на организацията

С иницииране въвеждане на проектно управление в МО и създаване на управляващ орган на Националната програма България в НАТО и Европейската отбрана 2020 се предвижда ясно дефиниране на портфолио от проекти за постигане на реални бойни способности от Сухопътни Войски, Военновъздушни сили, Военноморски сили, подобряване модела за управление на проекти по целия жизнен цикъл за развитие на способностите с участие на всички заинтересовани субекти, включително организации извън Министерството на отбраната, базиран на добри практики.

Съвременни подходи за развиване на способности за управление на проекти

Компютърно подпомагани учения. Същност и ползи

Компютърните симулации са ефективен инструмент за подготовка и обучения, в контекста на глобалното съкращаване на разходите. Те са в състояние да компенсират липсата на ресурси и да гарантират реализъм в планирането, организирането и управлението на различни действия. Съвременните информационни технологии осигуряват значително по-ефективни средства, създавайки реалистична и сложна виртуална среда за симулиране на интерактивни дейности, с оглед подобряване и поддържане на умения и техники на фона на динамично изменящите се предизвикателства в съвременния трансформиращ се свят.

В Българската армия се използват редица симулационни системи от различен тип (стратегическо, оперативно, тактическо ниво) със симулатори за индивидуална подготовка, системи за командване и контрол и различни софтуерни и приложни инструменти за анализ и

контрол. От години в сектора за сигурност се провеждат редица компютърни учения, както на национално, така и на международно ниво.

Същевременно симулационните системи могат да се прилагат и при планиране, изпълнение, оценка на риска и анализ на различни проекти. То е свързано с предварително отработване на алтернативни сценарии на действие, за бърза и адекватна реакция на проблемни ситуации, чрез поставяне на мениджърите в условни, вероятни обстановки, създавани с помощта на симулиране (имитиране) и моделиране. Непосредствен резултат от това е изработването на определени навици за адекватно реагиране на създадена екстремална ситуация, както последващ анализ и извличане на поуки при грешни решения. Именно чрез компютърните учения е възможно проиграване на редица варианти и намирането на оптимални решения, чрез провеждане на експерименти.

Компютърно подпомагано учение е тип “синтетично” учение, в което силите и средствата се генерират, извършват действия и се управляват в симулационна среда [9]. По своята същност това е учение, в което се използват компютърни технологии с цел представяне на по-реалистична среда за обучаемите.

Как обучението посредством компютърни учения може да бъде полезно в проектното управление?

- Чрез тестване и валидирате на плановете;
- Предварителен анализ на организационната структура на проекта, роли и отговорности в екипа;
- Подобрявате координацията и комуникацията;
- Идентифициране на пропуски в ресурси и подготовка на екипа, както и дейности за подобряване на процесите;
- Подобряване на индивидуалното и колективно представяне посредством практически опит.

Компютърно подпомаганите учения и симулационните игри притежават редица преимущества, най-важни от които са следните:

- съкращаване времето за подготовка и вземане на решения;
- съкращаване на количеството обработвани документи и възможност за по-рационално използване на времето;
- възможност за ефективна самостоятелна работа на обучаемите, особено на етап подготовка на играта;
- разширяване възможността за проиграване на различни въпроси, свързани с действията на взимащите решения на различните етапи от управлението на проекта;
- „учение от бъдещето”;
- намаляване на финансовите, физическите и времеви разходи.

Компютърните учения имат 4 основни функции:

- ВАЛИДИРАНЕ - планове, протоколи, процедури и демонстрация на решени въпроси;
- ПОДГОТОВКА – развиване на компетентност на проектния екип чрез практически умения в дадената им задача в съответния план, както и оценявате тяхното подобряване и развитие;
- ТЕСТВАНЕ – тестване на вече създадени процедури и възможните пропуски, които могат да възникнат;
- В последните години се налага и четвърта функция, която с времето се превръща в една от основните. ЕКСПЕРИМЕНТИРАНЕ - тя реално предхожда другите три и едва при положителни резултати се пристъпва към тестване, валидиране и прилагане в подготовката.

Използването на компютри и интерактивен софтуер дава възможност не само за обучения и изграждане на способности на ръководителите и проектните екипи, но и като важно спомагателно средство за експериментиране на методологии, концепции или стратегии за управление на проекти, преди тяхното прилагане на практика. Така могат да бъдат идентифицирани слабости в концепциите/ стратегиите и те да бъдат коригирани предварително.

Една от най - важните дейности, която успешно може да се подобри чрез участие на целия проектен екип в симулирано учение е работата им в екип. В хода на ученето се създават условия за всеки участник да разбере ролята си в екипа, отговорността и индивидуалния си принос към постигане общата цел на проекта. Това оказва допълнителен

мотивиращ ефект върху екипа и значимостта на всеки един за успеха на проекта. Резултатът се засилва още повече, когато екипът се постави в екстремни условия, пренатоварена среда, работа в извън работно време и с ограничени срокове.

Въпреки, че компютърните симулации не могат напълно да пресъздават събитията в сравнение с реалните такива, те спомагат за увеличаване опита на проектните ръководители и позволяват всеки от тях да види изхода от решения си, както и да ги анализира и дебатира с останалите участници и експерти.

Заключение

Актуалното развитието на сектора за сигурност в България, при пълноправното ни членството в НАТО и ЕС, създава нова, динамична, технологична среда за реформи в контекста на доброто управление. Новите стратегически предизвикателства изискват не само повече ресурси, но и реорганизация на начина, по който тези ресурси се използват. Въвеждане методологията, подходите, стандартите за проектно управление в сектора за сигурност, чрез създаване на интегриран модел за управление на промяната, гарантира прозрачност, отчетност, отговорност, позволявайки да се постигне висока ефективност, ефикасност и обществена подкрепа.

Дигиталната революция, средствата на компютърното моделиране, емулации и симулации са ефективно средство, в ресурсно отношение и като възможност за достигане на желаните резултати в кратко време, за създаване на способности и висока квалификация във всяка една област на обществения живот. Компютърно подпомаганите учения са мощен, интегриран и ефективен инструмент, с висока гъвкавост и ниска себестойност, за индивидуални и групови обучения и учения за управление на проекти, за подпомагане вземането на решения в процеса на реализация на проекта, анализ и извличане на поуки.

Литература:

1. Апостолов, А., „Основи на проекта“, Projecta, София, 2004.
2. Lock, D., Project Management. Gower, 1996.
3. Project Management Institute, USA, A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBoK®Guide), 4rd Edition, 2008
4. https://hennyportman.files.wordpress.com/2014/08/standards-qrc-170129-v1-91.pdf
5. https://www.mod.bg/bg/ministry_sa_pu.html
6. Проект: № 1 „Изграждане на капацитет за проектно управление в МО и създаване на Звено за управление на проекти. Проектно управление - добро управление.“ Договор № РД-27-341/31.10.2014 г.; Допълнително споразумение № РД-27-379/29.12.2014 г., консултант д-р Ирена Николова.
7. Дирекция „Проектно управление“-МО, Ръководство за проектно управление в Министерство на отбраната и Въоръжените сили на Р България, МО, 2016
8. Persse, J., Dr James Persse, “Implementing the Capability Maturity Model”, John Wiley & Sons, Inc. New York, NY, USA, 2001
9. Cayirci, E., Dusan Marincic, „Computer Assisted Exercise and Training: A Reference Guide“, Wiley-Blackwell; 1 edition, 2009.

СЛЪНЧЕВО - ГРАВИТАЦИОНЕН АЛТЕРНАТОР

Михаил Цветанов

БОДУ СОД ООД, гр. София
e-mail: koreolis@abv.bg

Ключови думи: *Енергия от гравитационните сили на взаимодействие между Слънцето и Земята: Слънчево-гравитационен алтернатор*

Резюме: *Слънчево-гравитационният алтернатор е конструктивно решение на система от три форми:*

1.Форма: ВАНА Г – фиг. 2. Слънчево - гравитационен потенциал.

2. Форма: ДЪНО V – фиг. 3. ***Н*** *– Обелиск.*

3. Форма: СИНХРОН (Г+V) – фиг. 3. Управление на системата.

Те са показани в доклада с реални технически решения и технологични изисквания.
Целта е: Съединението на енергията от макро- и микрокосмоса в закона за нискотемпературния синтез на водата прави силата за бъдещето на човешката цивилизация и размножаването ѝ в космоса.

SOLAR - GRAVITY ALTERNATOR

Mihail Tsvetanov

BODU SOD LTD, Sofia city
e-mail: koreolis@abv.bg

Keywords: *Energy by the gravity powers of interaction between the Sun and the Earth: Solar-gravity alternator*

Abstract: *The solar - gravity alternator is a constructional solution of a system of three main forms:*

1. Form: VANA G - fig. 2. Solar-gravity potential

2. Form: DUNO V - fig. 3. N - Obelisk

3. Form: SYNCHRONIZATION (G+V) - fig. 3. System management

These forms have been displayed in the report with real technical solutions and technological requirements.
The goal is: The union of the energy from macro and micro space in the law of the cryogenic synthesis of the water forms the power needed for the future of the human civilization and its reproduction in Space.

Въведение

Слънчево–гравитационният алтернатор е конструиран и базиран на аналога в законите на електотехниката и хидравликата. Разликата между електричеството и водата е, че водата има гравитационна сила – тегло. Това дава възможност за изграждане на гравитационно поляризиран потенциал с полева форма на енергията в него, който е характерен с това, че там където няма материя (съществува вакуум в потенциала), в нищото има равностойни сили на

силите, концентрирани от теглото на флуида под него. Конструкцията изисква форма, изградена от конуси с обща основа – форма на рог. Тя идва от разглеждането на геомагнитната структура на планетата Земя като гравитационно формиран потенциал, като сфера – **О,** задвижвана около ос на въртене, извършваща движение, наречено прецесия на земната ос. Разчертана в координатна система, тя ни дава всички гравитацианни константи, формиращи законите на паметта, които я управляват. И тук макрокосмосът и микрокосмосът са обвързани заедно, в координатна система. За управление на процесите на макро- и микрониво в енергетиката на Слънчево- гравитационния алтернатор основна роля изпълнява функцията на нискотемпературен синтез на водата, функция, обратна на гравитацията, наречена левитация. Слънцето нагрява земната повърхност с интензитет, приблизително равен на 1,3 киловатчаса на квадратен метър. За да се задвижи Ка - балансът на силите в гравитационния потенциал, е необходима левитацията. Реализирането на метода теоретично, в конструктивни форми, е показано в теория на метода.

Теория на метода

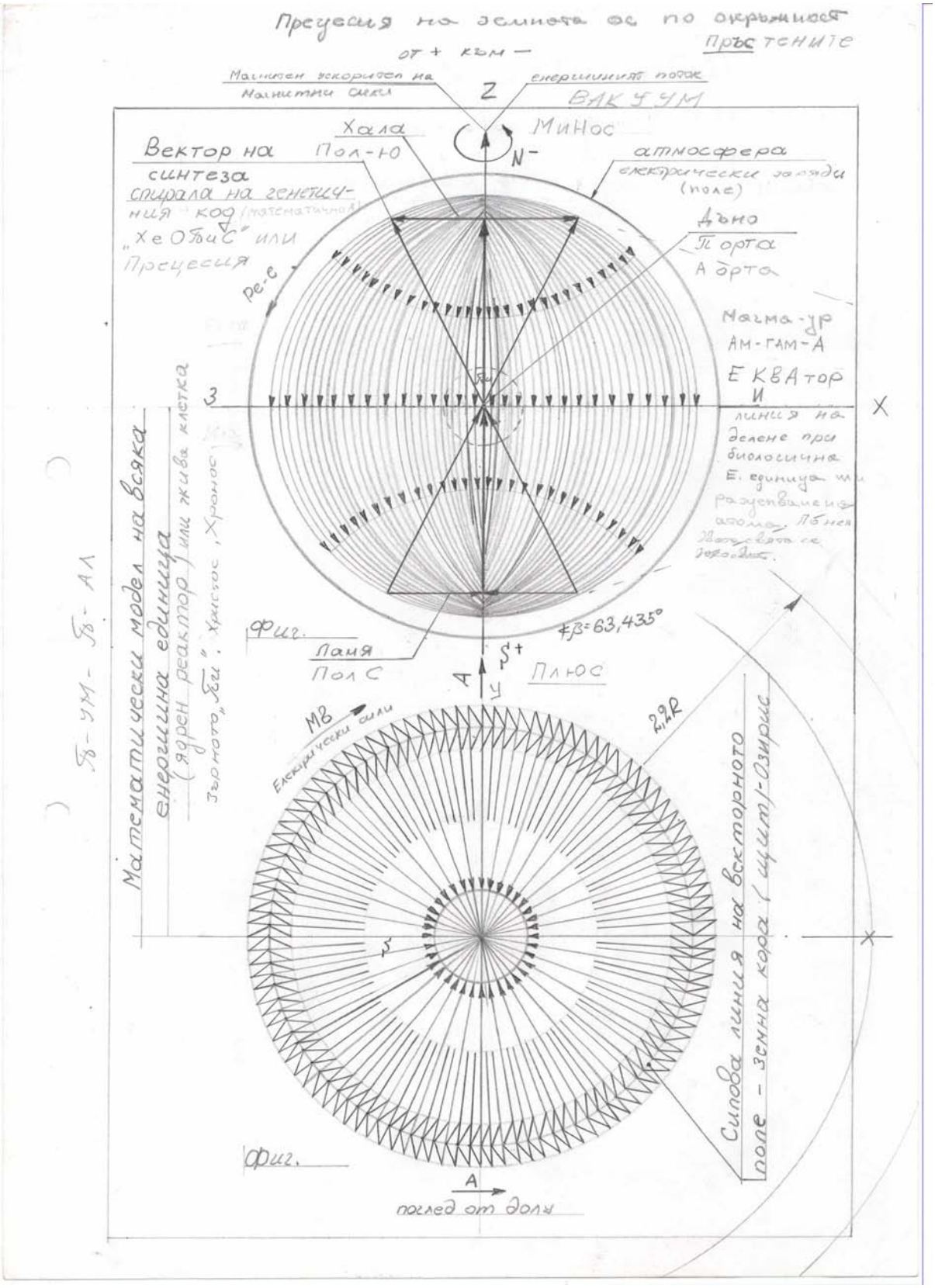
За да обвържем двете крайности – макро- и микрокосмоса в една линия на познание, трябва да сме изградили съзнание до категория конструиране на геометричните форми в енергетиката, наречена квантовата механика.

Да разгледаме разчертана конструктивна форма на планетата Зема - фиг. 1

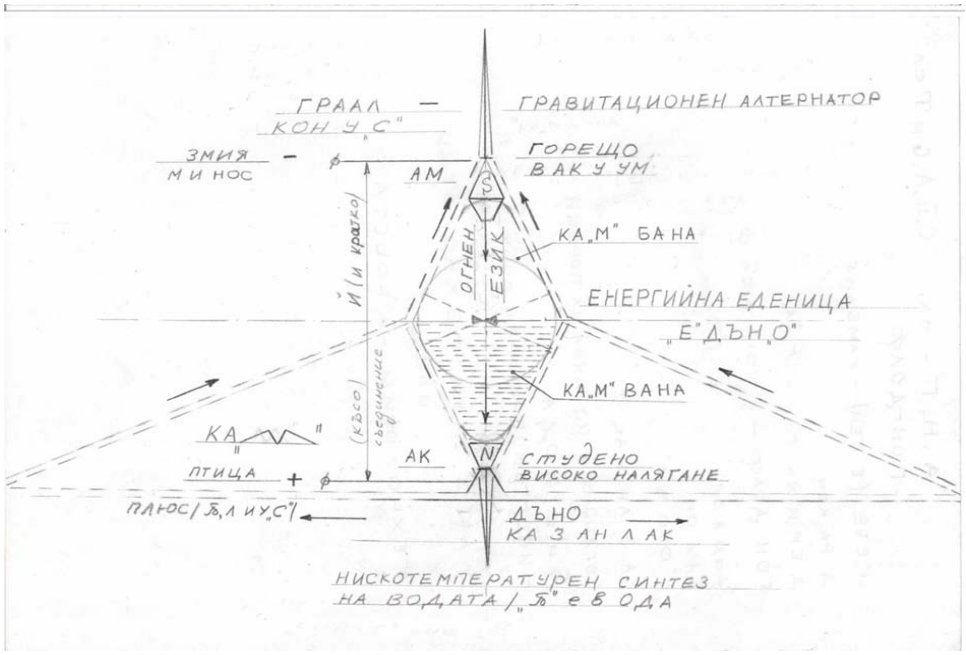
Тук можем да кажем, че в зависимост от мащаба на потенциала в този план това, което виждаме като структура в макрокосмоса, назовано Звезда (три в езда) и структура в микрокосмоса, назовано Х бозон (прото Н) е с еднаква структура. Енергийното поле затваря енергията около потенциала **О** в кръговрат и формира двата полюса по оста с форма на буква Н (Н-**О**белиск). Ако проследим полето вътре в потенциала, ще видим, че за да се ускори енергийният поток, той трябва от единия полюс да се свие и концентрира в точка в центъра на координатната система. Оттам се разширява по оста към повърхността на другия полюс. Така двата полюса представляват два конусни електрода (Обелиска) с върхове един към друг, събрани в центъра на кълбото, противоположно заредени. Потенциалната енергия се разпределя от центъра към периферията на кълбото на градивни енергийни нива, които пораждат силите на гравитационното поле, изразени във вектори Й, които завъртат кълбото около собствената му ос, и вектори И които, привличат или отблъскват телата, изграждайки защитен щит на потенциала във вид на атмосфера. Това е външната изява на енергийното поле на Земята. Вътрешната изява е в силата на подема, породена по оста между двата полюса. Крайните положения при прецесията на оста образуват фома на буква Х и формират паметта на системата, наречена РАМ. Функцията се нарича: Х РАМ, Х ръст ос, където Пи е в **О** дата. Формата **Х** е римското число десет, където са записани десетте правила на закона за нискотемпературния синтез на водата в наименованието на числата от едно до десет: в Реч **и** словоред е Ре число в **О** ред! Числото едно е Дъно. Числото осем е ос ем, ос на подема в тази форма и формира деленето на клетката в материя, наречена месо. Тук влизаме в законите за изграждане на живата клетка и живота на Земята! Влизаме и в закона за построяване на гравитационно-поляризиран потенциал, задвижван от силите на левитацията.
Как тези закони участват в изграждане на конструкцията на Слънчево-гравитационния алтернатор? Структура във форми:

1. Форма: ВАНА Г. Гравитационен потенциал

Идеята е за изработването на конструктивна форма (VAH-A) на гравитационен потенциал с формата на рог - А (Рог Ат Пи), в който се формира и акумулира силово векторно поле в хидравлична среда, задвижвана от гравитационното поле на Земята и топлинната енергия от Слънцето (Пита горе), поглъщана от повърхност с геометрична форма на конус (чиния). Пи е в **О** дата. При определени условия тази форма е „Летяща чиния“. Виж фиг. 2.



Фиг. 1. План е това: Планета (Образ О ван И е)



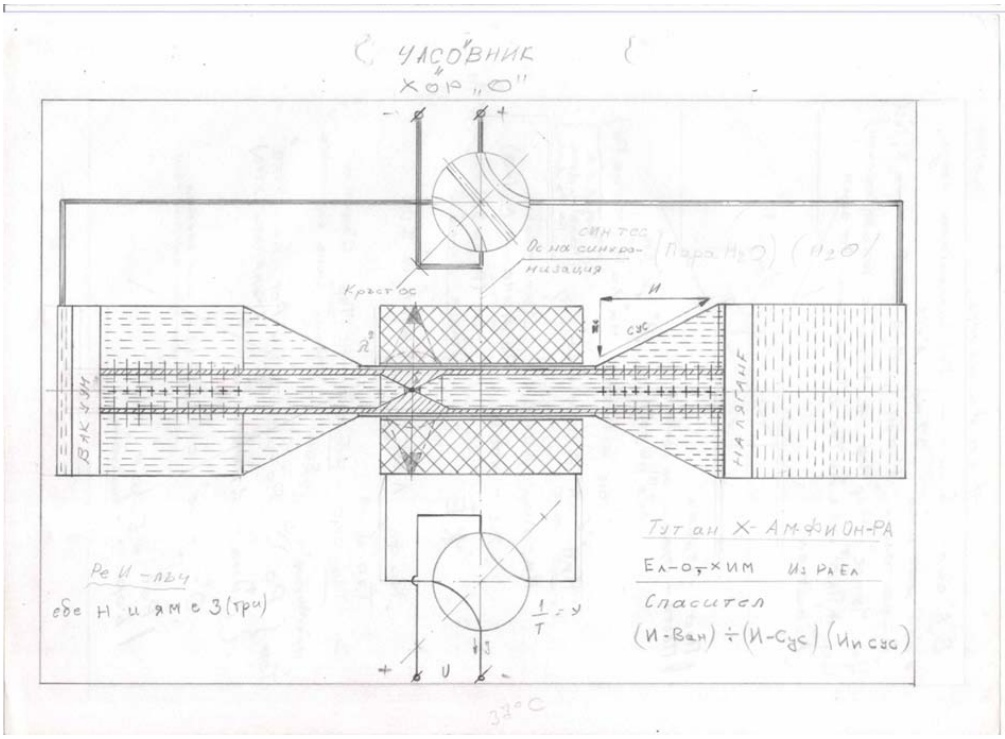
Фиг. 2. Форма: ВАНА Г. Слънчево-гравитационен потенциал

Системата се пълни догоре с вода и се затваря херметически. От дъното на долния конус се източва вода, докато системата се поляризира с вакуума в равновесно състояние. Тя е затворена херметически, силово поляризирана и КА-балансирана при нощна температура.

Когато широката повърхност на големия конус (чиния) се нагрее от слънцето, водата се задвижва нагоре от ниски към високи енергийни нива. Получава се дисбаланс и кръговрат от гравитационно движение на енергийния поток в системата.

Като външен консуматор се подвързва **Форма: Дъно V**. Тя се задвижва от енергийния поток, породен от потенциалната разлика на входа (рог) горе и изхода (рог) долу на системата, като поглъща и излъчва енергия на порции - кванти**.**

2. Форма: ДЪНО V. Н - **О**белиск.



Фиг. 3. Форма: Дъно V. В Н оста е Х Рам А, Н ебе, Н-Обелиск

Тази полева форма задвижва хидравлична конструкция с формата на рог – А, осигуряваща концентрация на енергията на полето в точка по оста, на върха А, в линията на два обелиска, срещнати с върховете един срещу друг с формата на буквата Н. Движението на тази точка по оста е възвратно-постъпателно: Н ебе с определена честота. Точката се движи вътре, по оста на соленоид, който извлича енергията на полето, концентрирана в дъното – А при оголване структурата на атома в ЙОН, в центъра на координатната система, на върха на обелиска. Виж. фиг. 3.

Обратната функция: осъществяване на запис в тази точка на върха на обелиска в линия при нискотемпературен синтез на водата с въглерод и азот е хидравлика (Х и Д е Ра в лик А) и води до създаване на геометрия, назована: Геном е три и Я! Тук е ДНК кодът за сътворяване на човека на Земята или на друга планета в Космоса – всичко живо по две в кораба на Ной.

3. Форма: СИНХРОН (Г+V). Управление на системата.

Заключение

Ре Д във форми или Ре форми от Ре лигия в Ре линия (Я и Нил).

Цифровизацията във второто информационно ниво на българския език е воалът за енергетиката на бъдещето ИЗИДА на цивилизацията, изградена на нискотемпературния синтез на водата. Тази технология ни е оставена в Древността във формите на буквите, като събирателен процес - И: Иероглив, е в Ре И (И е рог Л и V). Формата на буквата А е формат А на конструцията на пирамидата: Пи рам и дъно ат А горе - Пи та гор е. Всичко това е оставено във второто информационно ниво на българския език: в реч и словоред – ре число в О ред. В центъра на всяка слънчева система стои Звезда. Буквата З е форма на числото три и записът се чете: Три в езда – това е полевата форма на материята в слънчевата система, която движи планетите и ги позиционира балансирано на определени орбити. Притегателната сила и силата, която върти планетата, се нарича гравитационно поле в макроструктурите, и полева форма на материята в микроструктурите. Структурата на атома е аналогова на структурата на Слънчевата система.

Технологията Слънчево-гравитационен алтернатор стои като Ноев ковчег в основата на конструиране и сътворяване на човешката цивилизация на Земята и дълги години е тема табу за знанието в съзнанието на хората.

Климатичните промени в атмосферата на Земята, дължащи се на енергетика, градена на принципа на разпадните процеси НЕФТИДА, могат да станат необратими, ако продължаваме в тази линия.Спасението идва с енергетика на нискотемпературният синтез на водата, оставено ни във формите на египетският пантеон.

Няма по-голяма загадка от Древноста (Д Ре в Н оста), оставена ни с построяването на пирамидите в Египет. Крие се информация за технологиите на построяване на тези огромни паметници от каменни блокове с такава прецизност на сглобката. Но този свят е назован и в дъното на нещата стои конструирането на формите в Н оста, (Н е А пол, Н ебе, Ум е Н), с които може да се сътвори човешкият геном технически в „НА ЗОО вана“, а това дава реална възможност за размножаването на човешката цивилизация в Космоса.

Литература:

Цветанов, М. БОГ АТ УМ (България в квантов скок). София: Мултипринт, 2015.

Session 3

Remote Sensing and Geoinformation Systems

Chairman: Assoc. Prof. Lachezar Filchev
Secretary: Assoc. Prof. Denitsa Borisova

MORPHOSTRUCTURAL PRECONDITIONS FOR THE SEISMIC SETTING IN THE RHODOPE MOUNTAIN

Rosen Iliev

South-West University „Neofit Rilski"– Blagoevgrad, Bulgaria
e-mail: rosen_faust@abv.bg

***Key words**: Rhodopes, earthquakes, morphostructures, Plate tectonics.*

***Abstract:** The present study is a morphotectonics analysis of the spatial distribution of the earthquakes on the territory of the Rhodope mountain massif. The methodological basis of such a study is the mobilistic (Plate tectonics) model of the Neogene-Quaternary morphostructural evolution of the Rhodope lands. The analysis of the relation of the regional seismic processes with the local positive morphostructural generations is a significant step towards the construction of a generalized model of the endogenous morphogenesis in the Rhodope region*.

МОРФОСТРУКТУРНИ ПРЕДПОСТАВКИ ЗА СЕИЗМИЧНАТА ОБСТАНОВКА В РОДОПИТЕ

Росен Илиев

Югозападен унивурситет „Неофит Рилски"– Благоевград, България
e-mail: rosen_faust@abv.bg

***Ключови думи:** Родопи, земетресения, морфоструктури, плейттектонски.*

***Резюме:** Настоящето изследване представлява морфотектонски анализ на пространственото разпределение на земетресенията на територията на Родопския планински масив. Методична основа на едно такова изследване се явява мобилистичния (плейттектонски) модел на Неоген-Кватернерната морфоструктурна еволюция на родопските земи. Анализът на връзката на регионалните сеизмични процеси с локалните позитивни морфоструктурни генерации се явява съществена стъпка към конструирането на един обобщен модел на ендогенната морфогенеза в района на Родопите.*

Introduction

The Rhodopean Mountain Massif (λ = 23.8° – 26.3° E and φ = 41.2° – 42.0° N) is the largest mountain system in the eastern part of the Balkan Peninsula. It is elongated in WNW – ESE direction at the same longitude from 225 km by maximal width-130 km in South Bulgaria and North-East Greece. The total area of the Rhodope Mountain is about 18 000 km², as the Bulgarian part is 14,738 km² (81.88% of its entire area).

The Rhodope Mountain occupies a median position on the Balkan Peninsula and thus is close enough to the main tectonic processes in this part of the Eastern Mediterranean- transcontinental collision. The collision is between adjacent parts of the African continental macroplate (Gondwana) and the southern margin of Eurasian continental macroplate (Neo Europe). The Rhodope Mountain builds its northern front. This is an important prerequisite for the development of endogenous geodynamic processes reflected the risky phenomena (earthquakes). They have strict spatial determination and are concentrated around certain "locations". In this regard the main goal of this study is the morphotectonic analysis of regional conditions for the Neogene-Late Quaternary seismic processes in the Rhodope Mountain. This is an attempt to build up a general model of endogenous morphogenesis based on modern morphotectonic concepts and dominating at the present times Plate tectonics model.

Neogene-Quaternary morphotectonic evolution of the Rhodopes

The Rhodope Mountain is located in the eastern part of the Balkan Peninsula. Its surveyed parts are made of multiple tectonic microplates (Bulgarian, Moesian, Halkidiki, Pontic, etc.). These continental microplates are separated from Gondwana´s passive paleotethysian margin at different stages in its Phanerozoic evolution. During the closure of Tethys Ocean (Fig.1) they moved in north direction in the form of islands or archipelagos, which have different geological and tectonic history. Those Gondwana´s continental fragments reach the southern edge of the paleo European continental massif at the end of subduction of the Tethys´ oceanic crust. They are tectonicaly articulated and build up the recent northwestern and southern edge of the European continent- Neo Europe. These circumstances determine the mosaic nature of continental crust in the region. (*Tzankov, Iliev*, 2015)

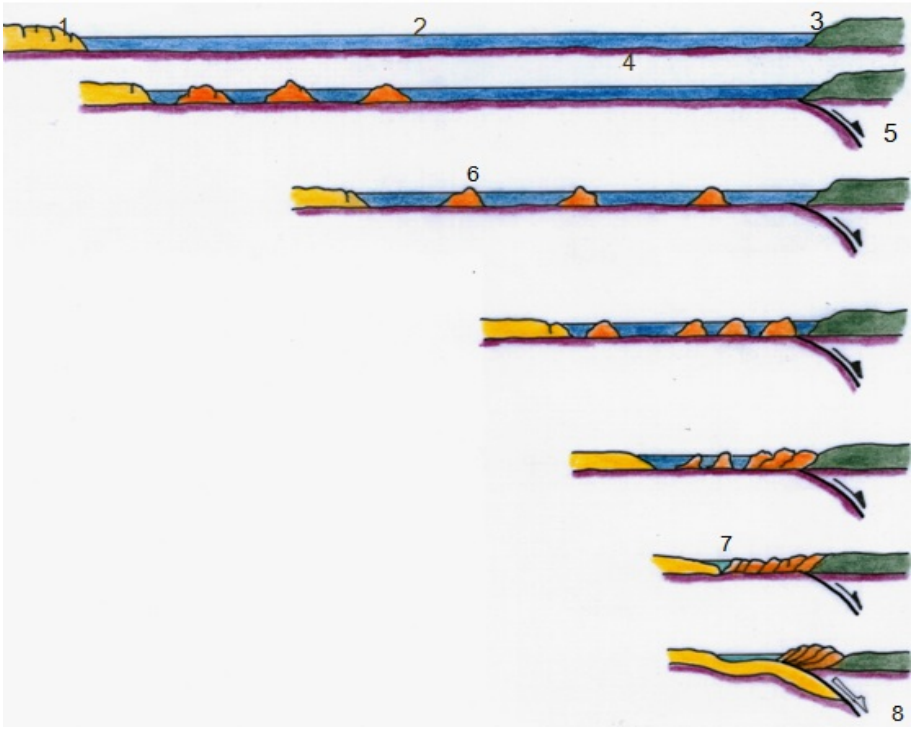


Fig. 1. Stages from the closing of the Tethys Ocean and transcontinental collision between Gondwana and Neo Europe. 1- Gondwana continental massif, 2- Tethys Ocean, 3- Paleo Europe continental massif, 4- oceanic crust, 5- Phanerozoic subduction of the Tethys Ocean beneath the Paleo Europe continental massif, 6- fragments from the Gondwana's continental crust in the Tethys Ocean, 7- Mediterranean Sea building (after the closing of Tethys Ocean), 8- transcontinental collision between the Gondwana and the Neo Europe continental massifs (*Tzankov*, *Iliev*, 2015).

The ancient continental blocks of the Rhodopes is one of those fragments (terranes) genetically linked to the structural core of the Cyclades in the Aegean region (*Jacobshagen*, 1986). During its tectonic evolution they moved to the northern direction to its current geographical position at southern edge of Bulgarian tectonic microplate.

Neotectonic evolution of Neo Europe began in the Early Paleogene- the time of full closure of the Tethys Ocean. The significant recent Alpine deformations in the region were realized during the Paleocene and Eocene and early Oligocene too. This is a time of deep crustal folding and thrust deformation. These processes mark the end of the Alpine geotectonic era. During the Paleocene - Early Oligocene predominantly lowland or hilly topography in the region was associated with significant volcanic activity. Traces of these processes are found in the lithological formations of tuffs in the Eastern Rhodopes.

The contemporary morphotectonic setting in the Rhodopean Mountain Massif is a result from the morphotectonic processes in connection, as already noted above, to the transcontinental collision between the continental lands of Gondwana and Neo Europe. Those deformations started after the end of Early Pleistocene (before around 800 000 years) (*Tzankov*, *Iliev*, 2015). In that time the existing Post Early Pleistocene orthoplain was intensively destructed from the beginning of the orogenic uplifting of the area. There is remaining parts as little fragments (bottoms of the contemporary kettles and morphostructural passages) only.

The modern morphotectonic pattern of the Rhodope Mountain was formed by the compounded influence of the Neogene-Quaternary morphostructural generations, as follow:

✓ *Relicts from the late formed in this region alluvial plain – orthoplain*. They found its orographic expression in the vast savannah-like plains which has become the arena of Late Miocene braided rivers (*Tzankov et al.*, 2005). Modern remnants of it are block leveled bottoms of the kettle morphostructures in the area. Destruction and displacement of the orthoplain began in Early or Late Pleistocene in connection to Quaternary mountain building processes in these places (*Tzankov et al.*, 2005).

✓ *Traces of Late Holocene - Early Pleistocene concentric circular morphostructures*. These are remnants of the early generation circular morphostructures that occurred on destroyed parts of post Middle Miocene orthoplain. Their traces are rarely preserved, most often torn to varying degrees and secondary deformed.

✓ *Middle to Late Holocene dome-like morphostructures*. They are given the morphostructural aspect of the local and regional contemporary relief. Its evolution is connected to the maximal uplifting centers, listric faulting and local fault network. (*Tzankov*, *Iliev*, 2015)

✓ *Contemporary arched mountain morphostructures*. They are distributed all over the territory of the Rhodope Mountain marking the highest mountain ridges. These are the largest morphounits in the area. Its origin is connected to the basic contemporary tectonic processes in the Eastern Mediterranean and therefore they are the youngest and most actively developing morphostructures in the region.

On the territory of the Rhodopes most widespread are the remains (traces) of concentric morphostructures (62% of the total), followed by a dome-like morphostructures (34% of the total) and arched mountain morphostructures (4% of the total).

Spatial distribution of earthquakes in the Rhodope Mountain

In space the most seismic events in the Rhodope Mountain are concentrated along the periphery of the mountain massif (Fig.2). Here the strongest earthquakes in history occurred. Seismic events in the interior of the mountain are less frequent and with lower energy than those at the periphery.

Fig. 2. Map of the epicenters of earthquakes occurred on the territory of the Rhodope Mountain in the last 50 years (1965-2016). It is apparent that the major seismic effects in the study area are concentrated mostly on the periphery of the mountain massif. Exceptions are the lands between the towns of Pamporovo and Smolyan to the west and those around the Arda River and the Varbitsa River to the east. (seismic data source: IRIS-http://ds.iris.edu/ds/; basemap: Google Terrain)

Seismic hazard in the Rhodope Mountain is moderate (VII-VIII degree by EMS intensity scale) and is primarily associated with seismically active fault systems along the western edge of the mountain (Kovachevitsa, Chepino, Middle Mesta), some located deeper in the mountain active faults around the towns Dospat and Devin and with the most seismically active nowadays fault structures in the region of the Arda and the Varbitsa Rivers. Several small seismic faults are around the edges of dome-like and arched mountain morphostructures.

The seismic picture in the Rhodope Mountain is characterized by a relatively high manifestation of earthquakes mostly with low magnitude (M≤3). For example, for the period 1965-2016, the amount of micro earthquakes is 97.29%. For the last 35 years there was recognized an increase of the seismic activity in the Rhodopes (*Tsekov* et al. 2015). For the period 1965-2016 about 66% of the epicenters of earthquakes in the Rhodope Mountain are located in Bulgaria, while the remaining 34% on the territory of Greece. In the range of the Rhodopes the shallow earthquake sources are predominant. For the period 1965-2016, 59% of the seismic events have a depth of 10 km (near surface earthquakes), 35.5% - between 10 and 20 km (very shallow earthquakes), 3% between 20 and 30 km, 2% between 30 and 40 km and only 1% of earthquakes have a depth of more than 40 km (maximum to 47 km). This clearly highlights the crustal nature of seismic processes in the region.

Seismic activity in the Rhodope Mountains shows a strict spatial determination in connection to the positive morphostructural generations. The earthquake manifestations on the territory of the mountain massif are concentrated mainly on the edges of the dome-like morphostructures and, to a lesser extent, to the arched mountain morphostructures (Fig.3). These morphounits are surrounded by low angular (listric) faults or by high angular (normal) faults and reflects positive tectonic movements.

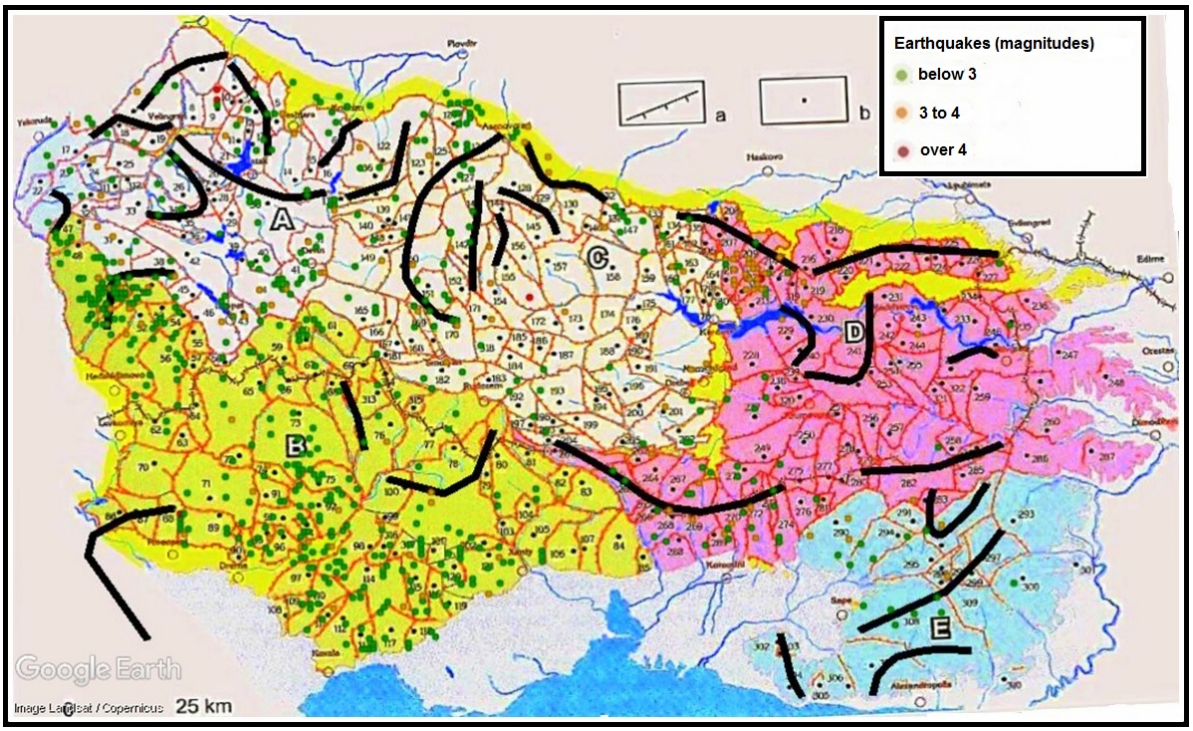


Fig. 3. Map of the spatial distribution of earthquakes in the Rhodopes compared to the dome-like (with brown outline) and the arched mountain (dense black lines) morphostructures for the period 1965-2016; a- faults; b- centers of maximum contemporary elevation.

Seismic events are mainly located along the morphostructural edges (71% of cases), on the borders surrounded by fault structures, 24% of earthquakes are attached to the listric prisms and the remaining 5% to the most elevated and at the same time the most active in geodynamic parts of the dome-like morphostructures - the centers of maximal contemporary elevation.

The stronger earthquake events (M≥4) in the Rhodope Mountain are related to the development of arched mountain morphostructures. It is explained by the fact that arched mountain morphorstructures are the youngest, the largest and the most active morphounits in the region. They are centers of highly positive tectonic movements and mark territories with elevated values of the regional gravitational field. These positive movements activate the neighboring dome-like morphostructures and surrounding faults, making them seismogenic.

Conclusions

The results from the conducted investigation of the spatial distribution of seismic processes in the Rhodope Mountain lead to the following main conclusions:

- ✓ The majority of earthquakes in the Rhodopes are concentrated on the periphery of the mountain massif. Exceptions are areas of Pamporovo-Smolyan to the west and those along the Arda River and the Varbitsa River to the east;
- ✓ Most earthquakes are located along the edges and listric prisms of the individual dome-like morphostructures, and to a lesser extent along the centers of maximal contemporary elevation and at the edges of arched mountain morphocructures;
- ✓ Stronger earthquakes (M≥4) on the territory of the mountain massif are directly related to the activity of arched mountain morphorstructures;
- ✓ All earthquakes in the Rhodopes are shallow or very shallow (95%), which means that their focal mechanisms are fully attached to the Earth's crust and with the manifestation of the listric fault network.

References:

1. Jacobshagen, V.. Kreta. In: Geologie von Griechenland. Borntraeger, Berlin, 1986, pp. 55-80.
2. Tsekov, M., E. Botev, R. Borisov. Seismicity of the Rhodope zone over the period 1980-2014. 17th BgGS National Conference with International Participation "GEOPHYSICS 2015", Sofia, Bulgaria, 2015, pp. 1-5.
3. Tzankov, Tz., N. Spassov, K. Stoyanov. Neogene-Quaternary paleogeography and geodynamics of the Middle Struma River. Publishing House „Neofit Rilski", Blagoevgrad, Bulgaria, 2005, 199 p. (in Bulgarian with an English summary)
4. Tzankov, Tz., R. Iliev. Morphostructure of the Rhodopean Mountain Massif. Publishing House "Grafika 19", Sofia, Bulgaria, 2015, 48 p.

***IRIS- https://www.iris.edu/hq/

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА И ЛОКАЛНОТО ЗАТОПЛЯНЕ В АТМОСФЕРАТА НА РАЙОН СТАРА ЗАГОРА

Веселин Ташев[1], Ролф Вернер[1], Ангел Манев[1], Мариана Горанова[2], Ана Шишкова[3]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Технически университет София, Факултет по компютърни системи и управление
[3]НИМХ
e-mail: veselinIt@abv.bg;

Ключови думи: *Температура на въздуха, слънчева енергия, метеорологични измервания.*

Резюме: *Температурата на атмосферата се определя от разликата на количеството топлина, която загрява въздуха и количеството топлина, която се отнема и охлажда въздуха. В настоящата разработка се изследва температурната динамиката без да се има в предвид приноса на отделните фактори. За да се проследи изменението на температурата се използват данните, получени от сензорите на метеорологична станция Vantage Pro 2 Plus. Събраните данни от сензорите са обработени, осреднени и подредени по часове, дни, месеци и години. Получените резултати са оформени в графичен и табличен вид. Целта на изследването е да се проследи доколко голяма е повторяемостта на температурните стойности през различните периоди. Наблюдението е извършено за региона на Стара Загора.*

RESEARCH OF TEMPERATURE AND LOCAL WARMING IN THE ATMOSPHERE OF STARA ZAGORA REGION

Veselin Tashev[1], Rolf Werner[1], Angel Manev[1], Mariana Goranova[2], Ana Shishkova[3]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Technical University Sofia, Faculty of Computer Systems and Control
[3]NIMH
e-mail: veselilt@abv.bg

Keywords: *Air Temperature, solar energy, measurement of meteorological parameters*

Abstract : *The temperature of the atmosphere is determined by the difference of the amount of heat which heats the air and the amount of heat which cools the air. In this development is examined the thermal dynamics without taking into account the contributions of the individual factors. To trace the temperature variation using data obtained from sensors on weather station Vantage Pro 2 Plus. The data collected from the sensors are processed, averaged and ranked by hours, days, months and years. The results obtained are shaped in graphical and tabular form. The purpose of the study is to trace how big is a repetition in different periods. Monitoring is performed in the region of Stara Zagora.*

1. Въведение

Когато количеството топлина, което загрява въздуха е по-голямо от количеството топлина, което охлажда въздуха, температурата на атмосферата се покачва и обратно. Топлината, която загрява въздуха зависи от температурата на земната повърхност и от погълнатата слънчева радиация. Топлината, която охлажда въздуха зависи от адиабатното изстиване, излъчване на топлина и предаване на топлина при контакт с по-студена повърхност. Съвременните методи за измерване на температура изискват отчитането да става на колкото може по-кратки периоди. След това тези измервания се осредняват за по-дълги периоди. Поради тази причина измерванията са извършени на всеки 15 минути. Натрупаните и обработени данни за 7 години са в размер на около 245 000 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.

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:

-Топлинна 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.

-Топлинна адвекция — представлява хоризонтално движение на въздушни маси, при което в нашите гоеграфски ширини става пренос на топлина от субтропика.

-Турбулентност — представлява безпорядъчни вихрови движения на въздуха в различни посоки вътре в общото въздушно течение. В зависимост от пораждащите я причини тя бива динамична и термична:

• Динамичната турбулентност възниква от триенето на въздуха със земната повърхност и от обтичането на въздушния поток по неравностите (дървета, храсти, хълмове, сгради и др.). Тя е по-силно изразена в пресечени местности.

• Термичната турбулентност възниква от нееднородното нагряване на отделни места от повърхността — различия в цвета и влажността на почвата, различия в изложението и т.н. При това се проявява температурна нееднородност на въздуха — над по-нагрети повърхности той се издига по-високо и обратно. По този начин в непосредствена близост възникват възходящи и низходящи въздушни струи, които предизвикват характерно трептене на въздуха (забелязват се при слънчево време над асфалтови пътища, угари и т.н.).

-Излъчването на земната повърхност също допринася за нагряването на въздуха. Атмосферата е слабо прозрачна за дълговълновата радиация и поглъща значителна част от нея.

-Изпарението и по-точно водните пари, които попадат в атмосферата, също са източник на скрита топлина, която се освобождава при кондензацията на водните пари и отива за нагряване на въздуха.

2.2 Изстиването на въздуха става по няколко причини. Основните фактори за отнемане на топлината от въздуха са:

-Адиабатното изстиване е основна причина. С издигане на въздуха на височина той попада в условия на по-ниско атмосферно налягане и се разширява. Разширяването на въздуха става за сметка на съдържащата се в него топлинна енергия.

-Други, по-маловажни, причини са:

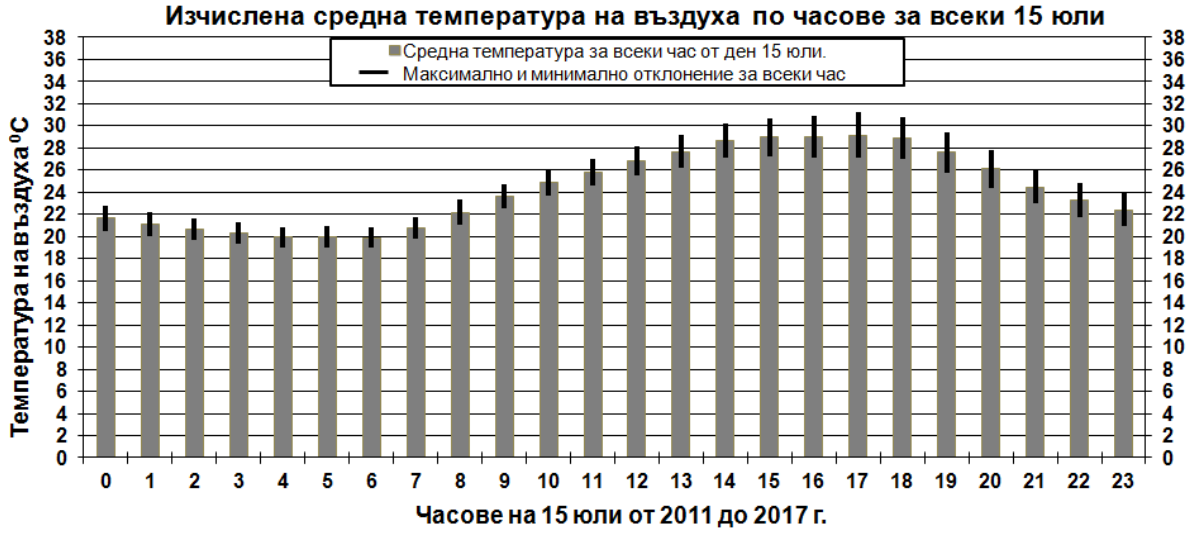
• Излъчване на топлина;

• Предаване на топлина при съприкосновение с по-студена повърхност.

3. Изследване на дневния ход на температурата

На фиг. 1 са показани със светло сиви ленти средните стойности на температурата на атмосферата за всеки час, а с черни линии минималните и максимални отклонения от тези стойности. Те са измерени за всеки час на всеки 15 юли в продължение на 7 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. 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.

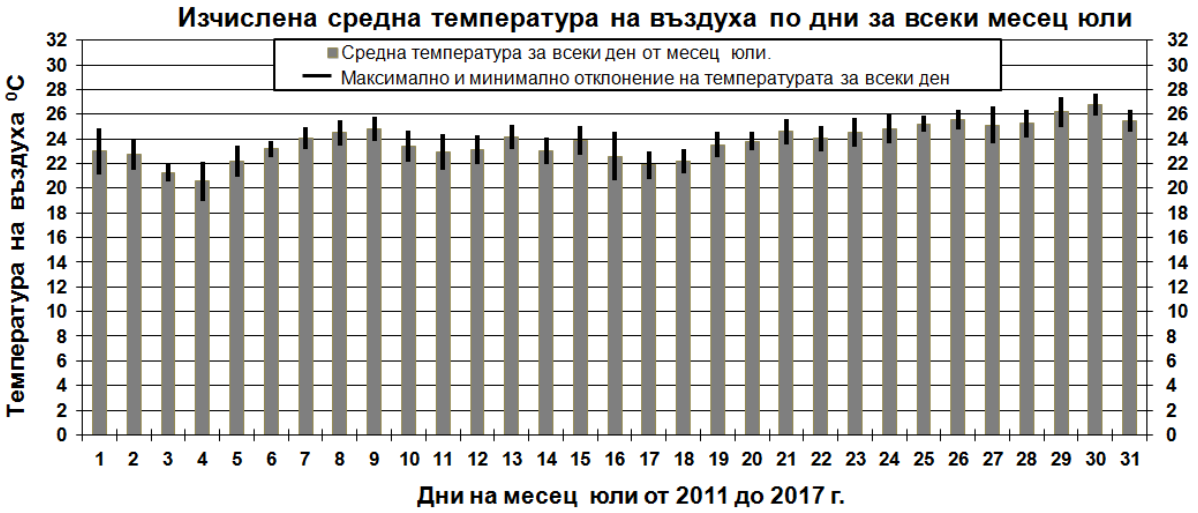


Фиг. 1. Средна температура измерена за всеки час на 15 юли 2011-2017 г.

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.

От графиката се вижда и другия безспорен факт, че температурната динамика е най-висока в часовете от 15:00 часа до 18:00 часа, а най – малка от 4:00 часа до 6:00 часа. Следователно – когато температурата е най-висока, тогава и промяната в нейните стойности е най-голяма. Обратно - когато температурата е най-ниска, тогава и промяната в нейните стойности е най-малка.

На фиг. 2 са показани със светло сиви ленти средните стойности на температурата за всеки ден от месеците юли в продължение на 7 години. Температурните отклонения от средната стойност са означени с черни линии.

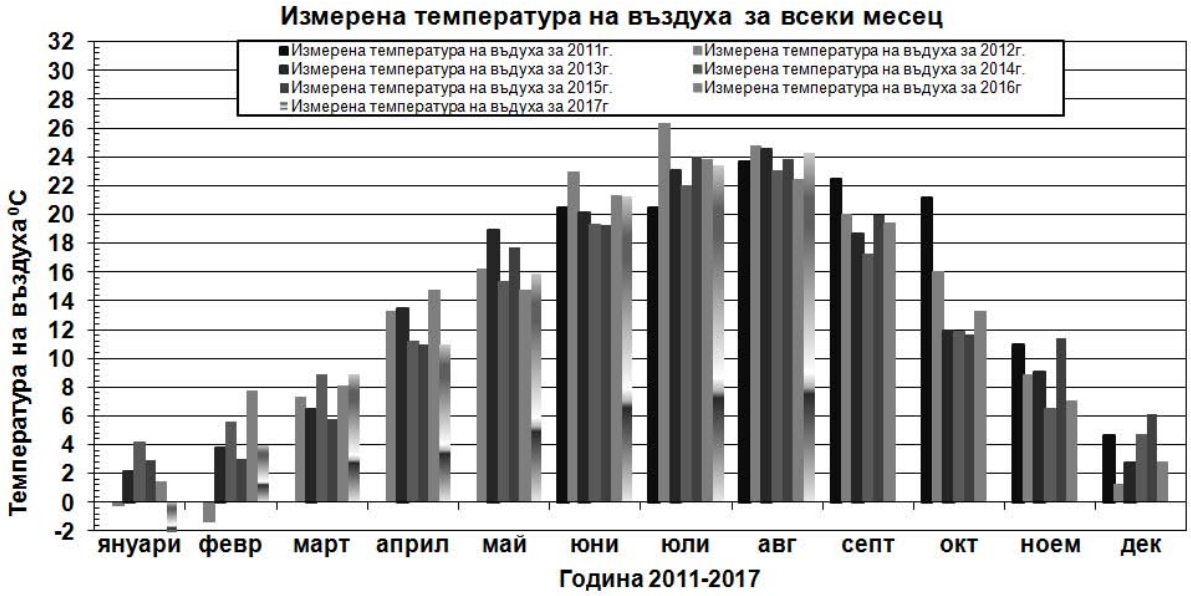


Фиг. 2. Средна температура измерена за всеки ден от Юли от 2011 до 2017 г.

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

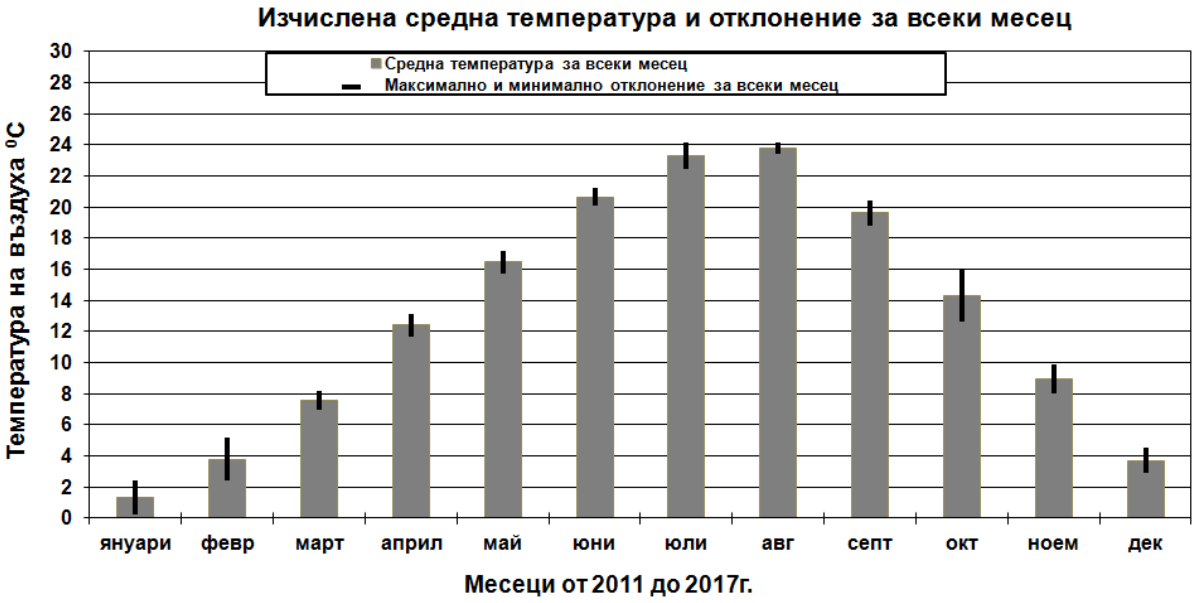
На фиг. 3 са показани измерените температури за всеки едноименен месец от 2011 до 2017 г.



Фиг. 3. Средно измерените температури за всеки едноименен месец от 2011 до 2017 г.

За всяка година лентите са оцветени с различен нюанс на черния 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, а с по-малка месеците март на фиг. 3.

На фигура 4 са показани със сиви ленти изчислените средни стойности на температурата за всеки едноименен месец в продължение на 7 години. Температурните отклонения от средната стойност са означени с черни линии. Тук още по-ясно се вижда динамиката на температурата за една астрономическа година.

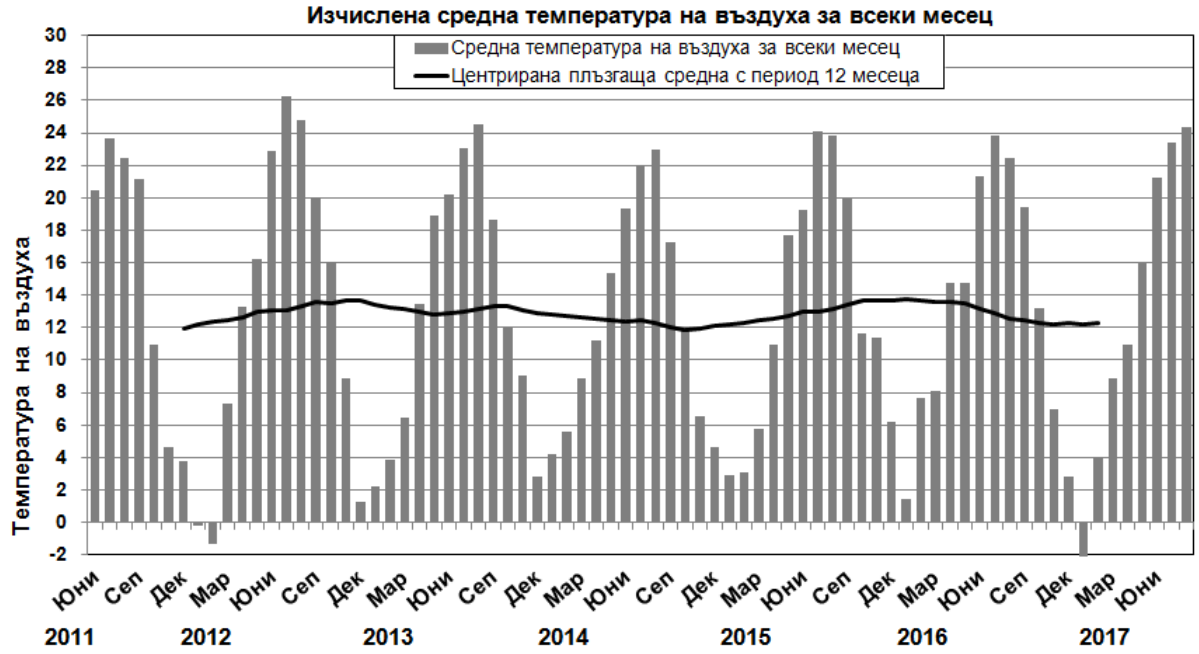


Фиг. 4. Средно изчисленна температура за всеки месец

Най-малки са отклоненията през месеците март през седемте 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 вуздуха. 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 плъзгаща се средна стойност на температурата във вид на черна линия, както и средномесечната температура със сиви ленти.



Фиг. 5. Центрирана плъзгаща средна с период от 12 месеца в продължение на 7 години

Плъзгащата средна е с период от 12 месеца, т.е. съответства на една година в продължение на 7 години. От графиката се вижда, че стойността на плъзгаща средна е почти постоянна и е по-малка от 2^0 С. Динамиката на годишната средна стойност или плъзгащата средна е много по-малка от месечната и не се наблюдава ясно изразена тенденция за повишение или понижение на температурата. Разбира се това твърдение не може да бъде категорично, защото става въпрос за твърде кратък период от време.

Въпреки, че измерените температури през 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. Най-големи разлики в температурата на едниманните месеци е през месец февруари 9,05 ^{o}C и октомври 9,52 ^{o}C Същото може да се отбележи и за максималните температури. Например за месец юли 2012 година тя е 26,29 ^{o}C, а през месец юли 2014 година 22^o С, което се равнява на 4,9 ^{o}C разлика. 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. Плъзгащата 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^o С в рамките на 7 години, то от графиката на фиг.5 се вижда, че от година до следващата година разликата е не повече от 0.5^o С.

В таблица 1 са показани измерените и изчислени средни стойности за всички месеци в периода от Юни 2011г. до Август 2017г. В графа “Максимална разлика” е изчислена разликата между максималната и минималната стойност на температурата за едноименните месеци на този период. 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 23.7 ^{o}C, а най-ниска през месец януари със средна стойност 1.3 ^{o}C,

От таблицата се вижда, че месечните стандартни отклонения на температурата се колебаят от 0,78 до 3,41 ^{o}C. Не се наблюдава някаква зависимост на стандартното отклонение от сезона, както е например при слънчевото греене. Най-големи са стандартните отклонения съответно за месец октомври 3,41^{o}C и месец февруари 2,76 ^{o}C. Най-малко е стандартното отклонение е за месец август съответно 0.81 ^{o}C. Това отклонение е близо да годишното отклонение. 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				
Средна стойност [°C]	1,32	3,80	7,57	12,42	16,47	20,67	23,29	23,78	19,63	14,33	8,96	3,72
Максимална разлика [°C]	4,47	9,05	3,12	3,78	4,21	3,66	5,8	2,35	5,27	9,52	4,84	4,88
Стандартно Отклонение	2,20	2,76	1,18	1,47	1,42	1,19	1,67	0,78	1,59	3,41	1,80	1,60
Относителен спад [%]	166,45	72,6	15,56	11,81	8,63	5,74	7,16	3,28	8,11	23,78	20,1	43,05

В последния ред на табллицата е изчислен относителния спад. За студения месец януари той е 166,45 %, а за топлия месец август само 3,28 %. 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 1,32 ^{o}C, а за месец август 23,78 ^{o}C. В този смисъл величината „Относителин спад" не ни носи информаци за промяната на температурата, която е предмет на това изчисление, а за абсолютната средна стойност на температура, което вече е известно.

3. 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 температурните 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.

ИЗСЛЕДВАНЕ И СРАВНЕНИЕ НА ГОДИШНИТЕ И МЕСЕЧНИТЕ КОЛИЧЕСТВА НА СЛЪНЧЕВА ЕНЕРГИЯ ПОПАДАЩИ НА ЗЕМЯТА ИЗМЕРЕНИ С МЕТЕОСТАНЦИЯ Vantage Pro2 Plus

Веселин Ташев[1], Ролф Вернер[1], Ангел Манев[1], Мариана Горанова[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Технически университет София, Факултет по компютърни системи и управление
e-mail: veselinlt@abv.bg;

Ключови думи: *Слънчева радиация, слънчева енергия, метеорологични измервания.*

Резюме: *Измерването и изследването на слънчевия енергиен добив е извършено в продължение на период от 2011 до 2017г. Изчислени са количеството на акумулираната слънчева енергия за определен период от време от единица площ на земната повърхност. За целта се използват данните за слънчевата радиация. Те са измерени и акумулирани с помощта на автоматичната метеорологична станция Vantage Pro2 Plus. Директно получените данни от сензора за слънчева радиация са интегрирани и преизчислени за да се получат резултати за акумулираната слънчева енергия. Обработката на тези данни дава възможност да се проследи изменението на енергийните слънчеви характеристики през различните периоди от време. Месечните периоди са, свързани със сезонния характер на положението на Слънцето. Изчислена е и годишната повтаряемост на измерванията. Високата повтаряемост, която се наблюдава в годишните резултати се използва за да се прогнозира слънчевия енергиен добив за следващите години в енергийните соларни станци.*

RESEARCH AND COMPARISON OF THE ANNUAL AND MONTHLY QUANTITIES OF SOLAR ENERGY FALLING TO THE GROUND MEASURED WITH THE WEATHER STATION Vantage Pro2 Plus

Veselin Tashev[1], Rolf Werner[1], Angel Manev[1], Mariana Goranova[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Technical University Sofia, Faculty of Computer Systems and Control
e-mail: veselilt@abv.bg

Keywords: *Solar radiation, solar energy, measurement of meteorological parameters*

Abstract: *The measurement and nvestigation of solar energy extraction is performed over a period of 2011 to 2017 g. The amount of solar energy accumulated over a period of time by the surface area of the ground is calculated. For this purpose, is used the data on the solar radiation. They are measured and accumulated using the automatic weather station Vantage Pro2 Plus. Directly received data from the solar radiation sensor are integrated and recalculated to obtain results for the accumulated solar energy. The processing of these data makes it possible to trace the change in energy solar characteristics during the different periods of time. The monthly periods are related to the seasonal nature of the situation of the sun. The annual repeatability of measurements is also calculated. The high repeatability observed in annual results is used to predict solar energy yield for the next years in the solar power stations.*

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 попадащи 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/m2

2. Теоретични данни за слънчевата радиация и слънчевата енергия попадаща върху единица земна площ

Известно е, че слънчевата радиация зависи от много фактори и съвсем логично е да се очаква, че добивът на енергия за различните региони може да е съвсем различен. Това се дължи на факта, че само част от слънчевата енергия достига до земната повърхност. Една част от попадащата слънчевата радиация върху земната атмосфера се рефлектира директно обратно в космоса, а друга част се абсорбира в стратосферата и тропосферата. Общо около 19% от слънчевата енергия не достига долните слоеве на земната повърхност [4].

Интензитетът на слънчевата радиация намалява главно поради поглъщането от водните пари в инфрачервената област на спектъра, озоновото поглъщане в ултравиолетовата област и разсейването от частиците във въздуха. Такива компоненти като въглеродния двуокис и някои други газове, които се съдържат в по-малки количества в атмосферата, поглъщат част от топлинната радиация, излъчена от земната повърхност. Следователно добивът на енергия за различните региони може да е съвсем различен в зависимост от техните особености.

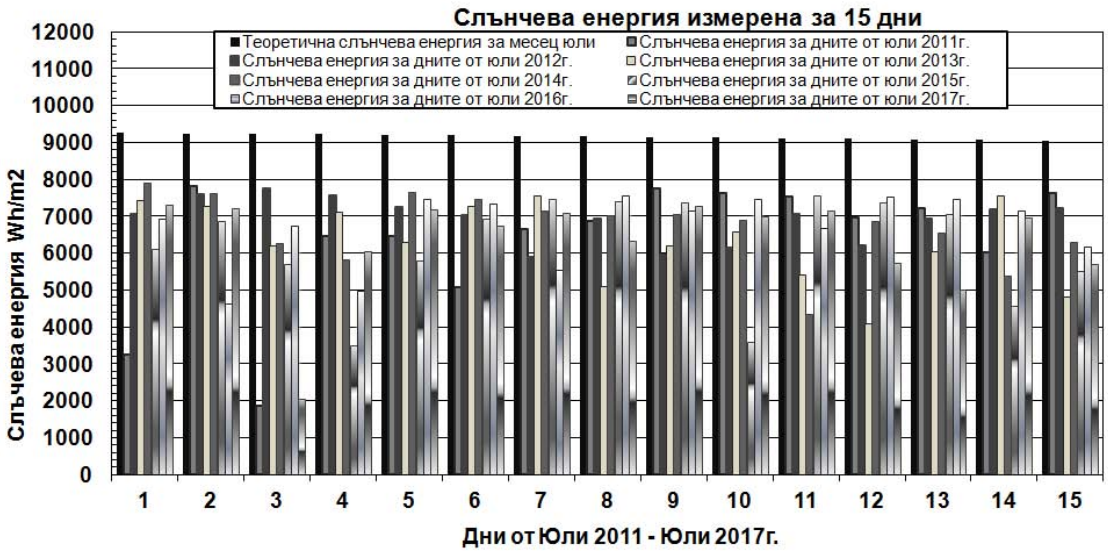
Слънчевата радиация представлява плътността на лъчистия енергиен поток излъчван от слънцето, измерван на разстояние една астрономическа единица върху единица хоризонтална площ за единица време. Тя се измерва в единици ват на квадратен метър [W/m^2]. Количеството слънчева енергия на квадратен метър за 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 попадаща върху дадена повърхност има две компоненти. Едната е директната радиация, падаща върху повърхността без изменение на посоката. Другата е дифузната радиация, която представлява сумата от разсеяната в атмосферата и отразена от почвата и околните предмети радиация, падаща върху дадена повърхност. Наличието на облаци води до отслабване на директната и увеличаване на разсеяната радиация.

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 74 месеца съдържа около 216 000 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 2017 година

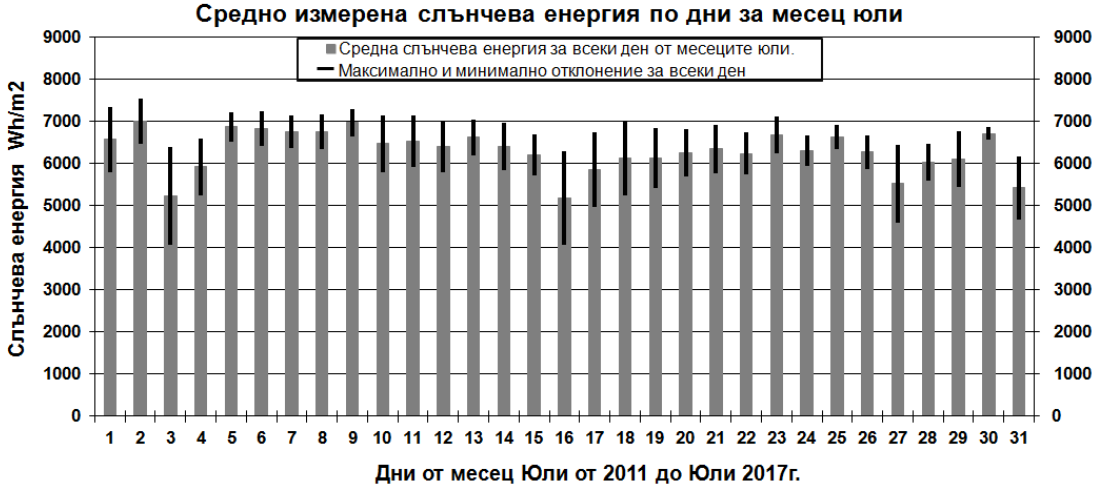
За пример са избрани първите 15 дни от месеците Юли, тъй като това е месеца с най-интензивна слънчева радиация. Сумарната слънчева енергия за всеки един ден от първите 15 дни на месец Юли 2011 , Юли 2012, Юли 2013, Юли 2014, Юли 2015, Юли 2016 и Юли 2017 години е показана с различна гама на черния цвят.

С черен цвят е оцветена графиката на теоретично изчислената слънчева енергия за всеки един ден. От тази графика се вижда, че през месец Юли се наблюдава бавно намаляване на 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 2, 7 и 13 юли стойностите са почти едни и същи, като разликата е по-малка от 1000 wh/m^2. За сравнение се вижда, че за ден 1 и 3 юли те се променят от 2000 до 7500 wh/m^2 или 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 7 години. За разлика от фиг. 1 тук е показана средно измерената стойност за посочените години, както и максималните и минимални отклонения за всеки ден.

Със сиви стълбчета е показана средната стойност за всеки ден от месеците Юли, през седемте години, а с черни линии е отбелязано дневното минимално и максимално отклонение от средната стойност. Тук още по-ясно се вижда динамиката в стойностите за 25 и 30-ти ден, когато е минимална спрямо 1 и 16 ден, когато е значително по-голяма. Тази динамика може да се проследи и за останалите дни.

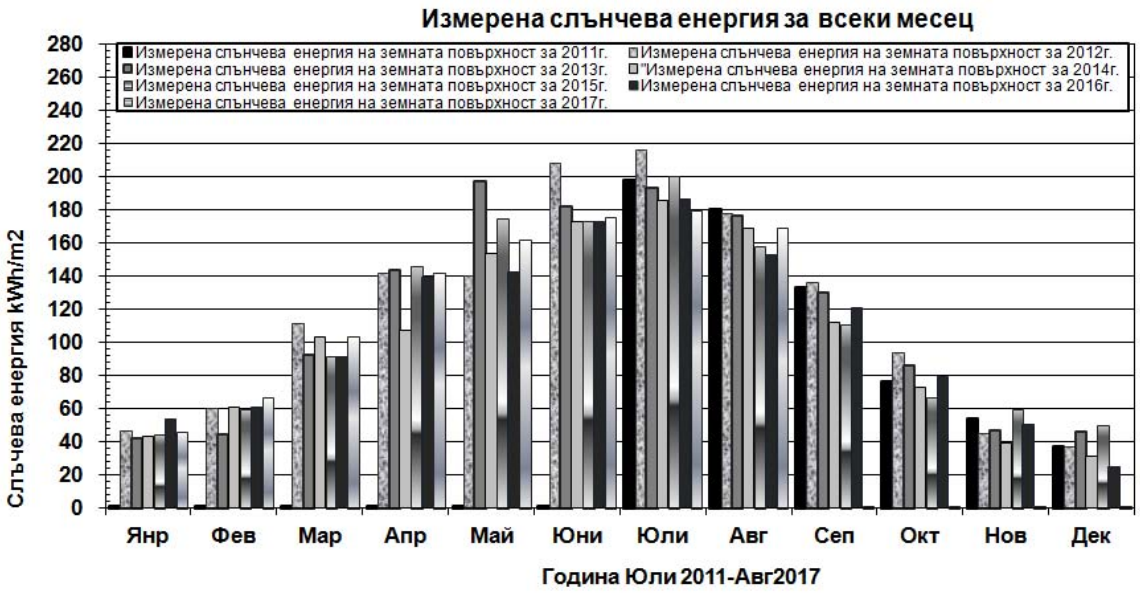
От тук може да се направи заключението, че измерените стойности на слънчевото греене са значително по-колебливи от теоретичните, което е свързано и с по-големите промени в пропускливостта на атмосферата, както отбелязахме по-горе. Отслабването на слънчевата радиация, респективно на слънчевата енергия 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.



Фиг. 2. Средно измерена слънчева енергия за всеки ден от месец Юли от 2011 до 2016 г.

4. Изследване на месечния ход на слънчевото греене

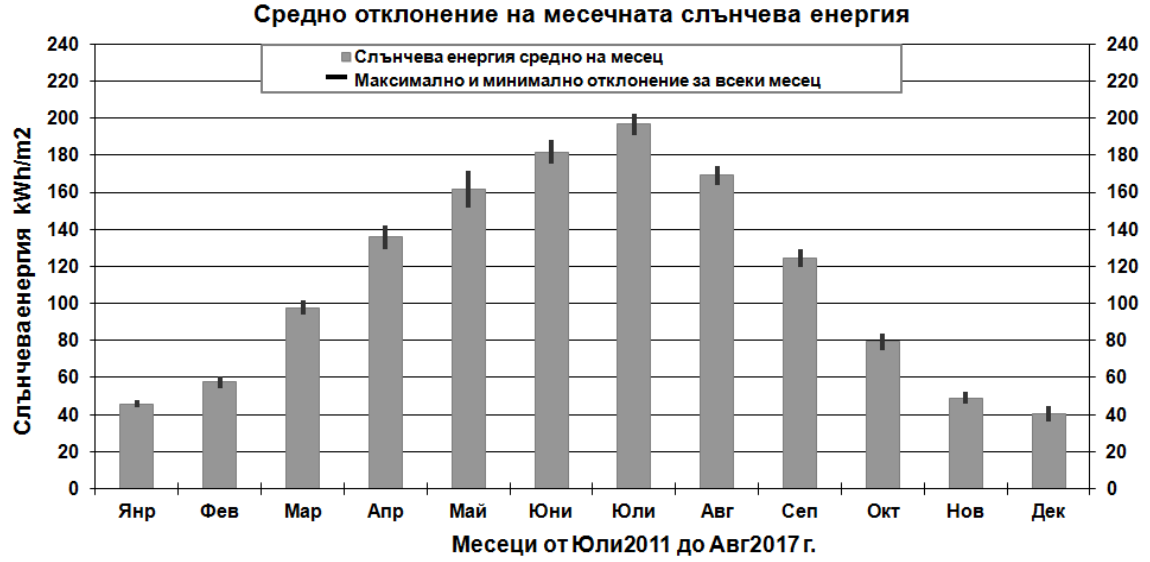
На фиг.3 са показани стойностите на слънчевата енергия измерена за всеки месец в продължение на около 7 години. За всяка една от седемте години стълбчетата, показващи съответните месечни стойности са изобразени с различна гама на черния цвят.



Фиг. 3. Слънчева енергия измерена за всеки месец от 2011 до 2016 г.

От графиката ясно се вижда сезонния характер в изменението на слънчевото греене. То е най-голямо през месеците Юни и Юли и най-малко през месеците Януари и Декември. Най-интересен, обаче е фактът, че динамиката в изменение на стойностите за едноименните месеци през годините показани на фиг. 3, е много по-малка отколкото тази на едноименните дни показана на фиг. 2 и фиг.1.

На фиг. 4 е показана средно измерената слънчева енергия за всеки месец в продължение на 7 години, за разлика от фиг. 3, където са показани действителните стойности на месеците. Със сиви стълбчета е показана средната месечна стойност, а с черни линии е отбелязано минималното и максимално отклонение от средната стойност за всеки месец.

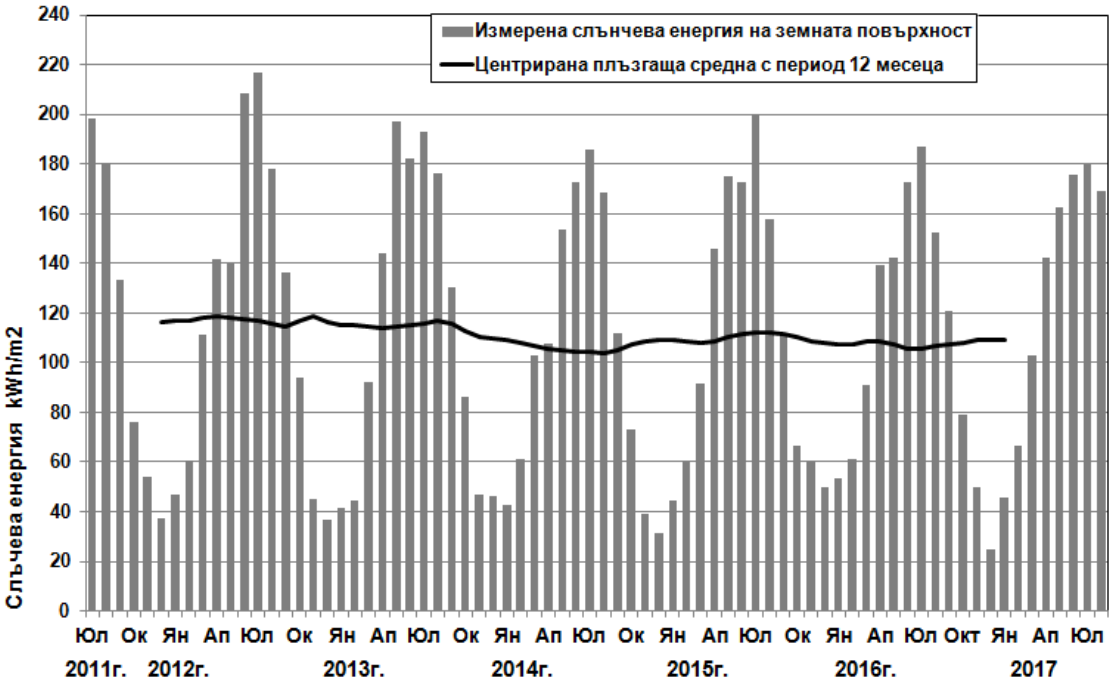


Фиг. 4. Средно измерена слънчева енергия за всеки месец

На тази графика още по-добре се вижда по-малката динамика в месечното отклонение спрямо дневното. Например за едни и и същи дни от месеците Юли 2011, Юли 2012 , …Юли 2017 години, показани на фиг. 1 и фиг. 2 измерената слънчева енергия се различава значително, както отбелязахме по-горе, но за шесте или седемте 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 седемте месеца Август от 2011 до 2017 г. е по-малка от 17 %, което се вижда от месечното разпределение, показано в таблица 1, намираща се по-долу в текста. Подобни минимални разлики се получават и за другите месеци. Например за месеците Юни, Юли и Август тя е по-малка от 19 %, а най-голяма е за месец Декември – само 46 %. С други думи наблюдаваме едно усредняване на месечна база. Тези първоначални резултати, въпреки че не са достатъчно продължителни, дават основание да се предположи, че колкото периода на измерване е по-голям, толкова отклоненията от средната стойнос са по-малки.

На фиг. 5 е показано месечното разпределение на слънчевата енергия от месец Юли 2011 година до месец Август 2017 година, заедно с центрирана плъзгаща се средна с период 12 месеца в продължение на около 7 години. Със сиви стълбчета е отбелязана стойността на измерената енергия за всеки месец, а с по-тъмната линия стойността на плъзгащата се математическа средна. От графиката се вижда, че стойността на пъзгащата се математическа средна е почти постоянна, т.е. годишното отклонение е по-малко от месечното. Този факт потвърждава извода направен по-горе, че колкото периодът на усредняване е по-голям, толкова прогнозите за стойността на слънчевото греене стават по-точни.



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 2011г. до 2017г. В графа „Максимална разликае" 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 57 kWh/m^2 се получават през месец май вероятно защото слънчевите и облачните дни често се сменят. Теоретичната слънчева енергия от фиг. 1 за месец Юли съгласно формула 1 е:

(1) $$E_{teor} = \frac{9.1 \times 31}{0.81} = 348 \frac{kWh}{m^2},$$

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 194 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 55,7 % от теоретично максималната енергия, което много 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 – 2017 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				
Средна стойност	45	59	99	137	162	181	194	169	124	79	49	38
Макс. Разл. кWh/m2	12	22	21	38	57	36	37	28	26	28	21	25
Стандартно Отклонение	3,7	6,8	7,7	13,2	19,7	12,9	11,3	9,7	10,2	8,9	6,6	8,4
Относителен Спад [%]	8,1	11,5	7,8	9,7	12,2	7,2	5,8	5,8	8,2	11,3	13,3	22,3

Освен това в таблица 1 е показано разпределението на слънчевата енергия по месеци, а заедно с това средната стойност, стандартното отклонение и относителният спад. От таблицата се вижда, че стандартното отклонение и относителния спад сравнено за месеците през различните сезони на седемте 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 са съответно за месец Май 19,7% и Юни 12,9%. За зимните месеци отклоненията леко намалят – Януари 3,7% и февруари 6,8%.

Друг интересен извод, който може да се направи е, че измерената слъенчева енергия за период от една година е почти една и съща. Резултатите от тези разчети са дадени в табл. 2.

В колонка 2 е изчислена слънчевата енергия за период от 1 година между 2 едноименни месеца, а в колонка 3 средната месечна стойност за една година, т.е. за един период от 12 поредни месеца или центрираната математическа средна от фиг 5.Например за периода Юли 2011 до Юли 2012 тази стойност е 1398 kWh/m^2 , а средномесечната изчислена от плъзгащата се математическа средна е 116,5 kWh/m^2 на месец.

Динамиката на средната годишна стойност се вижда от максималните показанията за периода Юни 2012г. – Юни 2013г., които са 118,5 и минималните за периода Март 2014г. – Март 2015г., които са 103.8. В колонка 4 е изчислена средната годишна стойност за всички 12-месечни периоди и тя е 111.1 kWh/m^2. В колонка 5 е показана разликата между месечната стойност за всеки период в колонка 3 и средната стойност в колонка 4. В колонка 6 е изчислена същата разлика в проценти. Най – голяма разлика се получава за периода Юни 2012г. – Юни 2013г., с показание – 7,4 kWh/m^2 или -6,2 %, а най – малка за периода Януари 2015г. – Януари 2016г. с показание – 0,5 kWh/m^2 или 0,4 %. Такива малки отклонения има и за редица други годишни изчисления показани в колонка 5 и 6. Тази ниски разлики показват, че едногодишните стойности се различават твърде малко по отношение на енергийния добив за разлика от месечните (таблица 1), където отклоненията са относително по-големи и дневните, където са най-големи.

В последните редове на табл. 2 са пресметнати стандартното отклонение за всички едногодишни периоди и относителният спад. Те са 4.35 Kwh / m^2 и 3,92 % съответно. Тези ниски стойности още веднъж показват, че отклоненията в слънчевата радиация и респективно в слънчевия енергиен добив на годишна база са много ниски. В този смисъл дори и краткосрочните изследвания ще дават много точни прогнози за следващите години.

Тази констатация ни дава основание да пресметнем средногодишен добив (СГД) на електроенергия в регион Стара Загора:

СГД = Средномесечна енергия х 12 месеца. От тази формула получаваме:

(2) $$СГД = 111.1 \times 12 = 1333.2 kWh / m^2$$

или приблизително 1330 кWh/m^2 .

Табл. 2. Разпределение на слънчевата енергия по години

Период	Сл. енергия за година [Kwh/m²]	Матем. сред. за месец [Kwh/m²]	Средна стойн. год. [Kwh/m²]	Разлика [Kwh/m²]	Разлика [%]
1	2	3	4	5	6
Юли 2011 – Юли 2012	1398	116,5	111,1	5,4	4,6
Авг. 2011 – Авг. 2012	1406	117,2	111,1	6,1	5,2
Септ. 2011 – Септ. 2012	1406	117,2	111,1	6,1	5,2
Окт. 2011 – Окт. 2012	1417	118,0	111,1	6,9	5,9
Ноем. 2011 – Ноем. 2012	1421	118,4	111,1	7,3	6,2
Дек. 2011 – Дек. 2012	1416	118,0	111,1	6,9	5,9
Ян. 2012 –Ян. 2012	1414	117,8	111,1	6,7	5,7
Февр. 2012 – Февр. 2013	1403	116,9	111,1	5,8	5,0
Март 2012 - Март 2013	1385	115,5	111,1	4,4	3,8
Апр. 2012 – Апр. 2013	1377	114,7	111,1	3,6	3,2
Май 2012 – Май 2013	1407	117,2	111,1	6,1	5,2
Юни 2012 – Юни 2013	1422	118,5	111,1	7,4	6,2
Юли 2012 – Юли 2013	1397	116,4	111,1	5,3	4,6
Авг. 2012 – Авг. 2013	1384	115,3	111,1	4,2	3,7
Септ. 2012 – Септ. 2013	1380	115,0	111,1	3,9	3,4
Окт. 2012 – Окт. 2013	1373	114,4	111,1	3,3	2,9
Ноем. 2012 – Ноем. 2013	1370	114,2	111,1	3,1	2,7
Дек. 2012 – Дек. 2013	1376	114,6	111,1	3,5	3,1
Ян. 2013 – Ян. 2013	1381	115,1	111,1	4,0	3,5
Февр. 2013 – Февр. 2014	1390	115,8	111,1	4,7	4,1
Март 2013 – Март 2014	1403	116,9	111,1	5,8	5,0
Апр. 2013 – Апр. 2014	1391	115,9	111,1	4,8	4,1
Май 2013 – Май 2014	1351	112,5	111,1	1,4	1,3
Юни 2013 – Юни 2014	1324	110,3	111,1	-0,8	-0,7
Юли 2013 – Юли 2014	1316	109,6	111,1	-1,5	-1,3
Авг. 2013 – Авг. 2014	1308	109,0	111,1	-2,1	-1,9
Септ. 2013 – Септ. 2014	1295	108,0	111,1	-3,1	-2,9
Окт. 2013 – Окт. 2014	1280	106,6	111,1	-4,5	-4,2
Ноем. 2013 – Ноем. 2014	1269	105,8	111,1	-5,3	-5,1
Дек. 2013 – Дек. 2014	1258	104,8	111,1	-6,3	-6,0
Ян. 2014 – Ян. 2014	1251	104,3	111,1	-6,8	-6,5
Февр. 2014 – Февр. 2015	1252	104,3	111,1	-6,8	-6,5
Март 2014 – Март 2015	1245	103,8	111,1	-7,3	-7,1
Апр. 2014 – Апр. 2015	1259	104,9	111,1	-6,2	-5,9
Май 2014 – Май 2015	1289	107,4	111,1	-3,7	-3,5
Юни 2014 – Юни 2015	1299	108,3	111,1	-2,8	-2,6
Юли 2014 – Юли 2015	1307	108,9	111,1	-2,2	-2,0
Авг. 2014 – Авг. 2015	1308	109,0	111,1	-2,1	-1,9
Септ. 2014 – Септ. 2015	1302	108,5	111,1	-2,6	-2,4
Окт. 2014 – Окт. 2015	1299	108,2	111,1	-2,9	-2,7
Ноем. 2014 – Ноем. 2015	1306	108,8	111,1	-2,3	-2,1
Дек. 2014 – Дек. 2015	1325	110,4	111,1	-0,7	-0,6
Ян. 2015 – Ян. 2016	1339	111,6	111,1	0,5	0,4
Февр. 2015 – Февр. 2016	1344	112,0	111,1	0,9	0,8
Март 2015 – Март 2016	1344	112,0	111,1	0,9	0,8
Апр. 2015 – Апр. 2016	1340	111,7	111,1	0,6	0,5

Табл. 2. Разпределение на слънчевата енергия по години (продължение)

Май 2015 – Май 2016	1321	110,1	111,1	-1,0	-0,9
Юни 2015 – Юни 2016	1304	108,7	111,1	-2,4	-2,2
Юли 2015 – Юли 2016	1298	108,1	111,1	-3,0	-2,7
Авг. 2015 – Авг. 2016	1288	107,3	111,1	-3,8	-3,5
Септ. 2015 – Септ. 2016	1291	107,6	111,1	-3,5	-3,3
Окт. 2015 – Окт. 2016	1302	108,5	111,1	-2,6	-2,4
Ноем. 2015 – Ноем 2016	1304	108,6	111,1	-2,5	-2,3
Дек. 2015 – Дек. 2016	1286	107,2	111,1	-3,9	-3,7
Ян. 2016 – Ян. 2017	1270	105,8	111,1	-5,3	-5,0
Февр.2016 – Февр. 2017	1269	105,8	111,1	-5,3	-5,0
Март 2016 – Март 2017	1278	106,5	111,1	-4,6	-4,3
Апр. 2016 – Апр. 2017	1286	107,2	111,1	-3,9	-3,7
Май 2016 – Май 2017	1297	108,1	111,1	-3,0	-2,8
Юни 2016 – Юн 2017	1309	109,1	111,1	-2,0	-1,9
Юли 2016 – Юли 2017	1307	108,9	111,1	-2,2	-2,0
Авг. 2016 – Авг. 2017	1311	109,3	111,1	-1,8	-1,7
Средна стойност	111,1				
Стандартно отклонение	4,35				
Относителен спад [%]	3,92				

5. Заключение

В сайта EMDE Solar (www.emde-solar.com) е посочена стойност за слънчев добив на енергия от минимум 1314 кWh/m^2 до максимум 1510 кWh/m^2 като годишна база в регион Стара Загора или средно 1412 кWh/m^2 .Този диапазон сравнително точно съвпада с получените от нас резултати от 1330 kWh/m^2. При нас стандартното отклонение съгласно таблица 3 е значително по-малко и има стойност 4.49 кWh/m^2 или 4.01 %. Възможно е, ниската стойност на нашето отклонение да се дължи на факта, че измерванията са правени в една точка, но от друга страна, средните стойности на двете независими измервания съвпадат много точно.

От теоретична гледна точка споменахме много фактори, които оказват съществено влияние върху потока на слъчевата радиация, респективно върху количеството слънчева енергия, което достига до земята. Това се потвърди и от краткосрочните измервания с помощта на метеорологичната станция. При по-дългосрочните измервания, обаче се наблюдава едно усредняване и подтискане на разликата, особено на годишна база. Това се дължи на факта, че тези изменения във времето са с различен знак, както положителни така и отрицателни и при тяхното сумиране за по-дълъг период от време те взаимно се компенсират и осредняват.

Натрупаната база данни е все още сравнително малка за да се направят категорични научни заключения, но се надяваме, че бъдещите изследвания ще потвърдят направените в този доклад първоначални констатации. Резултатите от това изследване могат да послужат като важен ориентир, за да се изчисли предварително очакваната енергия от фотоволтаичните преобразователи в определен географски регион.

Литература:

1. Davis Instruments Corp. *Vantage Pro2 Plus.* Reference Guide.
2. Meeus, J. Astronomische Algorithmen, Johann Ambrosius BarthVerlag, Leipzig-Berlin-Heidelberg, 1993
3. Lean, J. L.,Solar irradiance and climate forcing in the near future, Geophzs. Res. Lett. 28, pp. 4119-4122, 2001.
4. Roedel, W. Physik unserer Umwelt, 2. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S.48, 1994.

ИЗПОЛЗВАНЕ НА РАДАРНИ ДАННИ ЗА МОНИТОРИНГ НА НАВОДНЕНИ ПЛОЩИ

Теменужка Спасова

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

Ключови думи: *наводнени площи, радарни данни, микровълнов диапазон, Sentinel-1 SAR*

Резюме: *Целта на това изследване е да се проследи използването на радарни спътникови данни за проследяване на динамиката в развитието на наводнени площи. Предмет на изследването са наводнените площи на територията на Халкидически полуостров в Гърция, следствие на проливните дъждове от 16 и 17 юли 2017 година. Обектите са изследвани и картографирани по данни на Европейската Космическа Агенция (ESA) от спътника Sentinel-1 със сателитни платформи Sentinel 1A и 1B. Получени са резултати за количествени изменения на наводнените площи и тяхната динамика. Значението на този вид дистанционно изследване е изключително важно, тъй като достъпът до Земята е труден, а наличието на облаци сериозно ограничава изследванията от оптични сензори. Използването на радар със синтетична апертура (SAR) е много по-ефективно и много по-точно може да се очертае степента на заливане по време на наводнение и след това..*

USING RADAR DATA FOR MONITORING FLOODED AREAS

Temenuzhka Spasova

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

Keywords: *flooded areas, radar data, microwave range, Sentinel-1 SAR*

Abstract: *The main aim of the presented research is to trace the use of radar satellite data to track the dynamics of flooded areas. The subject of the study is the flooded areas of the Halkidiki peninsula in Greece, following the torrential rains of 16 and 17 July 2017. The objects were analyzed and mapped according to ESA data, acquired by sensors Sentinel-1 SAR satellite with Sentinel-1A and 1B satellite platforms. Results have been obtained for quantitative changes of flooded areas and its dynamics. The significance of this type of remote sensing is extremely important as access to the Earth is difficult, and the presence of clouds seriously limits the research by optical sensors. The use of SAR is much more effective and much more accurately can be the degree of flooding during flooding and then.*

Въведение

На 16 и 17 юли циклонът „Медуза“ наводни голяма част от Северна Гърция и Турция. Центърът бе точно над южната ни съседка Гърция. Проливните дъждове, които не спряха повече от 24 часа, причиниха свлачища и събориха дървета. Температурите паднаха рязко за сезона под 15 градуса. Най-засегнат бе вторият ръкав Ситония, който е част от Халкидическия полуостров, след като там се изляха над 180 литра на кв.м само за денонощие, който е обект на настоящето изследване.

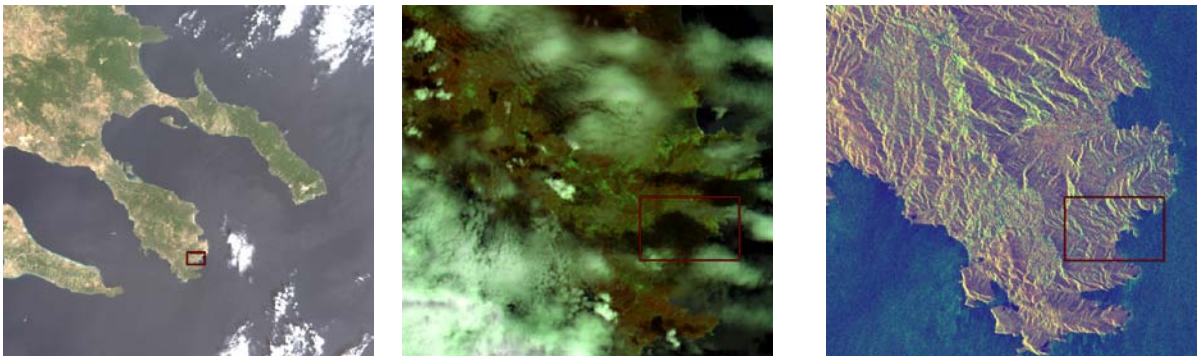
Мониторингът на повърхностни водни обекти и наводнения чрез аерокосмически данни има изключително голямо екологично значение за проследяване на нормалното протичане на природните процеси, бедствия и последствия от наводнения. Актуалността на данните и пространственият обхват на наблюдаваните обекти позволяват на аерокосмическата информация да бъде надеждна при изготвянето на прогнози за потенциален риск от природни бедствия и за ежедневен мониторинг.

Наводненията в значителна степен се поддават на прогнозиране. Това дава възможност в много случаи предварително да се определят времето, характерът и очакваните размери на наводнението, но не и да бъде предотвратено напълно. Възможно е да се намали рискът от неблагоприятни последици за човешкото здраве, околната среда, културното наследство, стопанската дейност и инфраструктурата.

Много трудно се проследяват наводненията със случаен характер, защото, освен всичко, голяма част от заливната площ е покрита с дървета, което затруднява допълнително работата по определянето на точната площ и дълбочина. Въпреки това, за целите на този тип изследвания, дължина на вълната 5,6 cm е напълно достатъчна за проследяване на динамиката в разпространението на наводнението.

Методи и данни

Използването на данни от радарни изображения с различен тип поляризация и висока времева разделителна способност дава възможност за мониторинг върху големи водни обекти, открити площи, покрити с вода, промени в дадена територия, влага и други. Използването на радарни изображения с разделителна способност 10 метра е абсолютно достатъчно за проследяване динамиката на наводнения от всякакъв тип [3, 5]. На фиг.1 са показани композитни изображения от оптичен и микровълнов диапазон от мястото на наводнението. Използваните дати за радарното изображение са от деня на събитието фиг.1 в), а за оптичен диапазон фиг.1 б) най-близката до тази дата, а в случая 18.07.17г. Въпреки, че изображението не е най-подходящото, след използване на подходящи спектрални канали би могло да се използва за потвърждение на наличие на вода [2, 6].



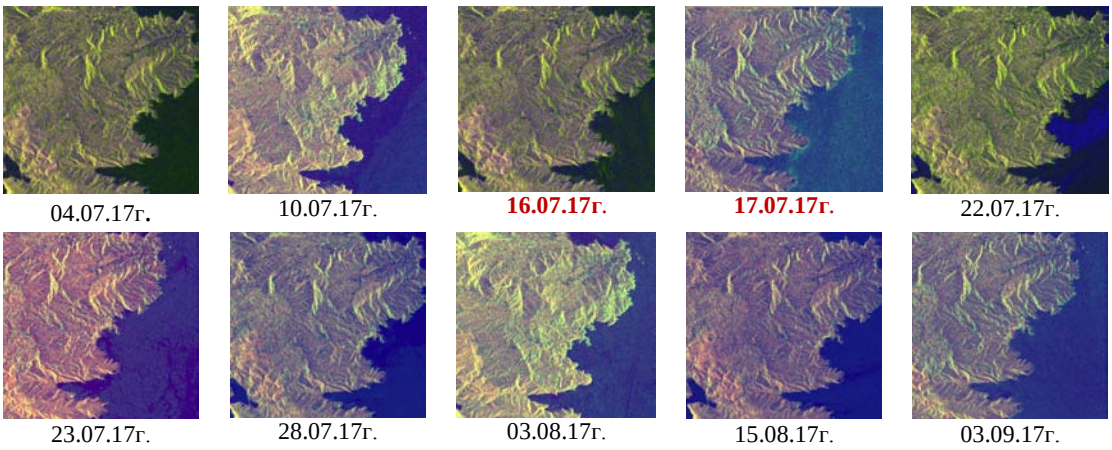
а) Sentinel 2 -05.07.17г.,канал R-4, G-3,B-2

б) Sentinel 2 -18.07.17г., канал R-9,G-12, B-4

в) Sentinel 1- 17.07.17г.,канал R-vh, G- vv,B-vh/vv

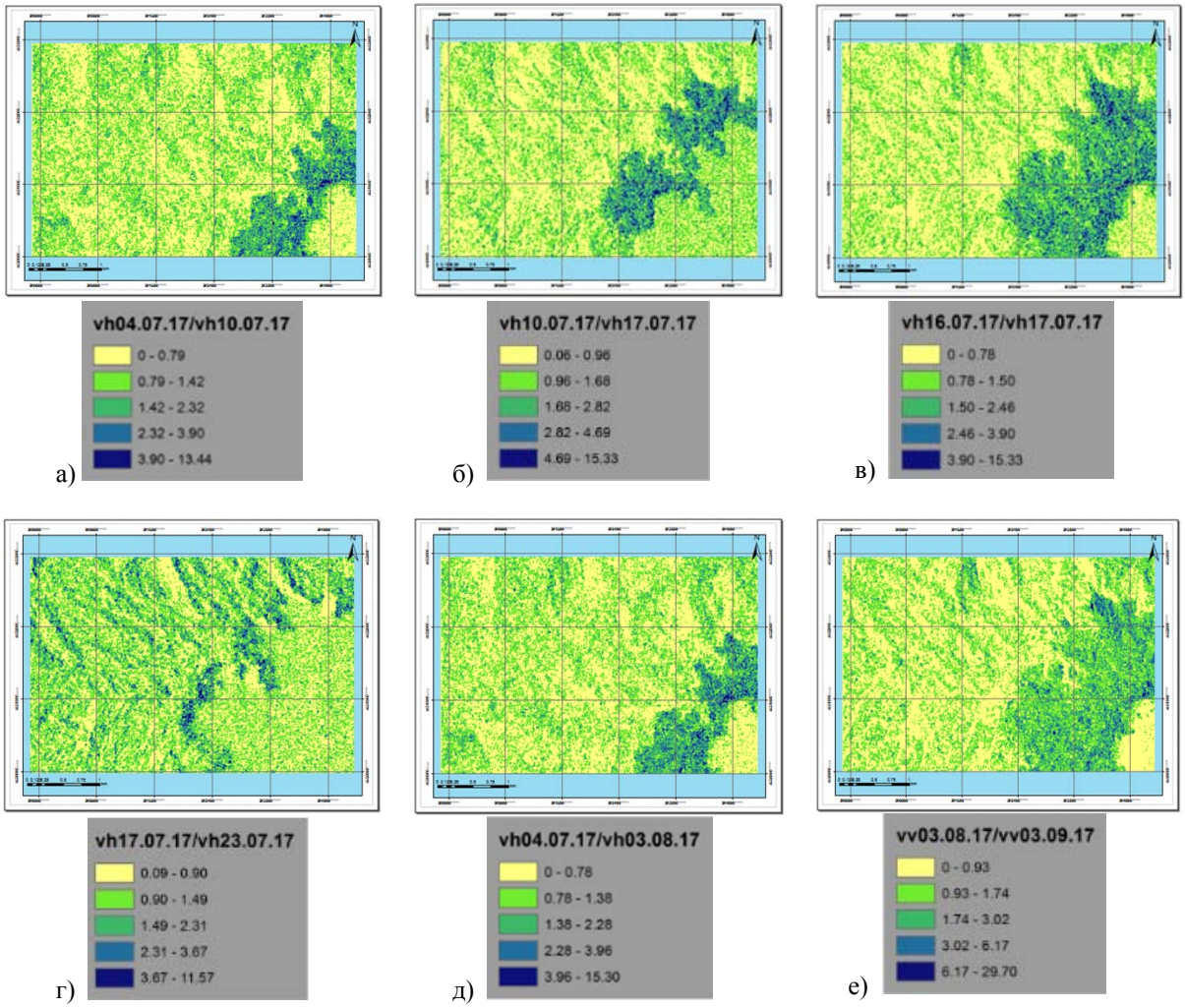
Фиг. 1. Композитни изображения от Sentinel -1 SAR и Sentinel -2 MSI

Радарните изображения са в универсалната координатна система UTM, Zona 35 N, WGS 84. Генерирани са композитни радарни изображения с различни времеви серии, hv (хоризонтално-вертикална) и vv (вертикална) поляризация. Използвана е следната комбинация: R-vh, G- vv, B-vh/vv (фиг.2 [5]). Ниската характеристика на обратното разсейване на водата в радарните изображения обикновено е отбелязана в тъмни тонове. Това дава възможност за използване на псевдо цветове, чиято подредба води до нарастване на контраста и контурите на обектите. По този начин водата много лесно бива разпозната за разлика от други природни обекти. Тази комбинация, направена за различни дати, дава по-добра интерпретация на водните обекти и местата, покрити с вода [1].



Фиг. 2. Композитни радарни изображения на Sentinel-1 SAR с канали R- vh, G-vv, B- vh/vv от различни дати

Съотношението между две изображения от различни дати с hv поляризация в рамките на ден, седмица, месец, но от един сезон, формира ясно представата за размерите на промените, които са настъпили преди и след дадено събитие. Може да се проследи динамиката на наводнените площи след настъпване на събитието и да се направи подробен анализ на това, което се случва след отдръпването на водата. От скалата е видно къде има най-значителни изменения. На фиг.3 стойностите под 1 са показател, че не са настъпили съществени промени, а стойност над 2-3 са сигурен показател за рязка промяна в околнота среда.



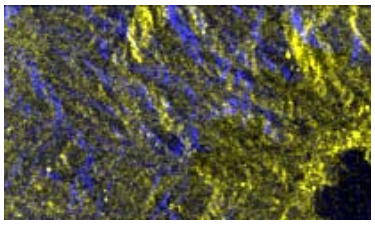
Фиг. 3. Композитни изображения от отношения на различни дати с vh поляризация от Sentinel-1 SAR

Композитни радарни изображения от две дати на фиг.4 показват начин да се проследи наличието или отсъствието на вода върху по-големи пространства. Използван е математическия цветен RGB модел, в който важно място взема B канал, където се поставя изображение от дъждовен период или изображение от сух период [4, 5, 7].

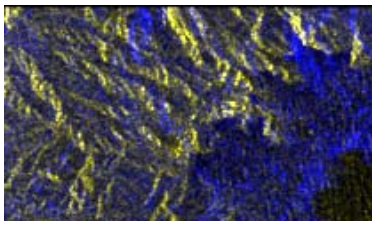
Използването на композит от две дати с една и съща поляризация е друг подход в това изследване за регистрация на новоднена площ. Направените композитни комбинации на дати от сухи и влажни периоди, преди и след настъпването на събитието, ясно разграничават водата в черно, наводнените площи в светло синьо, а другите територии в жълто.

Анализ на резултатите

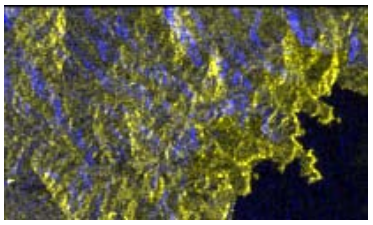
Динамиката в развитието на наводнената територия от Ситония, която е цел на изследването, може да се проследи при изображения с много голяма времева разделителна способност фиг.2. Композитите от двата вида поляризация в комбинация R-vh, G-vv, B-vh/vv описват отражателните характеристики на водата и подсилват допълнително местата с влага и вода. Проследявайки събитието две седмици преди и след настъпването му, отчетливо се виждат дните 16 и 17 юли, където наводненото място на полуостров Халкидики е с много по-тъмни пиксели.



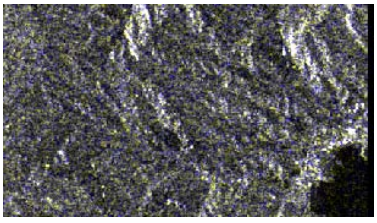
а) R- vv 04.07.17, G-vv 04.07.17, B-vv 17.07.17



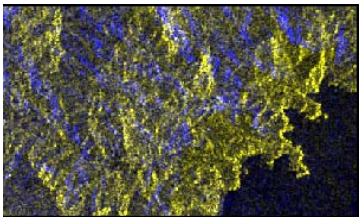
б) R- vv 17.07.17 , G-vv 17.07.17 , B-vv 04.07.17



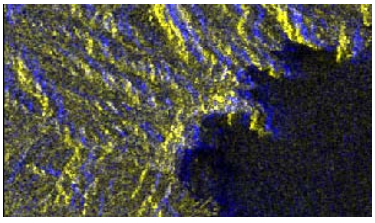
в) R- vv 10.07.17 , G-vv 10.07.17 , B-vv 17.07.17



г) R- vv 04.07.17, G-vv 04.07.17, B-vv 16.07.17



д) R- vv 03.08.17, G-vv 03.08.17, B-vv 17.07.17



е) R- vv 23.07.17, G-vv 23.07.17, B-vv 17.07.17

Фиг. 4. Композитни радарни изображения с vv поляризация за две дати от Sentinel-1 SAR

Най-точно се проследява динамиката на наводнените площи от фиг.3, където изображенията са съотношение на една и съща поляризация за два дни, но в рамките само на един сезон. От скалата е видно къде е настъпила промяна и къде има нарастващ или намаляващ обект. Голямото количество на тъмно сини пиксели със стойност над 3 и достигащи до и над 15 е сигурен показател за динамично изменение на повърхността, покрита с вода или воден обект, който драстично се е увеличил. На фиг.3 в) се регистрира най-добре изменението, което е настъпило в рамките на два поредни дни, а те са и дните с наводнението. Съотношението от фиг.3 е) е също много показателно за промени в земната повърхност, но в рамките на един месец и то след период с наводнение. Това е начин да се направи анализ на периода след отдръпването на водата и наличието или отсъствие на вода или влага.

Композитните изображения от две дати, използващи псевдо цветове, помагат ясно да се разграничат местата с вода и влага. Поставяйки деня със събитието в RGB модел (в случая е 17.07.2017 година), може ясно да се проследят местата, засегнати от наводнение. От фиг. 4 б) става ясно, че комбинацията, в която събитието с наводнението е поставено в канали R и G, наводнената площ изпъква в синьо. На фиг. 4 е) също ясно се вижда наводнената площ, но

този път денят със събитието е в B - канал. Контрастът е ясен, тъй като използваното изображение в другите два канала е все още от по-влажен период след наводнението. Интересен е случаят с изображението от фиг.4 г), тъй като това е изображение от период, в който е започнал проливен дъжд на 16.07.2017 г. Това изображение е наситено повсеместно предимно с тъмни пиксели. Използваната vv поляризация показва много по-точни данни при наблюдение на вода и наводнени площи [1, 7].

Заключение

Използването на радарни изображения за регистриране на наводнени площи е много по-точно и надеждно при мониторинг, изготвяне на климатични прогнози и модели от използването на класическите методи. Резултатите са регистрирани и картографирани само от спътника SAR на ESA. Тези данни са с достатъчно времева и пространствена разделителна способност за нуждите на това изследване. Комбинацията от различни подходи при обработката на радарни изображения е начин да се верифицират първоначалните данни и информация, които получаваме от други видови спътници или наземни данни. Достъпът до всекидневна информация от SAR дава по-точна преценка за динамичното развитие на територията преди и след наводнението. Периодът след отдръпване на водата и наличието или отсъствието на влага са фактори, влияещи върху цялостното развитие на околната среда. Често използването само на една поляризация или изображение дава едни резултати, но използването на диференцирани подходи и комбинации засилва, ясно подчертава местата с наличие или липса на наводнени площи.

Благодарности: *Изследването е реализирано с използване на базата, създадена по Проект BG161PO003-1.2.04-0053 "Информационен комплекс за аерокосмически мониторинг на околната среда" (ИКАМОС), финансиран по Оперативна програма „Развитие на конкуренто¬способността на българската икономика" 2007-2013, съфинансирана от Европейския фонд за регионално развитие и от националния бюджет на Република България и по Проект № ДФНП- 17-3/24.07.2017 на тема „Диференциран подход при мониторинг на наводнение и снежна покривка на базата на аерокосмически данни в различни спектрални диапазони " към програмата за подпомагане на млади учени и докторанти в БАН.*

Литература:

1. Недков, Р., Д. Гочев, Т. Спасова, М. Захаринова. АНАЛИЗ НА НАВОДНЕНИЕТО НА ТЕРИТОРИЯТА НА ГРАД СКОПИЕ ОТ МЕСЕЦ АВГУСТ 2016 ГОДИНА НА БАЗАТА НА СПЪТНИКОВИ ДАННИ, Екологично инжинерство и опазване на околна среда № 3, с. 52-55, ISSN 1311-8668.
2. Copernicus Scientific Data Hub, https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home
3. Ivanova, I., Nedkov R., Borisova D., Application of SAR data for seasonal monitoring of floating reed islands dynamic in Srebarna Lake, Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications VIII, 2017, Proc. of SPIE Vol. 10428, 104280M,doi: 10.1117/12.2278542
4. Level-1 Ground Range Detected, https:/earth.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1 - sar/resolutions/level-1-ground-range-detected
5. Nedkov, R.,T Spasova , D. Gotchev. 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
6. Sentinel – 2 MSI Introduction, https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/ sentinel-2-msi
7. Spasova, T., R. Nedkov. 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.

S E S 2 0 1 7
Thirteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2017, Sofia, Bulgaria

РАЗПОЗНАВАНЕ НА ТИПОВЕ ГОРСКА РАСТИТЕЛНОСТ ПО РАЗЛИКАТА В СЕЗОННАТА ПРОМЯНА НА ВЕГЕТАЦИЯТА

Мария Димитрова, Деян Гочев, Пламен Тренчев

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

***Ключови думи**: дистанционни изследвания, вегетационен цикъл, горска растителност*

***Резюме:** В работата е представена идея за метод за разпознаване на типове горски състав по разликите в отражателните характеристики и вегетационните индекси при промяна във вегетационната им фаза в есенния сезон. Представени са резултати за есенния период на 2010, 2011 и 2016 година в пет подбрани участъка на източна България.*

Въведение

Гората, съвкупност от растителни видове, в която водеща роля имат дървесните растения, оказва силно въздействие върху климата, предпазва почвата от ерозия, регулира топенето на снега и водния отток, подслонява дивеча и птиците, създава условия за отдих и наслада на човека. Много са полезните функции на горските дървесни видове и съобщества, които те образуват, но за да се възползваме от тях без да нарушаваме условията за тяхното съществуване е необходимо да знаем повече неща за биологичните особености на горските дървесни видове, за техните изисквания към условишта на средата, за естетсвеното им разпространение, възможностите за тяхното отглеждане и не на последно място да ги разпознаваме по техните външни белези [1].

Географското положение и разнообразните условия в България представляват подходяща среда за развитие на голям брой горски дървесни видове. Както се посочва в литературата, те наброяват 370 вида, които се отнасят към 119 рода, принадлежащи към 49 семейства.

За определянето на отделните дървесни видове е необходимо да се познават основните външни белези, като общия вид на стъблото и страничните разклонения (формата на короната), особености в конките, листата и размножителните органи, въз основа на които те са разделени на иглолистни и широколистни.

Дистанционните изследвания играят ключова роля в изследването на динамиката на разпространение и състоянието на дървесните видове.

В настоящата работа е показана частично разработена методика за разпознаване на горски участъци с различен дървесен състав по разликата в настъпване на есенното изсъхване на листата.

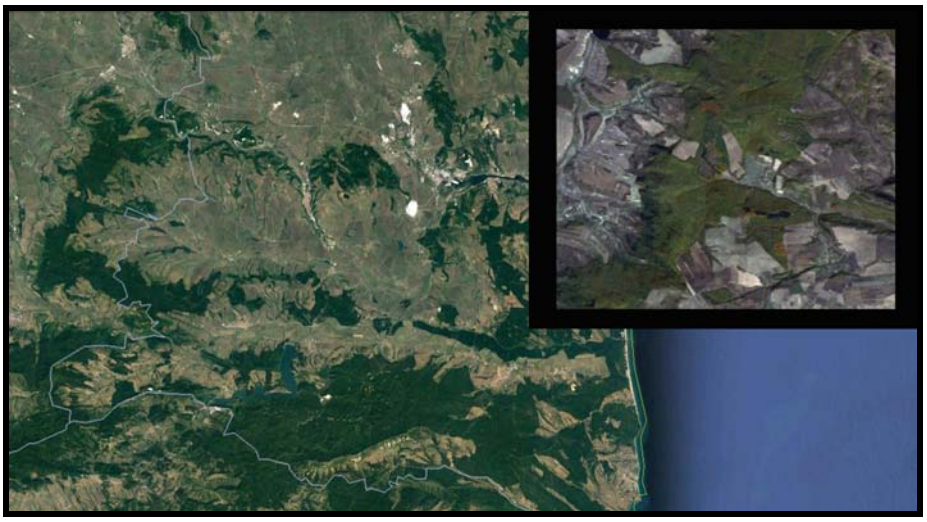
Подобна методика може да се развие и за пролетния период, където за основа може да послужи разликата в моментите на разлистване на отделните видове.

Обект на изследването

За изследване е подбрана област в източна България, в близост до горното течение на река Камчия, която е показана на фигура 1.

Резерватът „Камчия" обхваща долното поречие на река Камчия, землищата на общините Аврен и Долни чифлик. Резерватът се намира на около 25 км южно от Варна, в близост до курортите „Камчия" и „Шкорпиловци" [2, 3].

„Камчия" е обявен за резерват с Постановление №14289 от 29.06.1951 г. на Министерството на горите. Заради важното си природозащитно и екологично значение през 1977 г. е включен в световната мрежа от биосферни резервати като част от програмата „Човек и биосфера" на ЮНЕСКО за опазване на най-представителните екосистеми на планетата. Особено ценни за резервата са лонгозните гори по долното течение на река Камчия.



Фиг. 1. Изследван регион. Показано е оптично изображение на областта около река Камчия.

Климатът в резервата е умереноконтинентален, средната януарска температура е $1{,}2^0$ С, а средната юлска е 23^0 С. Заради близостта до морето средната влажност на въздуха е висока - около 75-80 %. Най-характерно за лонгозната гора са периодичните заливания, които са свързани с промените в нивото на река Камчия. За да бъде опазен последният оцелял масив от тази екосистема, през 1951 г. е обявен природен резерват “Камчия”. След разширението си през 1980 г., резерватът обхваща 842,1 ха заливни гори при устието на реката.

Фиг. 2. Изображения в оптичния диапазон на два участъка от широколистна гора по данни от Landsat 5 – TM за датите 20.10.2011 от ляво и 5.11.2011 отдясно

В горите и блатата на резерват „Камчия” се срещат 245 вида висши растения. Лонгозните гори са единственото находище на българския ендемит грудеста горва (Cardamine tuberoza). Река Камчия е обитавана от 39 вида риби, като основно преобладаващи са представителите на семейство Шаранови. Сред земноводните, които посетителите на резервата могат да срещнат, са обикновена блатна костенурка (Emys orbicularis), шипоопашатата (Testudo hermanni) и шипобедрената сухоземна костенурка (Testudo graeca). В района са установени 258 вида птици, което представлява около 66% от видовото многообразие в България. В резерват „Камчия” се размножават няколко редки за България и Европа птици, като черния щъркел (Ciconia nigra), малкия креслив орел (Aquila pomarina), сокол орко (Falco subbuteo) и други. Оттук минава и миграционният път Via Pontica.

Разликата в стадия на вегетация за два участъка от смесена гора между датите 20.10 до 5.11.2011 година е показан на фигура 2. Използвани са изображения в оптичния диспазон от Landsat 5 – прибор TM. Както се вижда на фигурата, ясно се разграничават четири вида горска растителност.

Основната растителност е оцветена в зелено, а двата откроявящи се участъка показват начало на оцветятане на листата съответно в кафявата и жълтата гама. Наблюдава се и участък в тъмнозелен цвят. В лявата нчаст на фигурата, която се отнася за края на октомври, и трите вида растителност са с практически еднакъв цвят и не могат да бъдат отличени помежду си.

Избрани са 5 участъка с различно есенно оцветяване, които са показани на фигура 3 заедно със съответстващия им номер. Участъците са в един район с еднакви физикогеографски характеристики и надморска височина.

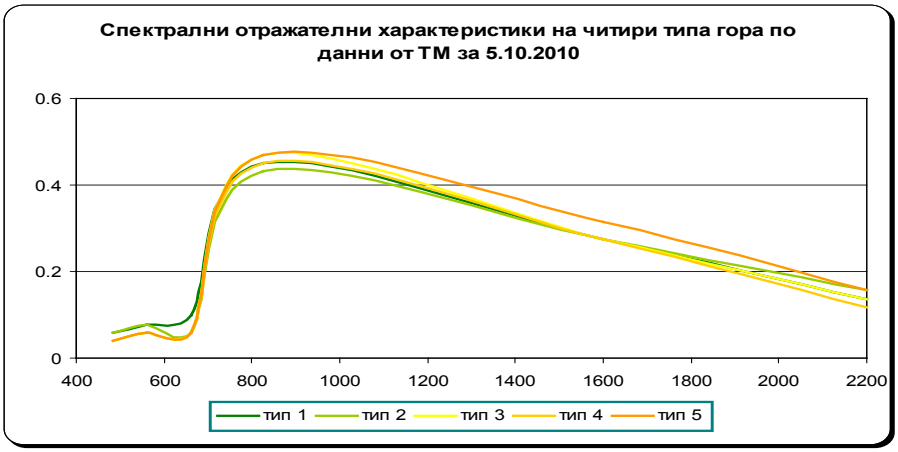
Фиг. 3. Избрани участъци гора от различен тип

Методика и резултати от изследването

За изследването са избрани двойки дни съответно от края на октомври и началото на ноември 2010 и 2011 с данни от Landsat 5 прибор TM. За 2016 години се използвани данни от Landsat 8, прибор OLI.

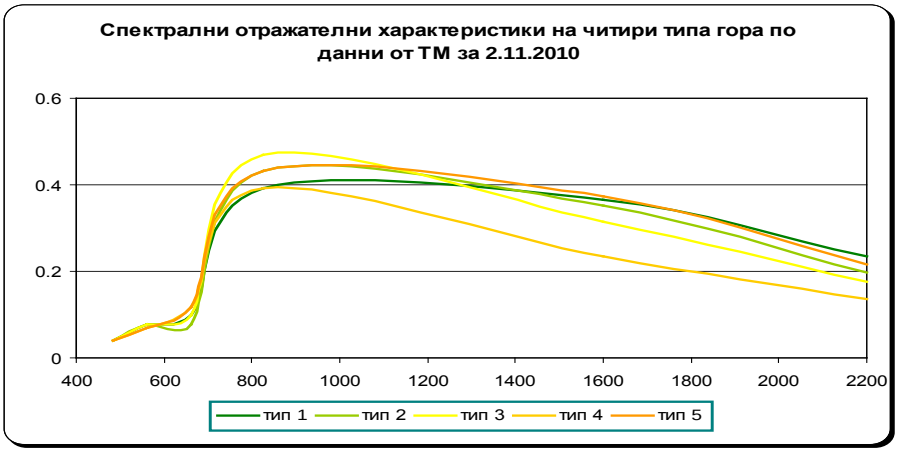
Използвани са канали 1-5 и 7 с дължини на вълните съответно: 485, 560, 660, 825, 1600 и 2200 nm за прибор TM и допълнително канал 440 nm за прибор OLI, получени по данни от [4]. Построени са усреднени отражателни характеристики за регионите с еднотипен вид гора и са пресметнати средните NDVI индекси за всеки от тях. Методиката подробно е описана в [5].

На фигура 4 и 5 са представени усреднените отражателни характеристики на пет типа горска растителност и съответните им средни вегетационни индекси за 5.10.2010 и 25.11.2010 година.



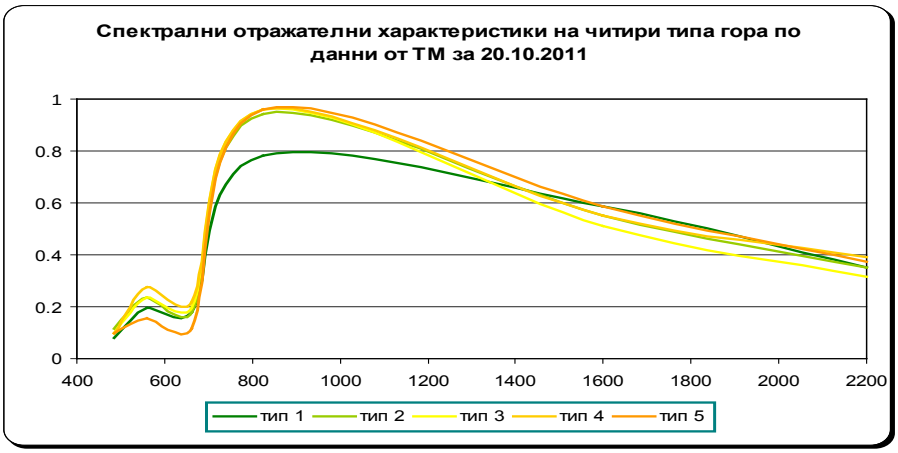
гора	тип 1	тип 2	тип 3	тип 4	тип 5
NDVI	0.64	0.76	0.78	0.77	0.78

Фиг. 4. Усреднените отражателни характеристики на трите типа растителност и съответните им усредни вегетационни индекси за 5.10.2010 година



гора	тип 1	тип 2	тип 3	тип 4	тип 5
NDVI	0.60	0.69	0.66	0.69	0.57
разлика	0.04	0.07	0.12	0.23	0.21

Фиг. 5. Усреднените отражателни характеристики на трите типа растителност, съответните им усредни вегетационни индекси и промяна в тях за 2.11.2010 година

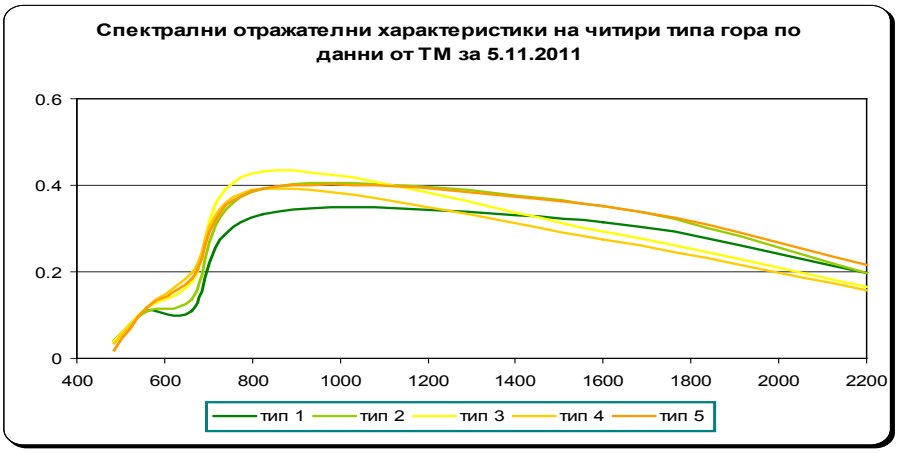


гора	тип 1	тип 2	тип 3	тип 4	тип 5
NDVI	0.63	0.68	0.66	0.63	0.78

Фиг. 6. Усреднените отражателни характеристики на трите типа растителност и съответните им усредни вегетационни индекси за 20.10.2011 година

Показаната разлика в NDVI индекси е между определените за 5.10 и тези за 2.11.2010 г.

На фигура 6 и 7 са представени усреднените отражателни характеристики на пет типа горска растителност и съответните им средни вегетационни индекси за 20.10.2011 и 5.11.2011 година. Показаната разлика в NDVI индекси е между определените за 20.10 и тези за 5.11.2011.



гора	тип 1	тип 2	тип 3	тип 4	тип 5
NDVI	0.50	0.48	0.42	0.33	0.36
разлика	0.13	0.20	0.24	0.30	0.42

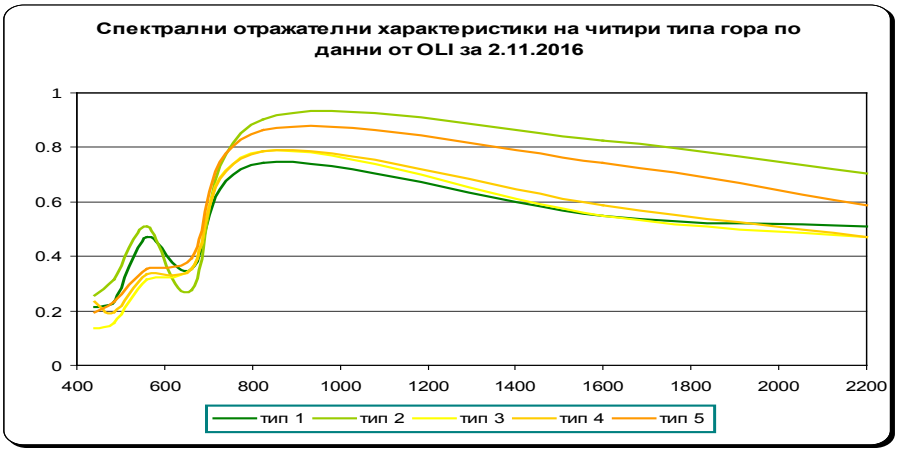
Фиг. 7. Усреднените отражателни характеристики на трите типа растителност, съответните им усредни вегетационни индекси и промяна в тях за 5.11.2011 година

През 2016 година до средата на месец ноември не се наблюдава процес на увяхване на листата на дърветете в избраните области. На фигура 8 са представени усреднените отражателни характеристики на пет типа горска растителност и съответните им средни вегетационни индекси за 2.11.2016 г. Както се вижда, есенното увяхване на листата тази година започва по-късно. Затова са подбрани изображения от 18.11 и 4.12.2016 г. от прибор OLI. Резултатите са представени съответно на фигури 9 и 10.

Както се вижда от сравненията съответно между фигури 4 и 5, 6 и 7, 8, 9 и 10, през есента се наблюдава разлика в поведението на отражателните характеристики и вегетационните индекси при различен състав на горите.

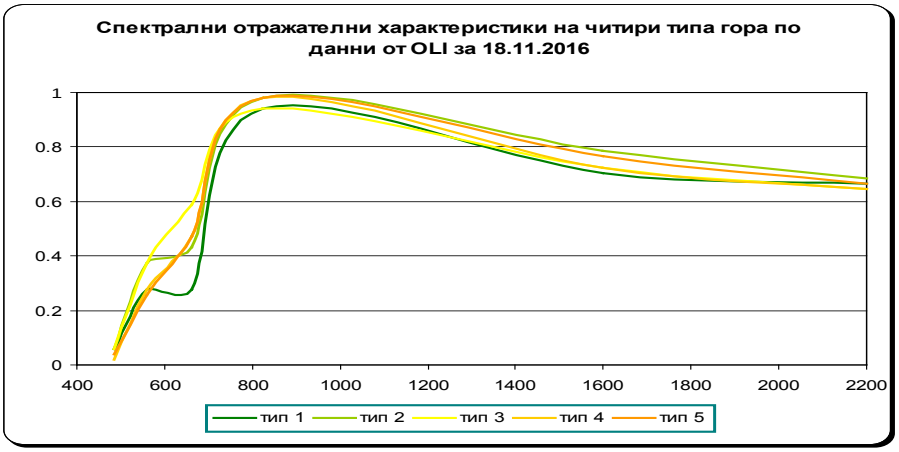
Във всичките 3 случая, най-слаба е промяната в тип 1, който съответства на преобладаваща иглолистна гора. Останалите четири области са с преобладаваща широколистна растителност. Най-силна е промяната в типове 3,4 и 5, като явно тези области съответстват на по-рано увяхваща листна маса на дърветата. При тип 2 настъпва късно есенно пожълтяване на листата.

Наблюдаваните промени съответстват на видимата разлика в оцветяването на горските участъци, което се наблюдава на фигура 3.



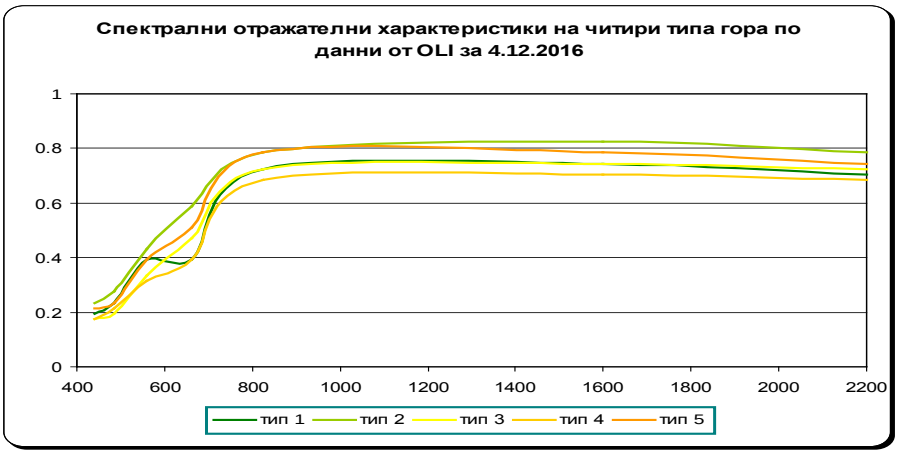
гора	тип 1	тип 2	тип 3	тип 4	тип 5
NDVI	0.58	0.53	0.38	0.38	0.38

Фиг. 8. Усреднените отражателни характеристики на трите типа растителност и съответните им усредни вегетационни индекси за 2.11.2016 година



гора	тип 1	тип 2	тип 3	тип 4	тип 5
NDVI	0.55	0.39	0.23	0.35	0.35
разлика	0.03	0.14	0.15	0.03	0.02

Фиг. 9. Усреднените отражателни характеристики на трите типа растителност, съответните им усредни вегетационни индекси и промяна в тях за периода 2.11 - 18.11.2016 година



гора	тип 1	тип 2	тип 3	тип 4	тип 5
NDVI	0.30	0.14	0.21	0.27	0.21
разлика	0.28	0.39	0.17	0.11	0.16

Фиг. 10. Усреднените отражателни характеристики на трите типа растителност, съответните им усредни вегетационни индекси и промяна в тях за периода 2.11 - 4.12.2016 година

Заключение

Есенното пожълтяване на листата на горската растителност може да бъде използвано за разпознаване на различен дървесен състав. За целта е достатъчно да бъдат сравнени разликите в отражателните характеристики и вегетационните индекси между края на зеления стадий и стадия на повяхване на листата. на различните горски области. За да се избегнат други влияния е необходимо да се разглеждат части от гора с еднаква надморска височина и географско положение. За определяне на вида на дърветата в отделните области е необходимо по-нататъчно развитие на методиката, което включва сравнение на резултатите с наземни данни за извесен дървесен състав в подбрани типични участъци.

Литература:

1. Юруков, Ст. Горски дървесни видове със стопанско значение, София, 2012, Издателска къща при ЛТУ.
2. http://bulgariatravel.org/bg/object/263/Kamchiya_rezervat
3. http://obuch.info/doklad-za-vida-figura-predvaritelna-karta-na-prigodnite-mestoo.html
4. Landsat EarthExplorer - http://earthexplorer.usgs.gov/
5. Димитрова, М., Д. Гочев, Пл. Тренчев. Сезонно изменение на отражателните характеристики, NDVI и NDWI индексите на широколистна, иглолистна гора и тревна растителност по данни от TM и OLI., Proceedings of SES 2016, 2017, 224

ИЗПОЛЗВАНЕ НА РАДАРНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФАЗОВИ ПРЕХОДИ НА ВОДАТА В ОКОЛОПОЛЯРЕН РАЙОН

Деян Гочев, Румен Недков, Мария Димитрова, Пламен Тренчев

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

***Ключови думи**: геомагнитна обстановка, фазови преходи на водата*

***Резюме:** Данните (около 1000 изображения са с два вида поляризации) за периода 01.12.2014г. - 03.04.2017г. са получени от апаратурата SAR (радар със синтезирана апертура) на борда на Sentinel 1A и 1B - две спътникови платформи на ESA-проекта "Copernicus". Наблюдавани са два района от Норвегия, които включват целогодишно неразтапящ се ледник на сушата, няколко фиорда с различна топография, която влияе на замръзването на океанската вода, океански район с преобладаващ целогодишно паков лед. Известно е, че за радарно изображение отражателната характеристика на подстилащата повърхност се влияе от електромагнитните свойства, включващи и фазовото състояние на водата в нея. Последното, освен от климатични фактори за околополярни райони, се влияе и от геомагнитната обстановка. При липса на локални данни за метео-параметри, това изисква особено внимание при in situ определяне чрез радарни изображения на хидро-параметрите на средата и прогнозиране на последващата й динамика. В проведеното изследване бе установено наличието на комплексни зависимости между споменатите фактори. Освен, че се потвърждават основни теоретични постановки, експерименталният материал е полезен за детайлни и специфични проучвания на фазовите преходи на преохладена вода при геомагнитна буря. Някои възможни приложения са за определяне на надеждността на радарни изображенния при екстремна динамика на електро-магнитния фон, както и за динамиката на материков ледник и на океански паков лед.*

Въведение

Кръговратът на водата на Земята е комплекс от явления, които са елемент от геологичната й история и основен фактор за възникването и еволюциите на биоценозите. Времевата динамика на фазовите преходи на водата се определя основно от температурни промени и е значима за глобалните метерологични процеси. Тя е ясно и силно изразена в околополярните райони, които са обект на изследването ни.

За прогнозиране на резултатите от климатични промени за около-полюсното ледово покритие се използва пресмятане на МБЛП. Има съществени различия в оценките за МБЛП и приноса му към повишаване нивото на океана.

По Sentinel-1 програмата се извършва мониторинг на океан, море, океански лед. Едно от предимствата на спътниковите радарни изображения е независимостта на качеството им от атмосферните условия и относителната неизменост на наблюдателни процес (постоянни орбитални параметри, характеристики на апаратурата и работни режими). Друга особеност е влиянието на електромагнитните характеристики (ЕМХ) на изследваната повърхност и на средата върху разпространение на радарния сигнал. Отражението на електро-магнитна вълна (ЕМВ) от повърхност зависи от εr ДП. С нарастване на честотата на ЕМВ ДП има аномално поведение. Тя зависи от температурата и честотата на приложена ЕМВ поради ефекти на поляризация и дисипация, които според процесите във веществото са с различна скорост и сила. Полярността на водните молекули е основен фактор за промените на комплексната част на ДП ε"(ω). На ε" на лед влияят:

- кристалографска ориентация;
- плътност;
- киселиност;
- температурата;
- пластичната деформация.

За сух сняг εr зависи от плътността, за мокър завис и от водния обемен дял.

Промени в ДК на вода по време на фазов преход за T°~0°C са чувствителни спрямо ЕМХ на отразяващата среда и на средата на разпространение на отразения радарен сигнал.

Една от задачите на изследването е определяне на диапазон от Q, когато са възможни фазови преходи, т.е. замръзване или топене. Част от нея е прецизиране на продължителността на тенденциите, появата на опасни явления- пукнатини, отчупване от крайбрежен глетчер, което често винаги е потенциално опасно поради голямата денивелация и движението на глетчера.

В околополярни райони се съчетават основните оптимални за изследването ни условия: наблюдаваните обекти са с различни физико-географски особености (постоянен глетчеров лед, аблационна зона, терминус във фиорд, океански лед), т.е. има максимум от фактори, които влияят на фазов преход на водата; чести разнообразни смущения на ГМП от СА. Важно е и наличието за избраните райони на няколкогодишен набор от ежедневни радарни изображения при квази-постоянни условия на добиване.

Обект и методика на изследването

От възможнте естествени явления, които смущават локалните електродинамични условия избрахме промени в ГМП в авроралния овал и полярната шапка. Причината е, че за тяхното развитие има целогодишно, устойчиво действащ, разнообразен набор от ГМА процеси. ГМП са с различни хармонични структури, поляризации, пространствено разпределение на генериране и регистрация, корелации с ММП, СВ, ГМА, и оптическите сигнатури на авроралната активност. Всички зависят от енергията на СВ, взаимодействието му със земната магнитосфера и вторичните ефекти в йоносферата, вкл. локалната проводимост на земната повърхност. Тези зависимости са неднозначни. Освен естествено генерираните смущения от СА, е логично да се предположи, че активността на ИИВЙ също ще влияе косвено чрез промени в йоносферата, и директно чрез промени на локалния фон, или чрез индуцирано излъчване от ГМБ през антенното поле. Особено интересни са случаите, когато в един и същ район (вж. по-долу за двата района в Норвегия), за постоянни метеорологични условия, когато процесът на замръзване/топене е неустойчив, в кратък интервал от време има последователно влияние на естествени и изкуствени ГМА промени.

За районите е усложнено от взаимодействието океан – базален слой на терминус.

За киша съставящите на меланжа са преохладена океанска вода, вода от разтопен лед и замръзваща (снегоподобна) маса. В нея замръзването и разтопяването са в неустойчиво равновесие. Защото Q зависи от оводнеността на средата, причини за възможни неточности в определяне на зависимостта на Q от ГМА са:

- при топене, или замръзване, се менят границите на под-района, което съчетано с неизбежното поради изменящите се орбитални параметри разминаване на отделните привързвания на радарното изображение към терена ;
- продължителността на периода когато температурите постоянно са отрицателни, но около тази на замръзване.

Допълнително за някои случаи анализът е усложнен поради наличието на променлив валеж (дъжд-суграшица-сняг), когато независимо, че за T°C < ~ 0°C покритието на повърхността е с постоянно изменяща се оводненост.

На Фигура 1 са представени конкретните 2 района на изследване.

Фиг. 1. Райони на изследване

Разположението на района е в полярния край на аврорaлния овал, т.е. често е повлияван от промени в ГМА, причинени от промени в СА. Тези особености осигуряват наличие на условия за изследване чрез радарни изображения на влиянието на промени на ГМА върху фазовите преходи на водата [1]. Получената извадка за изследването е случайна. Случаите (изображения) са разпределени квазиравномерно през всяка година, включително дните с екстремална ГМА, която е зависима от параметри на СА. Съответните данни за ГМА също са общодостъпни [2, 3, 4]. За района изобилстваха (~ 50%) случаи, когато за силни магнитосферни бури минимум половината от изображението бе неизползваема. За 2015 г., понякога и за 2016 г., при висока ГМА в района, независимо, че спътникът е прелитал над него, достъпни изображения няма.

Методиката бе апробирана неколкократно за Гренландия и бе приложена за два взаимно отдалечени норвежки райони с общо време=UT+1, чиито геомагнитни координати съответстват на разположение в границата на полярната шапка за Longyearbyen (74.96° N, 127.66° E) в Svalbard (архипелаг Шпицберген), и в аврорaлния овал за Tromsø (67.22° N, 155.55° E) (Норвегия). Между района от Гренландия и двата от Норвегия има прилика на теренни форми- планини, фиорди, езера, заливи и открит океан. И за двата района от Норвегия има непрекъснати, общодостъпни данни от измервания на параметри на геомагнитната обстановка:

- геомагнитният индекс А е часови стойности на максималното средно отклонение в (nT) от дневната средна стойност на H- компонентата на ЗМП [5];
- дневни магнитограми с часови стойности от минутни измервания за всяка от 21 станции от норвежката мрежа, по които може да се следят наземните магнитни смущения от развитието на магнитосферната буря [6].

Винаги има съвпадение на смущенията регистрирани от горните два случая.

Данните за метеорологичните условия (средна и екстремни стойности за температура, вятър, валеж и т.н.) са за всеки район [7].

Радарните изображения са за периода 01.01.2015г. - 25.06.2017г., получени са от [8], за апаратурата SAR на борда на Sentinel 1A и 1B - две спътникови платформи на ESA-проекта “Copernicus” [440] и както и за Гренландия. На всяко от радарните изображения (21 за Longyearbyen и 20 за Tromsø) има по няколко (~8) подрайона според обяснението по-долу. Както и за Гренландия, и за двата района изобилстват случаи, когато при висока ГМА в района, независимо, че спътникът е прелитал над района, достъпни изображения няма. Ползвани са SAR-изображения с HH, HV, или VH- поляризация и единствените достъпни режими на работа, които за съответните условия a priori са избрани от управляващите SAR. Получената извадка за изследването за Норвегия е случайна. Изображенията са разпределени квазиравномерно през всяка година, включително дните с и без екстремална ГМА, която е зависима от параметри на СА. Според една от задачите на изследването (влияние на локални геомагнитни смущения върху интерпретацията на данни от радарни изображение в случаи на фазови преходи на вода), са подбрани случаи в групи от по 2-3-4 последователни, или изместени с ден, редуващи се дни с ниски и високи локални стойности на геомагнитния индекс А за пролетно-есенните периоди на топене, или замръзване, отделно и за екстремните сезони лято и зима. За всеки времеви период районите са подбрани според различните теренни особености, които променят условията за фазовите преходи, т.е под-районите са за: континентален ледник, океански лед, скала, киша-топящ се лед, или замръзваща вода. Допълнително са изследвани периоди от по 3-5 дни с ниска ГМА, също с висока ГМА по време на продължителна (4-8 дни) магнитосферна буря. Общото между под-извадките е постоянството на подрайоните.

Резултати и анализ

За Longyearbyen (фиг. 2) от 6 групи последователни (2-3-4) дни с ниска (A = ~ 20 nT) и висока (A > ~ 100 nT) са получени следните резултати, примери за които са представени на фиг. 3 – 6 и Табл. 1 – 4. Всички стойности на Q са в безразмерни единици, на A в nT.

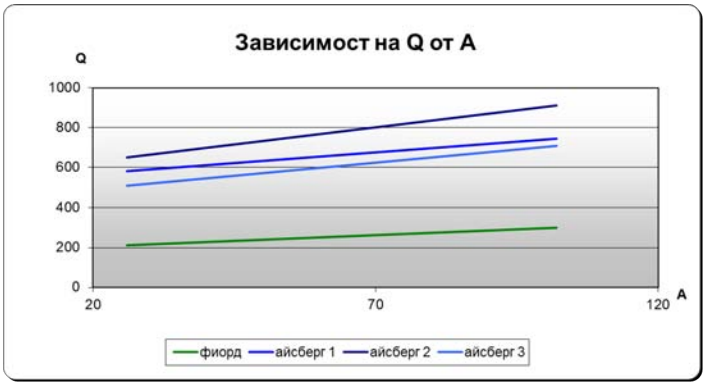
За тригодишния период и за двата преходни сезона за глетчеров лед ~400<Q<~900. За повишена ГМА Q са + ~ 20%. В един случай на Q расте с намаляване на ГМА (2015 /11/10,11) причината бе, че в терена имаше денивелация ~ 1 km, поради което различните във височина метео-явления изместваха процесите на замръзване.

Фиг. 2. Longyearbyen

Други случаи на инверсия са, когато след проверка на ГМАс допълнителни данни за слънчевия вятър подозираме, че Q е възможно да реагира на забавяне с около час на големи флуктуации на Bz и Vсв, независимо, че реакцията на земното магнитно поле закъснява. По същото време (2017/03/01,02) е работила ИИВЙ в района, както и за други посочени случаи на инверсия. За тригодишния период и за двата преходни сезона за вода 30<Q<60. За повишена ГМА се повишава с 25-40%. За случай с T°C < -10 °C поради преохладена вода стойностите са завишени с ~15% и влиянието на повишена ГМА по-слабо. За случаи с температура около тази на замръзване/топене диапазоните са по-големи. За този температурен интервал (-3°C° <T°C <4°C) и охлаждащият ефект на вятъра (10 m/s понижава с 1°C температурата) има инверсия в зависимостта на Q от ГМА. За тригодишния период, и за двата преходни сезона, за всяка от гореспоменатите групи дни с изменяща се ГМА, бяха анализирани отново за едни и същи места от района по 8 случая на киша във фиорди и в акватория близо до устието им. Заради чувствителността на Q от термодинамичните условия, стойностите й се менят в широк диапазон (150-800).

Табл. 1. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20170301

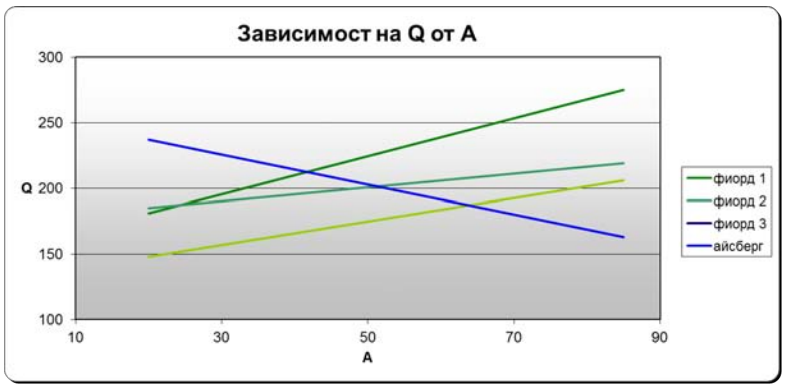
A	фиорд	айсберг 1	айсберг 2	айсберг 3	дата-UT
26	212	581	650	508	17/03/01-06
102	300	744	911	708	17/03/02-06



Фиг. 3. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20170301

Табл. 2. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20150316 и 20150318

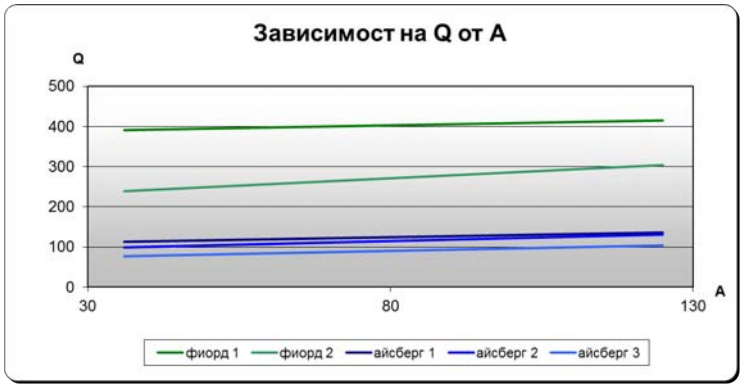
A	фиорд 1	фиорд 2	фиорд 3	айсберг	дата-UT
20	181	185	148	237	15/03/16-16
85	275	219	206	163	15/03/18-16



Фиг. 4. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20150316 и 20150318

Табл. 3. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20160506 и 20160508

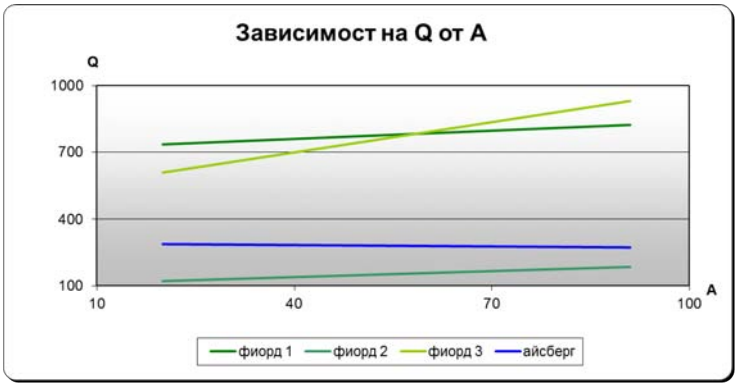
A	фиорд 1	фиорд 2	айсберг 1	айсберг 2	айсберг 3	дата-UT
36	391	239	113	99	77	16/05/06-15
125	415	304	136	131	104	16/05/08-15



Фиг. 5. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20160506 и 20160508

Табл. 4. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20150316 и 20150319

A	фиорд 1	фиорд 2	фиорд 3	айсберг g	дата-UT
20	735	121	608	288	15/03/16-06
91	823	185	931	273	15/03/19-06

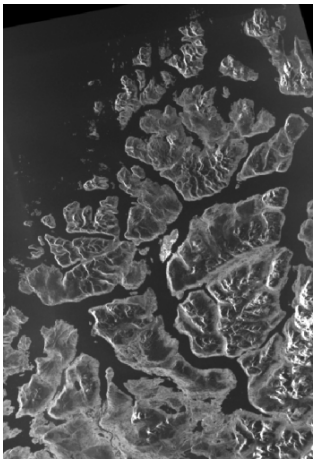


Фиг. 6. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20150316 и 20150319

За киша на радарните и на оптически изображения е видима динамиката на постоянно менящите се съотношения на фазовите състояния на водата. Поради това за Q < 400 чувствителността спрямо промени в ГМА е неоднозначна. Не може категорично да се филтрира

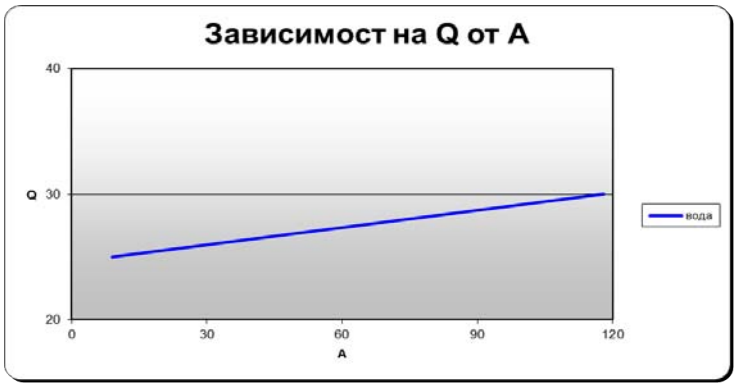
от процесите на оводняване на леда. За преобладаващи процеси на замръзване, или не топящ се лед, Q > ~ 700 се повишава с нарастване на ГМА. От значение е градиентът на изменение на ГМА. Най-ясно изразено нарастване на Q има при голямо нарастващ градиент на ГМА. За по-високи минимални и максимални стойности на ГМА измененията на Q са по-малки. За случаи на поредни дни с висока-ниска-висока ГМА, за последния ден има инверсия за влиянието на ГМА върху Q. Възможно обяснение споменато в глава 1 е, че в опитно установени смеси от различни водни мега-молекули със сложна меняща се диполна структура около точката на замръзване и възможни хистерезисни явления за ледените кристали. Коментираните зависимости се прецизират с включване на на данни за T°C, вятър, валежи. За сняг оводнеността на подрайона нараства. Вятър с v > 10 m/s и, или с чести пориви v > ~ 15 m/s понижава T°C, което ускорява процеса на замръзване. Анализът на данните потвърждават, че Q е чувствително към споменатите изменения. В такива случаи полезно бе сравняването на данни от видимия и радарния диапазони за айсберги и изменяща се киша във фиорди. За условията от двата последни коментара в различна степен на изменение (15%-30%) се потвърждава установената тенденция за повишаване на Q с при нарастване на ГМА. В ~ <20% от случаите на киша е установено инверсна зависимост (Q намалява с нарастване на ГМА). За такива случаи обикновено има разлика от 2-3 дни между даните, и/или обективно неизбежни разминавания от ~ 100 m в привързването на подрайоните. Това е валидно при анализ на отделни зони, чиято площ е минимизирана до няколко пиксела (разделителната способност е 10 m). При усредняване на изрязаното изображение, влиянието на процеси на топене и смесване с преохладена вода около границите му статистическите характеристики средна стойност и стандартно отклонение се променят.

За Tromsø (фигура 7) от 18 групи последователни (2-3-4) дни с ниска (A=~20 nT) и висока (A>~100 nT) са получени следните резултати.



Фиг. 7. Tromsø

За вода Q = ~ 40 и замръзваща (T°C ~ 0°C) киша Q ~ < 100 за A = 150-170 nT и не се мени. За голям градиент на геомагнитни смущения (A = 18-127 nT, A = 131-71 nT) Q-вода слабо расте, а Q-киша се мени с ~ < 100% (Фиг.8-10 и Табл. 5-7). Всички стойности на Q са в безразмерни единици, на A в nT .



Фиг. 8. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20170326 и 20170329

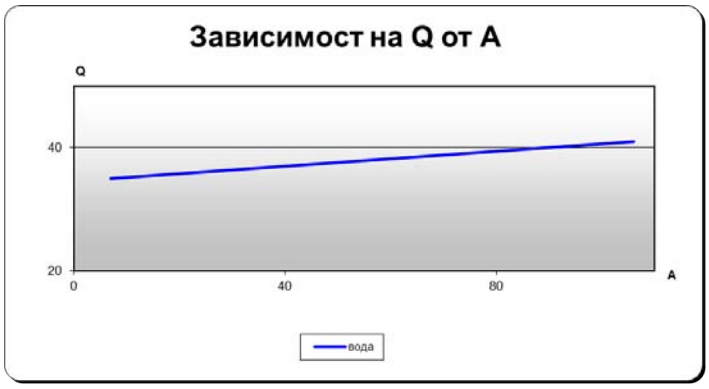
A	вода	дата-UT
50	37	15/11/12-05
153	45	15/11/10-05

Табл. 5. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20170326 и 20170329

Фиг. 9. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20151110 и 20151112

A	вода	дата-UT
9	25	17/03/26-16
118	30	17/03/29-05

Табл. 6. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20151110 и 20151112



Фиг. 10. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20161104 и 20161105

A	вода	дата-UT
7	35	16/11/05-05
106	41	16/11/04-05

Табл. 7. Зависимост на степента на отражение от ГМА за 20161104 и 20161105

За редуващи се замръзване и топене на шест групи от за айсберги в открит океан ясно се потвърждава влиянието на оводнеността на леда и промените в чувствителността на Q от A (Табл. 8). Всички стойности на Q са в безразмерни единици, на A в nT .

Табл. 8. Зависимост на степента на отражение от ГМА за айсберги и вода

дата-UT	Q 16/12/26-16	Q 16/12/28-16	коментар
вода	19	62	замръзване
Айсберг 1	100	144	замръзване
Айсберг 2	166	210	замръзване
Айсберг 3	153	256	замръзване
Айсберг 4	144	192	замръзване
Айсберг 5	168	154	топене
Айсберг 6	134	112	топене
A	98	27	

За ~150<Q<~400 промените в Q (A) са чувствителни от условията на конкретния случай, чиито дребни флуктуации причиняват инверсия. Подозираме, че активността на ИИВЙ-EISCAT също влияе (Табл. 9). Всички стойности на Q са в безразмерни единици, на A в nT .

Табл. 9. За 20170415, 20170416 и 20170422, 20170423

дата-UT	17/04/15-05	17/04/16-05	17/04/22-05	17/04/23-05
Q - вода	50	49	30	34
Q – лед-суша	420/206/189	679/458/234	71/86/95/90	74/80/81/86
A	109	25	150	170
Температура (°C)	-2	-2	2	1
вятър km/h	10	15	15	13
EISCAT/експеримент	mandamaarsy	mandamaarsy	mandamaarsy	mandamaarsy

Възможно е поради близостта на Гълфстрийма и множеството фиорди, които да размиват бурните ветрове около Tromsø, да преобладават условия гранични за топене/замръзване. Това да е причина за преобладаването на случаи с променящи знака си флуктуиращи изменения на голямата чувствителност на Q (A). Допълнително за изместване на извадката са и малкия брой достъпни радарни изображения.

За случаите на неизяснена инверсия на зависимостта на Q от ГМА в близост до районите са работили ИИВЙ-EISCAT.

Заключение

С настоящото проучване показваме, че поради тези зависимости, е нужно внимателното използване на радарни изображения на обекти, чиито отражателни характеристики се влияят от геомагнитна активност (ГМА). При неоднозначна идентификация на обектите на изследване е нужно използването и на изображения в оптичния и инфрачервения диапазони. Комбинирането на различни методи и средства за дистанционни изследвания осигурява надеждност на интердисциплинарните проучвания [5]. Въпреки системния характер на интензивните, многогодишни, разнообразни глациологични проучвания, за преодоляване на частичната им все още фрагментарност, с цел изясняване на съвременните представи са полезни интердисциплинарни, допълващи проучвания в граничните области.

Литература:

1. Toward the observation of a liquid-liquid phase transition in patchy origami tetrahedra: a numerical study. The European Physical Journal E, 2016; 39 (12)
2. Daily Geomagnetic Data http://services.swpc.noaa.gov/text/daily-geomagnetic-indices.txt [Retrieved March 04-10, 2017]
3. The aurora and solar activity archive https://www.spaceweatherlive.com/en/archive/ [Retrieved March 04-10, 2017]
4. Current Space Weather Conditions, NOAA ftp://ftp.swpc.noaa.gov/pub/warehouse/ [Retrieved March 04-10, 2017]
5. http://flux.phys.uit.no/cgi-bin/mkstackplot.cgi?nor=Norwegian+line&comp=H&day=00&month=00&year=0000&site=tro2a
6. http://flux.phys.uit.no/AscActIx/
7. https://www.wunderground.com/history/.
8. scihub.copernicus.eu

ИЗПОЛЗВАНЕ НА РАДАРНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНИ ВРЪЗКИ МЕЖДУ ЕКСТРЕМНИ ГЕОФИЗИЧНИ ЯВЛЕНИЯ

Деян Гочев

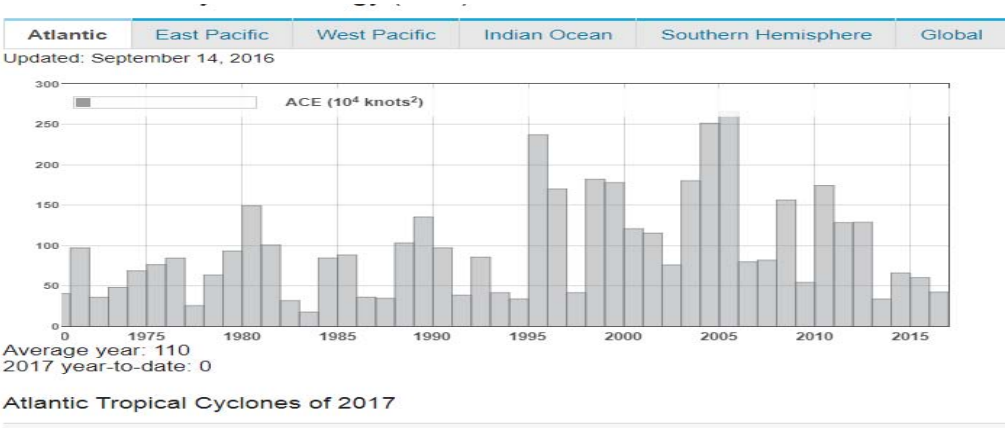
Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail:dejan@space.bas.bg

***Ключови думи**: инсталация за изкуствено нагряване на йоносферата, ураган, земетресение*

***Резюме:** За периода 01.05.2017г. -15.10.2017г. е проучвана възможността за корелация между активността на инсталация за изкуствено нагряване на йоносферата (HAARP, Аляска)), еволюцията на 5 урагана около Централна Америка в Атлантическия и Тихия океани и земетресения с M>4 в съответните райони. Използвани са метео-данни за урагани, данни за сеизмична активност, 22 изображения с vh и vv поляризации на HAARP, които са получени от апаратурата SAR (радар със синтезирана апертура) на борда на Sentinel 1A и 1B - две спътникови платформи на ESA-проекта "Copernicus". В проведеното изследване за дни с екстремни събития бе установено наличието на комплексни зависимости между споменатите фактори.*

Цел за изследването

Целта на проучването в представеното научно съобщение е да се анализират възможните процеси свързващи съвпадащи по време и място екстремни събития (урагани и земетресения), слънчеви изригвания и активност на HAARP.



Фиг. 1. Акумулираната циклонална енергия (ACE) за периода 1970 – 2017

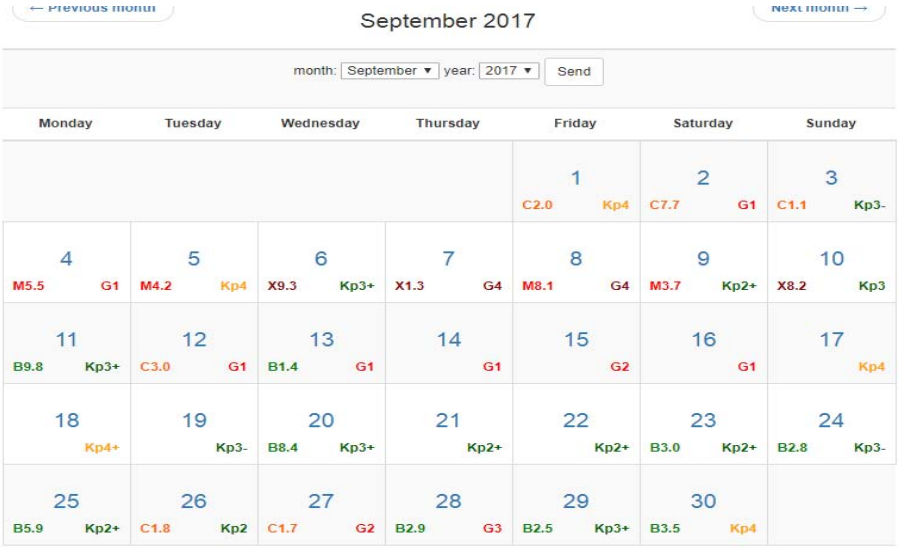
Акумулираната циклонална енергия (ACE) (фигура 1) характеризира активността на тропическата циклонална активност и на отделни бури и урагани [1]. За всеки 6-часов интервал се изчислява квадрата на ветровата скорост. Предимство е, че размерът на циклона не влияе. Приносът към глобалната му стойност е 56% от урагани в Тихия океан, 13% от Атлантическия океан. Екстремните месечни стойности са между 1.8 и 266.4, средната месечна е 61.2. Екстремните годишни стойности са между 416.2 и 1145, средната месечна е 266.41. ACE е енергийна характеристика, чийто екологичен ефект зависи директно от стойността ѝ. Има циклична вариация с 6-12 м. периоди за ACE-индекса. Максимумът се наблюдава 2-3 г. след максимум на слънчевата активност. Възможно е това да е свързано с преустройство на ОАЦ, което чрез урагани освобождава натрупаната енергия. През последните 12 г. хаотично се нарушава квази регулярната изменчивост на разпределението и интензивността на ураганите около Централна Америка в Атлантическия и Тихия океани. По същото време, такова смущаване има и на подобието на разпределението и интензивността на ураганите около

тихоокенското крайбрежия на Азия и атлантическото на Северн а Америка. След започване на работа на HAARP, индексът на максимална активност (сила и продължителност) на урагани около Централна Америка в Атлантическия океан нараства два пъти.

Резултати от изследването

Септември, 2017 г. е месецът с най-голяма (3.5 пъти) активност на урагани за 40-годишен период на наблюдения [2].

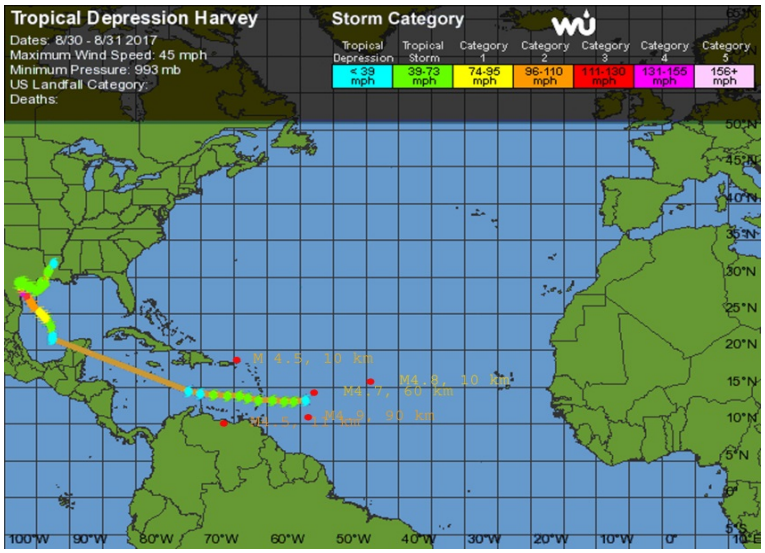
Втората седмица на септември, 2017г. е с аномално висока слънчева активност по интензивност и групираност на последователни дни (Фигура 2) [3].



Фиг. 2. Слънчева активност за месец септември 2017 г.

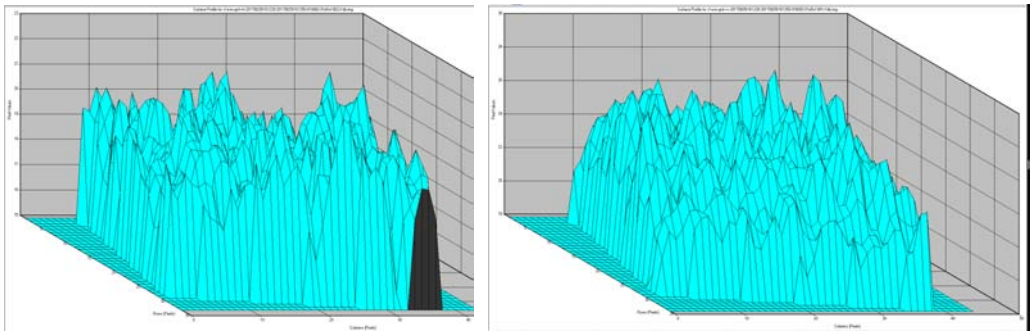
В продължение на месец, от 25 август, в Мексиканския залив и Карибския басейн се развиват 4 урагана (2 с най-висока категория 5) в близки райони. 2-3 дни след интензифицирането им на по трасето на 3 от тях има земетресения с M>4.5.

За преходните по интензивност на процесите периоди от времевите интервали на съответния ураган са представени: трасе на ураган, земетресения с M>4.5 около него, данни за аномално висока слънчева активност, 2-D изображение на разпределението на отразения от HAARP сигнал на SAR в dB_c съответните минимални и максимални стойности, коефициента на вариация.

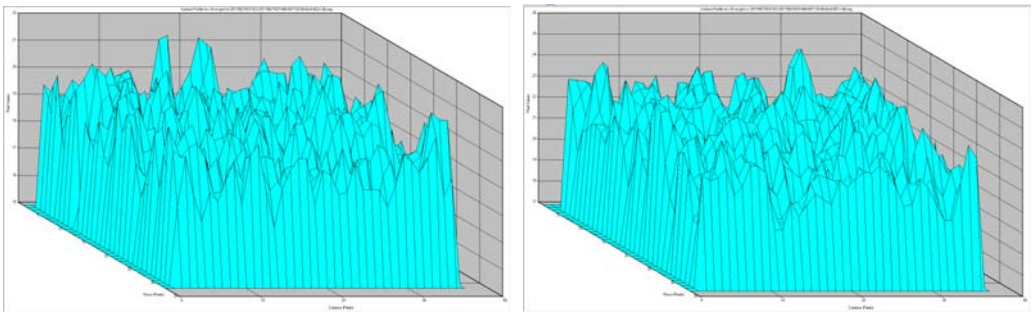


Фиг. 3. Ураганът Harvey 17.8 – 3.9.2017

На фигура 3 е представен ураганът Harvey с нанесени земетресения през съответния период [4]. Данните за него са следните:
2017, **17.08.-03.09** Hurricane Harvey;Category 3 Hurricane (SSHWS), Tropical Depression (NHC/CPHC)
а/ С червено са датите от август с максимална интензивност на урагана: 20, 24-25-26, 28-31.
б/ С червено са датите от август , съвпадащи с а/, за които има радарно изображение от съответния спътник, регистриращо работа на HAARP: S1A-25; S1B-15 , 27.
в/ С червено са датите от август с висока слънчева (**X**) и геомагнитна активност (**G):** 17-20, 22-23.
д/ За земетресения около трасето на урагана са нанесени: трусът, магнитуд и дълбочина.
На фигура 4 са представени данни от радарните изображения за работата на HAARP, Аляска



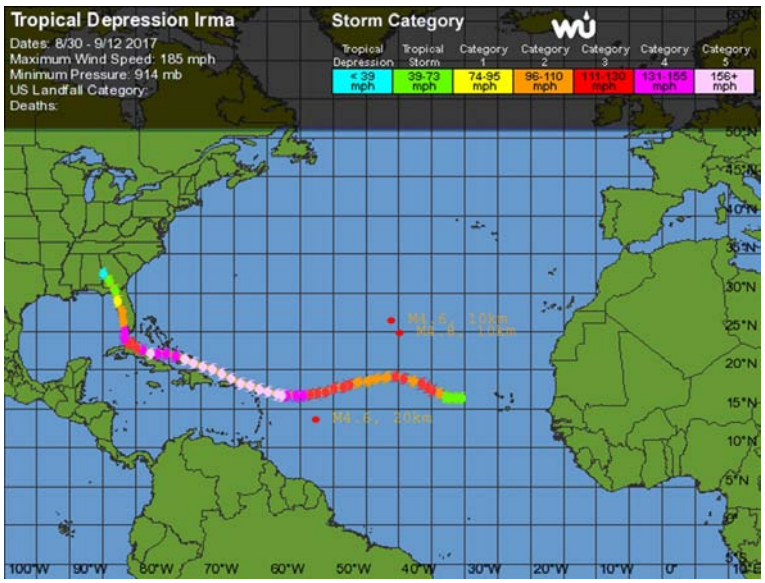
20170825		min	max	cv%		min	max	cv%
s1a/16:12	vh	15.185	22.33	6	vv	18.808	29.33	7



20170827		min	max	cv%		min	max	cv%
s1b/03:19	vh	15.185	21.903	6	vv	17.993	25.289	5

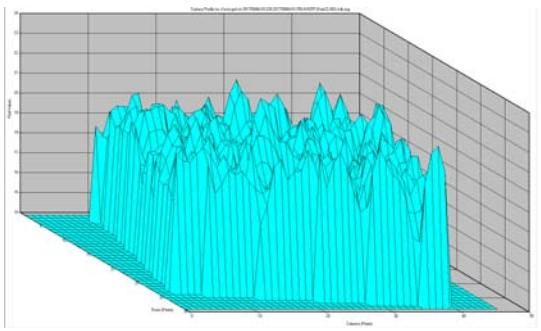
Фиг. 4. Данни от радарните изображения за работата на HAARP, Аляска по време на урагана Harvey 17.8 – 3.9.2017

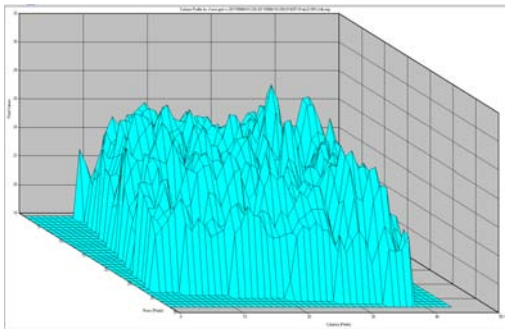
На фигура 5 е представен ураганът Irma с нанесени земетресения през съответния период [5]. Данните за него са следните:
30.08-12.09 hurricane irma 2017 Category 5 (SSHWS)
а/ С червено са датите от септември с максимална интензивност на урагана: 3, 5-6,10.
б/ С червено са датите от септември , съвпадащи с а/, за които има радарно изображение от съответния спътник, регистриращо работа на HAARP: S1A- 6,18,30; S1B- 8, 20.
в/ С червено са датите от септември с висока слънчева (**X**) и геомагнитна активност (**G):** 2, 6-10, 12-16.
д/ За земетресения около трасето на урагана са нанесени: трусът, магнитуд и дълбочина.



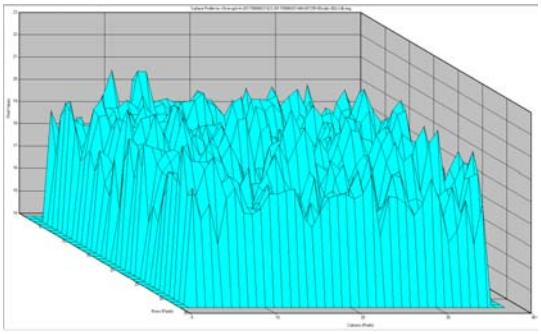
Фиг. 5. Ураганът Irma 3.8 – 12.9.2017

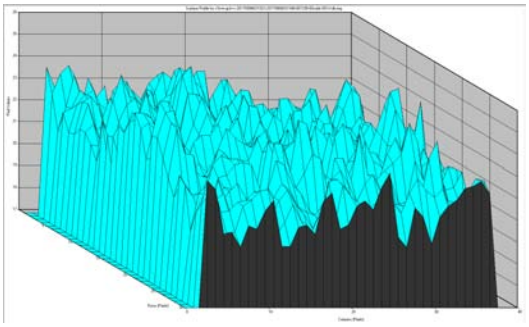
На фигура 6 са представени данни от радарните изображения за работата на HAARP, Аляска през същия период





20170906		min	max	cv%		min	max	cv%
s1a/16:12	vh	14.624	23	6	vv	19.243	30.195	7





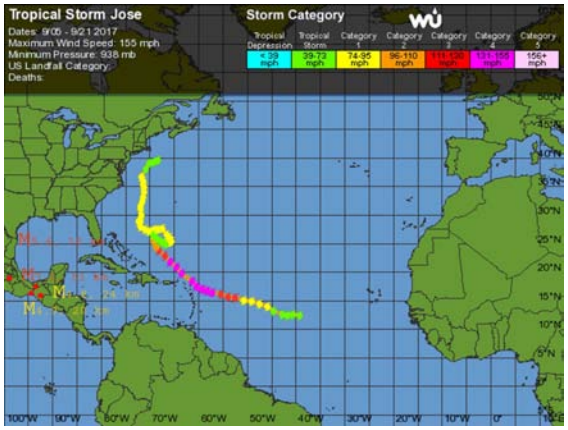
20170908		min	max	cv%		min	max	cv%
s1b/03:19	vh	14.624	22.122	6	vv	17.924	25.353	5

Фиг. 6. данни от радарните изображения за работата на HAARP, Аляска по време на урагана Harvey 3.8 – 12.9.2017

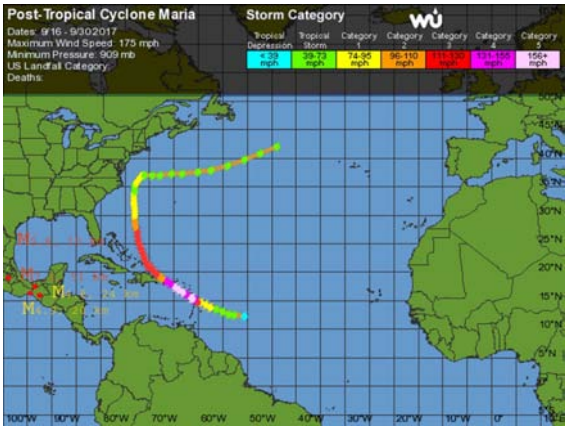
На фигура 7 е представен ураганът Jose с нанесени земетресения през съответния период [6]. Данните за него са следните:

5.09–26.09 hurricane jose 2017 г.Category 1 Hurricane (SSHWS)
а/ С червено са датите от септември с максимална интензивност на урагана: 6, 8-10, 18.
б/ С червено са датите от септември , съвпадащи с а/, за които има радарно изображение от съответния спътник, регистриращо работа на HAARP: S1A- 6,18; S1B- 8, 20.

в/ С червено са датите от септември с висока слънчева (**X**) и геомагнитна активност (**G):** 6-10, 12-16.
д/ За земетресения около трасето на урагана са нанесени: трусът, магнитуд и дълбочина.



Фиг. 7. Ураганът Jose 5-26.9.2017

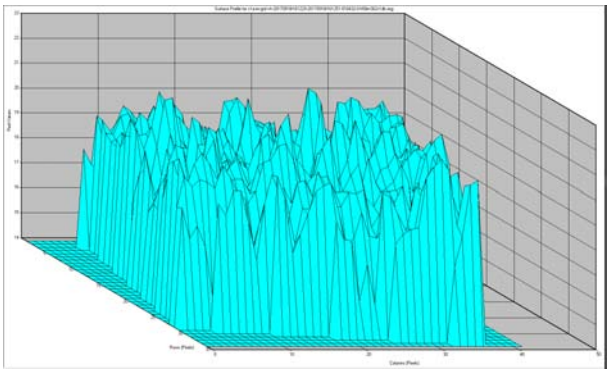


На Фиг. 8 е представен ураганът Maria с нанесени земетресения през съответния период [7]

Данните за него са следните:
16.09–30.09. hurricane **maria** 2017 г Category 5 (SSHWS)
а/ С червено са датите от септември с максимална интензивност на урагана: **18**-20.
б/ С червено са датите от септември , съвпадащи с а/, за които има радарно изображение от съответния спътник, регистриращо работа на HAARP: S1A- 18, 30; S1B- 20.
в/ С червено са датите от септември с висока слънчева (**X**) и геомагнитна активност (**G):** 12-16, 27-28.
д/ За земетресения около трасето на урагана са нанесени: трусът, магнитуд и дълбочина.

На 18.09.2017 г. около Мексико сити започва поредица от земетресения с M>4.8 до M=7.1, които са изброени по-долу:

M 4.9 - 2km E of San Mateo del Mar, Mexico
Time2017-09-18 12:07:01 (UTC), Location16.202°N 94.978°W, Depth42.1 km
M 4.8 - 119km S of San Francisco del Mar, Mexico
Time2017-09-18 15:13:57 (UTC), Location15.153°N 94.696°W, Depth24.0 km
M 4.9 - 101km S of San Mateo del Mar, Mexico
Time2017-09-18 19:51:30 (UTC), Location15.296°N 94.822°W, Depth20.1 km
M 5.6 - 108km S of San Francisco del Mar, Mexico
Time2017-09-18 14:19:12 (UTC), Location15.258°N 94.567°W, Depth10.0 km
M 7.1 - 2km NE of Ayutla, Mexico
Time2017-09-19 18:14:38 (UTC), Location18.568°N 98.481°W, Depth51.0 km
M 6.1 - 15km SE of Matias Romero, Mexico
Time2017-09-23 12:53:02 (UTC), Location16.773°N 94.951°W, Depth9.6 km

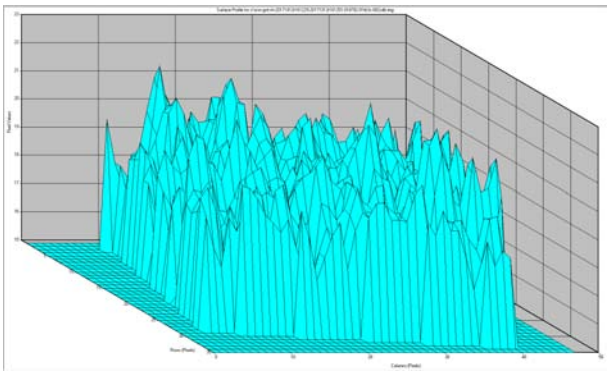


20170918		min	max	cv%
s1a/16:12	vh	14.771	22.148	6

Фиг. 9. Данни от радарните изображения за работата на HAARP, Аляска на 18.9.2017

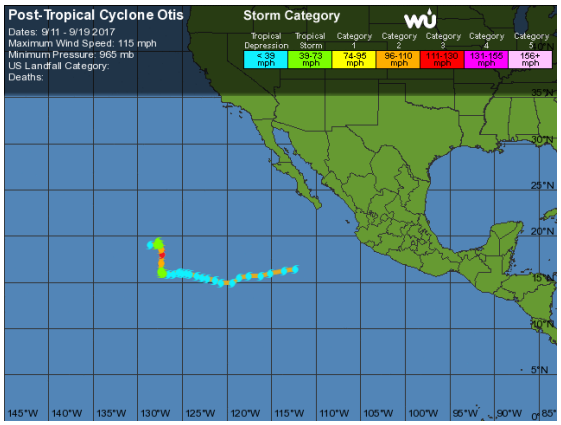
На фигура 9 са представени данни от радарните изображения за работата на HAARP, Аляска през същия период

През същия период се наблюдават и няколко тропически циклона. На фигура 11 и 12 са представени два от тях, а на фигура 10 са представени данните за работата на HAARP, Аляска през същия период

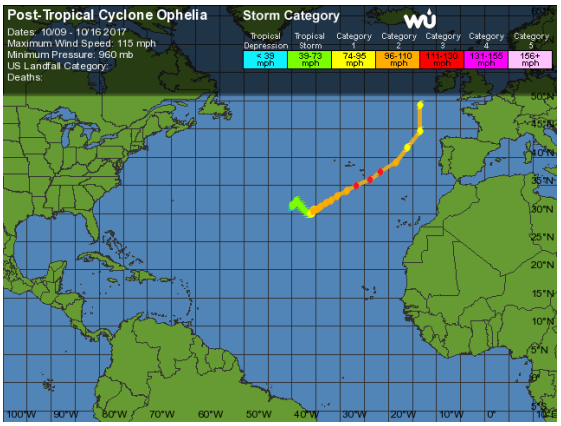


20171012	min	max	cv%	s1a/16:12	min	max	cv%
vh/Db	15.185	22.46	6	vv/Db	17.63	29.93	8

Фиг. 10. Данни от радарните изображения за работата на HAARP



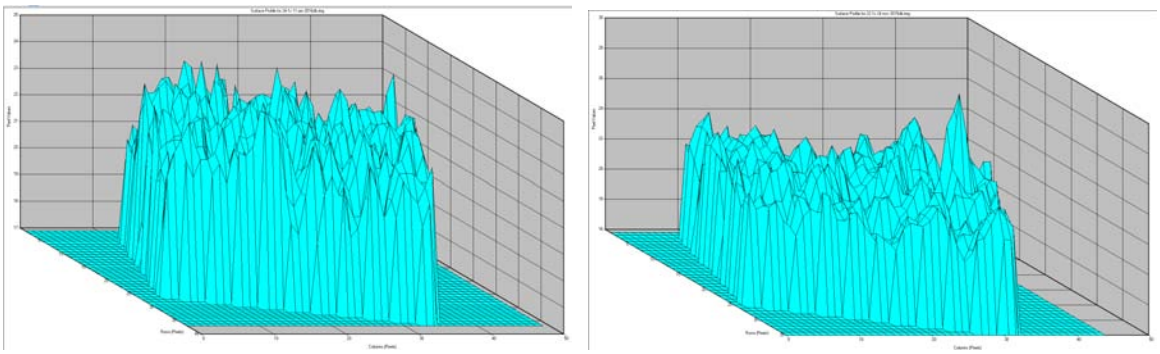
Фиг. 11. Тропически циклон 11-19.9.2017 [8]



Фиг. 12. Тропически циклон 9-16.10.2017 [9]

Допълнително, за 2015г. и 2016г., са представени данни за 2 извънсезонни (аномални?) урагана. За съответните явления по апробирана методика са подбрани и изследвани изображения за активността на HAARP, които са представени на фигура 13.

G-date	name	max/cat	max	min/mbar	G-date	name	max/cat	max	min/mbar
20160111	alex/a	14/1/	85/mph	981	20151124	sandra/ep	26/4	145/mph	935
s1a	min	max	cv%		s1a	min	max	cv%	
vh/Db	17.92	24.843	5		vh/Db	17.243	29.93	6	



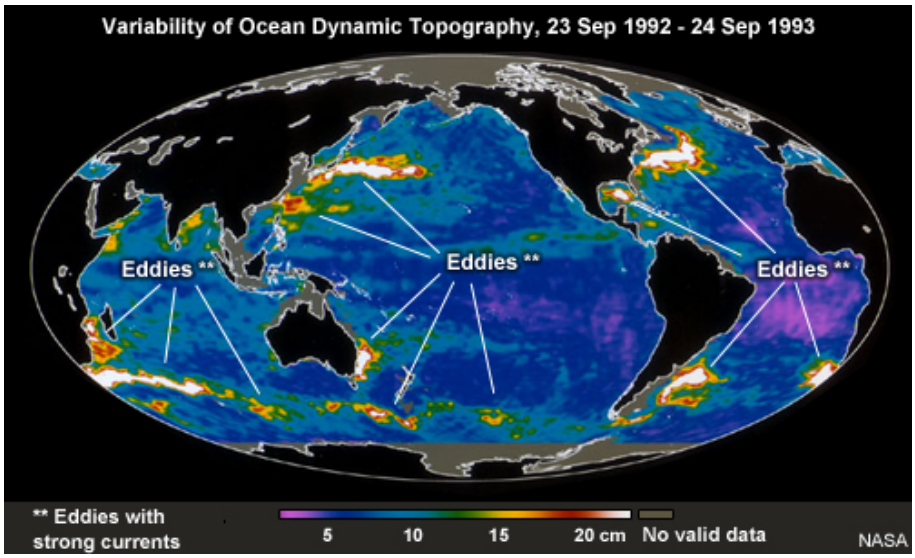
Фиг. 13. Данни от радарните изображения за работата на HAARP

Анализ на резултатите

Има съвпадение на области на образуване на урагани с тези, за които има океански вихри, като е различно влиянието на повърхностните и дълбочинните.

Данни за динамиката на океана за 23-23.9.2017 са представени на фиура 14 [10].

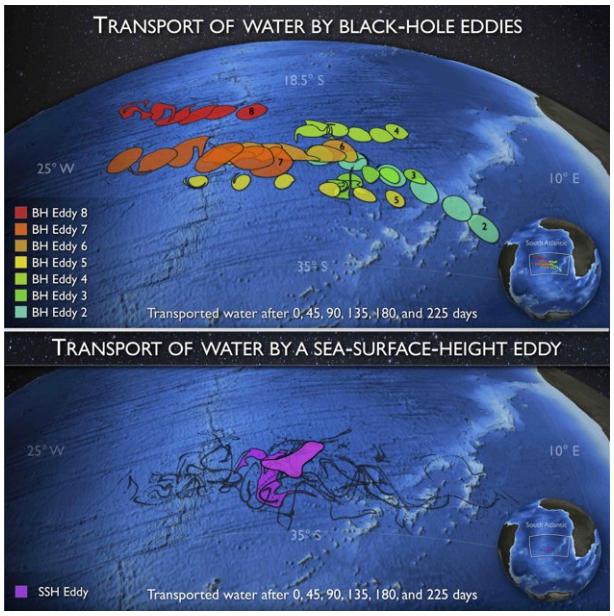
На фигура 15 са представени данни за водния транспорт [11].



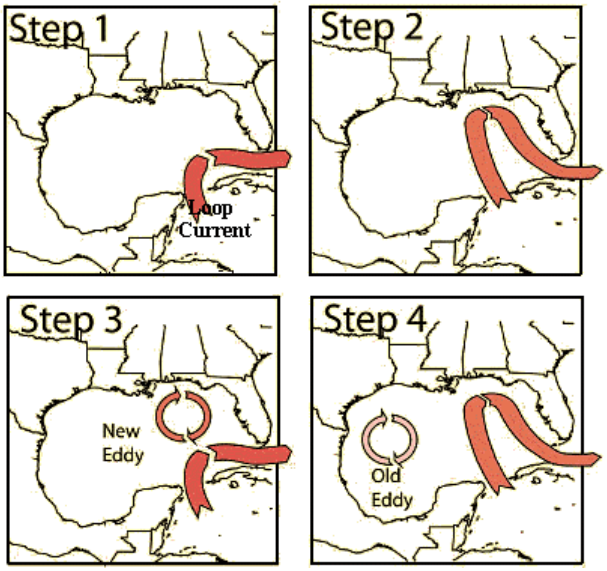
Фиг. 14. Динамика на океанската топография

Активността на HAARP съвпада по време с началото на интензифицирането на урагана към максимална категория. Възможно е това да е свързано със стимулираната еволюция на океански вихър в акваторията на Мексиканския залив [12] Поведението е илюстрирани на фигура 16.

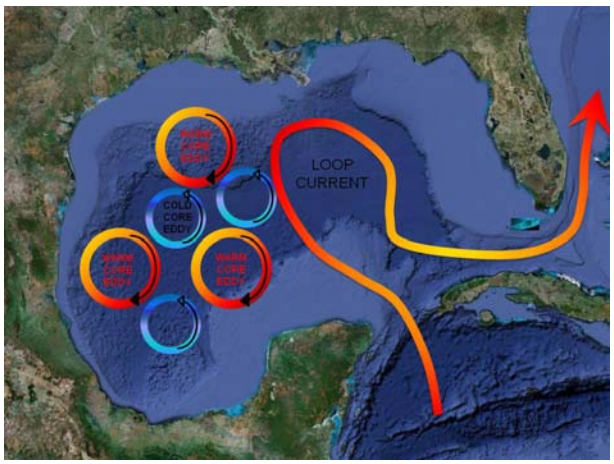
Преходните хидродинамични явления са усложнени и от приноса на р. Мисисипи и разливи в залива [13] (фигура 17), топлинния поток от разседа [14] (фигура 14) и дълбочинните каньони в залива [15, 16] (фигура 19)



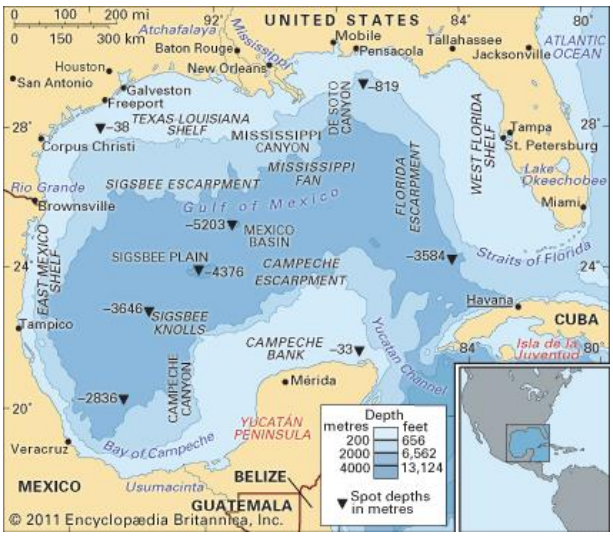
Фиг. 15. Динамика на океанската топография



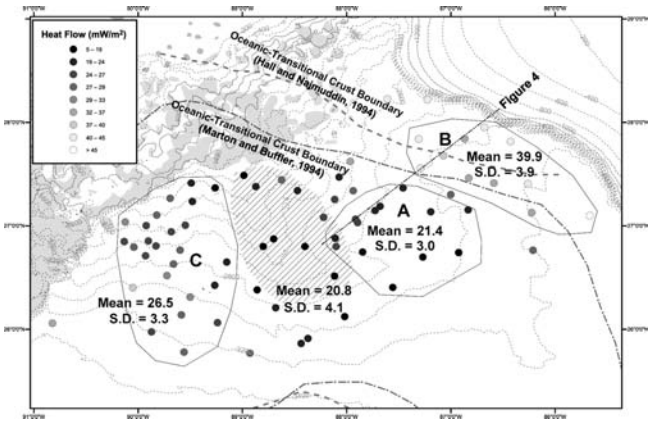
Фиг. 16. Динамика на океански вихър



Фиг. 17. Динамика на океанската топография



Фиг. 18. Температура на океана



Фиг. 19. Дълбочина на каньоните

Има данни за генерирана от урагани електродинамична активност и връзката ѝ с токови системи в йоносферата.

Има данни за корелации между земетресения в Карибския басейн и електродинамични смущения в атмосферата и йоносферата, като сеизмичната активност по разседа ‚закъснява' 1-2 дни след максималната ураганна активност, която се придвижва над него. Сеизмичната активност по Средно атлантическия хребет едва ли е зависима от тропическите урагани.

Възможна е тригерна връзка с комплексна мхд-етиология между сеизмична активност над разседи и импулсни по време барични градиенти.

Между вихрови явления са възможни нерегулярни връзки с разностранни проявления.

Наблюдаваните съвпадения е възможно да са синергетично усилени от акумулиране на съответни природни и техногенни енергийни въздействия.

Споменатите съвпадения на екстремни катастрофични събития са единични случаи. Бъдещата работа зависи от натрупването на данни за активността на HAARP, чиято достъпност е около минималната граница за статистически зависимости.

Заключение

С настоящото проучване показваме, че е нужно внимателното използване на радарни изображения на обекти, чиито отражателни характеристики са свързани с геомагнитна активност (ГМА). При неоднозначна идентификация на изследваните явления е нужно използването и на изображения в оптичния и инфрачервения диапазони. Комбинирането на различни методи и средства за дистанционни изследвания осигурява надеждност на интердисциплинарните проучвания. Въпреки системния характер на интензивните, многогодишни, разнообразни метеорологични проучвания, за преодоляване на частичната им все още фрагментарност, с цел изясняване на съвременните представи са полезни интердисциплинарни, допълващи проучвания в граничните области.

Литература:

1. https://www.wunderground.com/hurricane/accumulated_cyclone_energy.asp
2. http://www.nhc.noaa.gov/text/MIATWSAT.shtml
3. https://www.spaceweatherlive.com/en/archive/2017/09
4. https://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/2017/hurricane-harvey?map=history
5. https://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/2017/hurricane-irma?map=history
6. https://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/2017/hurricane-jose?map=history
7. https://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/2017/hurricane-maria?map=history
8. https://www.wunderground.com/hurricane/eastern-pacific/2017/Post-Tropical-Cyclone-Otis?map=history
9. https://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/2017/Post-Tropical-Cyclone-Ophelia
10. https://www.eumetsat.int/jason/print.htm
11. https://wattsupwiththat.com/2013/09/05/a-descent-into-the-maelstrom-black-hole-whirlpools-seen-for-the-first-time-in-the-south-atlantic/
12. https://www.wunderground.com/hurricane/loopcurrent.asp
13. http://projectavalon.net/forum4/showthread.php?74612-BP-to-be-fined-an-additional-17.6-Billion-Dollars-for-the-Disaster
14. http://aapgbull.geoscienceworld.org/content/89/6/821
15. https://www.britannica.com/place/Gulf-of-Mexico
16. http://ieeexplore.ieee.org/document/6405123/?reload=true

МОНИТОРИНГ НА НАВОДНЕНИЯТА ПО ПОРЕЧИЕТО НА РЕКА КАМЧИЯ

Иван Димитров

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

Ключови думи: *Мониторинг на наводнения, Камчия, Terra, Aqua, Landsat, Sentinel*

Резюме: *Представен е мониторинг на наводненията по поречието на река Камчия с данни от сателитите Landsat, Sentinel, Terra и Aqua. Използвана е сателитна информация за проследяване на хидроложката обстановка и са съставени тематични карти на наводненията.*

FLOODS MONITORING ALONG THE RIVER KAMCHIA

Ivan Dimitrov

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

Keywords: *flood monitoring, Kamchia, Aqua, Terra, Landsat, Sentinel*

Abstract: *The floods monitoring along the river Kamchia with data from satellites Landsat, Sentinel, Terra and Aqua are explained in the article. Used a satellite tracking information hydrological situation and are composed thematic maps of the floods.*

Въведение

Наводненията представляват реална заплаха за живота на населението и нанасят значителни щети на инфраструктурата и частното имуществото. Поройните дъждове и бързото топене на снеговете са в основата на това природно бедствие. Неправилното управление на язовирите, липсата на поддръжка на язовирните стени и изпускателните съоръжения превръщат тези водни акумулатори в потенциален риск за населението.

Дистанционните методи за аерокосмически наблюдения дават възможност за мониторинг на наводненията, предоставят оперативна информация за актуалното състояние на наводнените територии и позволяват прогнозиране на бъдещи състояния на това природно бедствия.

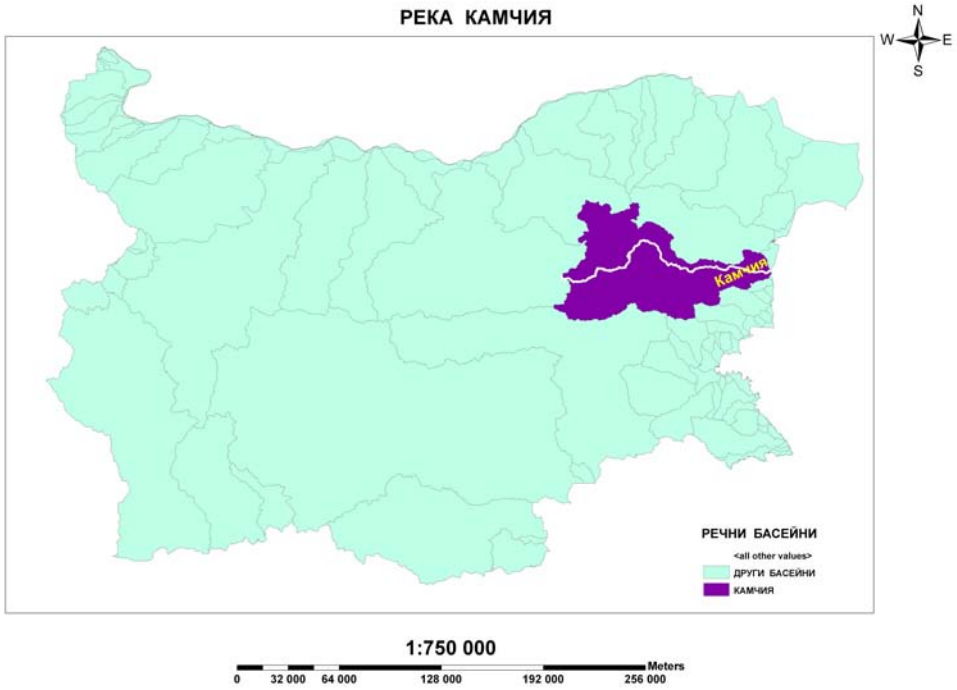
Мониторинг на наводненията по поречието на р. Камчия

Реките с големи водосборни райони представляват потенциален риск за генериране на наводнения. Сред тях особено място заема река Камчия. Тя е най-голямата българска река, вливаща се в Черно море. Нейната обща дължината е 245 km и е с водосборен басейн от 5358 km^2 (фиг. 2). Тя се образува от сливането на реките Голяма Камчия и Луда Камчия при с. Величково, общ. Дългопол. На р. Камчия са изградени язовирите "Тича", "Камчия" и "Цонево". Преди изграждането им реката е заливала голяма територия край Авренското плато в района на нейното устие в Черно море (фиг. 2). Въпреки тези хидротехнически съоръжения при проливни дъждове в района на Авренсконо плато се реализира сложна хидроложка обстановка и се наводняват големи територии обработваема земя.

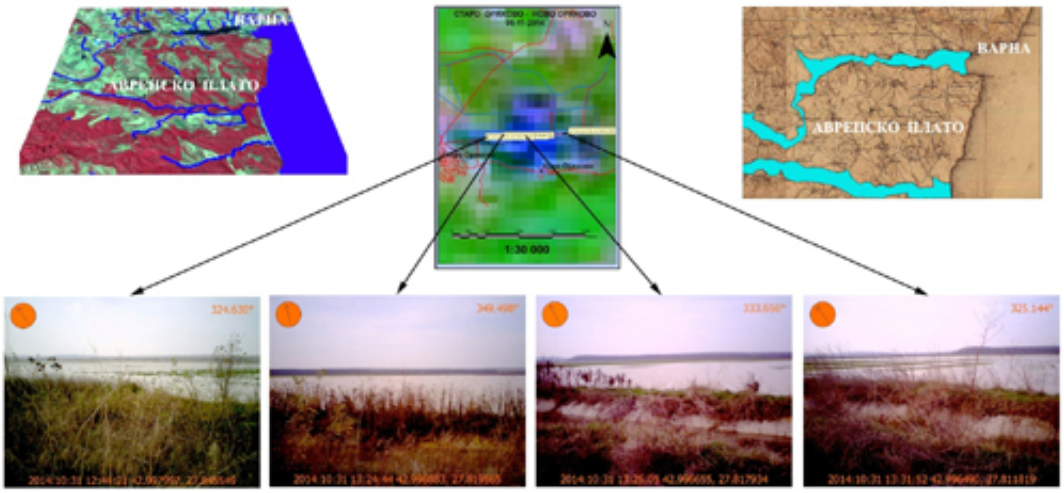
На 29.10.2014 г. в следствие на падналите наднормени валежи (165 л. на квадратен метър) в района на село Старо Оряхово се реализира сложна хидроложка обстановка. Наводнени са над 10 000 дка обработваема земя с есенни посеви. Валежите надвишават

четири месечни норми. Като основна причина се посочва непочистените отводнителни канали и частичното им разрушаване от строителна фирма. Наводнението беше регистрирано чрез информация от спътниците Landsat, Sentinel, TERRA и AQUA – прибор MODIS [7-10]. На фиг. 3-6 е представено състоянието на наводнената територия на 3,4,5,6,7 и 11 ноември 2014 г. На фиг. 2 е показано състоянието на терен, любезно предоставено от Служба земеделие – „Долен чифлик". На фиг. 7 е показано състоянието на терен преди наводнението. На фиг. 5 е представена тематичка карта, отразяваща състоянието на наводнената територия на 3,4,5,6,7 и 11 ноември 2014 г.

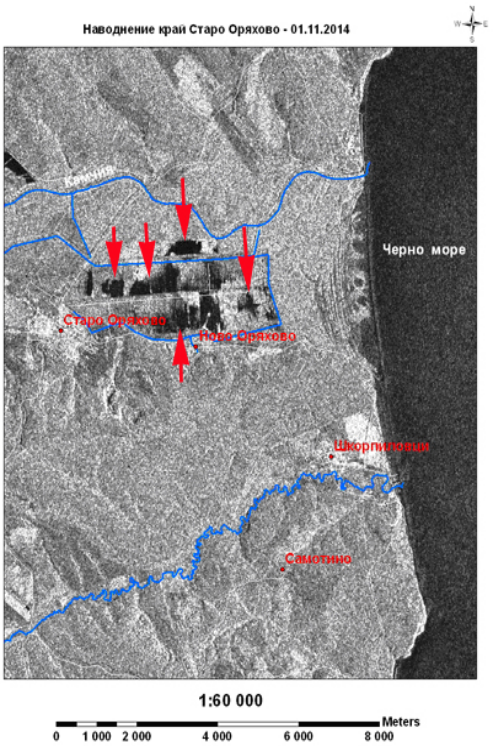
В началото на месец февруари 2015 г. се риализира аналогична сложна ходроложка обстановка по поречието на р. Камчия. Наводненията бяха регистрирани чрез информация от спътниците Landsat, Sentinel, TERRA и AQUA – прибор MODIS. На фиг. 8 е преставена обстановката на наводнените територии към 05.02.2015 г. от спътник Sentinel 1A. На фиг. 11 е представена тематичка карта, отразяваща състоянието на наводнената територия на 2,3,4 и 9 февруари 2015 г. На фиг. 9, 10 и 12 е показано състоянието на терен на 5 май 2015г. и последствията от наводненията край с. Старо оряхово.



Фиг. 1

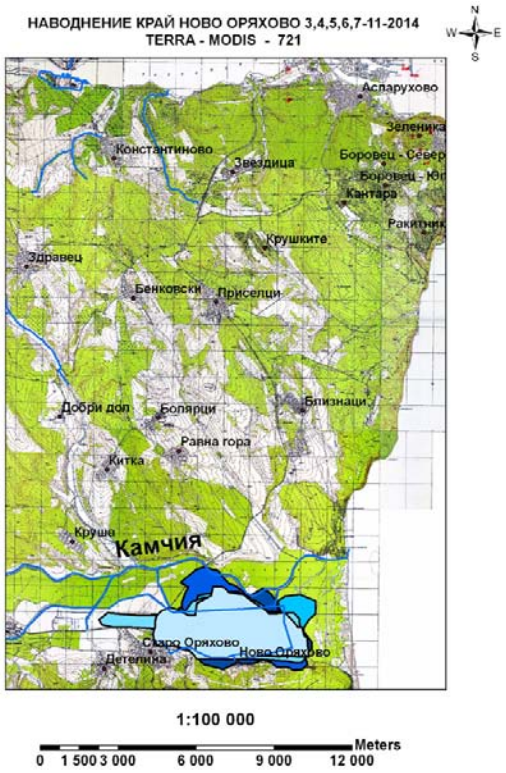


Фиг. 2

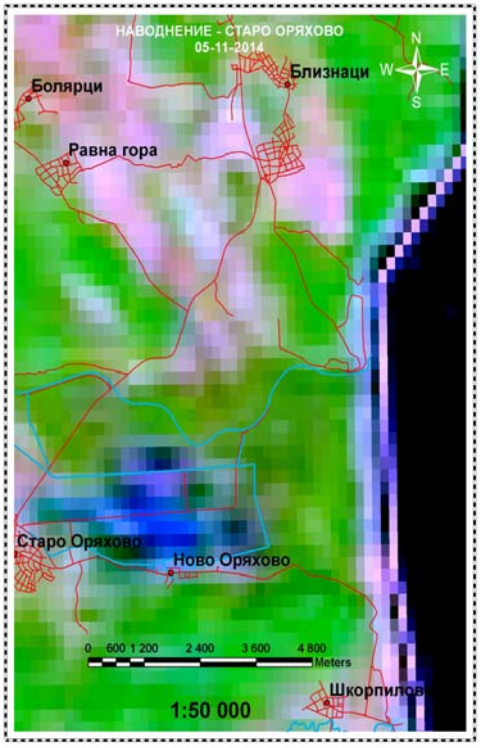


Фиг. 3

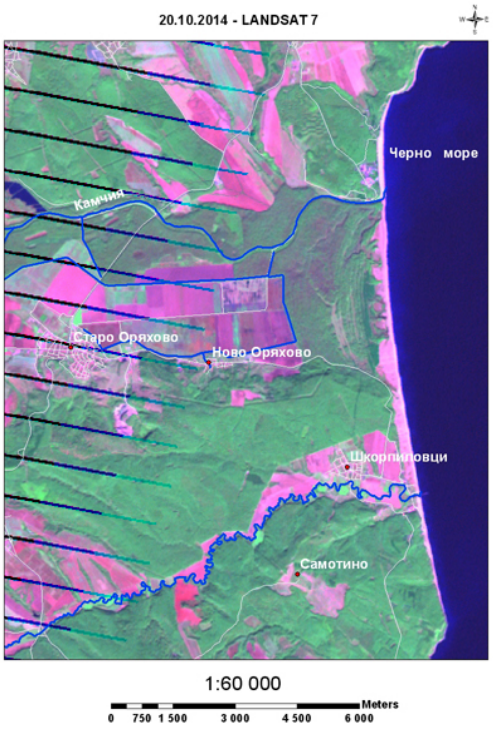
Фиг. 4



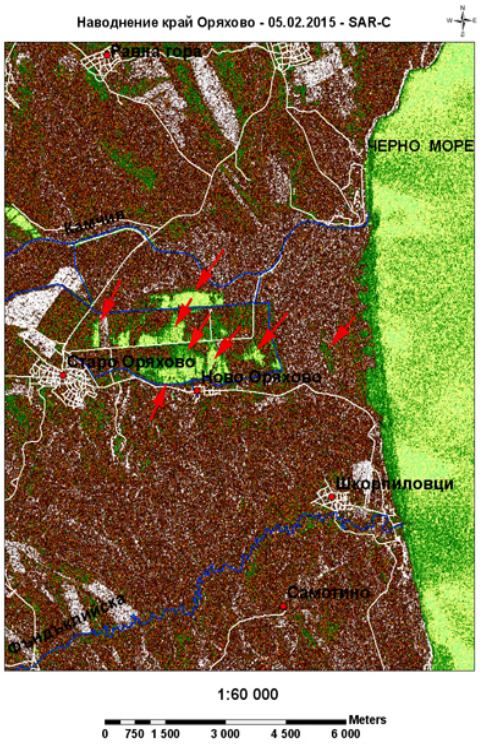
Фиг. 5



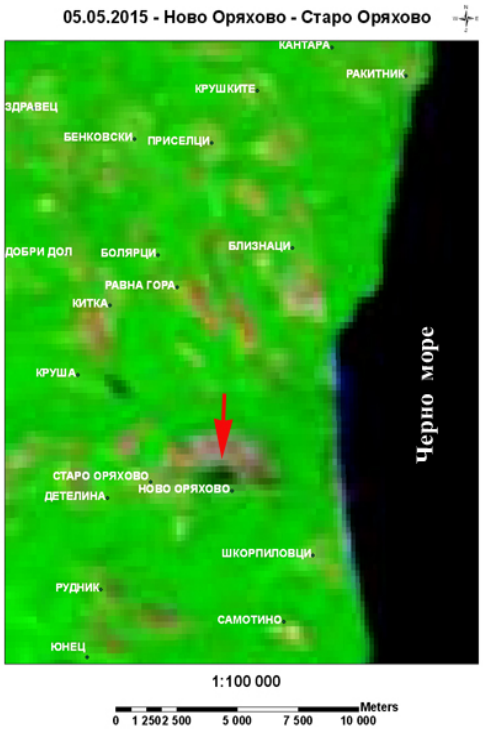
Фиг. 6



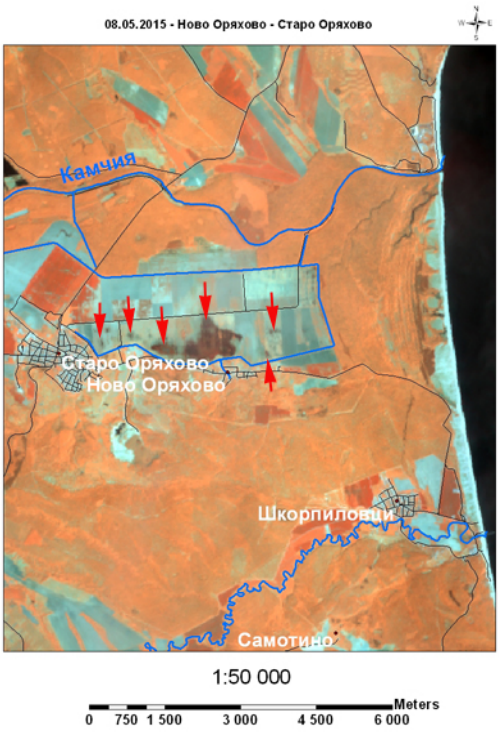
Фиг. 7



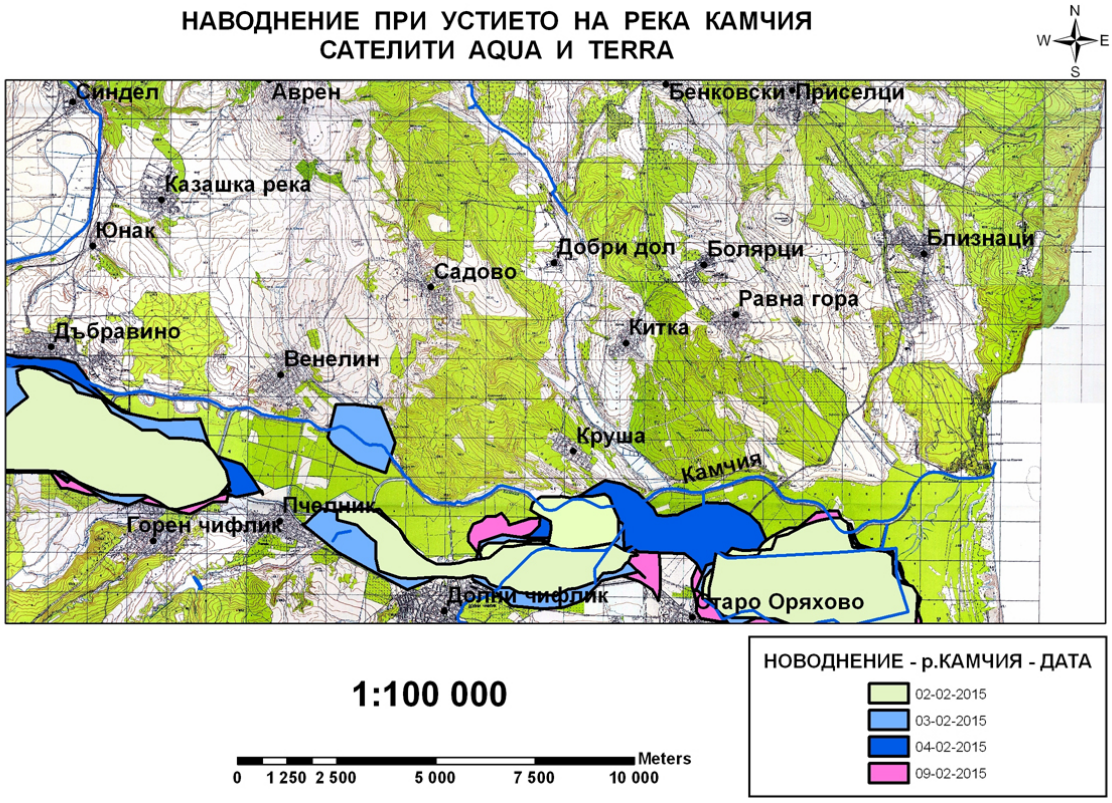
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10


НАВОДНЕНИЕ ПРИ УСТИЕТО НА РЕКА КАМЧИЯ
САТЕЛИТИ AQUA И TERRA
N
W
E
S
Синдел
Аврен
Бенковски
Приселци
Казашка река
Юнак
Добри дол
Болярци
Близнаци
Садово
Равна гора
Дъбравино
Китка
Венелин
Круша
Камчия
Пчелник
Горен чифлик
Долни чифлик
Старо Оряхово
1:100 000
0 1 250 2 500 5 000 7 500 10 000
Meters
НОВОДНЕНИЕ - р.КАМЧИЯ - ДАТА
02-02-2015
03-02-2015
04-02-2015
09-02-2015

Фиг. 11

Ново Оряхово
Novo Orjahovo

Фиг. 12

Благодарности

Авторът изказва благодарности на ОСЗ Долни чифлик, ОДЗ Варна за предоставените снимки от терен за наводнението от 31.10.2014 г. и персонално на ст. експерт г-н Георги Георгиев.

Заключение

Дистанционните методи за аерокосмически наблюдения дават възможност за мониторинг и предоставят оперативна информация за актуалното състояние на наводнените територии. Създаването на тематични карти позволява прогнозиране на бъдещи състояния и предприемане на адекватни мерки за противодействие и минимизиране на щетите от това природно бедствие.

Литература:

1. Мардиросян Г., Аерокосмически методи в екологията и изучаване на околната среда, “Марин Дринов”, 208 с., София, 2003.
2. Мардиросян, Г. От Космоса срещу екологичните катастрофи. Изд. на БАН, София,1993, 210 с.
3. Мардиросян, Г. Екокатастрофи (Природни екологични катастрофи). Изд. къща ВАНЕСА, 1995, 240 с.
4. Мардиросян, Г. Природни екокатастрофи и тяхното дистанционно аерокосмическо изучаване. Акад. издат. "Проф. Марин Дринов", 1999, 368 с.
5. Мардиросян, Г. Аерокосмически методи в екологията и изучаването на околната среда. "Марин Дринов", 2003, 208 с.
6. Мардиросян, Г. Природни бедствия и екологични катастрофи – изучаване, превеция, защита. „Марин Дринов", 2006, 372 с.
7. AQUA – MODIS – NASA, 2014-2015.
8. TERRA – MODIS – NASA, 2014-2015.
9. ESA, Copernicus Sentinel 1A, 1B 2017.
10. LANDSAT, USGS/NASA, 2015.

ГАЗОПРОВОДЪТ "ТУРСКИ ПОТОК" – КОСМИЧЕСКИ МОНИТОРИНГ

Иван Димитров

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

Ключови думи: *газопровод, "Турски поток", космически мониторинг, сателитни снимки, навигационни карти*

Резюме: *Дскладът представя космически мониторинг на изграждането на морското трасе на газопровода "Турски поток". Използвани са сателини снимка, навигационни и тематични карти, отражяващи в различна степен на подробност и детаилност състоянието на газопровода..*

THE TURKSTREAM GAS PIPELINE – SPACE MONITORING

Ivan Dimitrov

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

Keywords: *TurkStream pipeline, satellite images , navigational maps, thematic maps*

Abstract: *The paper presents space monitoring of TurkStream offshore gas pipeline. Satellite images, navigational and thematic maps provide varying degrees of accuracy and detail condition of the pipeline.*

Въведение

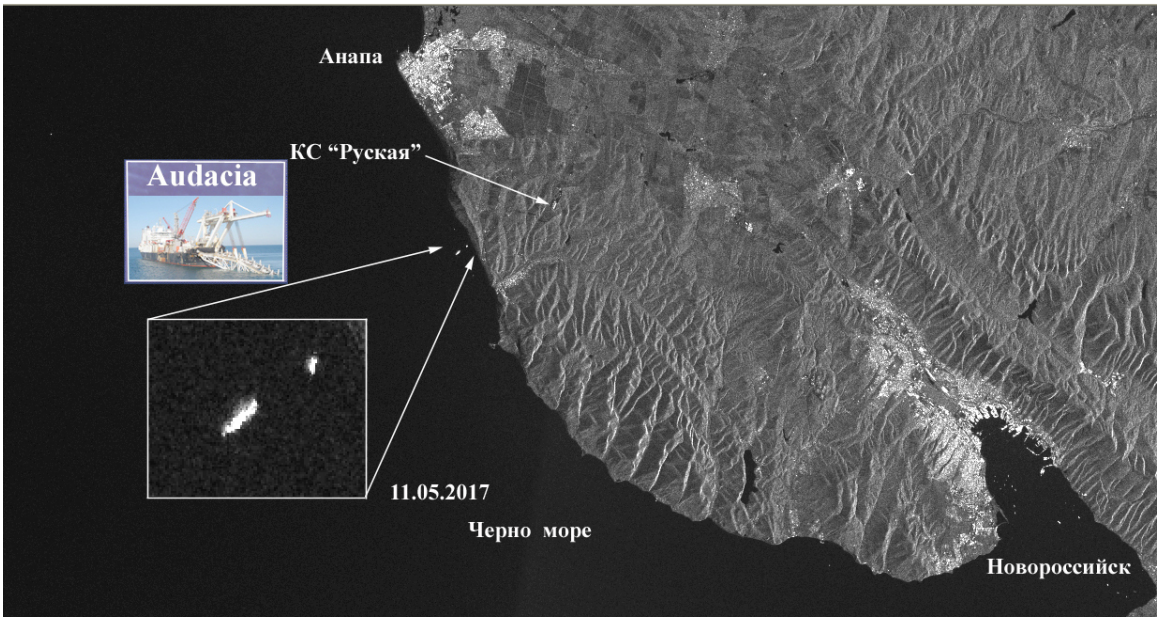
Доставката на горива за индустрията и тяхното транзитиране през територията на страната е част от националната сигурност на Р България. Тръбопроводите за пренос на въглеводороди, компресорните станции и хранилищата са част от критичната инфраструктура на страната [1,2]. Русия изгражда газопровода "Турски поток" в замяна на спряния „Южен поток". "Булгартрансгаз" планира изграждане на газовия хъб "Балкан" и разглежда като основен източник на газ гозопровода "Турски поток".

Изграждане на газопровода "Турски поток"

„Газпром" ще прокара по дъното на Черно море от Анапа - Русия до Къйъкьой - Турция поне две тръби от планираните четири в проекта „Южен поток". Подводното морско трасе от 910 км ще използва планираното трасе на „Южен поток" до навлизане в ИИЗ на България. Първата газова тръба с капацитет 15,75 млрд м³ годишно ще захранва икономиката на Турция, а втората тръба с аналогичен капацитет е предназначена за европейския пазар. Трасето на газа за Европа и евентуалните клиенти са в процес на проучване, планиране и подписване на договори. Полагането на тръбите от газопровода по дъното на Черно море е възложено на швейцарската фирма Allseas, която разполага със специализирани кораби. В плитководната част до 300 м работи корабът Audacia, а в дълбоководното трасе – корабът Pioneering Spirit. Двата кораба имат уникални конструктивни особености, форма, размери и характеристики. Това ги прави лесно разпознаваеми на сателитните снимки в радио и оптичните диапазони и позволява да се проследи динамиката на изграждане на подводното трасе [3-5].

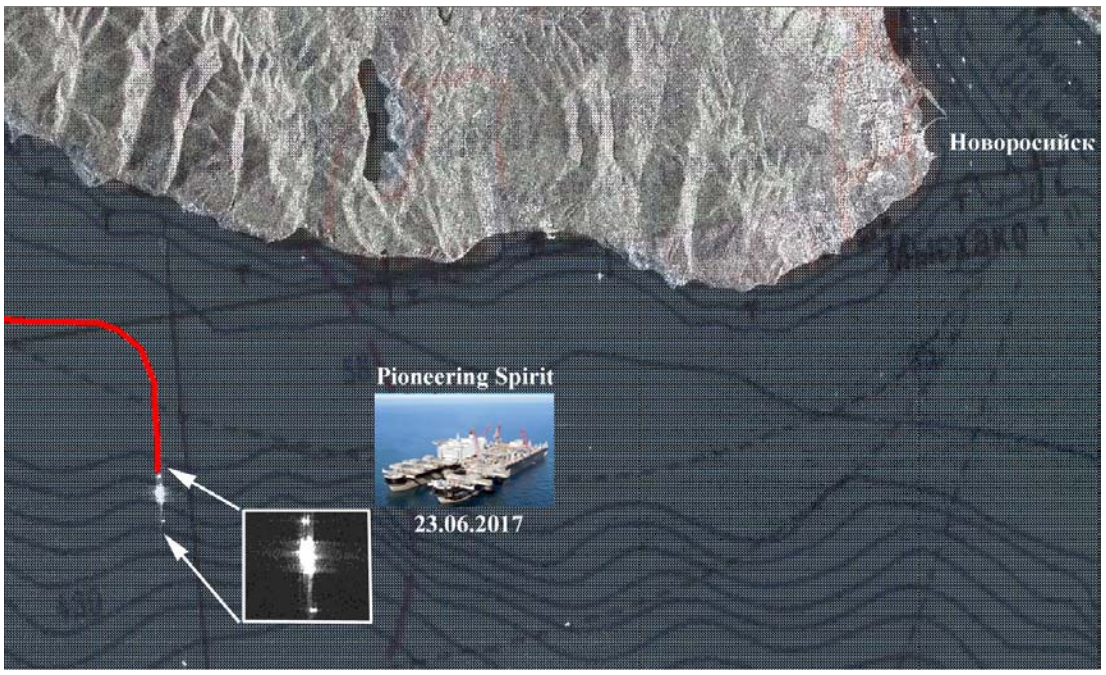
Фиг. 1. Трасето на газопровода „Турски поток”

Изграждането на първата тръба започна официално на 7 май край Анапа от кораба Audacia.

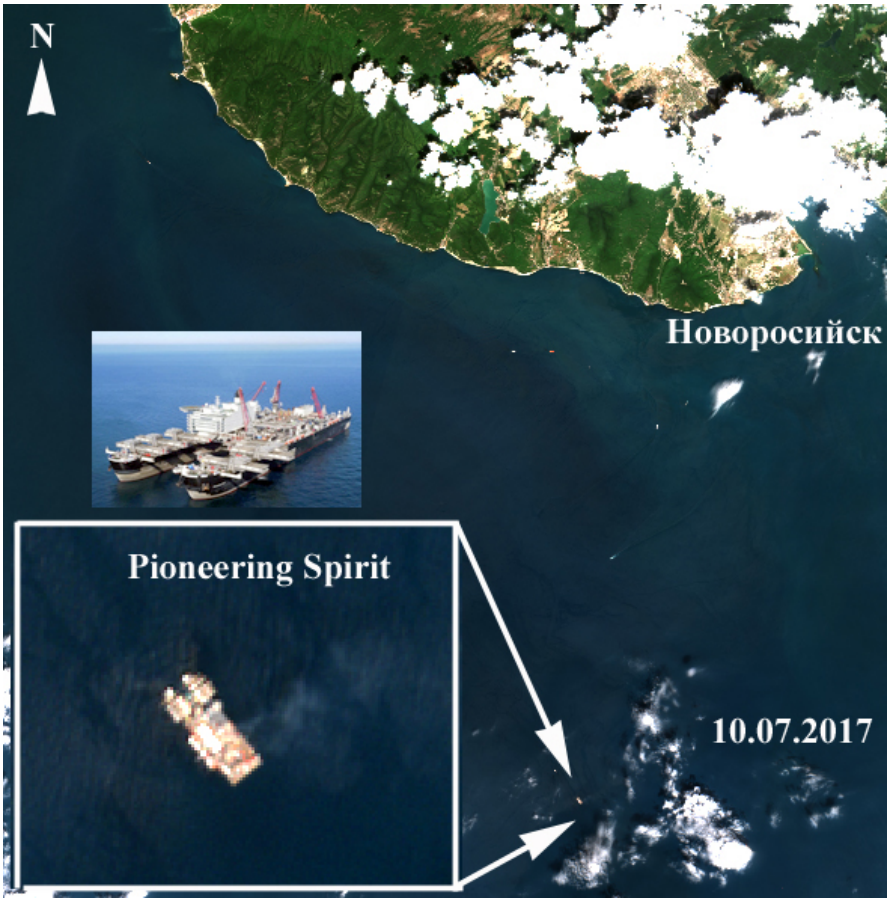


Фиг. 2. Местоположение на Audacia на 11.05.2017 г.

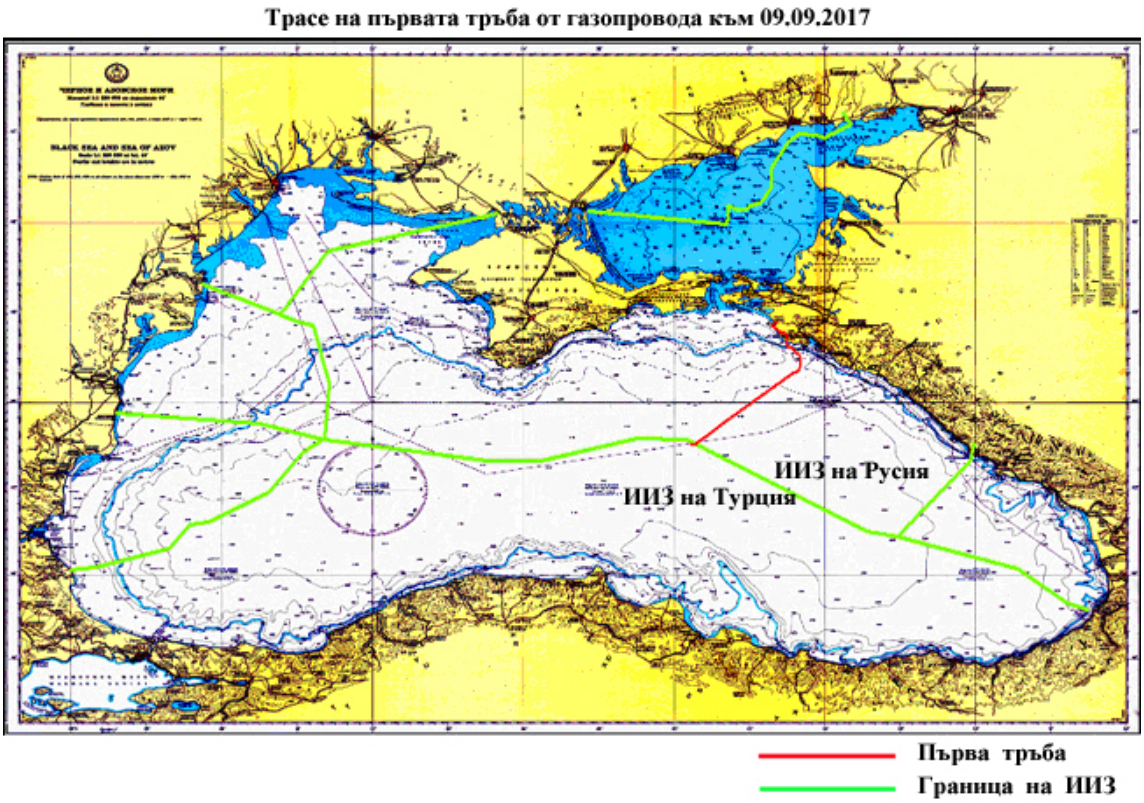
Полагането в дълбоководната част бе продължена на 23 юни от Pioneering Spirit, специализиран кораб на компанията Allseas, в присъствието на президента на Русия В.В. Путин.



Фиг. 3. Местоположение на Pioneering Spirit на 23.06.2017 г.



Фиг. 4. Местоположение на Pioneering Spirit на 10.07.2017 г.



Фиг. 5. Позиция на първата тръба към 09.09.2017,
нанесена върху морска навигационна карта на Черно море

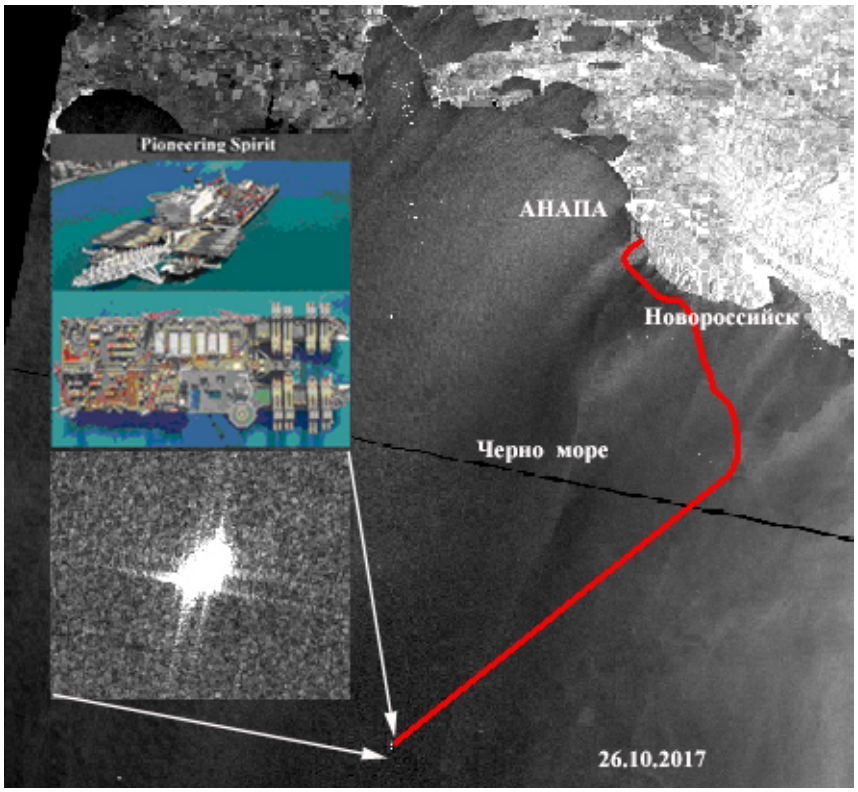
До 9 септември 2017 г. беше положена 230 км от първата тръба и тя достигна ИИЗ на Турция. След 9 септември настъпи коренен прелом в планове на „Газпром". Корабът Pioneering Spirit напусна ИИЗ на Турция и се завърна край Новоросийск - Русия. До там другият специализиран кораб Audacia е положил 30 км от втората тръба.

Фиг. 6. Местоположение на Audacia на 03.07.2017 г.

На 11 септември започна полагането на втората тръба в дълбоководната част на Черно море.

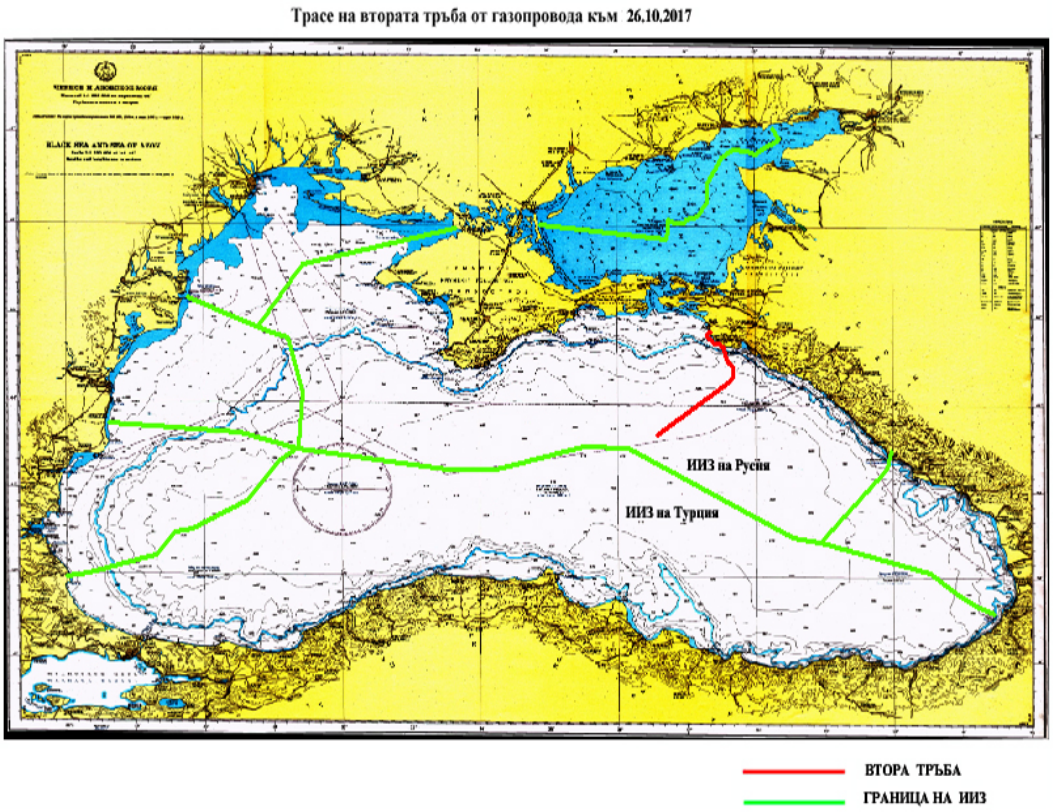
Фиг. 7. Местоположение на Pioneering Spirit на 11.09.2017 [5]

Към 26 октомври е положена общо над 190 км от трасето на втората тръба и работата продължава на дълбочина над 2100 м.



Фиг. 8. Местоположение на Pioneering Spirit на 26.10.2017 [4]

Средната скорост на полагане е от 3,5 до 4,3 км в денонощие. При тази скорост втората тръба ще достигне позицията на първата в ИИЗ на Турция през първата половина на ноември при липса на форсмажорни обстоятелства. Тази рокада в планове на „Газпром" подсказва за наличие на сериозни причини, които излизат извън рамките на настоящата публикация.



Фиг. 9. Позиция на втората тръба към 26.10.2017, нанесена върху морска навигационна карта на Черно море

Заключение

Сателитните системи за дистанционни изследвания на Земята от Космоса позволяват да се извършва мониторинг на изграждането на газопровода „Турски поток" и прогнозира неговото бъдещо състояние.

Литература:

1. Димитров, И., П. Ангелов, Рискови фактори и събития, свързани с изграждане и експлоатация на газопровода Южен поток, Екологично инжнерство и опазване на околната среда, ISSN 1311-8668, № 3-4, 2013, 5-9.
2. Димитров, И., П. Ангелов, Рискови събития, свързани с изграждане и експлоатация на газопровода Южен поток, Доклади от научна конференция „Актуални проблеми на сигурността", НВУ „Васил Левски", ISSN 978-954-753-200-7, Том 8, 2013, 22-30.
3. NASA, TERRA, MODIS, 2017.
4. ESA, Copernicus Sentinel 1A, 1B 2017.
5. ESA, Copernicus Sentinel 2A, 2017.

УПРАВЛЕНИЕ НА ЧОВЕШКИТЕ РЕСУРСИ В ПРОЕКТИТЕ

Надя Маринова

Нов български университет
e-mail: nmarinova@nbu.bg

***Ключови думи**: човешки ресурси, проекти, мениджър, екип, фирма, персонал*

***Резюме:** Организацията на всяка дейност, в това число и работата по проект изисква решаването на две основни задачи – формиране на екип и организиране дейността на този екип. Екип на проекта е едно от главните понятия в управлението на проект. Именно управлението на човешките ресурси осигурява реализацията на замисъла на проекта. В последните години реалностите на пазарната икономика и преходът към системата за управление на проекти наложи да се допълни съставът на участниците в проекта с нови лица: управляваща компания; партньор; консултант; спонсор; изпълнителен директор; мениджър; офис управление; участник в проекта. В зависимост от типа на проекта в неговата реализация могат да вземат участие десетки хора. Всеки един от тях има свои функции, степен на участие и отговорност към проекта.*

MANAGEMENT OF HUMAN RESOURCES IN PROJECTS

Nadya Marinova

New Bulgarian University
e-mail: nmarinova@nbu.bg

***Key words:** Human Resources, Projects, Manager, Team, Firm, Staff*

***Abstract:** The organization of each activity, including work on a project, requires the solving of two main tasks - team formation and organization of the team. The project team is one of the main concepts in project management. It is the management of human resources that ensures the realization of the project concept. In recent years, the realities of the market economy and the transition to the project management system have made it necessary to complement the composition of the participants in the project with new persons: a management company; partner; consultant; sponsor; CEO; manager; office management; participant in the project. Depending on the type of project, dozens of people can take part in it. Each of them has its own functions, degree of participation and responsibility for the project.*

В управлението на човешките ресурси се разграничават следните етапи: *разработване на план за управление; подбор на екип за проекта; подготовка на екипа за проекта; управление на екипа на проекта.*

Мениджърът на всеки проект е длъжен да отчита факторите, които могат да оказват както положително, така и негативно влияние върху набора от специалисти и изпълнители, привлечени за участие в реализирането на един проект. Такива фактори могат да бъдат:

- *околната среда;*
- *географското разпределение по месторабота;*
- *формите и способите за комуникация между членовете на екипа и заинтересованите лица от проекта;*
- *ниво на достъпност до информацията по проекта за членовете на екипа;*
- *степен на регламентирането на дейностите и степен на свободата за вземане на решения от членовете на екипа;*
- *различията в нивата на компетентност между членовете на екипа;*
- *различията в практическия опит по изпълнението на проекти;*

- *културни различия между членовете на екипа;*
- *етичните норми, приети във фирмата, изпълняваща проекта и др.*

За мениджъра е особено важно да отчита характерните особености на понятието „екип“. Не всяка група от специалисти е екип. Групата става екип на проекта само при спазване на определени условия. Например, такива като: определяне на общите цели за групата (целта на проекта), разпределение на ролите и отговорностите за изпълнение на дейностите и получаването на резултати, определяне на отчетността за всеки от участниците в групата, определяне на реда и правилата за взаимодействие между членовете на групата в процеса на реализацията на проекта, съвместна дейност на участниците (физически и виртуално).

Процесът на за управление на човешките ресурси включва разработване на плана за определянето на техния състав и изискванията към него, необходими за изпълнението на проекта. Този план се формира като единен документ или сбор от няколко плана и може да се състои от следните раздели:

- *определяне и обосноваване на потребностите от персонал за проекта и изискванията към него (компетентност и готовност за работа в екип);*
- *разпределение на ролите и отговорности на участниците;*
- *организационна структура на проекта;*
- *план за подбора на персонала;*
- *график на отпуските на участниците в проекта;*
- *план за развитие на персонала, привличан за проекта;*
- *система за възнагражденията на персонал по проекта;*
- *осигуряване охрана на труда и професионална безопасност, и т.н.*

Необходимостта от разработването на всички или част от посочените раздели, както и степента на тяхната детайлизация, зависи от изискванията на изпълняващата организация или инвеститора на проекта, от мащаба и типа на проекта.

Като основа за определяне потребностите на проекта от персонал и изискванията към членовете на проектния екип се използват документите, описващи съдържанието на дейностите и изискванията на операциите към ресурсите, необходими за тяхната реализация.

Разпределянето на ролите и отговорностите между участниците в проекта или за отделни негови етапи, а също така и реда на тяхната подчиненост в рамките на проекта могат да се описват в следните три формата: първи, *структури от йерархичен тип* (по участници или групи участници); втори, *матрични форми* (по роли – отговарящ, утвърждаващ, консултиращ, информиращ, изпълняващ, съгласуващ); трети, *текстови формати* – описание на разпределението на ролите в такива документи като устава на проекта, в това число в плана за осигуряване на качеството, в описанието на рисковете, в плана за покупките за проекта и др.

При описание на позициите по проекта е препоръчително да се включва: *наименование на позицията; подчинеността; област на отговорности на всяко лице; правомощия; изисквания към нивото на компетентност; режим на работното време; индивидуални показатели за всяка позиция.*

При разработването на плана за подбор на персонала и планирането на неговото натоварване следва да се отчитат нормите и ограниченията определяни от трудовото законодателство, колективните и индивидуалните трудови договори, а също така и вредните или опасни условия за труд, в които могат да се изпълняват определени дейности по проекта.

Персоналът за проекта може да бъде привлечен както от вътрешни, така и от външни източници, в това число: *от сътрудници във фирмата; от външни специалисти или експерти, които преди това са привличани от фирмата; чрез обявления в СМИ и Интернет; чрез привличане на предприемачи за изпълнение на определени дейности по проекта; чрез компании, предоставящи специалисти за аутсорсингови услуги.*

При разработването на системата за заплащане на труда по проекта е важно да се определи политиката по възнагражденията, моделът на заплащане, техниката на заплащане, които най-добре подхождат за дадения проект или етап от проекта, индивидуални планове за заплащане на мениджърите и ключовите участници.

При разработването на политиката по възнагражденията следва да бъдат определени основните параметри на системата за възнаграждения. Особено внимание следва да се обръща на целите на основните заинтересовани лица (качество и срокове), постигането на които ще се осигуряват от системата за възнаграждения. Участниците в проекта следва ясно да знаят за какви резултати или приноси в проекта ще бъдат възнаграждавани. При това, системата за възнаграждения следва да бъде привлекателна за членовете на екипа и конкурентоспособна в сравнение с други фирми, изпълняващи аналогични проекти, както и компоненти, осигуряващи лоялност към фирмата.

Запазването на сътрудниците в проекта и тяхната лоялност към фирмата, като правило, се осигуряват чрез конкурентоспособно ниво на заплащане и различни допълнителни възнаграждения и привилегии.

За аналогични проекти с еднакъв фонд работна заплата могат да се получат различни резултати в зависимост от избраната система за възнаграждения. Основен принцип, към който следва да се придържа системата за възнаграждения, е да се заплаща на участниците в проекта за това, което се очаква да се получи от тях. Но при това е целесъобразно да се отчита от тях самите какво биха искали да получат за изискванията по проекта резултати. Може да се получи ситуация, при която за предлаганите пари те или няма да се съгласят да изпълняват предлаганата работа, или, независимо от значителното възнаграждение, да не ги устройва самата работа. Затова при разработване на модела за възнаграждения по проекта следва да се комбинират различни техники за заплащане и различни нефинансови компоненти в системата за възнаграждения.

За мениджърите на проекта и ключовите специалисти могат да бъдат разработени индивидуални планове за заплащане или индивидуални компенсационни пакети.

За участниците в проекта, които ще изпълняват дейности, свързани с повишена опасност, е необходимо да се проведе специално обучение и да се разработят инструкции по охрана на труда и техника на безопасност

Формиране на екипа на проекта включва както сътрудниците във фирмата, участващи в проекта, така и външните специалисти, привлечени за работата по проекта. Всички заедно формират екипа на проекта, съставът на който, като правило, се променя в различните етапи на проекта, и се подчинява на мениджъра на проекта.

Екипът на проекта представлява временна група от специалисти, създавана за изпълнение на конкретен проект. Основна задача на тази група е да осигури постигането на целите на проекта. Съставът на проектния екип се определя въз основа на: *подхода, - избран за реализиране на проекта (със силите на фирмата, в проекта се привличат външни изпълнители, проектът се предава за изпълнение на външна организация); планове и документи - определящи съдържанието на проекта; изисквания - към привличаните специалисти.*

В зависимост от мащабите на проекта, от състава на участниците и ресурсите, отделяни за управлението на проекта, могат да се формират различни типове екипи – *за мащабни проекти, за проекти с голям брой участници, за проекти, обхващащи различни по състав подразделения*.

Целта на подбора на екипа на проекта е да се търсят необходимите за изпълнението на проекта специалисти. Този процес включва следните стъпки: *първо, определяне потребностите на проекта от компетентни специалисти; второ, определяне източниците за привличане на кандидати; трето, търсене на вътрешни за фирмата източници; четвърто, търсене на външни източници; пето, проверка възможността на подбраните кандидати за включването им в екипа; шесто, подбор на кандидатите според изискванията на проекта; седмо, съгласуване с кандидатите съдържанието, календара, сроковете и условията за работа по проекта; осмо, включване на кандидатите в екипа на проекта.*

След формирането на екипа на проекта следва да се развива нивото на компетентност на неговите членове за подобряване на взаимодействието между тях, за сплотяване на екипа, за успешно разрешаване на конфликтни ситуации и за мотивиране на членовете на екипа за повишаване ефективността и постигане целите на проекта.

За изграждането на екипа и за повишаване на неговата ефективност мениджърът на проекта следва да създава и да използва подходящи методи, които да способстват за продуктивната работа на екипа. Основни от тях са:

- *изграждането на навиците за междуличностни отношения (за общуване и взаимодействие);*
- *обучение (планово и непланово в хода на възникване на проблеми);*
- *укрепване на екипа (специални тренинги и неформални дейности – спортни мероприятия, съвместни честванията и т.н.);*
- *правила за работата в екипа (формални и неформални;*
- *съвместно разположение на работни места (общи стаи или работно пространство за съвместна дейност);*
- *признаване на заслуги и възнаграждения според приносите на съответните членове на екипа;*

- *методи за разрешаване на конфликти в зависимост от техния тип (между екипа и външни контрагенти, между екипи на различни проекти, междуличностни конфликти).*

Съществуват различни модели, описващи етапите в изграждането на проектните екипи. С най-голяма известност и признание се ползва моделът на Брюс Тъкман, който включва пет етапа през които последователно минават в своето развитие преобладаващата част от малките екипи.

Етапи в изграждането на екипа	**Структура на екипа** (форми на междуличностни взаимодействия)	**Цел на действията** (съдържание на последователността по отношение на задачите)
1.Формиране (*Forming*) – ориентиране, проверка и зависимост	Проверка и зависимост	Ориентиране към задачата
2.Изграждане на взаимодействията и отношенията в групата (*Storming*)	Вътрешногрупов конфликт	Емоционална реакция към изискванията на задачите
3.Нормализация (*Norming*) – откритост към другите членове на екипа	Изграждане на единството на екипа (чувството за общ интерес) и взаимна подкрепа	Открит обмен на съответни интерпретации за случващото се, изразяване на лично мнение
4.Изпълнение – конструктивни действия (*Performing:constructive action*)	Ролите на членовете на екипа стават гъвкави и функционални. Структурните въпроси са разрешени. Структурата е в състояние да подкрепя изпълнението на задачите.	Междуличностната структура става основен инструмент за изпълнение на задачите. Енергията на екипа е насочена към решаване на задачите.
5.Завършване – разформиране на екипа (*Adjourning: Disengagement*)	Безпокойство от раздялата с членовете на екипа и от завършването на съвместната работа – тъга, чувства на привързаност към лидера и членовете на екипа	Самооценка

За всеки етап трябва да се разграничат задачите, които следва да решава мениджърът на проекта за изграждането на екипа с отчитане на типичните особености в поведението на неговите членове, а също така и ключовите въпроси, на които членовете на екипа следва да намерят отговори в рамките на съответния етап.

На етапа формиране (*Forming*) е препоръчително да се решават следните задачи:

- *мениджърът разработва целите за екипа и назначава неговите членове;*
- *проверява и определя границите на допустимо поведение както във взаимоотношенията между членовете на екипа, така и при изпълнение на поставените задачи;*
- *оценява външните членове на екипа и задълженията им по проекта;*
- *оценява потенциалните рискове и съответните възнаграждения;*
- *въпроси, на които е необходимо да се търси и получи отговор от всеки член на екипа:*
  - *Какво биха вършели заедно с участието си в проекта?*
  - *Желаят ли да участват в дадения проект?*
  - *Кой отговаря за проекта като цяло?*
  - *Какъв може да бъде личният принос на всеки член на екипа?*
  - *Какво се очаква от всеки участник в проекта?*
  - *Какво е „за“ и „против“ участието на всеки в проекта?*
  - *Какви са хората, участващи в екипа?*
  - *Възможно ли е да работят заедно?*
  - *Съществува ли взаимно доверие?*

На етапа изграждане на взаимодействията и отношенията в групата (*Storming*) е препоръчително да се решават следните задачи:

- *управление на очакванията и ролите на членовете на екипа;*

- *разрешаване на възможни конфликти;*
- *възможно оспорване целите на екипа;*
- *възможен разкол на екипа на подгрупи;*
- *възможна борба за влияние и контрол;*
- *възможна съпротива на поставените задачи и на ръководителя на проекта;*
- *възможно скрито обсъждане на ситуации в проекта;*
- *въпроси, на които е необходимо да се търси и получи отговор от всеки член на екипа:*
  - *Защо се извършват промени в проекта?*
  - *Какъв е смисълът от тях?*
  - *Защо е избран този подход за изпълнението на проекта?*
  - *Защо не е избран друг подход?*

На етапа нормализация (*Norming*) е препоръчително да се решават следните задачи:

- *управление на взаимоотношения та и усилията за изпълнение на задачите;*
- *реализиране на очакванията за ефективността на екипа;*
- *преразпределение на ролите в проекта и актуализиране на операционните процедури;*
- *определяне на правилата за решаване на възникнали проблеми;*
- *изясняване на процесите за решаването на конфликти в екипа;*
- *формиране на екипна култура;*
- *въпроси, на които е необходимо да се търси и получи отговор от всеки член на екипа:*
  - *Кой, какво и кога работи?*
  - *Колко често членовете се срещат в рамките на проекта?*
  - *Как членовете на екипа разрешават проблемите?*
  - *Как членовете на екипа вземат решения?*
  - *Кое прави нашият екип особен?*

На етапа изпълнение – конструктивни действия (*Performing:constructive action*) е препоръчително да се решават следните задачи:

- *изпълнение на задачите;*
- *оценка на резултатите;*
- *стремеж за подобряване на проекта;*
- *изравняване на ролите на членовете на екипа;*
- *сплотяване на екипа;*
- *стремеж за постигане на високо ниво на лоялност и доверие между членовете на екипа;*
- *въпроси, на които е необходимо да се търси и получи отговор от всеки член на екипа:*
  - *Как може да се подобрят действията на всеки от членовете на екипа?*
  - *Има ли по-добри подходи и решения?*
  - *Какво може да се извърши в по-голям мащаб?*
  - *С какво всеки член на екипа може да помогне?*

На етапа завършване – разформиране на екипа (*Adjourning: Disengagement*) е препоръчително да се решават следните задачи:

- *управление на взаимоотношенията и усилията по изпълнение на задачата;*
- *отчитане на противоречивите емоции у членовете на екипа (тъга, признателност, усещане за щастие и др.);*
- *отчитане на неопределеността по отношение на завършването на проекта и бъдещето на всеки член след това;*
- *въпроси, на които е необходимо да се търси и получи отговор от всеки член на екипа:*
  - *Какво следва да правя сега?*
  - *Къде се намирам в момента в рамките на проекта?*
  - *Следва ли да напусна фирмата след завършването на проекта или да остана в нея?*

За изграждането на екипа на проекта мениджърът следва да е в състояние да оцени какви роли да определи за всеки от екипа, а също така на кого от членовете на екипа да ги възложи, отчитайки неговите индивидуални особености. Следва да се отчита, че при определянето на роли в екипа, съвместимите една с друга могат да бъдат изпълнявани от едно и също лице (например, ролята на „координатор“ и „формиращ решения“). Ключ за успеха в

екипа е постигането на баланс в ролевата структура на екипа – по хора, способни да изпълняват различни роли, необходими за постигане целите на проекта, и по взаимодействие между ролите. В процеса на съвместната дейност мениджърът е длъжен да следи за разминаването и дублирането на ролите на участниците в проекта и, при необходимост, да коригира и оптимизира разпределението на ролите на всеки етап от изпълнението на проекта.

При изграждането на ролевия профил на членовете на екипа се анализират три категории позиции: *първа, предпочитани роли – роли, които са най-удобни и естествени за човека; втора, управляеми роли – роли, които човек може да играе, ако това е необходимо от гледна точка на интересите на екипа; трета, най-слабо предпочитани роли – роли, които човек не приема като естествени и удобни (роли, които обикновено се избягват).*

Членовете на проектния екип могат да изпълняват едновременно 3-4 роли, а също така и да се превключват от една роля в друга с отчитане на промените в ситуацията по проекта.

Управлението на екипа на проекта се заключава в контрола на дейността на членовете на екипа, в осигуряването на обратна връзка, в решаването на възникнали проблеми и в управлението на измененията с цел повишаване ефективността на проекта.

За управлението на екипа са възможни следните методи: *наблюдение и обсъждане; оценка ефективността на изпълнението на проекта; методи за разрешаване на конфликтите (по повод на ресурсите, приоритетите, стила на работа и т.н.).*

Успехът на проекта в голяма степен зависи от способността на мениджъра да разрешава конфликти между участниците в проекта, а също така и между екипа на проекта и външни контрагенти. Разграничават се няколко основни метода за разрешаване на конфликти: *бягство – отстъпление от фактически или потенциални конфликтни ситуации; примиряване – подчертаване на допирните точки вместо противоречивите позиции; компромис – търсене на решения, удовлетворяващи всички страни; принуждаване – лобиране за едната гледна точка срещу всички останали; сътрудничество – обединяване на множество гледни точки и възгледи с различни перспективи и постигане на консенсус, което води до подкрепа на решението от всички страни; конфронтация – конфликтът се разглежда като проблем, който е необходимо да се реши чрез изследване на алтернативи, взаимни отстъпки и открит диалог.*

В заключение следва да се подчертае, че при правилно разрешаване на конфликти, в резултат на наличие на различни мнения и позиции на участниците в проекта, енергията, произтичаща от тях, може да се използва в полза на проекта.

Session 4

Ecology and Risk Management

Chairman: Prof. Garo Mardirossian
Secretary: Tsveta Srebrova, MS

THE C A B A R E T PROJECT AND BULGARIAN PARTICIPATION

Boyko Ranguelov[1], Richard Haigh[2], Dilanthi Amaratunga[2], Maria Merino Gonzalez-Pardo[3], Ruben Paul Borg[4], Francesco Romagnoli[5], Samantha Hettiarachchi[6], Fathmath Shadiya[7], Shazla Mohamaed[7], Marlon DL Era[8], Maria Caridad[8]

[1]Mining and Geology University – Sofia
e-mail: branguelov@gmail.com
[2]The University of Huddersfield – UK
[3]IHC Cantabria – Spain
[4]University of Malta – Malta
[5]Riga Technical University – Latvia
[6]University of Moratuwa - Sri Lanka
[7]Maldives National University – Maldives
[8]De La Salle University – Philippines

Keywords: *early warning systems, multihazards, education, Asia, Europe*

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 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 Bulgarian participation is active as co-chair 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.*

ПРОЕКТЪТ C A B A R E T И БЪЛГАРСКОТО УЧАСТИЕ

Бойко Рангелов[1], Richard Haigh[2], Dilanthi Amaratunga[2], Maria Merino Gonzalez-Pardo[3], Ruben Paul Borg[4], Francesco Romagnoli[5], Samantha Hettiarachchi[6], Fathmath Shadiya[7], Shazla Mohamaed[7], Marlon DL Era[8], Maria Caridad[8]

[1]Минно-геоложки университет – София
e-mail: branguelov@gmail.com
[2]Университет в Хъдърфилд – Англия
[3]ИХС Кантабрия – Испания
[4]Университет на Малта - Малта
[5]Технически университет в Рига – Латвия
[6]Университет Моратува – Шри Ланка
[7]Национален университет на Малдивите – Малдиви
[8]Де Ла Сале Университет - Филипини

Ключови думи: *системи за ранно предупреждение, комплексни опасности, образование, Азия, Европа*

Резюме: *Проектът CABARET (**CA**pacity **B**uilding in **A**sia for **R**esilience **E**duca**T**ion) е финансиран от Европийската Комисия по програмата Erasmus. Той има за основна цел да засили международното и междуконтинентално сътрудничество в обучението по важната тематика – създаване и използване на комплексни системи за ранно предупреждение от природни опесности. Създаден е консорциум от 14 институции от висшето образовение от 9 страни – 4 европейски и 5 азиятски. (Азия, като най-застрашен континент от комплексни опасности – земетресения, цунами, тайфуни, наводнения и др.) .Основната част от изследванията и практическите приложения са в създаването*

на програми и лекционни курсове за обучение в областта на природните бедствия и разпространението на информацията от комплексните системи за ранно предупреждение. Описано е и планираното българско участие.

Introduction

A new Erasmus+ project called CABARET explore the possibilities about sustainable education for the early warning systems covering multihazards events. Fourteen institutions from Bulgaria, Indonesia, Latvia, the Maldives, Malta, Myanmar, the Philippines, Sri Lanka, are included in the consortium and the United Kingdom that hosts the University of Huddersfield's Global Disaster Resilience Centre, leading partner of the CABARET project (Capacity Building in Asia for Resilience Education, 2016). The organization of the Project is constructed by two main groups of partners – so called "program countries" and so called "partner countries". There are also some associated partners – usually internationally recognized organizations - like ADPC, IOC (UNESCO), etc. The mutual cooperation is established to develop and use effectively the knowledge, experience and expertise, together with the education of the specialists, decision-makers and population of the countries threaten by complex natural hazards, which has developed (or intend to do so in near future) early warning systems. The exploitation of the world positive practices and examples will be broadly incorporated in the educational platform. The structure of the Project suggests initial collection of data, gaps and needs definition of the threaten countries. Then assessment, scientific approach to the gaps and needs formulation and sustainable solutions will be preformed. The partner countries collect initial information and data. The program countries assess need and gaps and produce recommendations. Both types of partners, participate to the educational platform development, fulfilling needs, providing sustainability and producing manual and other educational materials. The regional innovation hub is intended to use modern technologies in case of multihazards early warnings. The final purpose is to integrate the local needs, educational materials and multihazard early warning systems to the global initiative for people and infrastructure protection by the developed educational platform. To build capacity for international and regional cooperation among Asian HEIs (Higher Education Institutions) and European ones is another very important aim of the Project. The coordination, quality assurance and dissemination activities to bring the results to the wider public and scientific community are also among the purposes of the Project (Capacity Building in Asia for Resilience Education, 2016).

General subject and objectives

The General objectives can be formulated to the following way:

- The capacity building for resilience education of some Asia countries related to the multihazards early warnings by use of world experience and European expertise
- Outline the gaps and needs for resilience education related to the complex early warnings
- Strengthening the cooperation among partner and program countries to provide high reliable end effective resilience education of students in HEIs, between the decision makers and among the population
- Creation of innovative hub for use of the recent technologies ("smart sensors", satellite communications, smart phones, supercomputers, digital world and social networks) to provide resilient societies threaten by multihazards.
- Introduction of the innovative platforms for resilient education related to the multihazard early warning systems including – on-line education at different levels, manuals, major online open courses, manuals, etc. to support the education and practical application to the costal societies.

All these tasks will be executed by seminars, on site education, on-line surveys, networking and frame working workshops, etc. The extended dissemination policy is intended to cover wide social groups and extended cooperation with economic and social partners.

Work Program and Packages

The Work program of the project is intended to be execute for 3 years period. All works to be performed are organized in several working packages:

Work Package 1 – Title: Intra- and inter-regional capacity building framework

This is the main package. It has coverage of all aspects of the Project, focusing on the current status of the countries' preparation, MHEWS in action or intended, questionnaire distribution about needs and gaps and preparation of the country report called "country position paper" for the partner countries. The role of the program countries is to assess the reliability and the regional monitoring framework, as well as the outlined needs and gaps.

Work package 2 – Title: Project management
The package deals with the project management and coordination between coordinator and partners, as well as among the partners. The creation of a Steering committee as executive body during the time of the project is intended. The visits about meetings, partners exchange and other actions as well as time schedules are also included.
Work Package 3 – Title: Quality assurance and monitoring
The package is targeted to the quality control and monitoring of all actions related to the Project activities. The data collected and assessment need to be done according the recent criteria of the scientific approach and to avoid negative influence of rumors and fake news.
Work Package 4 – Title: Regional innovation hub for multihazards early warning systems
The hub is one of the important issues of the Project, because the fast development of the technologies, communications and "smart sensors" as well as warning issues dissemination among the decision makers and population is a critical element to the effective functionality of any MHEW.
Work Package 5 – Title: Regional cooperation for multihazards early warning systems
This package is important from point of view of integration and unification of the local EWS to the regional and/or global level. The technologies transfer, warning issues, common protocols, unified data formats, etc. are important parts of the regional cooperation. It can serve as pioneering work in this direction and to be a good example of the developed tools.
Work Package 6 – Title: Partnership with social and economic actors
Specific actions in this working package is very important, because the partnership between social and economic partners and the educational communities can help the deeper understanding of the prevention and safety measures performed by the whole society.
Work Package 7 – Title: Learning and teaching tools methodologies and approaches
One of the most important packages due to the deliverables targeted to all target groups. The created platform, MOOCs (Major Online Open Courses), technical manuals and brochures, together with the use of the Internet abilities for distant education are modern tools for HEIs high effective performance of the knowledge for real practical purposes.
Work Package 8 – Title: Dissemination and exploitation
The results obtained during the Project execution need to be largely distributed among specialists, scientific communities, HEIs (teaching staff and students), decision makers and wide population about the MHEWS. All possible ways will be explored in these directions – workshops, meetings, conferences, newsletters, web-pages, social media, TV, newspapers and magazines, teaching programs and platforms, interviews, press-releases, etc. The dissemination topic is considered as one of the most important.

Products and Benefits

The work program is focused to produce and promote deferent types of deliverables as main products of the investigations, scientific analysis and practical results for larger use and performance. Among others the most important are:

- A regional monitoring and assessment network report (WP1)
- Country positions papers (WP1)
- Regional position paper (WP1)
- Organizing events (WP2)
- Interim and Closure Reports (WP2)
- Steering committee establishment (WP2)
- Quality board meetings and minutes (WP3)
- Quality plan (WP3)
- Independent evaluation reports(WP3)
- Partners' and participants' evaluation surveys and statistical analysis (WP3)
- Annual self-evaluation (WP3)
- Creation of regional innovation hub (WP4)
- Sandpit events organization (WP4)
- Short term scientific missions for innovations seminars (WP4)
- Innovation training workshops and materials (WP4)
- Capacity building roadmap for regional gaps and priorities (WP5)
- Regional cooperation training program and materials (WP5)
- Regional cooperation training events (WP5)
- University - social and economic partnership and secondment plan. (WP6)
- Secondments (WP6)
- University - social and economic partnership training events (WP6)
- Functional and technical specifications (WP7)

- Online regional capacity building platform (WP7)
- Manual for regional capacity building platform (WP7)
- Major Online Open Courses (WP7)
- Dissemination and exploitation plan (WP8)
- Project website(WP8)
- Promotional kit (brochures, articles, press-release, posters) (WP8)
- Sustainability plan (WP8)
- Briefings on the Project (WP8)
- Training materials (WP8)
- Conference and Journals papers (WP8)

The target groups and management

The target groups included to the project activities and achievements are separate in several groups:

- Teaching staff – an important group which must be educated by the best ways and to get maximum knowledge from the results of the project to be able to transfer this knowledge to others.
- Students – the main consummator of the knowledge and practices
- Technical staff – to learn the lessons and to apply the knowledge to the laboratories, maintaining staff and technical solutions.
- Trainees – important part of the educated components at all levels.
- Administrative staff – to have knowledge about correct solutions and effective management in any critical case and situation appearance.
- Librarians – for effective transfer of the knowledge to larger groups of people using literature.

Wide population is also a target group even not explicitly mentioned. The prevention could be effective, if all population benefits from the project achievements.

The project management provides different roles to the different participants. As program country Bulgaria participates in all assessment procedures of the survey for gaps and needs. The partner countries position papers will be integrated to the regional positions paper with the intensive participation and expertise use of the program countries. As a operative ruling body, the Steering Committee includes representatives from all participating institutions. In such way, MGY has a membership participant in the Steering committee. MGU together with the University of Maldives are leading partners to the working package 7 - Learning and teaching tools methodologies and approaches. In this frame the UM will develop a resilient education platform and all other activities will be executed simultaneously. MGU will play an important role in:

- Multihazard early warning systems education – development and shearing software and hardware experience for the complex geological and meteorological marine hazards and risk reduction (Ranguelov, B. ,2014; Parushev I., et al, 2015; Parushev I, and B. Ranguelov., 2014).
- The process of shearing knowledge and experience, especially kinematic models of MHEWS. Such kinematic models (Ranguelov, B., 2011), related to the earthquakes and tsunamis have been developed for Azerbaijan (Baku case) (Ivanov Y., et al, 2016) and Italy (Venice case – Parushev I, and B. Ranguelov., 2014). Several others have been produced during the execution of different projects – MARINGEOHAZARDS (Ranguelov B., et al, 2011), DACEA (Ranguelov B. (2013), SCHEMA and SIMORA Ranguelov B., 2010), etc.
- Education of any interested people at different levels – from population to the higher educational institutions and decision makers Ranguelov, B., 2011).
- Input preparation for the other partners to the related topics
- Involvement to the research for some examples and case studies for other partner countries Ranguelov B., 2013).

The importance of the CABARET Project to MGU can be summarized as:

- cooperation with specialists from different countries with different environment and threats to the population and infrastructure
- exchange knowledge, educational experience at different levels and to create new tools for education about Natural and anthropogenic hazards

- development of the larger platform for prevention and protection activities and to increase the knowledge of the specialists and population to the filed of Natural and Anthropogenic hazards and multiple hazards early warning systems (Ranguelov, B., 2011).

Conclusions

The participants in the Project CABARET believe in its pioneering role and the Project development, execution and deliverables and achievements reached are clearly outlined due to the following factors:

- Innovative approach to the capacity building of the sustainable education, international framework and specialized HEIs programs about use and effectiveness of the Multihazrds early warning systems and their application in everyday practice.
- Hub creation about the use of innovative technologies, smart sensors, fast early warnings communications and new technologies like electronics, robotics, distant methods and imaginary, space technologies, etc. is an new approach to this direction.
- Educational platform, specific tools and specialized manuals for the educational aims, large application of the MOOCs and other innovative tools about higher education related to the MHEWS are among the first developed methodologies and approaches, which could be rather useful to any other country, local or regional framework, as well as for everyday educational practice for the Integrated Coastal Areas Management..

References:

1. Capacity Building in Asia for Resilience Education – CABARET Project. Detailed Description of the Project. Annex IV. Version 1., 2016, 201 pp.
2. Ranguelov, B. Early warnings - Bulgarian experience in case of time deficit systems (earthquakes and tsunamis), Proceedings 1/2, 5th ICC&GIS, 2014, 2014, pp.738-745.
3. Parushev, I., et al, Kinematic modelling of idealized system for early registration and warning in case of an earthquake., In: Proc. 7th BgGS National Conference "GEOPHYSICS 2015", 2015, pp. 1-8. (on CD)
4. Parushev, I., B. Ranguelov. General principles of the kinematic models used in early warning systems – earthquakes and tsunamis (VENICE CASE) ., Ann. of M&G University, Vol. 57, Part I, Geology and Geophysics, 2014, pp. 95-100.
5. Ranguelov, B. Natural hazards – nonlinearities and assessment, Acad. Publ. House (BAS), 2011, pp. 327.
6. Ranguelov, B. Complex geophysical investigations – natural hazards, monitoring and early warning systems, on land and in the Black sea, In: Proc. of the 4th Int. scientific and technical conference "Geology and hydrocarbon potential of the Balkan-Black Sea region" 11 - 15 September, Varna, Bulgaria, 2013, pp.118-126
7. Ranguelov, B., Iliev, T. A kinematical model of the Seismic Early Warning System (SEWS), Proc. 7th Balkan Geophysical Congress, Tirana, 7-10th October 2013.
8. Ranguelov B., Atlas of the tsunami risk susceptible areas along the Northern Bulgarian Black Sea coast – Balchik site. 2010. 25 p.
9. Ranguelov B., et al, MARINEGEOHAZARDS Project – key core elements of the early warning system in the Black Sea., Ann. of M&G University, Vol. 54, Part I, Geology and Geophysics, 2011, pp. 177-182.
10. Ivanov Y., et al, KINEMATIC MODELS AND EARLY WARNING SYSTEMS (EARTHQUAKES AND TSUNAMIS) FOR AZERBAIDJAN (BAKU CASE), Ann. of M&G University, Vol. 59, Part I, Geology and Geophysics., 2016, pp.95-100.
11. http://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/projects/eplus-project-details-page/?nodeRef=workspace://SpacesStore/5315e537-5ff2-42ed-888d-d8f3fb6ce86c
12. 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.

PROJECT A C U S A N (ACOUSTIC INVESTIGATIONS IN ANTARCTICA)

Boyko Ranguelov, Tatiana Asenova, Emil Oinakov

Mining and Geology University – Sofia
e-mail: branguelov@gmail.com

Keywords: *Antarcrica, sounds and noises, analysis*

Abstract: *The **ACUSAN** (ACoUStic investigations in ANtarctica) Project was contracted to the Bulgarian Antarctic Institute in 2016. The project has two phases – field measurements and acoustic investigations of the collected acoustic signals and noises. The main purpose of the project was to measure and characterize the acoustic environment around the Bulgarian Antarctic Base (BAB). As the sounds in Antarctica are very particular and peculiar, the people living in such conditions feel rather different than in usual civil sound environment. The tasks of the project are developed in two main directions. First – to collect field data and information and second – to proceed the data and to investigate the frequency and dynamic range of the registered signals. Except the technical characteristics of the signals in Antarctica, the sounds registered during the travel trip are also investigated. So, the full acoustic picture influencing the polar people to be documented, investigated and determined in its full range.*

ПРОЕКТ АКУСТИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА АНТАРКТИДА (АКУСАН)

Бойко Рангелов, Татяна Асенова, Емил Ойнаков

Минно-геоложки университет – София
e-mail: branguelov@gmail.com

Ключови думи: *Антарктида, акустически сигнали, шумове, анализ*

Резюме: *Проектът АКУСАН (АКУСтически изследвания в АНтарктида) е представен и одобрен през 2016 година от Българския Антарктически Институт (БАИ). Основната му цел е чрез измервания и документиране на различни акустични сигнали и шумове, да се охарактеризира акустичната среда в района на Българската Антарктическа База (БАБ). Проектът има както чисто физически, така и някои психологически и психосоматични задачи, за да определи как и по какъв начин влияят на българските изследователи пребиваващи на БАБ по време на антарктическото лято, звуците и шумовете от естествен и/или антропогенен произход. Като се има предвид абсолютната девственост на околната шумова среда в околностите на БАБ, да се определят основните честотни и динамични характеристики на звуците, регистрирани в естествена среда с различна апаратура. Попътно, друга основна задача решавана от изследователския екип е регистрацията на естествени и искуствено създавани звуци и шумове по време на пътуването - до и от БАБ на остров Ливингстън. Като се има предвид богатото разнообразие на различните звукови източници по пътя на изследователите от естествени и изкусквени източници, да се проследят адаптационните възможности на хората. Проектът включваше два етапа. Първи – събиране, регистрация и архивиране на различните звукови и шумови сигнали. Втори – обработкана данните и сигналите с цел, пълно охарактеризиране на спектралния и динамичен диапазон на акустичната среда – на БАБ и по дългия път към нея.*

Introduction

The project called ACUSAN explore the possibilities about registration and documentation the acoustic environment in Antarctica and the way to reach it by all approaches – airplane, boat, bus, etc. The organization of the Project is constructed by two main groups of tasks – field measurements and data collection and laboratory data processing to investigate the registered acoustic signals. The first part – field data collection and registration has been done by Tatiana Assenova during the 25th national Antarctic expedition to the BAB on Livingstone Island (South Shetlands). The main part of the data processing – frequency and dynamic range of the sounds and noises has been processed by

Emil Oinakov – PhD in the field of signal processing. The overall supervision was due to the Prof. Boyko Ranguelov's initiative. It is important to mention that this work is rather innovative. Very few similar investigations have been performed by Australians [1], UK base located [2] and BBC [3] researchers, Germans [4] and Norwegians [5]. This is due to the hard weather conditions, difficulties to find and explore the respective equipment and hard working conditions in the base and on the way to and back Antarctica.

Equipment and Measurements methodology

For the recording of the signals (noise and sounds), hard memory recorder Zoom H6 APHBundle together with Mid-Side and Stereo Microphones and LCD display has been used http://www.lcd-module.com/products/oled.html
To extend the dynamic range also microphone DBX DriveRack RTA-M wide angle and directed microphone Rode NTG-2 have been included into equipment.
The methodology focused on the sounds and noise in the very quiet environment, to the middle range volume of sounds and to the high level of noise. All records lasted between second and tens of minutes. The total length of the registered records of all sounds and noise is about 23 Giga bites. The analyzed duration was selected to the 73 minutes of the representative signals of all kinds of sounds.

Data processing and Results

During the investigation process the table, the original notes and records in the operator's (Tatiana Asenova) notebook of the outdoor field measurements in Antarctica and on the way are preserved and have been used. As it is presented in the table, the original format is not presented due to the limitations of the text length, but in general two major groups of signals have been separated:

- signals generated by the natural phenomena and (about 40% of the total records)
- signals generated by man-made activity (about 50%)
- there are also some mixed signals – background noise and anthropogenic sounds (about 10%).

All these sounds have been processed in a systematic way (the steps of the methodology have been performed by us, following the main tasks of the project ACUSAN itself.

- first step – visualization of the signal in digital form
- second – selection of the representative lengths of the recorded signals
- third – spectral analysis and assessment of the selections and establishment of the predominant frequencies
- forth – dynamic range in dB, as a characteristic of the power of the sounds
- fifth – calculation of the autocorrelation function and assessment of the homogeneity of the sound sources

Most of these actions have been executed by Emil Oinakov.

Discussion and Analysis

The analysis of the results obtained shows many specifics:

- The visual forms of the signals show numerous differences (as it can be expected) – just examples are presented – fig.1 to fig. 4.

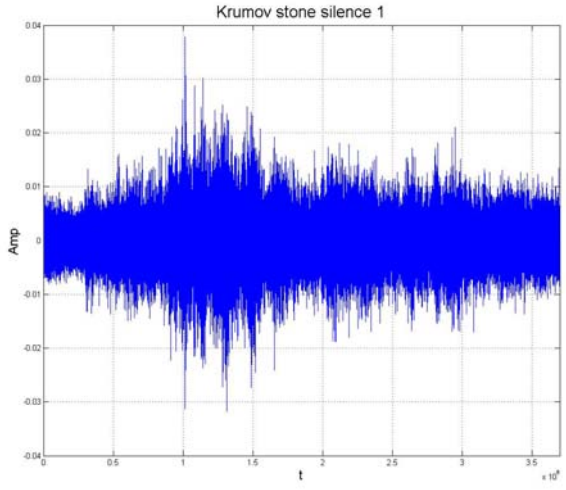


Fig. 1. The noise of silence on Krumov Kamak nunatak

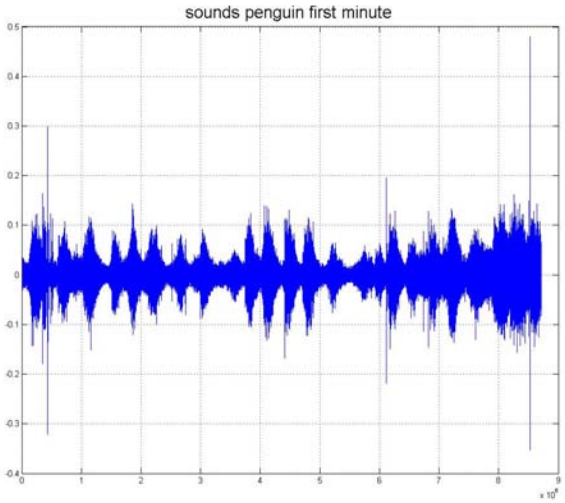


Fig. 2. Sounds of penguins on the beach

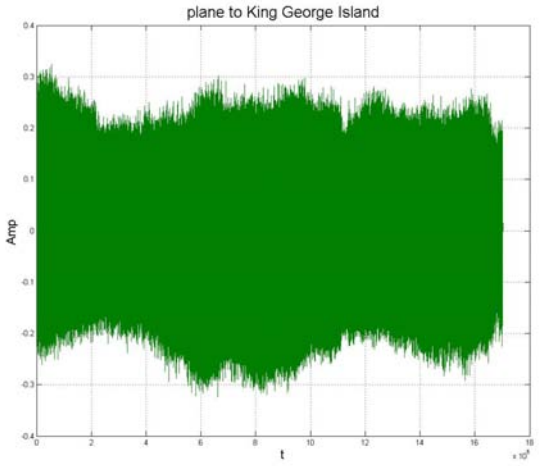


Fig. 3. Noise of the airplane landing

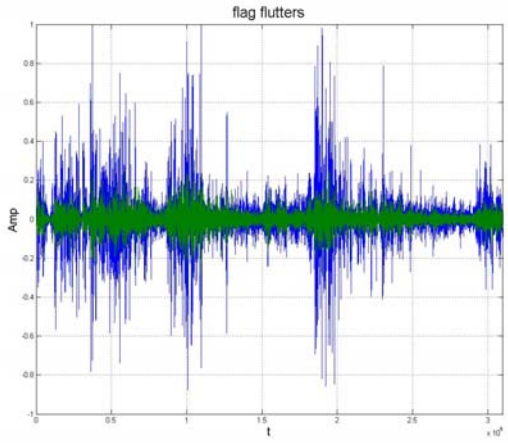


Fig. 4. Noise of the flag fluttering

- In general the frequency band covers frequencies between 0.1 to 400-600 Hz. Just for example – fig. 5, fig.6 and fig 7

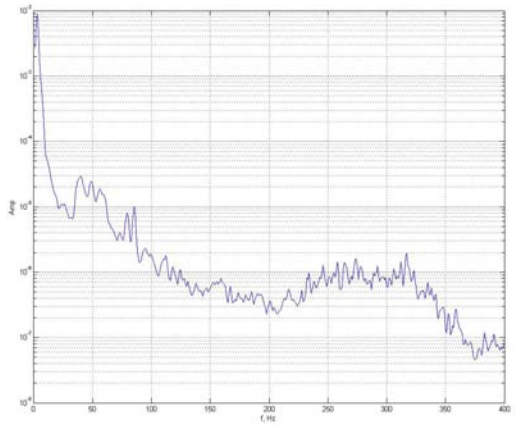


Fig. 5. Spectrum of the Krumov Kamak nunatak silence

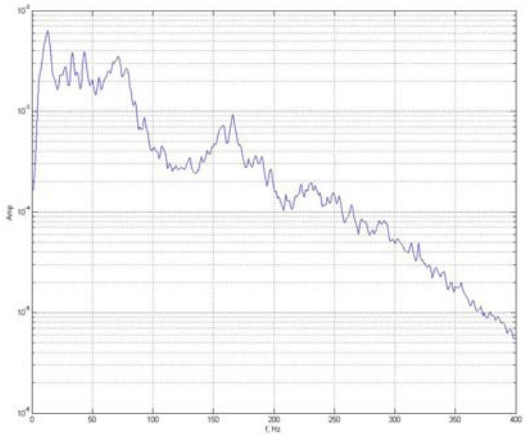


Fig. 6. Snow digging sounds – illustration of an anthropogenic and the natural noise

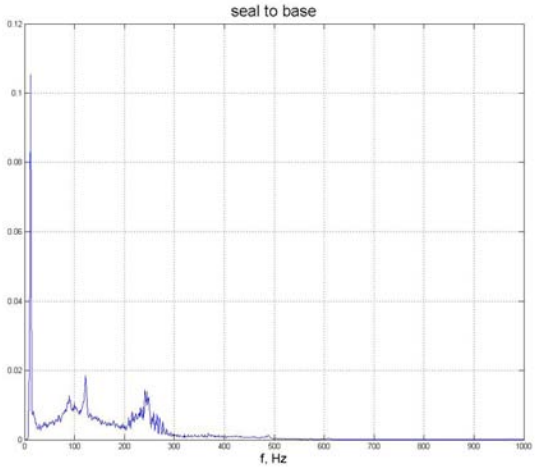


Fig. 7. Spectrum of the seal's sounds near the BAB, Livingstone Island

- The amplitudes variations have the larger interval of changes (as it can be expected) – from about 10dB to 10^{-5}dB
- The autocorrelation functions are also typical with a central maximum, which respect the homogeneity of the sources of sounds – fig. 8 and fig.9..

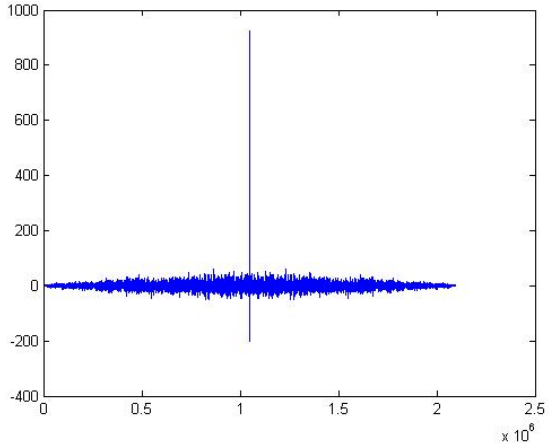


Fig. 8. Autocorrelation function of the natural noises in the South Bay

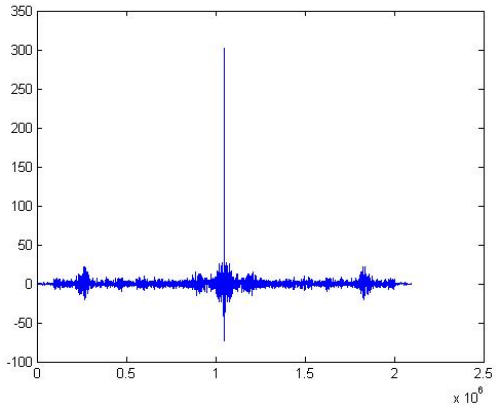


Fig. 9. Autocorrelation function of natural (rain) and human (people conversation) sounds

Of course, there are a lot of exceptions of the presented examples, but the trends established are sustainable.

Conclusions

The new and original project called ACUSAN investigates the sounds and noises in Antarctica – mainly around the Bulgarian Antarctic Base (BAB) as well as to the way to and from the BAB, covering different sources of noises and sounds – anthropogenic and natural. A lot of data and information have been collected and processed.

The results of data processing show many specifics:

- The spectral content does not differ a lot from the usual acoustic environment, but the low frequency noise can influence the perception of the polar people.
- The dynamic range is lower then in the everyday life outside Antarctica.
- The sources of the noises and sounds are much more homogeny and coherent then in usual everyday acoustic environment in much more noisy cities and towns outside Antarctica.
- New and promising investigations are ahead to investigate the noise and sounds in Antarctica and their relationships with the psychology and psychosomatic response of the people working in the Antarctic environment.

The ACUSAN project gives promising results and could be extended in different directions – for example noise and colors relationships, natural and anthropogenic influence to the animal world in Antarctica, etc.

References:

1. http://press-files.anu.edu.au/downloads/press/p316261/pdf/book.pdf?referer=87
2. http://discoveringantarctica.org.uk/introducing-antarctica/imagining-antarctica/the-sound-of-silence/
3. http://www.bbc.co.uk/nature/16250444
4. http://www.gruenrekorder.de/?page_id=4733
5. http://www.antarctica.gov.au/about-antarctica/sounds-images/sounds

Acknowledgments: Authors acknowledged the BAI support to the field work and data collection in BAB.

STUDY OF ATMOSPHERIC GAMMA-RAY BACKGROUND VARIATIONS FROM NATURAL RADIOACTIVE ISOTOPES AND ACCELERATED ELECTRONS DURING THUNDERSTORMS

Vitaly Bogomolov, Sergey Svertilov, Mikhail Panasyuk, Ivan Maksimov

Physical Department, Skobel'tsyn Institute of Nuclear Physics, Moscow State University
e-mail: bogovit@rambler.ru

Keywords: *gamma-ray background, thunderstorm, particle acceleration in clouds.*

Abstract: *Some of the high-energy phenomena in atmosphere appear as fast (<1s) or slow (~1h) increases of gamma-ray flux probably connected with natural radioactivity or particle acceleration in atmospheric discharges. The study of both kinds is important for safety. Several experiments for the study of long-term and short-term flux and spectral variations of gamma-ray background were provided at sea level and in mountains. Scintillator detectors of moderately large size (from 50 to 100 mm) with energy resolution up to ~7% at 662 keV were used. The data were recorded in event-by-event mode with ~15 μs time resolution thus permitting detection of the terrestrial gamma-ray bursts at the moment of lightning during thunderstorms as well as slow variations on hour time scale. Measurements were done on the ground at Moscow region, and at mountain altitude in Armenia at Aragatz station. A number of flux increases (so-called Thunderstorm Ground Enhancements, TGE) were detected. Measured low-energy gamma-ray spectra usually contain a set of lines that can be interpreted as radiation of Rn-222 daughter isotopes. The increases of Rn-222 radiation reaching several tens of percent were detected during rainfalls with thunderstorm, as well, as during rainy weather without thunderstorms. The dynamics of the background changes can be described by the presence of solved Rn-222 in the rain water. High energy (>3 MeV) radiation sometimes appearing during thunderstorms can be caused by bremsstrahlung from electrons accelerated in thunderclouds. Such events with duration of several minutes and less were detected in mountains. Time and spectral characteristics of these events in 80-7000 keV energy range will be presented.*

Introduction

Natural gamma-ray background is connected with a number of long-live isotopes with half-life of thousands of years and more. Well known considerably bright gamma-ray line with energy 1.46 MeV always appearing in the background spectra is connected with ^{40}K. This Isotope with period of decay ~1.2 billion of years is present in most of materials surrounding the detector and even in the detector itself. Another gamma-ray line with energy 2.614 MeV is produced by ^{208}Tl. It is one of the daughters of ^{232}Th with half-life period ~ $1.4*10^{10}$ years.

The intensity of the mentioned gamma-ray background does not vary with time because there are no changes in concentration of the radioactive material. About one half of the background is produced by daughters of ^{222}Rn appearing in atmosphere after the decay of ^{226}Ra. Radon is a heavy radioactive gas living about 4 days. After its decay the series of nuclear transformations lead to gamma radiation appearing in energy range of hundreds of keV up to 2.2 MeV. Most of gamma-ray lines including the contrast 609 keV peculiarity belong to ^{214}Bi isotope living about half of an hour. This radiation demonstrates significant changes with weather. During the rain the background caused by ^{222}Rn with daughters usually increases

Some hard radiation additional to the background from natural radioactive isotopes sometimes appears during thunderstorms. The detected gammas are mostly described as the bremsstrahlung radiation of the electrons accelerated in large electric fields existing in thunderclouds. In some cases the accelerated electrons can be directly detected. Spectral characteristics of the high-energy radiation can be described in general by the model of relativistic electrons avalanche (Gurevich, 1992, Dwyer, 2012).

Phenomena in gamma rays connected with atmospheric electricity are observed in wide range of time scale including fast flashes in sub-millisecond range (so-called Terrestrial gamma flashes (TGFs) (Briggs et al, 2013) and such slow phenomena as so-called Thunderstorm ground enhancements (TGEs) lasting up to several hours (Chilingaryan, 2014, 2015a). TGFs are usually studied in orbital experiments with gamma spectrometers working in “classical” energy range from

several hundreds of keV to several MeV. It must be noted that the radiation from TGFs is hard up to several tens of MeV. Other fast phenomena observed in past few years is the termination of TGE at the moment of lightning (Chilingaryan et al, 2015b). The flux of hard radiation drops to pre-TGE level during several seconds or even less.

The best conditions for study of TGEs are present in mountains because of low distance between the clouds and the detector leading to less absorption of measured radiation. Many measurements of gamma-ray and electron flux variations were made with large detectors based on organic scintillators specialized for cosmic ray study (Chilingaryan, 2015a). These detectors usually measure count rates in high energy range from MeVs to GeVs and unfortunately can't provide accurate spectral measurements of gamma radiation in energy range of several hundred keV and below (Chilingaryan et.al., 2013). To complete the observations in low energy range well-calibrated detectors based on inorganic scintillator crystals were used in this work. The results of correspondent experiments will be presented and discussed below.

Instrumentation

To perform observations of low-energy gamma-ray background variations of different nature during thunderstorms well-calibrated detectors based on scintillator inorganic crystals were used. They provide measurements in wide range from ~20 keV to ~10 MeV that is very important because a large part of gamma-ray flux variations in the range E<2.5 MeV can be explained by changes of Rn-222 concentration connected with rainfalls during thunderstorms (Bogomolov et.al., 2015) while another part comes from particles accelerated in thunderclouds. Energy resolution of the detectors must be suitable for detection of discrete gamma-ray lines produced by the decay of radioactive isotopes in order to control Rn-222 and its daughters concentration, also allowing one to make real time on-line calibration of the spectrometer during the experiment with background lines. The instrument has to have stable (up to ~1%) performance characteristics for long-duration measurements, as well, as sufficiently good time resolution to detect possible short flashes of gamma ray emission.

Several instruments used in this work for atmospheric transient events study were based on such well known non-organic scintillators as NaI(Tl) or CsI(Tl). Electronic circuits developed for use in these spectrometers can work with single-crystal detector as well as with multilayer one. In this case the determination of the crystal type in which interaction took place is realized via the pulse-shape analysis. Such kind of analysis allows one to remove imitations of gamma-events by the lightning following pulses of electric field.

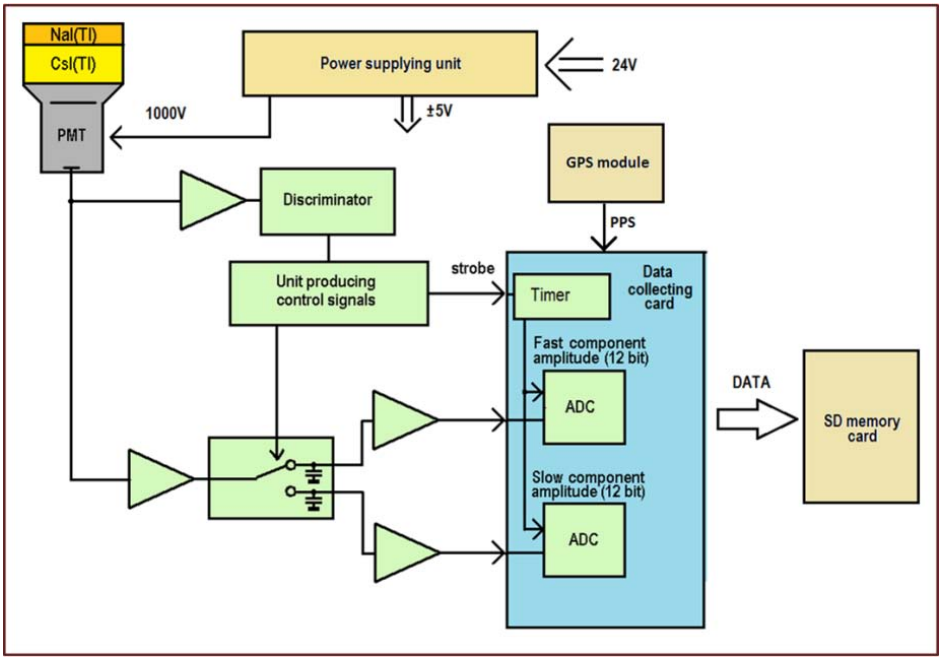


Fig. 1. Structural diagram of scintillator gamma-ray spectrometer

The structural diagram of electronics of gamma-spectrometer is presented in Fig.1. It consists of "Power supplying unit" providing high voltage (~1000V) for PMT and low voltage for analog and digital electronics, "Event" card containing analog electronics for event triggering and pulse-shape analysis,

and “Data collecting card” based on the board STM32F4DISCOVERY with Cortex M4 microcontroller. GPS module with PPS is used for exact timing providing the synchronization of gamma-ray spectrometer readings with the world time with accuracy ~10 microseconds. The output data are recorded to SD card with a one second cycle. The data are recorded in the event-by-event mode and contain detailed time and amplitude information for each recorded interaction in the detector.

Detailed spectral information that is present in the data allows one to do real-time calibration with the use of background gamma-ray lines observed during the measurements. The algorithm of data processing determines the position of the detected 1.46 MeV background gamma-ray line of ^{40}K. The actual instrumental channel of ^{40}K line peak position is calculated every 300 seconds. Then energy of each detected gamma-quantum is calculated just in units of energy using corresponding linear formula. Such procedure allows one to minimize effect of the variations caused by temperature drift of the detector characteristics. It is very important for the long-lasting observation series because day and night temperature can differ by more than 20 degrees. The measurements taken during sunny day and/or thunderstorm weather can also greatly differ. The position of K-40 gamma-ray line measured during one-week measurements session is presented by Fig. 2 demonstrates ~10% variations.

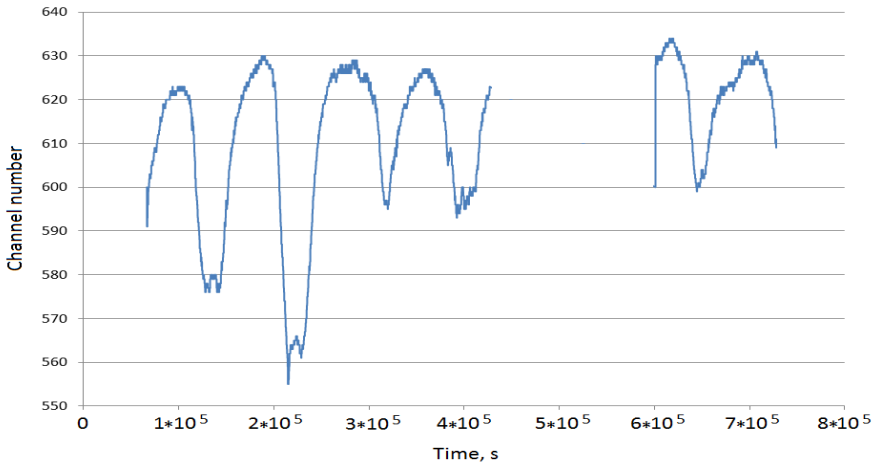


Fig. 2. Time variations of the position of K-40 gamma-ray line measured during one session of measurements

Several gamma-ray spectrometers were produced by us for measurements of natural gamma ray background variations. One of them (see photo at fig. 3a) was operating in Moscow region. It has detector based on 80x80 mm CsI(Tl) crystal coupled with Hammamatsu R1307 PMT. It was designed to record gamma-ray background spectra in 30-6000 keV energy range with energy resolution of 7.2% at 662 keV. Another one (see photo at fig. 3b) was used for the experiment at Aragatz mountain station. The size of its detector was some smaller (50x50 mm of NaI(Tl) but the measurements in the range up to 7 MeV were also done with this instrument.

All of the spectrometers used for monitoring of gamma-ray background were calibrated with a number of radioactive sources. Some of the energy spectra obtained during calibration sessions are presented in fig. 4. One can easily recognize well known peak of 662 keV line from Cs-137 decay, and a set of background lines that are corresponding to the most intense radiation of naturally occurring isotopes of ^{40}K, ^{208}Tl (daughter of ^{232}Th) and ^{214}Bi (daughter of ^{222}Rn).

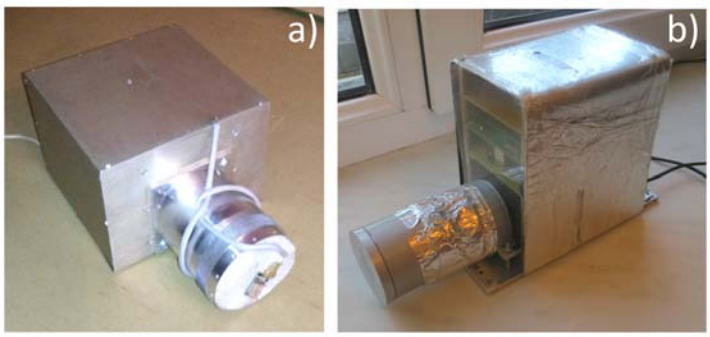


Fig. 3. Photos of the gamma-spectrometers used for the study of TGEs and for the search for gamma-flashes from lightning in Moscow region (a) and in mountains (b)

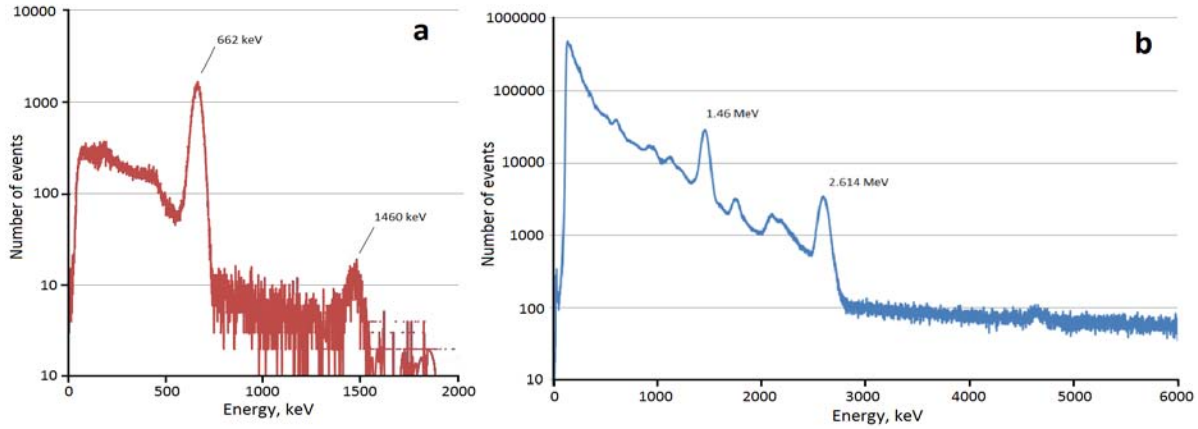


Fig. 4. Spectrum of Cs-137 (*a*) and background spectrum (*b*) obtained with the 80 mm diameter CsI(Tl) detector. Lines at 1.46 MeV and 2.614 MeV correspond to the naturally occurring isotopes ^{40}K and ^{208}Tl.

Results of the observation of ^{222}Rn radiation

The variations of the radiation from ^{222}Rn daughters appearing during rainy weather were detected many times at sea level and in mountains. The example of time behavior of gamma-ray background during the intensive rain is presented at fig. 5a. The conditions of observations on 27 of September, 2015 provided the possibility to estimate the rate of additional Rn-222 appearance near the detector. There was a clear weather more than for a day, then the thundercloud suddenly appeared and thunderstorm with rain shower rapidly started for ~5 min. After that there was ~5 min pause when there was no rain. Then the thunderstorm with intensive shower started again. The rain with thunderstorm continued for ~1.5 hours and then stopped and the sun appeared.

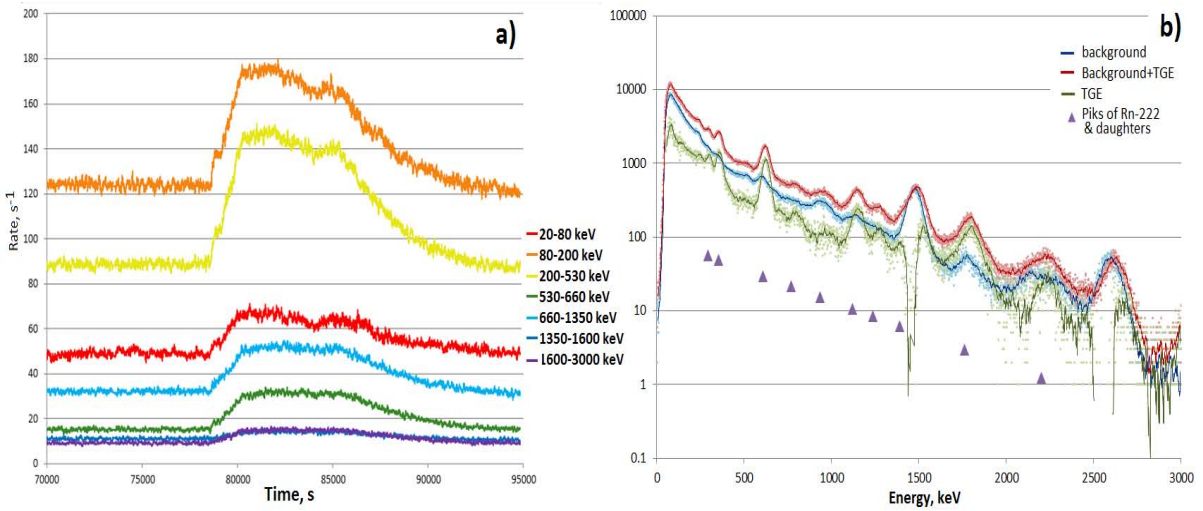


Fig. 5. Variations of γ-ray background (a) and energy spectra (b) observed during the rain in Moscow region

The spectrum of the observed enhancement is presented at fig. 5b. A number of lines of ^{222}Rn daughters are present in the spectrum of the additional radiation. One can see a step at the front of the curve at fig. 5a that shows that ^{222}Rn radiation changes together with rain. Possible explanation of the details of its behavior is that ^{222}Rn was solved in the water of raindrops. Radon could be collected from air during the movement of the storm cloud. Other way of experimental data description is to propose that near-ground concentration of ^{222}Rn is changed with the change of the conditions of ^{222}Rn escape from ground. However it is difficult to explain the observed speed of ^{222}Rn by this way.

After the rain stopped the intensity of radiation dropped with characteristic time ~0.5-1h. It can be explained by the decay of daughter isotopes of ^{214}Bi and ^{214}Pb. Other processes leading to the fall of the experimental curve are the diffusion of gaseous radon in the air and the leakage of the rain water to the ground.

The presence of ^{222}Rn and its daughters in the rain water was confirmed by the experiment when a glass with ~2L of the rain water was placed several times to the top of the detector with 2 min

period. At the time sequence of the gamma-detector readings presented at fig. 6. one can see the variations of 609 keV line intensity while the intensity of 1.46 MeV radiation from ^{40}K remains stable. When the same experiment was done with water from water pipeline no variations were observed.

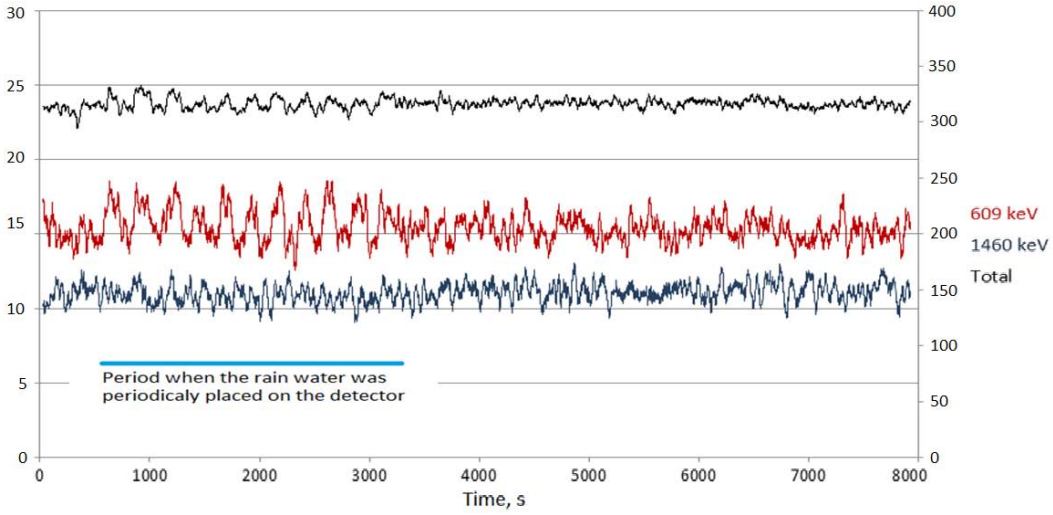


Fig. 6. Readings of gamma-spectrometer when the rain water was periodically placed to the detector

Observation of the radiation connected with accelerated particles

No significant increases of the flux of gamma-radiation with energy E>3 MeV were detected in Moscow region during thunderstorms in 2016 and 2017 seasons. It can be possibly explained by the absorption of gamma-quanta by air between the charged cloud and the detector. 3 sigma upper limit for 3200-6000 keV radiation obtained for one of the powerful thunderstorms is $2.4*10^{-4}$ $cm^{-2}*s^{-1}$. This value is of the same order that one of typical TGE fluxes observed by scientists of A. I. Alikhanian National Science Laboratory (Yerevan Physics Institute) at Aragatz cosmic ray station.

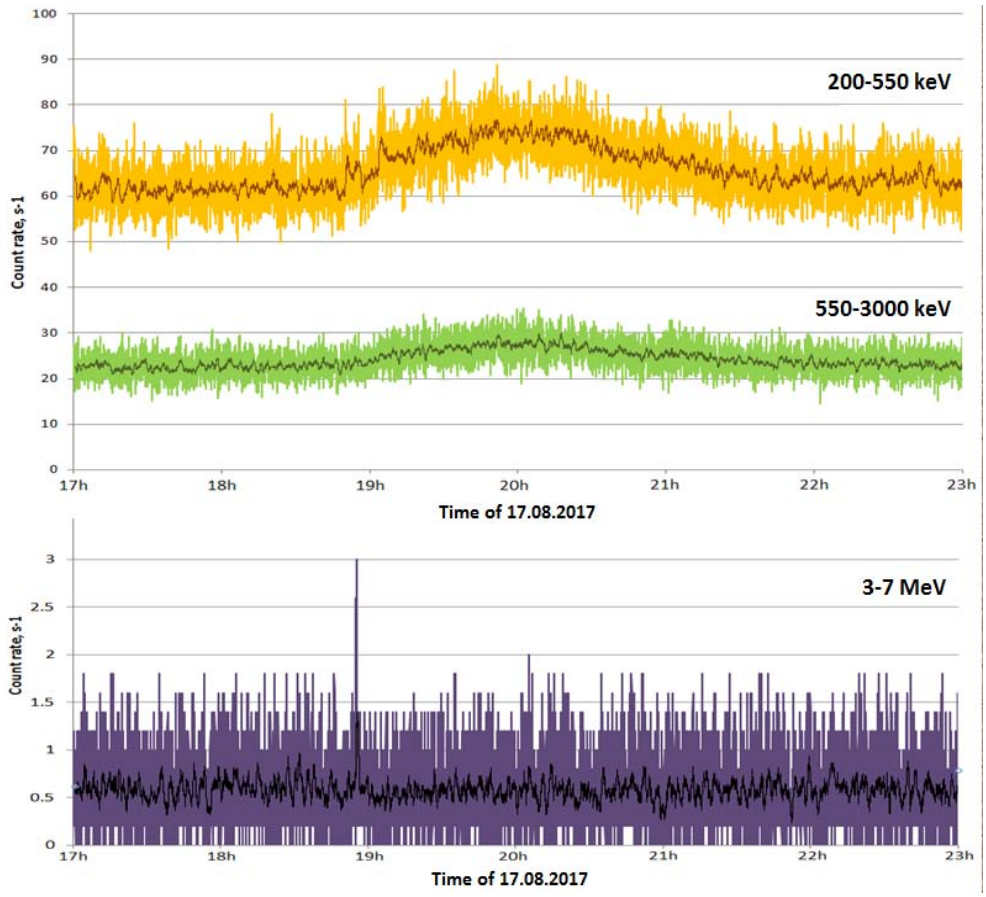


Fig. 7. Time behavior of 5 cm NaI(Tl) gamma-ray spectrometer readings at Aragatz on 17.08.2017

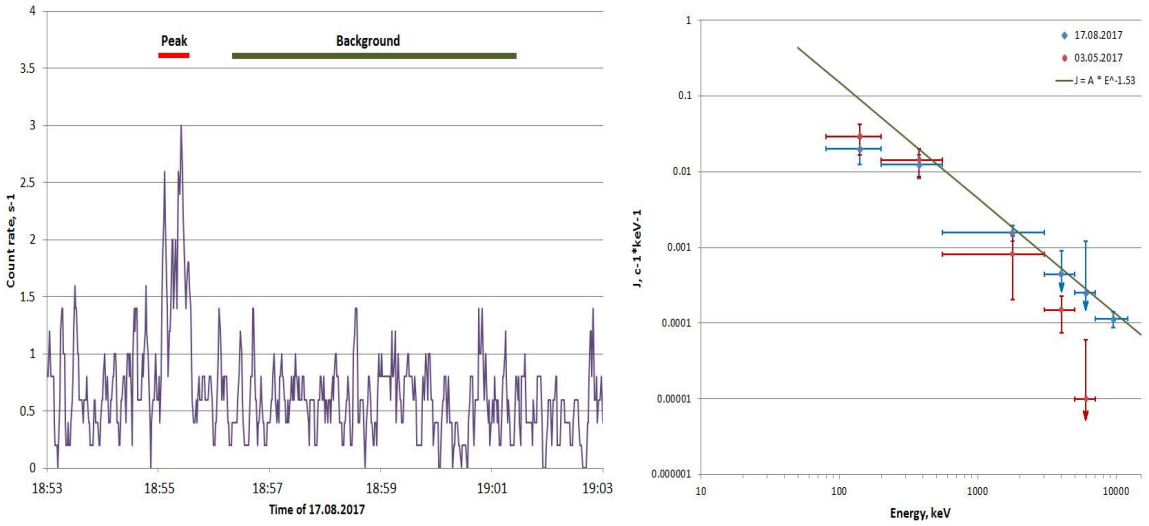


Fig. 8. Light curve in 3-7 MeV energy channel (left) and energy release spectrum (right) of TGE 17.08.2017

The measurements of 50-7000 keV gamma-ray flux with 5cm NaI(Tl) gamma-ray spectrometer (see fig. 3b) were realized at Aragatz in spring and summer of 2017. The significant increases of >3 MeV hard radiation were detected on May, 3 and on Aug, 17. Both events in hard radiation appeared as narrow peaks with duration ~1 min. The time behavior of readings on Aug, 17 is presented at fig.7. The energy spectra of the peak radiation were obtained by subtraction of the mean count rate during the background time interval from the mean count rate for the 30-s long interval of the peak (see fig 8a). Energy spectrum is presented at fig. 8b. The power-low approximation is plotted at the same figure. The parameters of this approximation were taken from the measurements of ErPhI group. One can see very good agreement of the slopes of the spectra as well as of the count rates normalized for the detector area. The detector used by Armenian scientists is more thick so its total absorption efficiency for hard gamma-radiation is several times higher. Possible interpretation of the coincidence of the normalized count rates is that the direct detection of accelerated electrons can be responsible for significant part of the measured flux. Such situation can take place when the distance between the detector and the region of particle acceleration is no more than few hundred meters.

Acknowledgements

Authors thank Ashot Chilingarian and his group from A. I. Alikhanian National Science Laboratory (Yerevan Physics Institute) providing the continuous measurements with our instrument in mountains of Armenia at Aragatz cosmic ray station.

References:

1. Bogomolov, V. V., Svertilov S. I., Maximov I. A., et al, Study of TGEs and Gamma-Flashes from thunderstorms in 20-3000 keV energy range with SINP MSU Gamma-Ray spectrometers, Proceedings of International Symposium TEPA-2015, Nor-Amberd, Armenia, 2015, pp.41-46
2. Briggs, M. S., Xiong S., Connaughton, V., et al., Terrestrial gamma-ray flashes in the Fermi era: Improved observations and analysis methods, Journal of Geophysical Research: Space Physics, 2013, vol. 118, 3805–3830, doi:10.1002/jgra.50205
3. Chilingarian, A., Hovsepyan G and Kozliner L., Thunderstorm Ground Enhancements: gamma ray differential energy spectra. Proceedings of International Symposium TEPA-2013, Nor-Amberd, Armenia, 2013, pp.32-41
4. Chilingarian, A., Thunderstorm Ground Enhancements - model and relation to lightning flashes, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2014, 107 68–76.
5. Chilingarian A, Hovsepyan G, Mnatsakanyan E. Mount Aragats as a stable electron accelerator for atmospheric High-energy physics research, Proceedings of International Symposium TEPA-2015, Nor-Amberd, Armenia, 2015a, pp.2-9
6. Chilingarian, A., Hovsepyan G., Khanikyanc G., et al, Thunderstorm ground enhancements (TGEs) abruptly terminated by negative cloud-to-ground lightnings, Proceedings of International Symposium TEPA-2015, Nor-Amberd, Armenia, 2015b, pp.71-78
7. Gurevich, A. V., Milikh G. M., Roussel-Dupre R. Runaway electron mechanism of air breakdown and preconditioning during a thunderstorm. Phys. Lett. A. V. 1992, 165, 463– 468.
8. Dwyer, J.R., D.M. Smith, and S.A. Cummer, High-energy atmospheric physics: Terrestrial gamma-ray flashes and related phenomena, Space Sci. Rev., 2012, 173, 133-196, doi:10.1007/s11214–012-9894-0.

ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДА ГАЗОРАЗРЯДНА ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПЕРСПЕКТИВНИ РЕКРЕАЦИОННИ ЗОНИ В КРУШУНСКИЯ КРАЙ (БЪЛГАРИЯ)

Геннадий Маклаков, Надежда Георгиева

Санктпетербургски институт по информатика и автоматизация при Руската академия на науките,
Институт за космически изследвания и технологии БАН, София, България
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Ключови думи: *мониторинг на околната среда, психо-физиологично състояние, диагностика, човек, екология на жилища, газоразрядна визуализация.*

Резюме: *В статията се разглежда възможността технологията ГРВ биоелектрография да се приложи за оценяване на екологичното пространство и влиянието на околната среда върху човека. Въздействието й се оценява чрез регистриране на параметрите на хомеостазата на организма. Представени са данни от изследването на водопади в средния Предбалкан.*

APPLICATION OF THE GDV METHOD FOR THE ECOLOGY OF RECREATIONAL ZONE OF KRUSCHUN REGION (BULGARIA)

Gennadii Maklakov, Nadejda Georgieva

Petersburg Institute for Informatics and Automation - Russian Academy of Sciences
Space Research and Technology Institute of Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Keywords: *environmental monitoring, psycho-physiological condition, man, ecology housing, gas discharge visualization.*

Abstract: *The article is considering technology GDV- technology be applied to assess the environmental space and environmental influences on man. Assessing the impact of the environment on people is carried out by registering the parameters of homeostasis of the organism. Data from the study of waterfalls in the middle Fore Balkan are presented.*

Въведение

Изследванията върху рекреационните зони в Крушунския край, представени в тази статия, могат да се разглеждат като логично продължение на изследванията на околната среда, проведени от нас през 2016 г. и публикувани в материалите на SES-2016 [1]. Избрахме Крушуна за проучването си след предварителен анализ на водните системи в България. Не е случаен и интересът ни към водападите. Като едни от най-уникалните природни обекти, те подпомагат силно възстановяването на психо-физическото състояние на човека – факт, който привлича научния интерес на все повече изследователи по света.

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. Това уникално природно образувание е най-голямата травертинова каскада в България. Представени са всички видове карстови форми, огромен е броят прагове, водни падове, басейни и ручейчета. За стотици години водните струи са създали причудливи карстови тераси, покрити с различни видове мъх. Уникалността на мястото се подсилва от множество подземни реки и езера. Те образуват силен воден 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.

В Крушунския край откриваме невероятно хармонично съчетаване на множество лечебни фактори от околната среда. Въздействието върху човека е комплексно и именно многообразието отличава положително изследвания регион от други рекреационни зони в България. Фактите, изложени в статията, говорят за сериозни предпоставки това място да се използва за ефективни лечебно-оздравителни мероприятия на работещите в сложни системи, където емоционалната натовареност е голяма – например в авиационно-космическия отрасъл.

За мониторинга върху влиянието на околната среда използвахме актуални методи и съвременна апаратура.

Лечебните свойства на водопадите

Лечебните свойства на движещата се вода са добре известни и достатъчно пълно описани в множество публикации. Защо им се отделя такова внимание? Защо и ние избрахме за изследванията си рекреационна зона с такова изобилие от падаща вода?

Анализ на публикациите по изследане на лечебните свойства на водопадите позволява да се определят факторите, способстващи нормализирането на психо-физиологичното състояние на човешкия организъм. Тези фактори въздействат практически чрез всички сензорни органи. Чрез зрителния анализатор например се възприема хармоничната цветова гама: преди всичко съчетанието на различни нюанси на зеленото с отенъците на падащата вода от искрящо бяло до нежно синьо. Слуховият анализатор заедно с многозвучния шум на падащата вода улавя звуците от птичи песни и шумоленето на вятъра в клоните и тревите. Интересно е да отбележим, че спектралният анализ на звуците на падащата вода показва наличието на специфичен шум - така наречения бял шум (white noise). А, както е известно, той действа успокояващо върху нервната система и мозъчните структури, способства за намаляване на стреса.

Има въздействие и чрез обонянието, а също и върху дишането – както чрез белите дробове, така и чрез кожата. Въздухът около водопадите придобива специфични физико-химични свойства. Водеща тук е ролята на йонизацията и това е добре известно. Ще напомним, че отрицателните йони нормализират работата на сердечносъдовата система, повишават имунитета, укрепват устойчивостта на организма срещу неблагоприятни въздействия, засилват способността да се концентрира вниманието, увеличават физическата и умствената работоспособност. Това са все неща изключително важни за съвременния човек, подложен на ежедневен стрес. И още по-необходими за тези, които реализират себе си в аерокосмическата област, където натоварването върху физиката и психиката е подчертано високо.

Няколко цифри в полза на водопадите. В офиса или у дома отрицателните йони са 20–500 в cm^3 въздух; на улицата – малко повече, 100–500; на брега на морето – примерно 4000. В подножието на водопад отрицателните йони са от 50 000 до 450 000 в cm^3 [2]. Както се казва, когато цифрите говорят и боговете мълчат.

И още една особеност на водопадите. Последните изследвания в различни страни показват, че за сметка на възникващата при падането на водата турболентност се осъществява така нареченото структуриране на водата. Тя придобива по този начин изключителни лечебни свойства. Способства за оптимизиране на соматичните структури на човека, за влизане на управлението на хомеостатичните системи на организма в оптимален, хармоничен режим на функциониране.

Ще откроим само основните фактори, свойствени именно на Крушунските водопади.

Следва да отбележим, че те съвсем не впечатляват с грохот, не внушават страхопочитание. Отвесните скали на каньоните, обасли с мек мъх, сплетените растения, короните на многовековни дървета, покриващи като шатра скалните стени, множеството водни потоци и водоскоци с различни височини – всичко създава атмосфера на уют и умиротворение. Предизвиква усещане за мекота и комфорт. Особена роля се пада на звученето на движещата се вода. Нейната мелодичност, допълнена от околните звуци – шумът на гората, пеенето на птиците, прелитането на насекомите, създава неповторима акустична картина и влияе изключително благотворно.

Както вече отбелязахме, падащата вода генерира бял шум. Предварителният спектрален анализ на звука от водата в Крушунските водопади позволи да се открои известно преобладаване в спектъра на нискочестотните компоненти с честоти близки до честотите на мозъка. Видимо това е свързано с геоложкия строеж и релефа на мястото. Налични са множество пещери, резониращи по определен начин и обогатяващи звученето на водата с обертонове. Изобилието от мъхове и друга водна растителност създават мекота на звуковете.

Именно преобладаването на нискочестотния компонент на спектъра води до удивителния ефект на стабилизация на психоемоционалното състояние и активизация на вътрешните психически ресурси.

Задаваме си закономерния въпрос как да се оценят множеството фактори, въздействащи върху организма? Как да се избере оптимален режим на лечебно-оздравителните мероприятия?

Отговорът е много прост – като се приложи методът биофотоника, по-точно методът газоразрядна визуализация (метод ГРВ). Използването му в космонавтиката започна в края на 80-те години в СССР. През 1990–1991 г. такова оборудоване се произвеждаше вече серийно. В частност се използваха диагностични комплекси МС 0707 и КД-01.05 за медико-биологични изследвания със създател един от авторите на тази статия – Геннадий Маклаков.

Методология на изследванията

Според стандартите множеството компоненти на екологията (въздушно пространство, почва, вода и др.) трябва да се оценяват по няколко десетки параметри, да се проверява равнището на пределно допустимата концентрация на вредни вещества. Анализирането на такъв обем информация е изключително трудно. И бавно.

Затова тръгваме по друг път. Изхождаме от постановката, че човешкият организъм реагира на външното замърсяване – независимо дали то е 1 или 21 пъти над нормата. Този факт дава възможност, оценявайки изменението в състоянието на човека, предизвикано от външната среда, да правим изводи за нейните параметри. По-точно вземаме като показател нивото на стабилност в работата на хомеостазата на организма. Казано по друг начин: наблюдаваме как системите на организма се справят с външните смущаващи въздействия.

Този подход, разработен от Геннадий Маклаков в началото на 90-те години на миналия век, мина цялостна апробация и постоянно се усъвършенства до настоящия момент.

Изследванията са основани на следните принципи:

1) Оценяване на влиянието на околната среда върху човека чрез регистриране на параметрите на хомеостазата на организма. В изследванията използваме новата методика.

2) Оценяване на параметрите на околната среда чрез регистрирането им с ГРВ грами, получени с оптоелектронен сензор (класически подход).

3) Оценяване на влиянието на околната среда върху човека чрез регистриране на ГРВ грами на пръстите на ръката (класически подход).

За количествено оценяване на параметрите на околната среда по целесъобразност използвахме многофункционалния апаратно-програмен комплекс «ГРВ компакт ЭКО», разработен от фирма «Kirlioniks Technologies International».

Този комплекс дава възможност с висока точност да се дигитализират пространствените енергоемисионни процеси чрез ГРВ грами и да се изчислят повече от 50 различни параметри.

Проведени по-рано изследвания определят като най-информативни за изследване на околната среда 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 се осигури достоверност на измерванията, използвахме статистически критерий на Стюдънт, критерий на Манн-Уитни, критерий на Валд-Волфовиц, критерий на Колмогоров-Смирнов и др.

Изследване на Крушунските водопади

Както вече споменахме, в рекреационната зона водопадите формират област с удивителни, уникални свойства, способстващи бързото възстановяване на психо-физиологичното състояние. Отбелязахме също, че падащата вода изменя своята структура, насища въздуха с отрицателни йони, създава неповторим своеобразен шум, своего рода специфична енергийност на пространството, влияеща силно благотворно върху човека. Целият този комплекс параметри може да бъде оценен интегрално със специален сензор.

Изследвахме зоната на водопадите: Зелен водопад, Каскаден водопад, пещера Водопада.

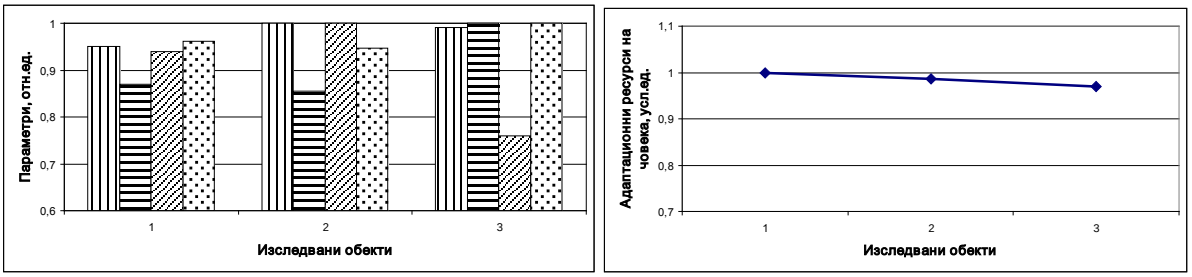
На фиг. 1а е представена диаграма, която показва как се изменят параметрите на светене в ГРВ изображенията на водата в различните водопади (за удобство на сравнението те всички са приравнени към единица). Тук и по-нататък в статията са приети следните обозначения: стълбчето с вертикални линии показва площта на светене, с хоризонтални – средната интензивност на светене, с наклонени – ентропията по изолинии, с точки – фракталността по изолиниите.

Бихме искали да обърнем внимание на показателите площ на светенето и ентропия според ГРВ изображенията.

Площта на светенето много добре корелира с показателите за замърсяване на околната среда и може да бъде интегрален показател за състоянието й. От друга страна този показател добре отразява състоянието на хомеостазата на организма и се явява комплексна характеристика на неговите адаптационни ресурси.

Както е известно, в широк смисъл ентропията 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 [2].

Макар площта на светене и ентропията да са достатъчно информативни параметри, характеризиращи психо-физиологичното състояние, за пълнота на картината на фиг. 1б е показано изменение на адаптационните ресурси на човека близо до водопадите.

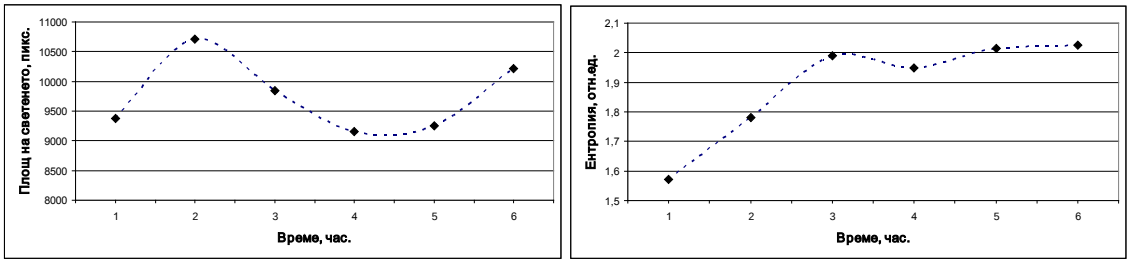


а) б)

Фиг. 1. Разпределение на параметрите на енергията на водата (а); разпределение на адаптационните ресурси на човека (б), 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 %).

Интересно е да се види колко дълго водата запазва свойството си да влияе благотворно. Взехме проба от водопада и измервахме нейните характеристики през час. Открихме невероятна закономерност – практически всички параметри (площ, интензивност на светене, коефициент на формата, среден радиус и дължина на изолиниите) отбелязват ясно изразена периодичност, при това с дълъг период на затихване (няколко часа). Изключение правят коефициентите на ентропия и на фракталност. Като пример на фиг. 2 са представени измененията в площта на светене и ентропията по време, както са регистрирани на ГРВ грамите.



а) б)

Фиг. 2. Площ на светенето на ГРВ изображенията на водата в Каскадния водопад (а), ентропия на ГРВ изображенията на водата в същия водопад (б), измервани през 1 час.

За по-пълна картина на екологията на Маарата изследвахме и влиянието на топлата минерална вода. Басейнът се посещава от много хора, химическият състав на водата благоприятства лечението на опорно-двигателния апарат. 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.

Представлява интерес изследването на екологичната обстановка в с. Крушуна. В селото бе проведена доста много работа по изследването на места за отдих и работа, водоеми, почва, екологията на селото като цяло. Някои резултати представяме визуално по-долу.

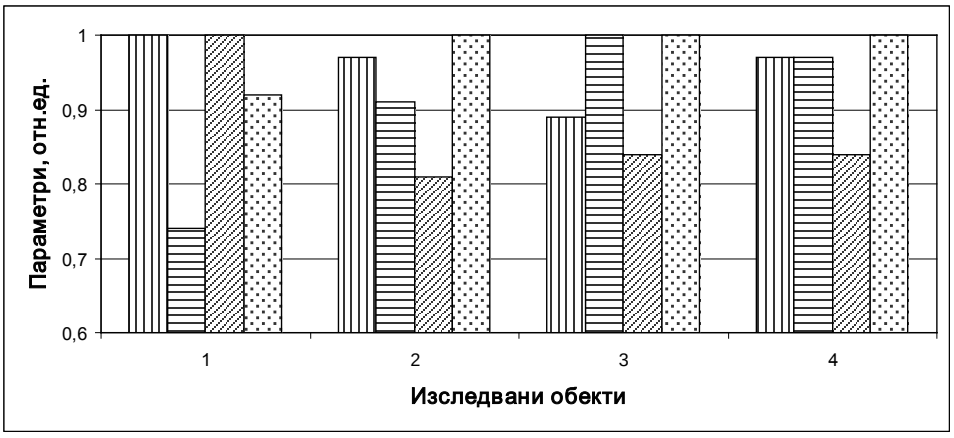
На фиг. 3 диаграмата онагледява как се изменят параметрите на ГРВ изображенията на водата от различни чешми в селото: в сградата на общината - 2, в къща накрая на селото, ул. «К. Стойков" 22 - 3, в двора на къщата - 4. За сравнение на диаграмата са показани характеристики на водата на Каскадния водопад -1.

Фиг. 3. Изменение на параметрите на светенето на ГРВ изображенията на чешми в с. Крушуна

Вземайки предвид, че основните параметри, определящи психосоматиката, са площта и средната интензивност на светенето на ГРВ изображенията, правим извода, че водата в чешмите е с по-лоши характеристики в сравнение с водата от водопада. Подобрение в енергийните й свойства се наблюдава с отдалечаването на чешмите от центъра.

Под жилищните сгради има подземни води, което оказва осезаемо въздействие върху хората. И не само върху тях. Изследвахме почвата като водосъдържаща субстанция, на различни места в селото.

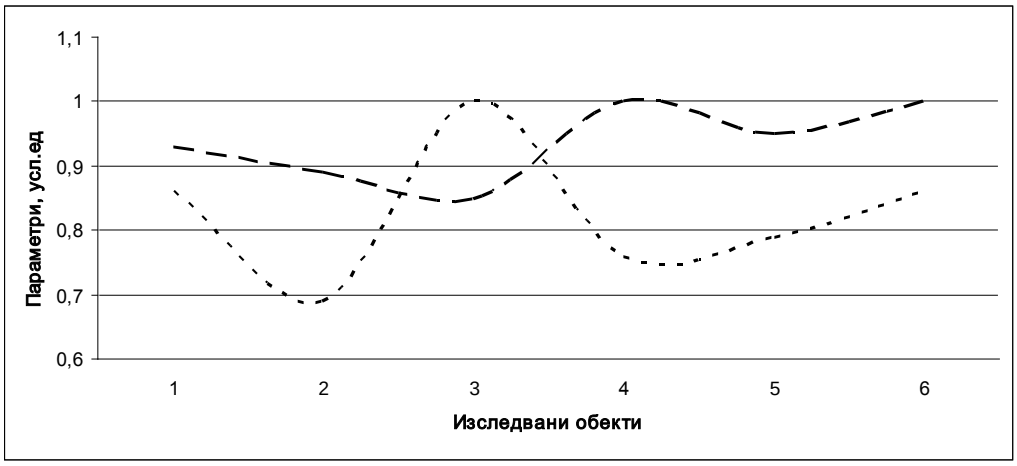
На фиг. 4 диаграмата показва как се изменят параметрите на ГРВ-изображенията на почвата: в градинката близо от общината - 2, в края на селото, ул. «К. Стойков" 22 - 3, на входа в парковата зона Маарата - 4. За сравнение на графиката са показани характеристики на почвата на Зеления водопад -1.



Фиг. 4. Изменение на параметрите на светенето на ГРВ изображенията на почвата в с. Крушуна.

Анализът на данните сочи, че подземните води създават благоприятен енергиен фон практически на цялата територия на селото. Интересно е, че на някои места се проявява повишено влияние на свойствата на водата върху човека. Възможно е това да се дължи на специфичното разпределение на подземните води. Не бива да се изключва обаче допускането, че причината се корени в повишената емоционалност на живеещите в изследваните обекти. Във всички случаи регистрираното явление заслужава по-задълбочено проучване.

За оценка на екологичната обстановка като цяло в парка Маарата и в с. Крушуна проведохме измервания на показателите на психосоматичното състояние, по-точно изследвахме нивото на стабилност в работата на хомеостазата на организма. Резултатите от изследванията са представени на фиг. 5.



Фиг. 5. Изменение на адаптационните ресурси на човека (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 общината - 5; къщата на ул. „К. Стойков" 22 - 6.

Както се вижда от графиката, около водопадите и до изхода от парка се наблюдава високо ниво на адаптационните ресурси. По-нататък стойностите се снижават – с 5 % в центъра на селото, и рязко отново нарастват в края на селото. Равнището на ентропия на системата остава достатъчно високо в цялото изследвано пространство. Ентропията незначително се снижава на входа на парка (примерно с 10 %) и в центъра на селото (до 15%). В зоните за отдих ентропията и адаптационните ресурси са забележимо високи и осигуряват пълноценно възстановяване на психосоматиката на човека.

От проведените изследвания можем да направим изводите:

- Зоната на водопадите има уникални лечебни характеристики, способстващи бързо и ефективно възстановяване на психосоматиката.
- Цялата зона на парка Маарата представлява от само себе си уникално място за възстановяване на психическото и физическото състояние на човека. За лечение и рехабилитация на различни заболявания (особено на опорно-двигателния апарат) голяма ценност представлява басейнът с минерална вода от извор в зоната.
- Всестранната оценка на екологичните параметри на с. Крушуна показва, че природните лечебни фактори намаляват незначително на територията на самото село. Затова положителното им въздействие върху човека и тяхната ефективност се чувстват в домовете, в хотелите, в обществените сгради и заведения. По тази причина туристите и почиващите тук се намират под положително въздействие през цялото време.
- Важно е да се отбележи също, че високото равнище на ентропия не само в парка, но и в селото показва, че лечебните фактори могат да се съхранят в организма за продължително време.

Заключение

Изследванията с помощта на биоелектрографията за пореден път потвърдиха високата ефективност на метода газоразрядна визуализация за комплексно оценяване на екологията (вода, почва, въздух и т.н.). В същото време методът позволява достоверно да се определи състоянието на човешкия организъм при въздействие на външни фактори.

Проучванията върху екологията на рекреационни зони в Крушунския край показаха, че мястото предлага уникални лечебни и възстановителни възможности за рехабилитация на психо-физическото състояние на човека. Крушунските водопади, благодарение на спецификата на геоложките структури, имат свойства, ефективно въздействащи върху човека и стабилизиращи неговото психоемоцинално състояние.

Крушунският край е изключително подходящ за възстановяване (рехабилитация) на психосоматичното състояние на хора, заети в критични производства, изискващи особено внимание и стабилна психика (авиация, космонавтика, оператори в АЕЦ и т.н.).

Има много основания да се предположи, че целебното въздействие, регистрирано от нас, се разпростира на по-голяма територия от изследваната. Целесъобразно е да се проведат по-разширени проучвания на Крушунските водопади и местността около тях, както и на останалите селища в община Летница. Участието на общината в такъв проект би било от решаваща помощ за осъществяването му.

Благодарности

Авторите изказват голяма благодарност за проявеното разбиране и съдействие на кмета на община Летница д-р Красимир Джонев. Сърдечни благодарности на г-н Валерий Стойков, кмет на с. Крушуна, за съучастието и деловитостта при организирането на настоящото проучване.

Литература:

1. Маклаков, Г. Възможности за приложение на ГРВ-технологията за мониторинг на околната среда. Сборник с доклади от Дванадесетата научна конференция с международно участие “Космос. Екология. Сигурност” SES-2016, БАН, 2016, с. 327–334.
2. Николов, И. Българските водопади. Бико България ЕООД. София, 2013.
3. Коротков, К. Принципы анализа в ГРВ биоэлектрографии. СПб, Изд-во “Реноме”, 2007.

SATELLITE APPLICATIONS IN MARINE AND LAND SURFACE ANALYSES FOR ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT

Julia Stoyanova, Christo Georgiev, Anna Kortcheva, Marieta Dimitrova

National Institute of Meteorology and Hydrology – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: Julia.Stoyanova@meteo.bg, Christo.Georgiev@meteo.bg

***Key words**: Meteorological and polar satellites, numerical modeling, diagnoses/ forecast, Black Sea coastal hazards, terrestrial hazards on vegetated land surface*

***Abstract:** The operational marine forecasting products for the Black Sea generated at NIMH-BAS using atmospheric model ALADIN and two spectral wave models WAVEWACH III and SWAN are presented. Satellite altimeter products are used as a reference for the verification and calibration of the operational wave models. The near real time significant wave height from radar altimeter instruments on the Jason-2/3, SARAL Altika and Sentinel-3 satellites are received, decoded, quality controlled and used for the wave model validation and calibration. Results from verification of the wave model WAVEWATCH III against the altimeter data from JASON-2/3 and SARAL Altika satellites are reported.*

Biogeophysical/ biochemical processes on vegetated land surface are quantified on the bases of three numerical models (meteorological 'SVAT_bg', thermodynamic, bioclimatic). Model outputs are combined used with ECMWF forecasts and satellite data in the developed Information System of Land Surface State and the anomalies related terrestrial hazards. The System includes development of meteorological products for territory of Bulgaria with following applications: thermal anomalies detection, assessment/forecast of agrometeorological drought, energetic bioclimatic resources and crop productivity, fire risk forecast, climate and five static fire risk.

Perspectives for SENTINEL missions use, together with available satellite information by EUMETSAT and other agencies for the region of southeastern Europe are discussed.

ПРИЛОЖЕНИЯ НА СПЪТНИКОВА ИНФОРМАЦИЯ ЗА ОЦЕНКА НА ПРИРОДНИ РИСКОВЕ ПРИ МОРСКА И ЗЕМНА ПОВЪРХНОСТ

Юлия Стоянова, Христо Георгиев, Анна Корчева, Мариета Димитрова

Национален институт по метеорология и хидрология – Българска академия на науките
e-mail: Julia.Stoyanova@meteo.bg, Christo.Georgiev@meteo.bg

***Ключови думи**: Метеорологични и полярни спътници, числено моделиране, диагноза/прогноза, природни бедствия по крайбрежието на Черно море, природни бедствия на растителна повърхност*

***Резюме:** Представени са оперативните продукти за морски прогнози на Черно море, генерирани в НИМХ-БАН като се работи с атмосферния модел ALADIN и два спектрални вълнови модела WAVEWACH III and SWAN. Продукти от спътников алтиметър се използват като референтна информация за верификация и калибриране на оперативните вълнови модели. Данни за височината на вълнението, получени във време близко до реалното от радарни алтиметри на спътниците Jason-2/3, SARAL Altika и Sentinel-3 се декодират и след контролиране за качество се използват при валидилане и калибриране на вълновите модели. Докладват се резултати от верификацията на вълновия модел WAVEWATCH III посредством алтиметрични данни от спътниците JASON-2/3 и SARAL Altika.*

Биогеофизичните/биогеохимични процеси на растителна земна повърхността се описват количествено на базата на три числени модела (метеорологичен 'SVAT_bg', термодинамичен, биоклиматичен). Моделните резултати, комбинирани с прогнози от ECMWF и спътникова информация се използват в разработената информационна система за състоянието на земната повърхност и свързани с това природни бедствия. Системата включва метеорологични продукти за територията на България със следните приложения: детекция на термични аномалии, оценка/прогноза на агрометеорологична суша, енергетични биоклиматични ресурси и продуктивност, прогноза на пожароопасност; климат и пожароопасност.

Обсъждат се перспективите за използване на SENTINEL мисиите съвместно с наличната спътникова информация за региона на югоизточна Европа от EUMETSAT и други агенции.

Introduction: Weather and climate extremes result from the coupled interactions between atmosphere and the Earth system, comprising water and terrestrial land surfaces, by a number of biogeophysical and biochemical processes. Observations from geostationary and polar orbiting satellites provide valuable information for diagnoses/forecasts the Earth system process through its using in physically motivated concepts and numerical schemes, and on this bases for issuing early warnings of extreme events. The National Institute of Meteorology and Hydrology - Bulgarian Academy of Sciences (NIMH-BAS) has a long history in using satellite data for a variety of purposes, starting with synoptic applications in 1968 (1). We are working on use of satellites in marine meteorology since 1994, become a full member of EUMETSAT in 2014, and from 2017 we are members of the Consortium of the Land Surface Analyses Satellite Application Facilities (LSA SAF) program of EUMETSAT.

This paper presents the research and operational activities at NIMH-BAS for diagnoses and forecast of environmental constrains and risk assessment over the two components of the Earth surface – marine (Black Sea) and vegetated land for the region of Bulgaria.

A. Satellites in support to Black Sea Surface Analyses and related coastal hazards

The coastal zones are areas of high vulnerability to natural hazards. The combination of strong winds and high waves is associated with extreme events: coastal erosion, overtopping and flooding. NIMH-BAS is responsible for the wind and wave forecasts in the Black Sea. The operational Numerical Weather Prediction (NWP) and wave models are used to identify the hazard zones of strong winds and high waves along the coastal zone and in the deep waters. The accuracy of numerical models is of great importance. Satellite altimetry plays an important role in predicting waves and have been used at NIMH-BAS to assess the quality of wind and wave forecasts in the Black Sea.

Methodology: The wave forecasts verification for the Black Sea is a difficult task because of lack of conventional wave data from buoys and weather ships. The recent advances in satellite technology have created a possibility to use remotely sensed wave data for wave model verification. Significant wave height (SWH) are determined using the satellite altimeter measure that have been used to validate and calibrate the wave models**.** The satellite and model data represent different time and space resolution. The data collocation procedure is applied to match the satellite and model data.

Development of the operational system for marine forecasts at NIMH-BAS

The Black Sea wave forecasts system is in operational use at NIMH since 1994. The system is a result of the bilateral cooperation between the NIMH-BAS and Meteo-France. The state of the art numerical wave models were implemented and cutting edge satellite technology was applied at NIMH (2). The ERS-1/2 and TOPEX-Posseidon altimeter data were used for validation the forecasts results from the NWP and numerical spectral wave models for the Black Sea (3, 4). Twenty years later the system is fully upgraded with the new versions of the atmospheric and marine numerical models (5, 6) and near real time altimeter data from Jason2/3, Saral Altika and Sentinel-3 satellites. The core of the current Black Sea operational wave forecast system is based on the SWAN (7) and WAVEWATCH-III (8) numerical wave models The operational wave forecast system runs two times daily (at 06 and 18 UTC) using atmospheric data (wind speed and direction etc.) from the NWP model ALADIN (9). The wave models cover the geographical area of Black Sea with a spatial resolution of 0.125° x 0.125° (WW3) and 0.0833 degree (SWAN) and issues 72-hour forecasts of SWH and mean wave direction. The results from forecasts are presented as maps of wind and wave parameters (Figs.1b and c). Marine forecasts distributed through the INTERNET to the end-users: the regional office of NIMH-BAS in Varna; executive Agency Maritime Administration, Maritime Rescue Co-ordination Centre and Bulgarian Ports Infrastructure Company in Varna. The System is used for issuing “warnings of danger” disseminated through the web-based service Meteoalarm (Fig.1a), to warn people in Bulgaria of severe weather and hydro-meteorological hazards along the Bulgarian coastal zone of Black Sea.

(a) (b) (c)

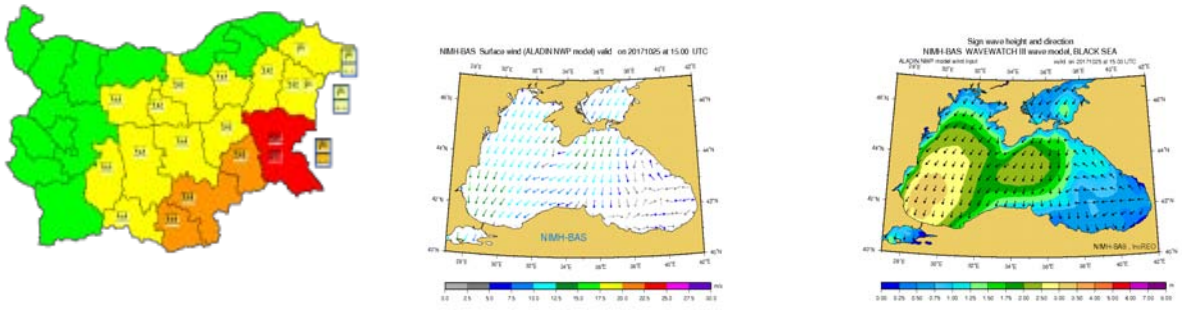


Fig. 1. (a) Meteoalarm (red-cod: strong winds 20-24 m/s and high waves 4-5 m), (b) wind forecast ALADIN model and (c) wave forecast WW3 for the storm situation in the Black Sea on 25.10.2017

Satellites in support to verification the Numerical Weather Prediction Models:

The wind forecasts (at 10m) is used for atmospheric forcing of the wave models and their quality influences the wave model results. The altimeter derived wind data from satellites Jason2/3 are used for the verification of NWP model ALADIN. The map of surface wind field during the storm in the Black Sea on 19.12.2012 produced by the ALADIN model is presented in Fig. 2a with the along track altimeter data and the comparison of model-satellite wind data Fig. 2b. There is a good agreement between model ALADIN and the along Jason-2 track satellite wind data. Trough the bilateral cooperation between NIMH-BAS and Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, ROSHYDROMET provides NIMH with wind data from the Advanced Scatterometer (ASCAT) on board the Metop-A satellite.

(a) (b)

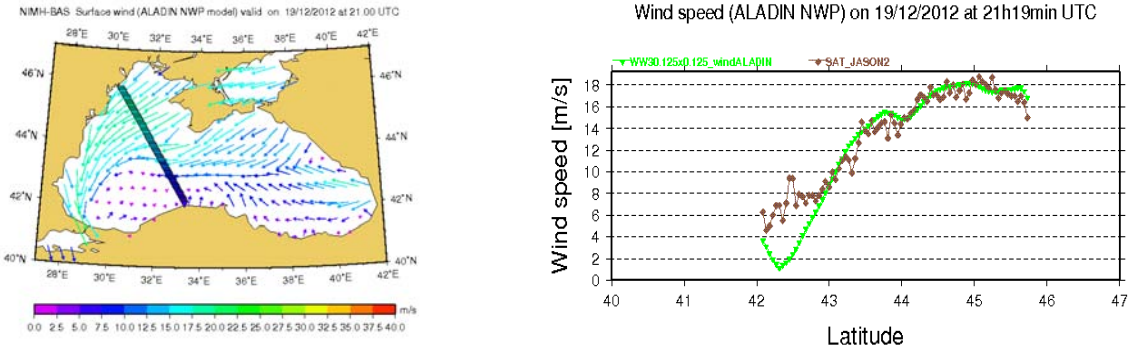


Fig. 2. (a) Surface wind field from ALADIN model and the along track wind speed from Jason-2 above the Black Sea on 19 December 2012 at 21h19min (storm situation), (b) collocated model-satellite wind data

(a) (b)

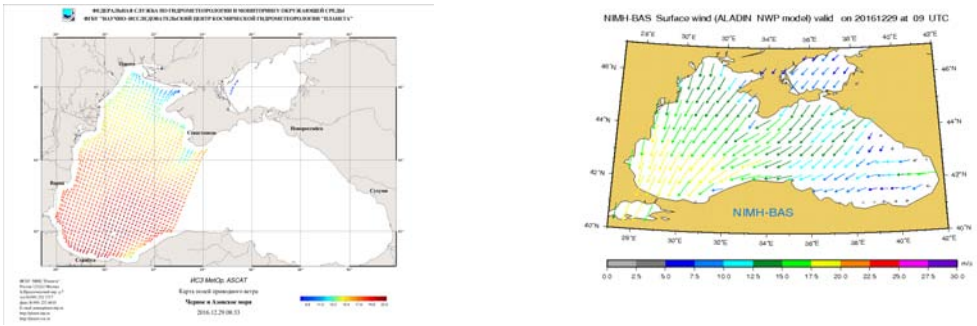


Fig. 3. (a) Wind speed from ASCAT MetOp and (b) ALADIN wind forecast in Black Sea storm on 29.12.2016

Satellites in support to verification the Numerical Wave Models: Jason-2 and Jason-3 satellites continuously provide full-orbit measurements with a 10-day recurring cycle, produced and disseminated by EUMETSAT in NRT. The altimeter data has been routinely streamed through the Global Telecommunication System (GTS) to NIMH-BAS since July 2012, SARAL Altika since May 2014 and Jason-3 since April 2016 and are used for the improving forecasts quality. The altimeter-derived wave heights SARAL Altika and Jason-2/3 are available along the satellite ground track. The wave parameters are derived from the satellite altimeters measurements. Fig. 4a illustrates SWH forecast from wave model WW3 for the storm on 29.12.2016 and available satellite information.

(a) (b) (c)

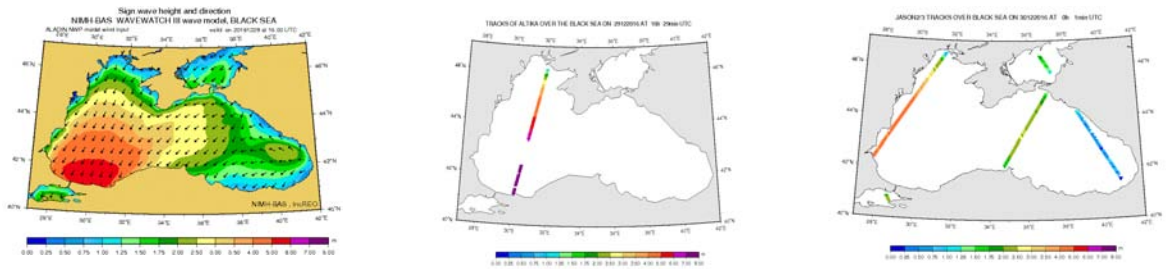


Fig. 4. Map of WW3 SWH: (a) in the Black Sea (the arrows indicates the mean wave directions), the colored line (b) along the track of SARAL Altika satellite over the Black Sea during the storm on 29.12.2016

Additional information on the wind and waves from the Copernicus Sentinel-3 satellite is planned for operational use at the NIMH-BAS from December 2017.

B. Satellites in support to Land Surface State Analyses and related terrestrial hazards

Compared to the ocean, the interactions between land surface and the atmosphere are far more complex and diverse. This complexity comes from a number of reasons: Land surface topography influence the irradiance distribution; The soil characteristics determine together with topography the highly variable spatial distribution of soil moisture availability for transfer into the atmosphere; Vegetation penetrates into both, soil and atmosphere, and further complicates the exchange processes by additional interaction modes and interdependencies. Moreover, these exchange processes take place on almost infinitively small scales due to the multi-fractal structure of the interface between the systems. Land surface heterogeneity additionally complicates the problem of quantification of atmosphere-terrestrial biosphere interface.

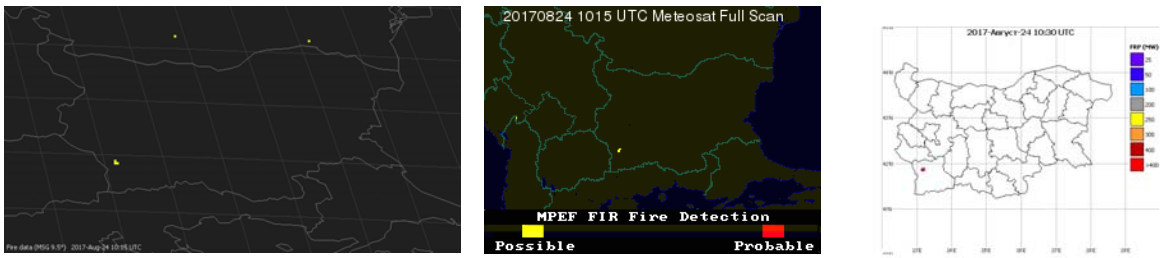
Methodology: Due to the spectral characteristics of sensors and high space/time resolution of contemporary satellite information available for the region of southeastern Europe it is a valuable tool for LSA. Research is based on integrating land surface simulations, observations from SYNOP network, NWP ECMWF forecasts and satellite observation methods to accurately determine land surface energy and moisture states. For land surface simulation three types of models are used: a) meteorological model for quantification of Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer processes, 'SVAT_bg' (10); b) thermodynamic model of ecosystem functioning (11, 12); c) regional bioclimate classification model (13). Operational satellite information received trough EUMETCast, MSG, Aqua/Terra (available till Feb 2017) fire products and LSA SAF products *(https://landsaf.ipma.pt/)* are used. All these sources of information are combined for development of meteorological products/systems for operational use to assess/forecast the land surface state anomalies and related natural hazards.

Development of Information System for Land Surface State (ISLSS) at NIMH-BAS: Land surface modeling seeks to predict the terrestrial water, energy, and biogeochemical processes by solving the governing equations from the standpoint of vegetation cover and up scaling of knowledge within the soil-plant-atmosphere continuum between regimes of increasing spatial scale. This work is based on our experience from laboratory-controlled environment (e.g. 12) and landscape analyses using satellite information in characterizing space-time anomalies and their variability.

(a) Satellite system for detection/monitoring of thermal anomalies and vegetation fires:

An operational System based on using information from geostationary Meteosat satellites and NASA/NOAA polar orbiting Aqua/Terra (available via EUMETCast up to Feb 2017, now replaced with S-VIIRS 750m) for active fire monitoring has been developed since 2007. It is used for meteorological services of State Forest Agency and Ministry of Inner Affairs of Bulgaria. In parallel validation of fire products is performed (for accuracy, sensitivity, vegetation type, fire at/down the canopy etc.).

(a) (b) (c)



(d)

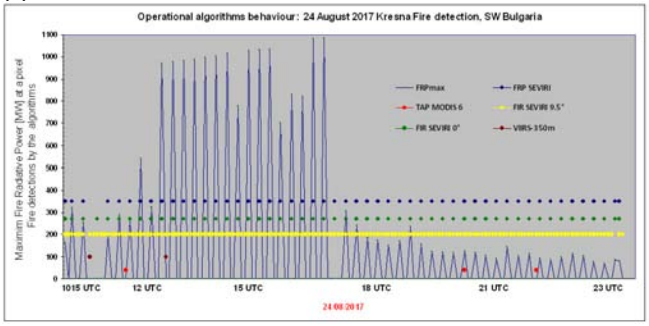


Fig. 5. Active fire detection at Kresna gorge on 24 Aug 2017 by available satellite products (a) MPEF FIR Rss; (b) MPEF FIR Full Scan; (c) LSA SAF FRP; (d) Summary of satellite monitoring of active fire development

Geostationary and polar orbiting fire detections complement each other in fire behavior evaluation for developing an efficient fire warning system for the region of southeastern Europe, illustrated on Fig. 5. This is an example of the early warning provided by our System for the large fire on 24-28 August 2017, Kresna, SW Bulgaria, giving the first signal at 10:15 UTC, and evaluation of its dynamics.

(b) Agricultural drought warning system: Here we accent on agricultural drought that is defined as a combination of meteorological and hydrological droughts, resulting in reduced supply of moisture levels for crops, i.e. Soil Moisture Availability (SMA). SMA being the main determinant of plant systems development is a basic parameter in mesoscale atmospheric circulation models, and at the same time might serve as information source for "warnings" for environmental constrains. A model approach for quantification of SMA in root zone depth has been developed (10). This approach together with thermodynamic modeling of ecosystem fuctioning (11, 12) is used as a methodological background for development of a Drought Warning System (DWS). DWS comprises three levels of warnings: Watch – Warn, indicating different levels of agricultural drought severity, and Alert, indicating risk of yield reduction (13). The System is in a pre-operational phase of development.

Satellite information is used in the context of the model developed conceptual DWS scheme. Due to its close relationship to soil moisture, the Land Surface Temperature (LST) is an important parameter for monitoring changes in surface conditions. As indicator optimized for characterizing vegetation water stress and drought, which is related to energy and water cycles, the temperature difference between MSG LSA SAF LST product and air temperature (T2m) at 2 m height is used. Based on a set of thresholds linking root zone SMA and the level of this temperature difference, agricultural drought (severity) is scaled in three levels. On this bases, maps for diagnoses and two days ahead forecast of drought severity are daily, operationally produced. Using (LST – T2m) Index as a proxy of entropy production in canopy leaves (that can quantify climatic bioenergetic resources according 11,_12), analytical description of its relation to crop yield has been developed and applied for predictions. Fig. 6 illustrates the DWS concept and the set of indexes for real drought situations over Bulgaria based on using Meteosat information.

(a) (b) (c)

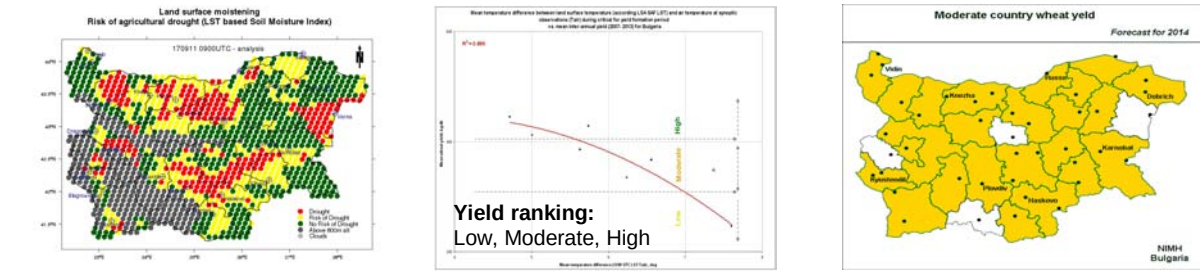


Fig. 6. Satellite information in support to agricultural drought assessment based on (LSA SAF LST-T2m) temperature difference index. Examples: (a) Diagnostic map of spatiotemporal distribution of drought in a 3- level scale. Calculations at ECMWF model resolution; (b) Analytical description the link between climatic bioenergetic resources and crop yield (NIMH agro database yield estimates); (c) Predicted mean country yield of winter wheat for 2014 (kg/dk), (coincides with the announced by Ministry of Food and Agriculture in Bulgaria).

(c) Satellites in support to fire risk assessment and forecast: Available information for short-term fire weather forecasting includes indexes developed (at NIMH-BAS) for operational use. Results are applied in support to short-term fire weather forecasting, issued in public domain. Example of operational system for fire risk warnings is presented on Fig. 7 and it includes:

(a) (b) (c)

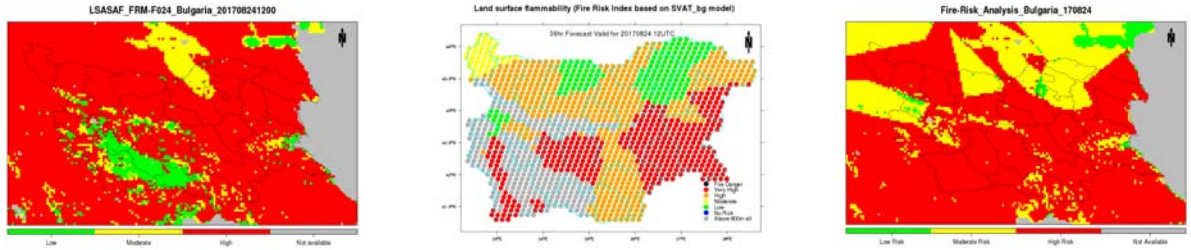


Fig. 7. Fire risk diagnoses/forecast, example maps for 24/08/2017: (a) Meteorological fire risk after LSA SAF FRM 24 h forecast; (b) Spatiotemporal distribution of SMD/fuel dryness and related fire risk; (c) CoFRI

- Fire weather forecast according LSA SAF Fire Risk Map (FRM) product for 1 to 3 days ahead using weather forecast data of ECMWF and provided warnings in 3 classes of fire risk (low, moderate, high) with a spatial resolution of about 5 km (MSG resolution). The FRM algorithm computes the set of components of the Canadian Forest Fire Weather Index System; prognostic levels of fire danger over the European area are updated everyday at 12 UTC, and disseminated through EUMETCast (Fig.7a).
- Terrestrial Fire Risk diagnosis/forecasts for 2 days ahead is derived by Soil Moisture Deficit Index of Fire Danger (SMDIFD) using weather forecast data of ECMWF and provided warnings in 5 classes of fire risk with a spatial resolution of the ECMWF model grid (Fig.7b).
- Composite Fire Risk Indicator (CoFRI, Fig.7c) for 2 days ahead with MSG resolution in 3 classes of fire risk (low/moderate/high) combining atmosphere (Fig.7a) and land surface (Fig.7b).

(d) Satellites in support to characterise fire-forest-climate relations: To account for gradient in static fire risk and fire regime we apply the Bulgarian developed bioclimatic scheme for regional classification of the natural land cover in functional units (Forest Functional Types, FFTs), (14) together with the Fire Radiative Approach based on MSG information. Appling the concept for S-SE Bulgaria, three functional units of static equilibrium between forest and climates are discriminated (Fig. 4 (a)), which are also distinguished based on satellite information (LST and FVC LSA SAF products). Vulnerability of FFTs to fire hazard is characterized using capabilities of LSA SAF FRP product (5 years dataset). Accumulating all pixel detections and biomass-burning effects (total fire radiative energy and fire-carbon equivalent emitted), the ranking of natural forest cover regarding susceptibility to fire ignition and spread on a regional scale is made. An example of the ranking of bioclimate regimes in terms of fire occurrence is illustrated for 2011 (Fig. 8). The most fire prone is FFT2 area (broadleaved xerophytes), followed by native coniferous FFT3 and the less fire-prone ecosystem is the area of FFT2 (mesophytes). This ranking is confirmed by the ground observations of national SFA.

(a) (b) (c)

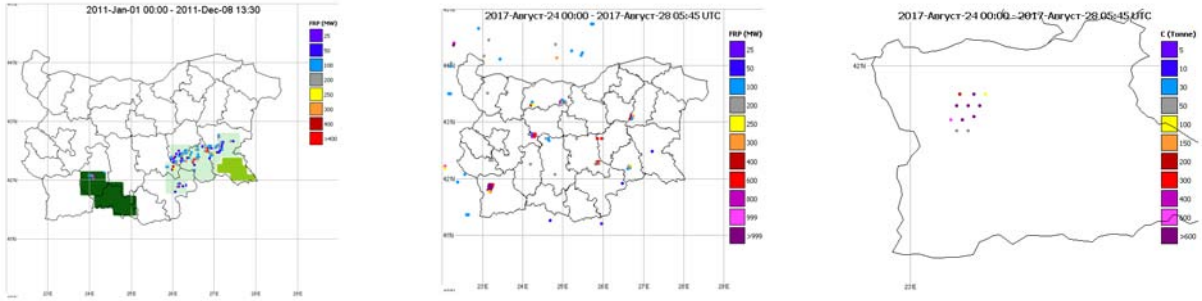


Fig. 8. Use of MSG LSA SAF FRP-PIXEL product in characterizing climate-fire relationships and static fire risk: (a) Regional characterization of biomass-burning pattern for 2011; Accumulated effects from biomass burning during fire in Kresna, 24–28/08/2017 in terms of (b) total fire radiative energy and (c) Total Carbon-Eq. emitted.

References:

1. Станчев, К., Вл. Шаров. Облачные вихри над Средиземноморским районом и некоторые синоптеческие условия связанные с ними. Тр. Гидрометцентра СССР, 1971, вып. 773, 32-41.
2. Kortcheva, A. Use of the ERS-2 satellite date for validation of wave model VAGBULH1 for the Black Sea. Bulgarian Journal of Meteorology & Hydrology, 1996, 6, 1-10.
3. Kortcheva, A, Kortchev, G, J-M.Lefevre. Operational numerical wind wave model for the Black Sea.Journal of Mediterran.. Marine. Science., 2000, 1/1, 2000, 65-69.
4. Lefevre Jean-Michel, Anna Kortcheva, Simona Stefanescu, 2003, Performance of several wave forecasting systems for high swell conditions, ISOPE Paper No. 2003-MP-14.
5. Kortcheva, A. Kortchev,G, V.Galabov V., 2010 - A wave prediction system for real time sea state forecasting in the Black Sea, *Bulgarian Journal of Meteorology & Hydrology,vol.15, N2,. 56-66*
6. M. Dimitrova, A, Kortcheva, V, Galabov. Validation of the operational wave model WAVEWATCH III against altimetry data from JASON-2 satellite , Bul. J. Meteo & Hydrology 18/1-2(2013) 4-17.
7. Booij, N., R. Ris, & L. Holthuijsen. A third-generation wave model for coastal regions 1. Model description and validation, Journal of geophysical research 104(C4), 1999,7649- 7666.
8. Tolman, H.L. User Manual and System Documentation of WAVEWATCH III TM Version 3.14. *NCEP Technical Note*, 220 ,2004.
9. Bogathev, A. Changes in operational suite of ALADIN-BG, ALADIN, 2008, Newsletter No 34.
10. Stoyanova, J., C. Georgiev. SVAT modelling in support to flood risk assessment in Bulgaria. Atmospheric Research, 2013, 123, 384–399.

11. Florov, R. Surface-Boundary Approach in Biothermodynamics and its Applications. J. Shenyang Inst.Chem.Technol., 2002, 6(4), 241-249.
12. Stoyanova, J. Relationship between transpiration and respiration in plants during the dark period. Biologia plantarum, 1996, 38, 77-83.
13. Stoyanova, J. (2007): Bioclimatic concept for assessment of atmosphere and forest land cover coupling at a regional scale. Proceedings of the 29th International Conference on Alpine Meteorology (ICAM), Chambéry, France, 2007, pp.773-776.
14. Stoyanova, J., C. Georgiev. Operational drought detection and monitoring over eastern Mediterranean by using MSG data. Proceedings of Joint 2013 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference/19th American Meteorological Society AMS Satellite Meteorology, Oceanography, and Climatology ConferenceDarmstadt, Germany, 2013, ISSN 1011-3932 (electronic edition).

ДИНАМИКА НА ПЛАВАЩИТЕ ТРЪСТИКОВИ ОСТРОВИ В ЕЗЕРОТО СРЕБЪРНА ЗА ПЕРИОДА ПРОЛЕТ – ЛЯТО 2017 Г, С ИЗПОЛЗВАНЕТО НА SAR ДАННИ

Ива Иванова, Наталия Станкова

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

Ключови думи: *радарни изображения, екомониторинг, местообитания, плаващи тръстикови острови*

Абстракт: *Във връзка със загубата на местообитания вследствие антропогенни и неантропогенни фактори, което води до изчезване на световно застрашени видове животни и растения е необходимо непрекъснато извършване на мониторингови изследвания. Основна цел на изследването е насочена към оценка и мониторинг на приоритетни типове местообитания в защитени територии, каквито са плаващите тръстикови острови в езерото Сребърна, Целта на настоящето изследване е да покаже как такъв мониторинг може да бъде извършван сезонно с помощта на използването на радарни изображения. като изследванията се базират на извършените с помощта на оптични изображения наблюдения през годините, с цел установяване на динамика на местообитанията. Мониторингът е извършен за периода пролет-лято на 2017 г. Което показва динамиката на местообитанията през пролетта, когато езерото е пълноводно, и през лятото – при ниско ниво на водата в езерото. Резултатите показват значителни изменения в тяхната площ и местоположение, което може да се вземе под внимание с цел тяхното опазване за в бъдеще.*

FLOATING REED ISLAND DYNAMICS IN SREBARNA LAKE FOR SPRING/SUMMER 2017 STUDYING PERIOD USING SAR DATA

Iva Ivanova, Nataliya Stankova

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

Key worlds: *SAR data, ecomonitoring, habitats, floating reed islands*

Abstract: *With the loss of habitats due to anthropogenic and non-anthropogenic factors leading to the extinction of globally endangered species of animals and plants, because it is necessary to conduct regular monitoring studies. The main objective of this study is to assess and monitor the priority habitat types in protected areas such as the floating reed islands in Srebarna Lake. The purpose of this study is to show how this monitoring can be done seasonally using radar imaging. This research is based on optical monitoring observations over the years to determine the dynamic of habitats. SAR images have an optical advantage; they can record data at any time of the day and within a short time interval. The monitoring is carried out for the spring / summer period of 2017. This shows the habitat dynamics in the spring, with deep water level in the lake and in the summer - with a low water level. The results show significant changes in the area and their location, which can be taken into account in order to be protected in the future.*

Въведение

Аерокосмическият мониторинг на специфични типове местообитания, каквито са плаващите тръстикови острови предоставя изключително важна информация за управление на околна среда по устойчив начин. Изследванията върху динамика на местообитанията в езерото Сребърна с използването на спътникови данни започнаха за пръв път през 2008 г.[1].

Досегашните изследвания на тези местообитания бяха свързани с динамиката им в продължителен етап от време – за период от 30 години с използването само на оптични изображения [1,2]. Радарни изображения за първи път за изследване на сезонната динамиката на островите в езерото Сребърна са използвани за по детайлни проучвания на местообитанията за период от 6 месеца – зима-пролет 2017 [3]. Настоящата работа продължава детайлното наблюдение на местообитанията и за пролетно – летния период, при пълноводие и засушаване на езерото с използването на радарни изображения.. Извършването на ежедневен аерокосмически мониторинг в защитени територии, ще подпомогне разработването и подобряването на плановете им за управление.

Плаващите тръстикови острови имат изключително важно значение като местообитание за гнездането на световнозастрашени видове птици. Затова извършването на редовен сезонен мониторинг на този тип местообитания е от изключително важно значение за тяхното опазване. Плаващите тръстикови острови представляват специфични плаващи местообитания на тръстиката в места с по-голяма дълбочина на водата, които понастоящем в България се срещат само в ПР „Сребърна“. Заемат централната част на резервата като ограждат централното водно огледало. Тяхната обща приблизителна площ е 95 ha [2].

Поддържаният резерват (ПР) „Сребърна“ е разположен на брега на р. Дунав между R.km 391 R.km 393 (44°07 N, 27°04 E; UTM grid NJ 08) и надморска височина между 10 m и 13.2 m) [1,6]. Езерото Сребърна е част от световното културно наследство (1983), UNESCO, Биосферен резерват (1977), обект от Рамсар (1975) Орнитологично важно място (1990) и част от НАТУРА2000 по директива за птиците и директива за местообитанията (2007) [4]. През последните години екосистемата на езерото претърпява значителни промени към силна еутрофикация и антропогенно ускорена еутрофикация. Основните причини са прекъснатата връзка с река Дунав (поради изграждането на язовир през 1948 г.) заедно с изпомпването на подземните води, както и земеделските промени и дейности в басейна на водосборния басейн. Реставрационните дейности, извършени през 1993-1994 г. и особено каналът, свързващ езерото с река Дунав, водят до началото на възстановяване на езерото [5]. Всички тези събития влияят върху биологичното разнообразие на резервата.

Целта на това изследване е да проследи динамиката на плаващите тръстикови острови в езерото Сребърна, през пролетно – летния сезон от годината. Тъй като плаващите тръстикови острови са основните местообитания за световно застрашените видове птици, проучването на тяхната динамика ще предостави информация за промените в местообитанията и дали тези промени ще засегнат гнездовите колонии в тях.

Методика

Използвани са данни от спътниците на Европейската Космическа Агенция (ESA) от мисията Copernicus, Sentinel-1-A и B [9,10].

Sentinel-1-A (C банд с дължина на вълната ~ 5,6 cm) е синтезиран апертурен радар (SAR). SAR SENTINEL-1 е радар с двойна поляризация. Той може да предава сигнал и да получава изображения в хоризонтална (H) и вертикална (V) поляризация. Продуктите с двойна поляризация, съдържащи сложна стойност и информация между канали, позволяват измерване на поляризационните свойства на терена в допълнение към обратното разсейване, което не може да бъде измерено от единична поляризация. C-SAR е способен да постигне нощни образи и да открие дребни движения на земята, което го прави полезно за мониторинг на наблюдаваните специфични типове местообитания. Разделителна способност на изображенията (Pixel Spacing) (rg x az) е 10-10 м [3,7,8].

Избраните изображения за мониторинга от Sentinl 1 обхващат периода от април 2017 г. до септември 2017 г. Изображенията от сензора SAR-Santinel 1 се основават на вида *vv* поляризация. Входните данни са георефернтни в UTM (Universal Transversal Mercator-35T), 35 зони. Това позволява сезонно проучване на динамиката на плаващите тръстикови острови. В този случай избраните изображения са от два сезона – пролетта и лятото на 2017 г. Датите, от които се използват изображенията от Sentinel 1 са показани в таблица 1.

Таблица 1: Подбрани радарни изображения

Спътник	Април	Май	Юни	Юли	Август	Септември
Sentinel 1A	01/04/2017 13/04/2017 14/04/2017 24/04/2017	06/05/2017 19/05/2017	07/06/2017 12/06/2017 23/06/2017	01/07/2017 12/07/2017 30/07/2017	05/08/2017 18.08/2017	16/09/2017
Sentinel 1B			30/06/2017		30/08/2017	05/09/2017 29/09/2017

Тъй като плаващите острови представляват сложни геометрични фигури, координатите на местоположението им се определят по аналогия на метода за определяне центъра на масата, като вместо масата се използва площта (Метод на определяне на координатите на центроид). Уравненията за изчисляване на координатите на центъра на плаващите острови са дадени по-долу:

(1) $$C_x = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i}$$

и

(2) $$C_y = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} \quad ,$$

където:

xi е разстоянието от центъра на квадрата на мрежата с площ Ai до координатната ос y;

yi разстоянието от центъра на квадрата на мрежата с площ Ai до координатната ос x,

Ci (xi, yi) са центровете на базисните клетки на мрежата с площ Ai.

Този метод на определяне на координатите дава възможност да се проследят всички възможни случаи на движение (абсолютно относително), тъй като на практика между тези два вида движение не съществува рязка граница, използваният метод е оптимален, тъй като дава количествена оценка за реалната динамика.

Динамиката на плаващите тръстикови острови може да се изрази в промяна на тяхната площ, вследствие изменение нивото на водата, в резултат островът може да стане по-малък или по-голям. Също така, самият остров с течение на времето може да се разкъса и от него да се отдели част, която ще стане нов плаващ остров с определена площ и форма. Има и вероятност самият плаващ остров да се слее с друг, при което площта му се увеличава и формата му се променя. [1,3].

Изместването на отделните плаващи тръстикови острови се изчислява, като се използва следната формула [3]:

(3) $$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2},$$

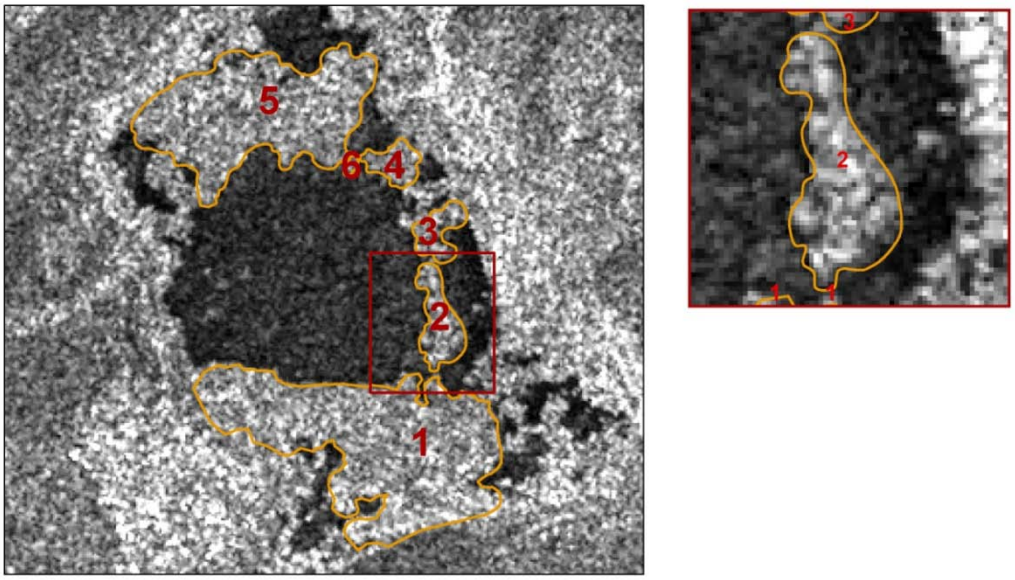
където d е разстоянието между позициите в момент t_1 и t_2, x_1 , y_1 са координатната позиция на момента t_1 и x_2 , y_2- са координатната позиция на момента t_2.

Резултати

За да се изследва движението на плаващите острови в езерото Сребърна, трябва да проследи тяхното разположение и изменение през наблюдаваните месеци, т.е. през изследвания период април/септември 2017 г. За целта са избрани няколко тестови плаващи тръстикови острова, които имат сравнително постоянна форма и са ясно различими през сезоните на наблюдение. Те обграждат централното водно огледало на езерото Сребърна. В случая са избрани шест от островите, които са класифицирани в отделни класове, обозначени като: 1,2,3,4,5,6 (фиг.1).

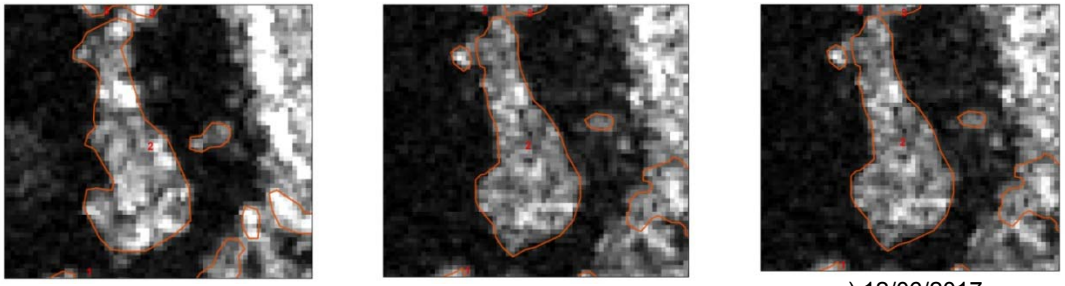
Избраните шест тестови плаващи тръстикови острова включват двата големи тръстикови масива - на север и на юг. На северния тръстиков масив, който също е плаващ тръстиков остров, се намира основната гнездова колония на пеликаните (предимно къдроглави и няколко двойки розови), които образуват размножителна колония. Следователно този тръстиков масив е от изключително значение като местообитание (плаващ тръстиков остров 5, фиг. 1). Останалите плаващи тръстикови острови са разположени главно по източния бряг на езерото, тъй като имат относително постоянна форма през сезоните. Островите, разположени по западния бряг на езерото Сребърна, не могат да бъдат регистрирани в постоянна форма, защото са фрагментирани или слети с брегове на езерото.

Местоположението на избраните шест плаващ тръстикови острова е показано на фиг. 1.

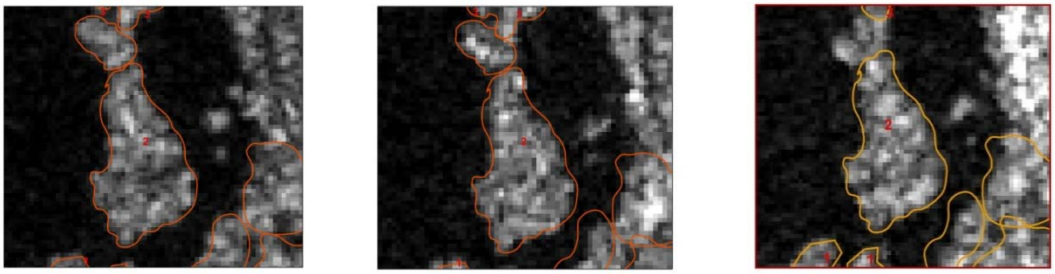


Фиг. 1. Визуализация на наблюдаваните шест острова в езерото Сребърна,
с по-детайлно изображение на вторият плаващ тръстиков остров

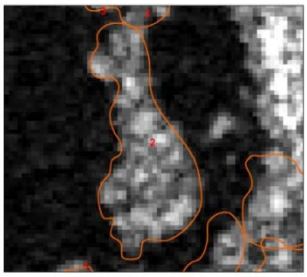
Плаващ тръстиков остров 2 е използван като показен модел, с който се представя примерна динамика на един от наблюдаваните острови. Този остров е избран поради ясно разпознаваемата си форма през различните месеци от изображенията. Той е със сравнително фиксирано местоположение и забележима динамика във формата му през наблюдаваните месеци.



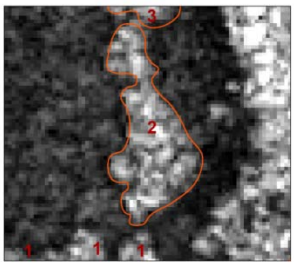
а) 14/04/2017 б) 06/05/2017 в) 12/06/2017



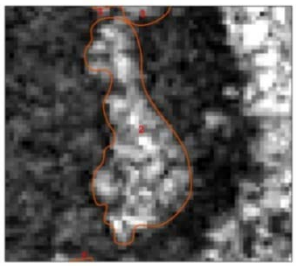
г) 30/07/2017 д) 05/08/2017 е) 30/08/2017



ж) 05/09/2017



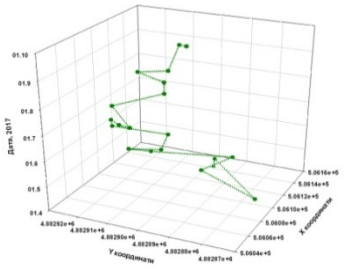
з) 16/09/2017



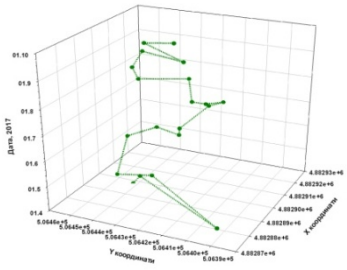
и) 29/09/2017

Фиг. 2(а-и). Сезонна динамика на плаващ тръстиков остров 2

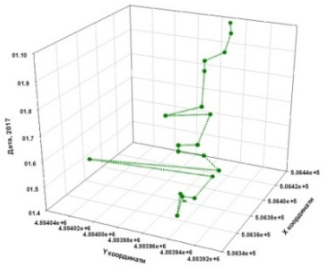
Изчислява се динамиката на избраните шест тестови плаващи тръстикови острова въз основа на координатите X (ti) и У (ti), където t_i е датата от SAR изображенията. На фигура 3 (а-е) е показана динамика промените в пространственото местоположение на островите за различни дати. Разстоянието между тях се определя от формула 3.



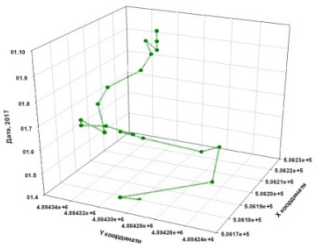
а) Плаващ тръстиков остров 1



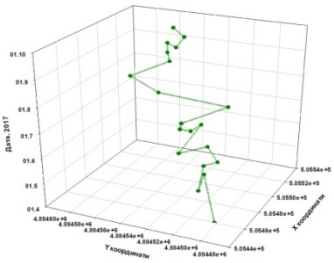
б) Плаващ тръстиков остров 2



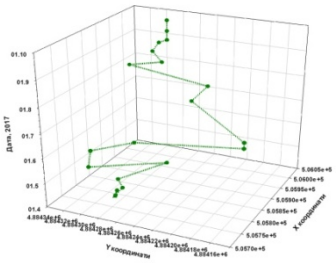
в) Плаващ тръстиков остров 3



г) Плаващ тръстиков остров 4



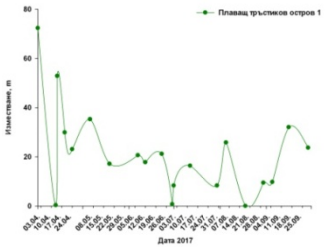
д) Плаващ тръстиков остров 5



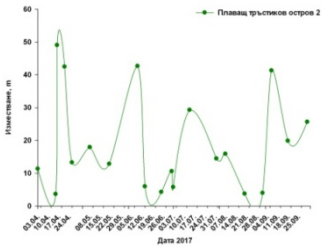
е) Плаващ тръстиков остров 6

Фиг. 3(а-е). Динамика на пространственото местоположение на островите за различни дати

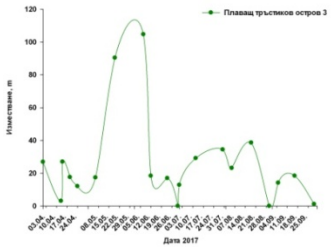
Изместването (*d*) на плаващите тръстикови острови е в *m* като функция от времето.



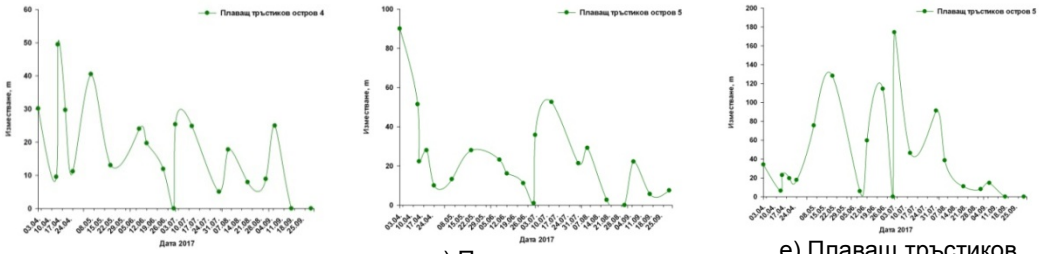
а) Плаващ тръстиков остров 1



б) Плаващ тръстиков остров 2



в) Плаващ тръстиков остров 3



г) Плаващ тръстиков остров 4 д) Плаващ тръстиков остров 5 е) Плаващ тръстиков остров 6

Фиг. 4 (а-е). Изместване на плаващите тръстикови острови (m)

Заключение

От получените резултати се установява, че пространствените изменения на плаващите тръстикови острови в езерото Сребърна са много динамични, дори за кратък период от време. При наблюдаваните шест плаващи тръстикови острова се установява движение, дори в рамките на два дни (29-30/09/2017). Това доказва предимствата на използването на радарните изображения пред оптичните за този тип екологичен мониторинг.

Благодарности

Изследването е финансирано по проект „„Прецизно моделиране на движението на плаващите тръстикови острови в езерото Сребърна с помощта на спътникови оптични и SAR данни през различните сезони”“, Проект № ДФНП-17-81/28.07.2017, Програма за подпомагане на младите учени и докторанти на БАН – 2017

Литература:

1. Ivanova, I., Nedkov R., Michev T., Kamburova N. Estimation of the dynamics of floating islands in the territory of Sreburna Lake, situated in the territory of Bulgaria, using aerospace and GPS data in the period 1979 – 2005,Proceedings of 4th International Conference, RAST2009, ISBN 978-1-4244-3626-2, p.259-264, (2009)
2. Иванова, И., , Изследване динамика на плаващите тръстикови острови в ПР „Сребърна“ и езерото Лумина от езерния комплекс Рошу-Пую-Лумина в БР „Делтата на р. Дунав“, на базата на спътникови, наземни и GPS данни“, Дисертационен труд, Акад. Изд. «проф. Марин Дринов», БДС ISO 7144, ISBN 978-954-322-762-4, София,(2014)
3. Ivanova, I., Nedkov R., Borisova D., Application of SAR data for seasonal monitoring of floating reed islands dynamic in Srebarna Lake, , Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications, part of SPIE Remote Sensing, 10428-63, Session 4, (2017)
4. Ordinance № RD-367 / 15.10.1999 г. of the Minister of Environment and Water for reclassification in Srebarna Supported Reserve (1999)
5. Hibaum, Michev T., Vasilev T., Uzunov V.,. Management Plan “Sreburna” biosphere reserve, CLGE-BAS, Sofia, p. 3-7(2000)
6. Michev, T. et all., Mapping of wetlands in Bulgaria with the help of satellite images and GIS International Symposium "Spatial information technologies for its security, processing and efficient use, Sofia, Bulgaria, p. 149-160 (2002)
7. Spasova, T., Nedkov R., 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,(2017)
8. Nedkov, R., Spasova T., Gotchev D., (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
9. https://earth.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/resolutions/level-1-ground-range-detected
10. https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi

S E S 2 0 1 7
Thirteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2017, Sofia, Bulgaria

ОЦЕНКА НА СТЕПЕНТА НА УВРЕЖДАНЕ НА ГОРСКИ ЕКОСИСТЕМИ СЛЕД ПОЖАР

Наталия Станкова, Ива Иванова

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

Ключови думи: *дистанционни изследвания, пожар, NBR, burn severity, Sentinel*

Резюме: *Целта на настоящата работа е оценка на степента на увреждане на горски екосистеми след пожар на базата на дистанционни аерокосмически методи и данни. Използвани са спътникови изображения от Sentinel-2A и Terra MODIS. За целта на изследването се извършва проследяване на състоянието и степента на увреждане на горски екосистеми след пожар на територията на пожара от 24/08/2017г. в района на с. Стара Кресна. Благодарение на подходящата пространствена разделителна способност на Sentinel-2A е направено прецизно дефиниране на границите на изгорялата от пожара територия. Използвани са композитни изображения от сензора Sentinel 2A от следните дати – преди пожара (07/08/2017г.) и след пожара (06/09/2017г.). За целта на изследването е направена класификация на базата на dNBR или т. нар. „burn severity map" на територията на цялата опожарена площ като са дефинирани четири класа според степента на изгаряне – висока, средна, ниска и незасегнати.*

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF DISTURBANCE OF FOREST ECOSYSTEMS AFTER FIRE

Nataliya Stankova, Iva Ivanova

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

Keywords: *remote sensing, fire, NBR, burn severity, Sentinel*

Abstract: *The aim of this study is to assess the degree of disturbance of forest ecosystems after fire based on remote aerospace methods and data. Satellite images from Sentinel-2A and Terra MODIS were used. For the purpose of this study monitoring of the condition and the degree of disturbance of forest ecosystems after fire were made on the territory of the fire from 24/08/2017 in the region of the village of Stara Kresna. Precise definition of the boundaries of the burnt area was made due to the appropriate spatial resolution of Sentinel-2A. Composite images from Sentinel 2A sensor were used from the following dates – before the fire (07/08/2017) and after the fire (06/09/2017). For the purpose of this study a classification based on dNBR or "burn severity map" was made on the territory of the burnt area and four severity classes were defined according to the degree of disturbance – high, medium, low and unburnt.*

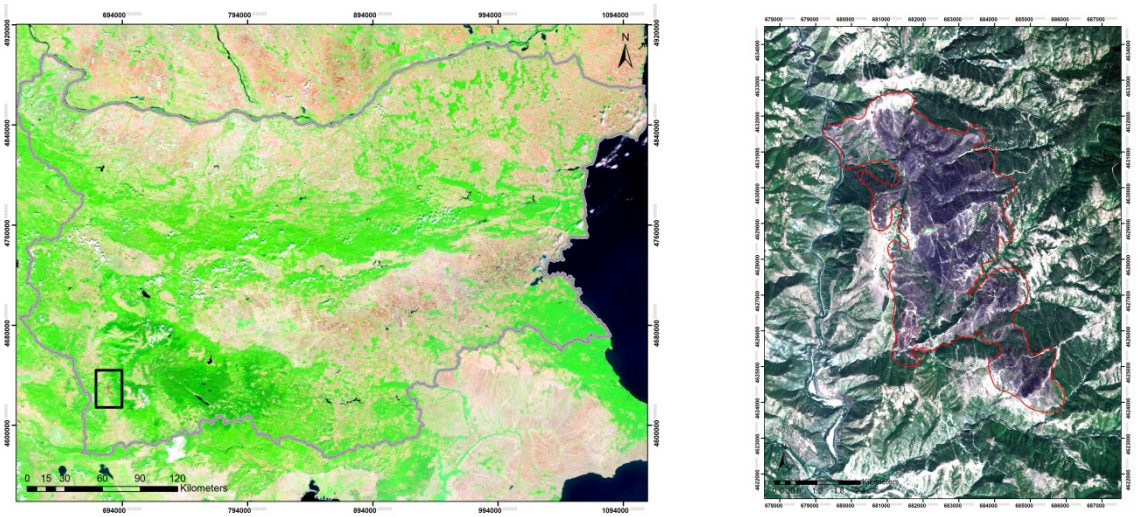
Въведение

Горските пожари са все по-голям проблем за страните от ЕС, разположени в южните части на Европа. Горските пожари са природни екосистемни процеси със значително въздействие върху околната среда. Оценките, получени чрез дистанционни методи за хетерогенността и пространственото разпределение на изгорелите участъци, също са били използвани за изследване на причинно-следствените връзки [1], за да се документира степента на възстановяване [2], да бъдат определени приоритетни области за намаляване на горивните материали [3] и възстановяване след пожар [4,5]. Хетерогенността на пожарните ефекти в области, различни по големина, форма и разстояние от живата растителност има различно въздействие върху видовете и влияние върху сукцесионните траектории [6].

Дистанционните методи имат голям потенциал за изучаване на хетерогенността в пожарните ефекти в достатъчно дребен мащаб за големи територии незабавно, по време на и след пожари. Тези изследвания могат да бъдат полезни при установяване на причините и последствията от пространствените вариации в активния пожар и след въздействието на пожара.

Обект на изследване

За целта на изследването се извършва проследяване на състоянието и степента на увреждане на горски екосистеми след пожар на територията на пожара, от 24/08/2017г. (Фиг. 1). Изследваната територия на пожара, възникнал на 24/08/2017г. се намира в югозападна България, област Благоевград, в района на с. Стара Кресна. Изгорялата площ попада на територията на общините Кресна и Симитли. Местоположението и площта на изгорялата територия са идентифицирани с помощта на две композитни изображения - от сензора Sentinel 2A преди пожара (07/08/2017г.) и след пожара (06/09/2017г.).



Фиг. 1. Местоположението на пожара на спътниково изображение от 08/09/2017г. от Terra MODIS, спектрални канали 7-2-1 (в ляво); Местоположението на изгорялата площ на спътниково изображение от 06/09/2017г. от Sentinel 2A, спектрални канали 4-3-2 (в дясно)

Засегната е площ от 2609 ha. Голяма част от опожарената площ попада на територията на защитена зона BG0000366 „Кресна-Илинденци“ по Директивата за местообитанията [7], а по Директивата за птиците [8] половината от изследваната област попада на територията на защитена зона BG0002003 „Кресна“. В посока югозапад от пожара се намира резерват „Тисата“, а на изток – границата на Национален парк „Пирин“.

Природният баланс в района на пожара е изцяло нарушен, налице е екологична катастрофа. Районът около Кресна е известен с уникалността на своята херпетофауна. Естествените гори са от средиземноморски тип – естествени гори от космат дъб, зимен дъб, кедър, габър и дървовидна хвойна. Резерват „Тисата“ е създаден именно с цел опазване на тези средиземноморски съобщества. Засегнати са и горски територии от черен бор, бял бор, келяв габър, акация, благун, кестен, черна елша и др. Най-голяма площ заема черният бор.

Материали и методи

За целта на настоящото изследване са използвани изображения от сензорите Sentinel 2A и Terra MODIS. Изображения от MODIS са използвани с цел определяне на местоположението и пространствените вариации на активния пожар, благодарение на високата времева разделителна способност. Прецизно дефиниране на границите на изгорялата територия е направено върху изображение от Sentinel 2A, благодарение на подходящата пространствена разделителна способност на сензора (10 м). Използвани са композитни изображения от сензора Sentinel 2A от следните дати – преди пожара (07/08/2017 г.) и след пожара (06/09/2017 г.). Използвана е Corine Land Cover (CLC) класификация, за да се изготви карта на засегнатите територии.

Пораженията от пожари се оценяват чрез индекса Normalized Burn Ratio (NBR) [9,10], който използвайки близкия и средния инфрачервен канал е съставен така, че да е максимално чувствителен към цялостните промени в спектралните отражателни характеристики, причинени от пожар [11]:

(1) $$NBR = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}$$

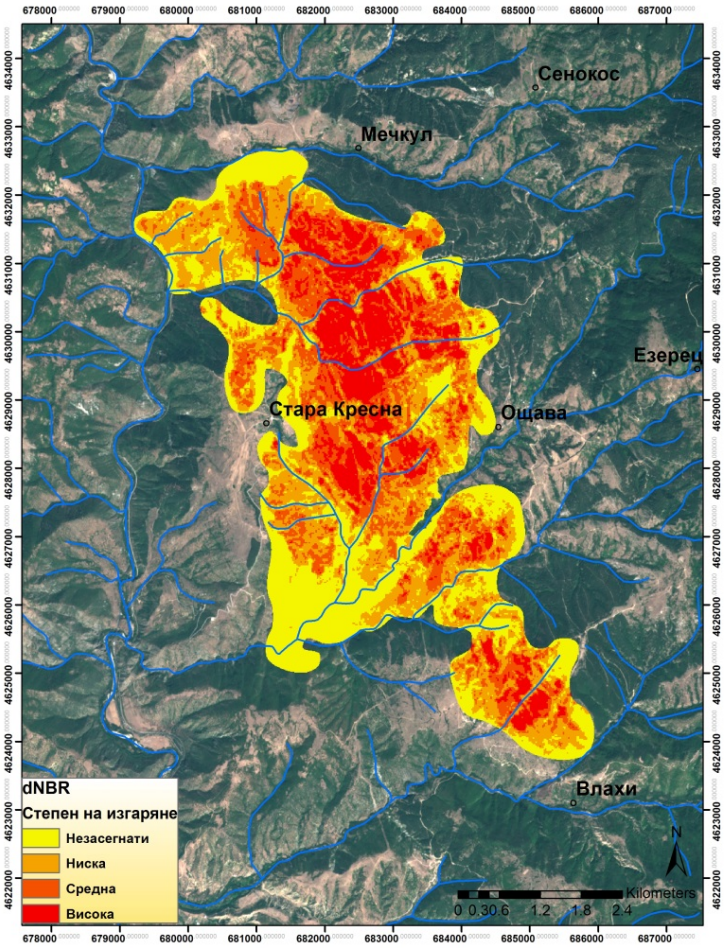
NBR може да се използва за надеждна оценка на степента на нарушенията в различните участъци на пожара. Differenced Normalized Burn Ratio (dNBR) е резултат от разликите на NBR моделите преди и след пожара [12]. NBR и dNBR са ключови индикатори за степента на изгаряне и могат да бъдат използвани за определяне на последствията след пожар, размера на пожара [13] и класификации за степента на изгаряне [14,15].

Наличието на области с подобна околна среда, поведение и въздействия след пожара са довели до използването на термина „severity classes" в рамките както на екологичната литература, така и в дистанционните изследвания. И все пак съществуват значителни вариации в т.нар. ниска (low), средна (moderate) и висока (high) степен на класификацията в зависимост от региона и видовете растителност.

Резултати

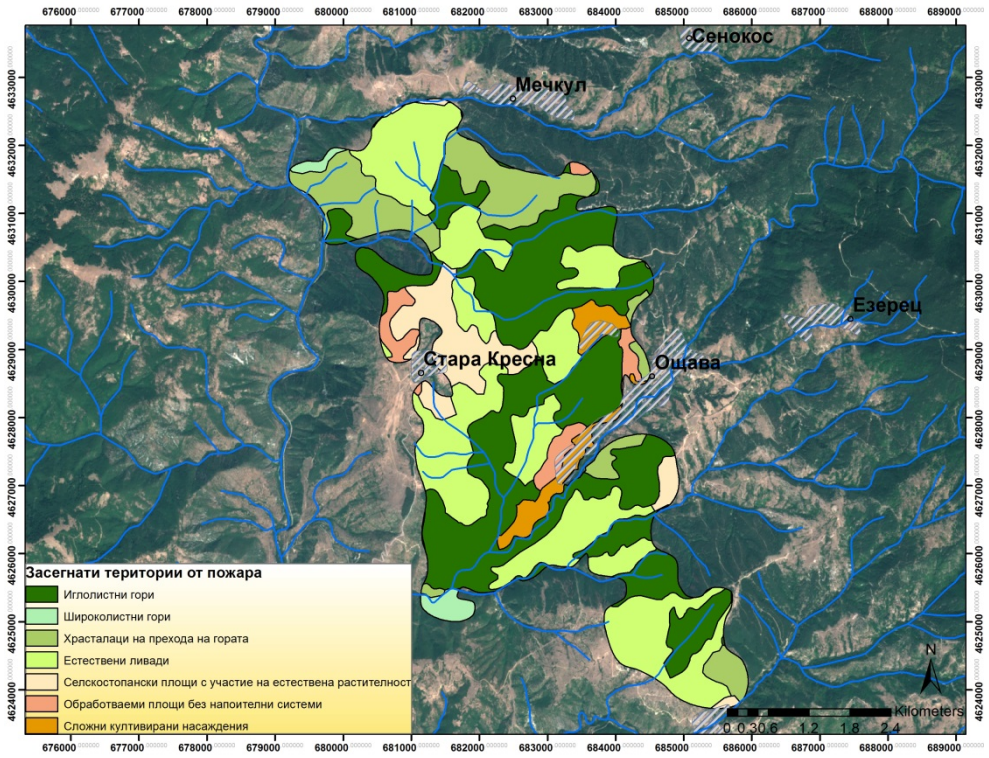
Направена е класификация на базата на dNBR или т. нар. „burn severity map" на територията на цялата опожарена площ. Дефинирани са четири класа според степента на изгаряне ("burn severity") – висока, средна, ниска и незасегнати. На Фиг. 2 е показана т. нар. "burn severity map" или разликите в стойностите на dNBR преди и след пожара.

(2) $$dNBR = NBR_{\text{преди пожара}} - NBR_{\text{след пожара}}$$



Фиг. 2. dNBR класификация на територията на пожара с дефинирани четири класа според степента на изгаряне – висока, средна, ниска и незасегнати

Наблюдават се значителни промени в стойностите на dNBR на територията на горските участъци, което потвърждава негативното влияние на пожара върху горските екосистеми. Тази зависимост потвърждава силната корелационна връзка между dNBR и изгорелите участъци, определени чрез визуална интерпретация. На Фиг. 3 е показана карта на засегнатите територии от пожара от 24/08/2017г., направена на базата на CLC класификацията. С висока степен на изгаряне се отличават иглолистните горски екосистеми, чиято площ заема най-голяма част от засегнатата от пожара територия.



Фиг. 3. Карта на засегнатите територии от пожара от 24/08/2017г според CLC класификация

Благодарности

Изследването е финансирано по проект „Моделиране на възстановителните процеси на горски екосистеми след пожар на базата на ортогонализация на многоспектрални спътникови данни“, Проект № ДФНП-17-80/28.07.2017, Програма за подпомагане на младите учени и докторанти на БАН – 2017

Литература:

1. Rollins, M., T. Swetnam, P. Morgan, 2001: Evaluating a century of fire patterns in two Rocky Mountain wilderness areas using digital fire atlases. Canadian Journal of Forest Research, 31, 12, 2107 – 2123.
2. Stankova, N., R. Nedkov, 2015: Monitoring forest regrowth with different burn severity using aerial and Landsat data, Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2015 IEEE International, 26-31 July 2015, p.2166 – 2169, doi 10.1109/IGARSS.2015.7326233
3. Hardy, C., J. Menakis, D. Long, J. Brown, D. Brunnell, 1998: Mapping historic fire regimes for the western United States: integrating remote sensing and biophysical data. „Proceedings of the 7th biennial Forest Service remote sensing applications conference, 6 – 9 April, 1998, Nassau Bay, TX“. 288 – 300. (American Society for Photogrammetery and Remote Sensing: Bethesda, MD)
4. Станкова, Н., Р. Недков, И. Иванова, 2016: Изследване на последствията и състоянието на горски екосистеми след пожар чрез използване на дистанционни аерокосмически методи и данни, Дванадесетта научна конференция с международно участие, Space, Ecology, Safety, 2-4 ноември, 2016, София (под печат)
5. Stankova, N., R. Nedkov, 2016: Research model of monitoring the recovery of an ecosystem after fire based on satellite and GPS data, Ecological Engineering and Environment Protection 1/2016, p. 5-11, ISSN 1311 – 8668
6. Turner, M., W. Romme, R. Garner, 1999: Prefire Heterogeneity, Fire Severity, and Early Postfire Plant Reestablishment in Subalpine Forests of Yellowstone National Park, Wyoming. International Journal of Wildland Fire, 9,1, 21 – 36.

7. Директива 92/43/ЕИО
8. Директива 2009/147/ЕО
9. Key, C., N. Benson, 1999: The Normalized Burn Ratio (NBR): A Landsat TM Radiometric Index of Burn Severity. URL = http://www.nrmsc.usgs.gov/research/ndbr.htm visited April 2007.
10. Miller, J., S. Yool, 2002: Mapping forest post-fire canopy consumption in several overstory types using multi-temporal Landsat TM and ETM data. Remote Sensing of Environment, 82, 481 – 496.
11. Boer, M., M. Macfarlane, J. Norris, R. Sadler, J. Walace, P. Grierson, 2008: Mapping burned areas and burn severity patterns in SW Australian eucalypt forest using remotely-sensed changes in leaf area index. Remote Sensing of Environment, 112, 4358 – 4369.
12. Crabtree, R., C. Potter, R. Mullen, J. Sheldon, S. Huang, J. Harmsen, A. Rodman, C. Jean, 2009: A modeling and spatio-temporal analysis framework for monitoring environmental change using NPP as an ecosystem indicator. Remote Sensing of Environment, 113, 1486 – 1496. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2008.12.014.
13. Holden, Z., A. Smith, P. Morgan, M. Rollins, P. Gessler, 2005: Evaluation of Novel Thermaly Enhanced Spectral Indices for Mapping Fire Perimeters and Comparisons with Fire Atlas Data. International Journal of Remote Sensing, 26, 4801 – 4808. doi: 10.1080/01431160500239008.
14. Brewer, C., J. Winne, R. Redmond, D. Opitz, M. Magrich, 2005: Classifying and mapping wildfire severity: a comparison of methods, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 71, 1311 – 1320.
15. Smith, A., M. Wooster, N. Drake, F. Dipotso, M. Falkowski, A. Hudak, 2005: Testing the Potential of Multi-spectral Remote Sensing for Retrospectively Estimating Fire Severity in African Savanna Environments. Remote Sensing of Environment, 97, 92 – 115.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ГЕОРАДАРНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СКЛОНОВ ПРОЦЕС

Рангел Гюров, Ралица Берберова, Биляна Костова

Нов български университет – департамент „Природни науки”
e-mail: rgjurov@nbu.bg, bkostova@nbu.bg, rberberova@nbu.bg

Ключови думи: *свлачище, георадарен метод*

Резюме: *Целта на изследването е да се представят възможности на георадарния метод за изследване на свлачищни процеси. Изследвано е свлачище, което се намира в западния склон на планината Витоша.*

LANDSLIDE GPRS MEASURING RESULTS

Rangel Gjurov, Bilyana Kostova, Ralitza Berberova

New Bulgarian University – Natural Sciences Department
e-mail: rgjurov@nbu.bg, bkostova@nbu.bg, rberberova@nbu.bg

Keywords: *landslide, GPRS method*

Abstract: *This paper presents the possibilities of GPRS to research the landslide processes. The subject is a landslide located on the Western slope of Vitosha Mountain.*

Въведение

По статистически данни за природните бедствия в страната ни свлачищата заемат второ място като причина, предизвикала най-голям брой кризисни събития за периода 2004 - 2015 г. [1-7]. Свлачищните процеси пораждат сериозни социални, икономически и екологични щети. С цел превенция и намаляване на щетите, тези явления са обект на геоложки, хидрогеоложки и инженерно-геоложки изследвания и проучвания [8-13]. Създадени са множество регистри и геоинформационни системи, вкл. от аерокосмически наблюдения на свлачищни райони [14-17]. В България са разработени програми за борба със свлачищните процеси [14] и е създаден Регистър за свлачищата в България [15].

Целта на изследването е да се представят възможности на георадарния метод за изследване на свлачищни процеси [18-20]. Изследвано е свлачище, което се намира в западния склон на Витоша. Склонът е изграден от теригенни наслаги, получени от изветрянето на магмени скали на Витошкия плутон, триаски варовици, конгломерати и пясъчници. Представени са и чакъли, пясъци, глини, филити и др. Глините и глинестите почви силно променят физикомеханичните показатели при промяна на водното съдържание. Занижените якостни свойства най-често водят до прояви на различни склонови процеси, причинени от гравитационните сили, от които най-значими са свлачищата. Целият склон от кв. Владая, София до с. Църква, Пернишко е неустойчив. Свлачищата са консистентни, относително плитки и скоростта им на придвижване силно се обуславят от количеството на падналите валежи [1].

Обект и методи

Обект на изследването е свлачище в района на кв. Драгичево в западния склон на планина Витоша.

За изследване на свлачищния процес е използван георадерен (GPRS) метод, изискващ следните действия:

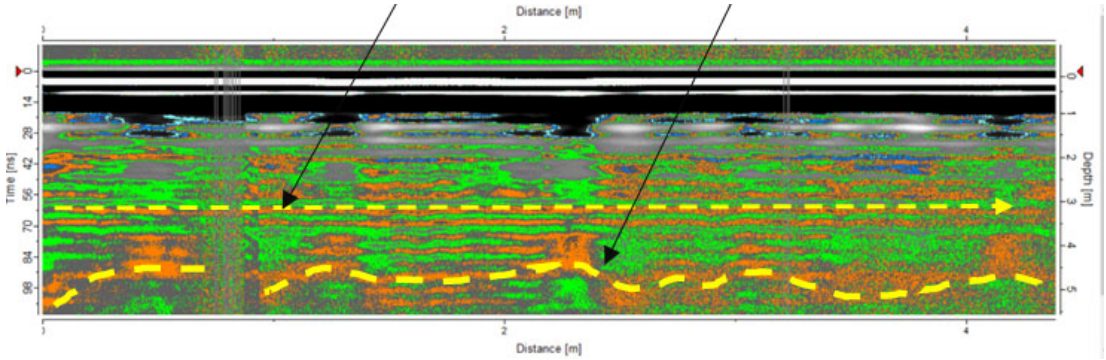
- ✓ визуален оглед на терена;
- ✓ избор на профил за измерване;
- ✓ измерване с апаратурата;
- ✓ анализ на архивираните радарграми;
- ✓ оценка на резултатите.

GPRS-методът е използван за недеструктивно изследване на свлачищния процес. Измерванията са извършени на дълбочинно проникване до 10 m. Антената е с номинална честота 250 MHz, предоставяща качествен сигнал до 15 m дълбочина. Времевият прозорец е 199.7 ns, като отговаря на отразени сигнали, достигащи от дълбочина до 10,04 m. Параметри на цифров тахометър – вид на колелото 250-800. Интервал между две поредни обработвани измервания 0.010 m. Параметри на системата за сбор данни – разделителност на антената 0.10 m, което отговаря на 10 осреднени поредни измервания. Посока на измерването – напред, тахометърът следва радара. Активиран сензор за детекция и отстраняване на мрежов шум 50-60Hz. Честота на дискретизация – 2633.33MHz. Георадарното изследване е направено при сух терен, което прави грешката на измерването пренебрежима.

Резултати и дискусия

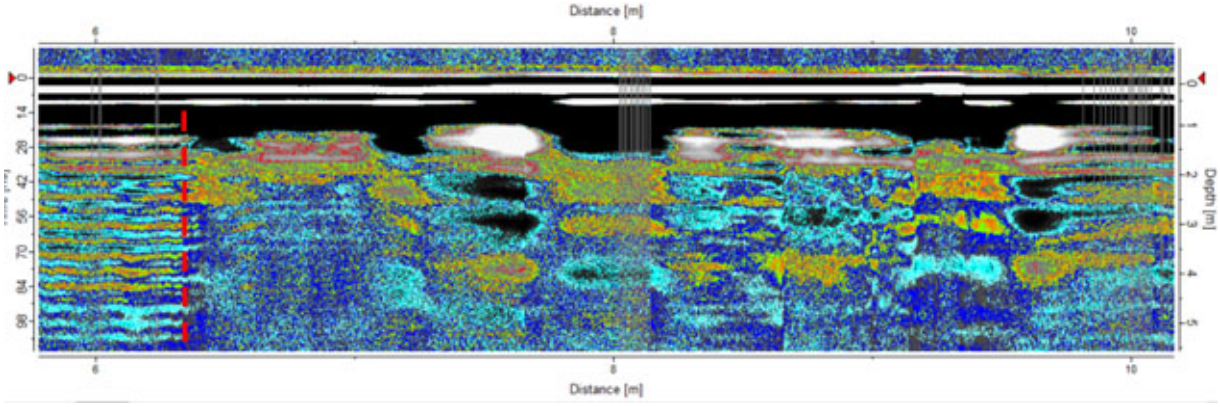
За георадарното измерване е избран профил по дължина на свлачищното тяло с дължина 100 m. От основната радарграма са подбрани подходящи сегменти, илюстриращи възможностите на метода за изследване на склонови процеси.

Началото на профила е на разстояние 6.5 m навън от отстъпа на свлачищното тяло. Независимо, че теренът е извън видимото свлачище, на радарграмата ясно се виждат близко до повърхността 5 пукнатини, а в дълбочина 2 плъзгателни повърхнини (Фиг. 1). По-плитката е права линия, а по-дълбоката има форма на синусоида. Това показва, че и този участък от терена, независимо, че не се забелязва на повърхността, вече е обхванат от свлачищния процес.



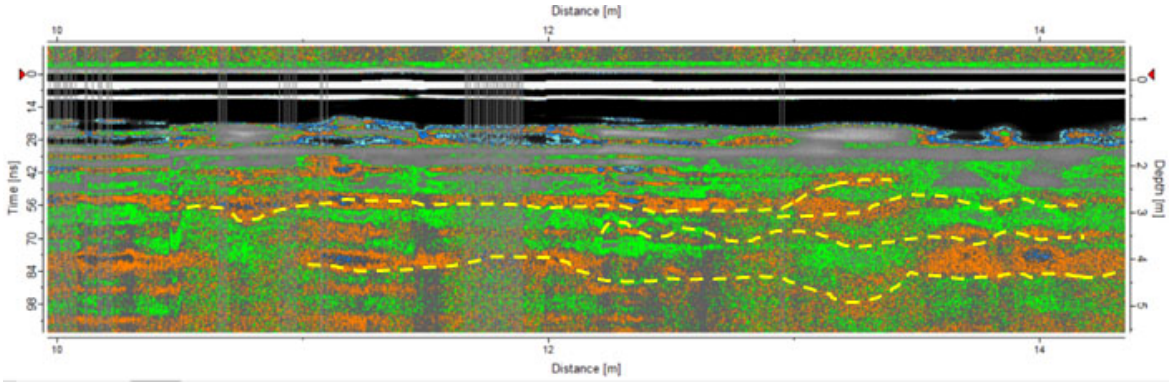
Фиг. 1. Сегмент 1 от профила (от 0 до 4-ти m по дължина)

На Фиг. 2 на 6.5-тия m по дължина отчетливо се откроява отстъпът на свлачищното тяло. Има пукнатини през 80 - 90 cm с ширина около 20 - 30 cm. Дълбочината им достига до 6 - 8 m. Теренът е силно нарушен. Преместените земни маси имат формата на гънки. На 7.5-тия m съществува рязка граница между две земни маси, движещи се с различни скорости.



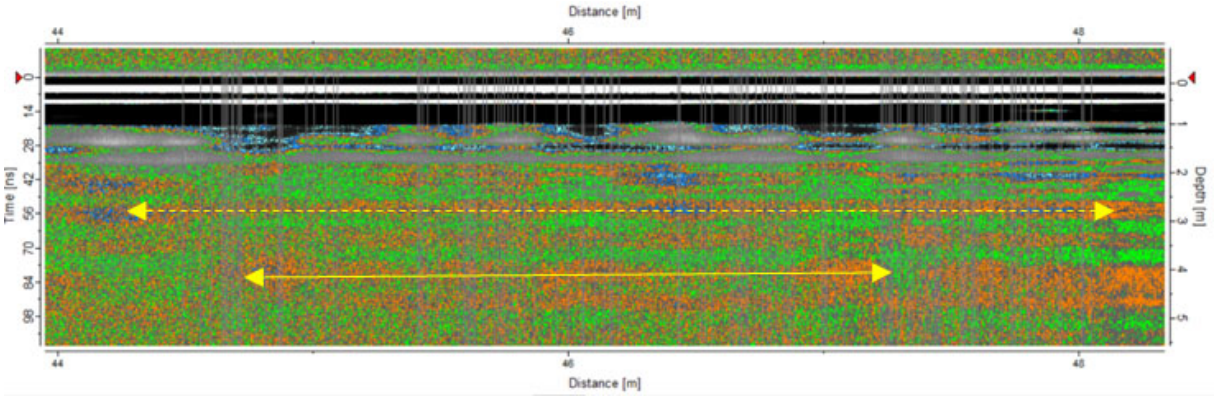
Фиг. 2. Сегмент 2 от профила (от 6-ти до 10-ти m по дължина)

На Фиг. 3 се наблюдават оформящи се нови хлъзгателни повърхнини, относително успоредни помежду си. Този участък се е придвижвал с относително по-висока скорост и липсват гънкови форми.



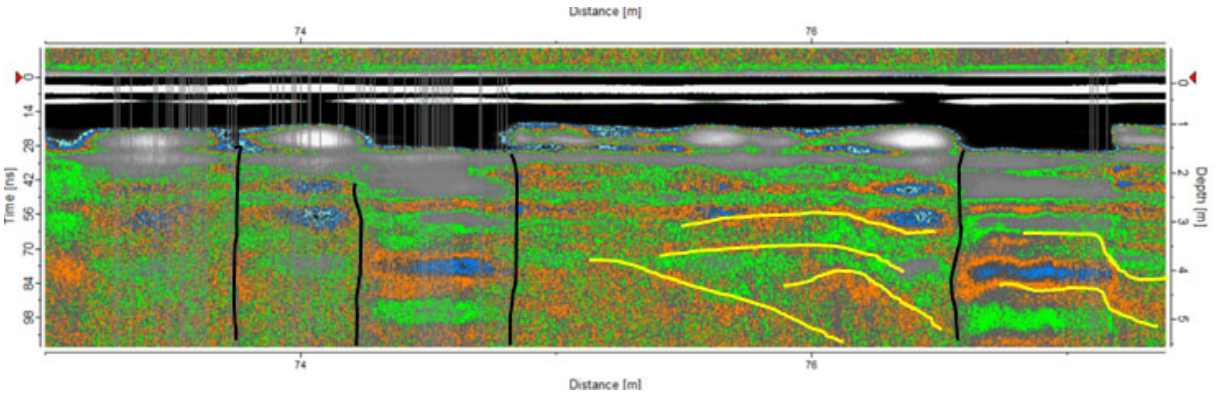
Фиг. 3. Сегмент 3 от профила (от 10-ти до 14-ти m по дължина)

От 44-тия до 48-мия m по дължина радарграмата отчита участък от свлачището с две скорости на хоризонтално преместване – по-високата е близко до повърхността (Фиг.4). Преодоляни са якостите на земните маси както на срязване, така и на опън. Деформациите основно са пластични. Повърхността му е преовлажнена, но липсва инфилтрация на вода в дълбочина.



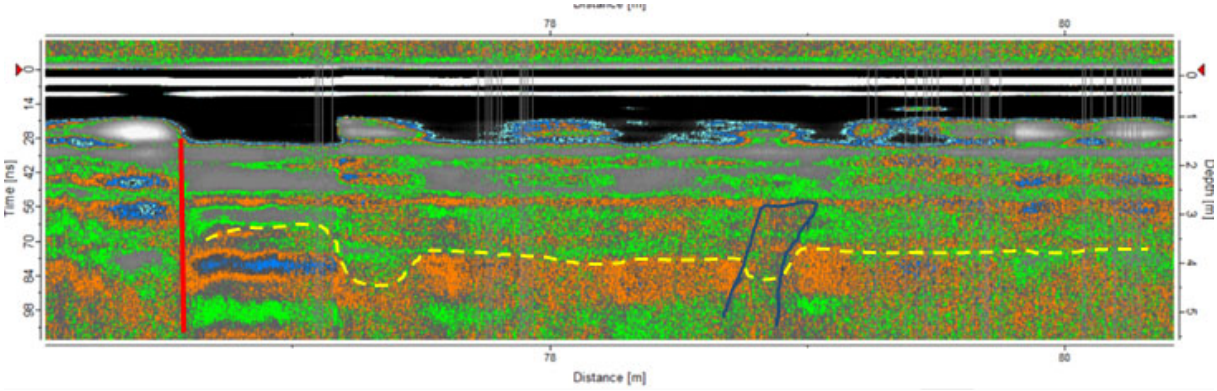
Фиг. 4. Сегмент 4 от профила (от 44-ти до 48-ми m по дължина)

На Фиг. 5 от 74-тия до 76-тия m по дължина се отчитат депресия и заблатявания.



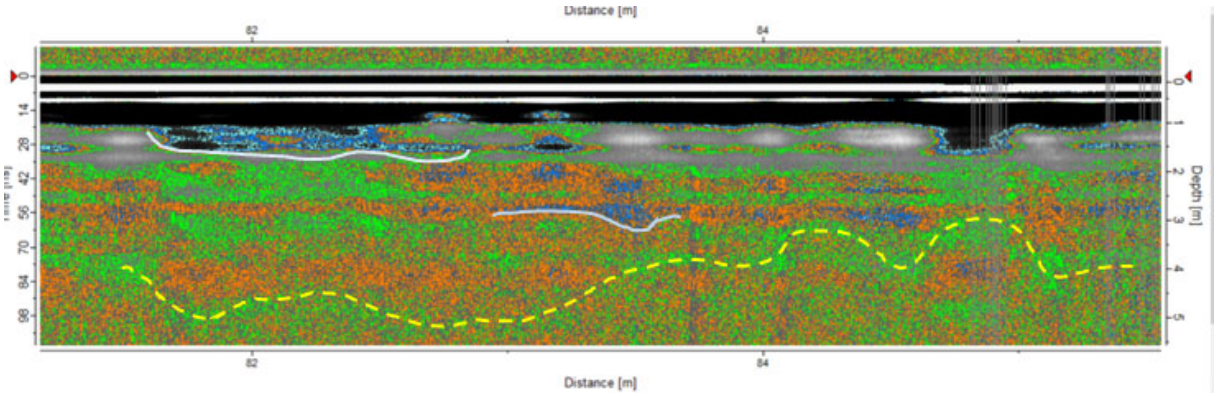
Фиг. 5. Сегмент 5 от профила (от 74-ти до 76-ти m по дължина)

От 78-ми до 80-ти m по дължина участъкът е заблатен по причина на подпора от езика и нарушена инфилтрация. На 76,5-тия m по дължина има отчетлива граница между относително отделни участъци в свлачищното тяло (Фиг. 6).



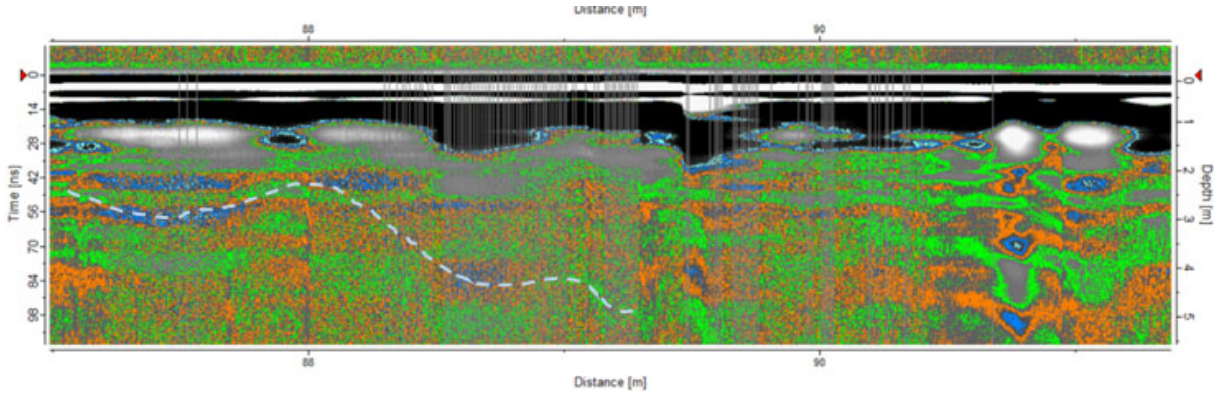
Фиг. 6. Сегмент 6 от профила (от 76-ти до 80-ти m по дължина)

От 82-ри до 84-ти m по дължина се отчита нарушен и смесен материал следствие на хоризонтални и вертикални движения. Оформени са гънки (Фиг. 7).

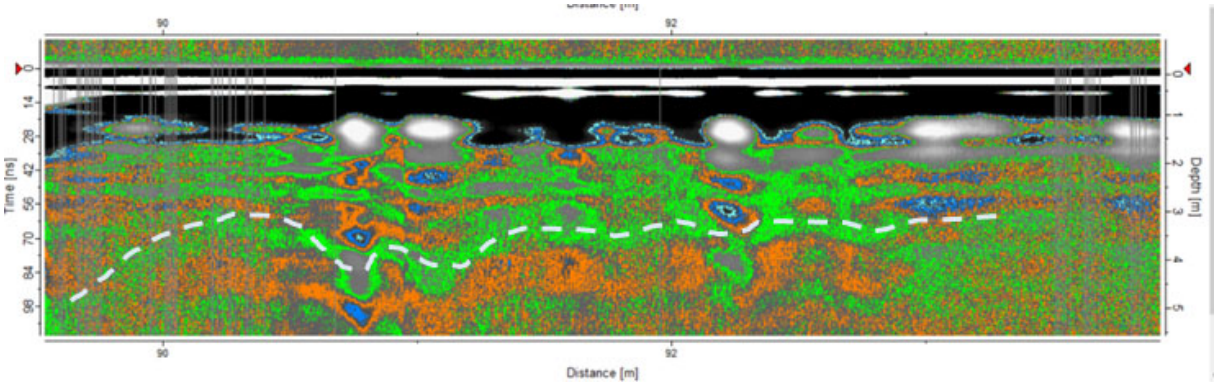


Фиг. 7. Сегмент 7 от профила (от 82-ри до 84-ти m по дължина)

Фигури 8 и 9 визуализират езикът на свлачището. Наблюдава се силно преработен и смесен материал с ниска плътност.

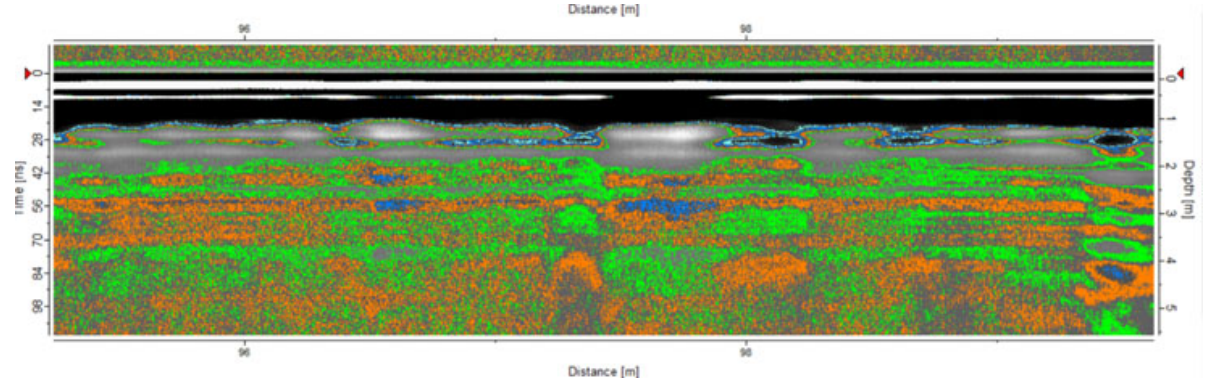


Фиг. 8. Сегмент 8 от профила (от 86-ти до 92-ри m по дължина)



Фиг. 9. Сегмент 9 от профила (от 89-ти до 94-ти m по дължина)

На Фиг. 10 е показан сегмент, изобразяващ терена пред свлачищния език. От 94-тия до 97-мия m по дължина е полски път. В дълбочина материалът е уплътнени. По дължина след 97-мия m отново се появява нарушен материал, отчетливо заснет на 97-мия и 99.5-тия m. Уплътняването на почвата под пътя се дължи на силите, породени от превозните средства. Този плътен участък играе ролята на временен контрафорст.



Фиг. 10. Сегмент 10 от профила (от 95-ти до 100-тния m по дължина)

Заключение

Използваният метод е напълно приложим за картографиране и изследване на склонови процеси, от които най-значими и чести са свлачищата. На изследваното свлачище много отчетливо се забелязват всички нарушения и структури на деформирания терен. Забелязват се отделни относително хомогенни тела, които са се придвижвали с различни скорости и посоки. Отчитат се относителни разлики в плътностите на земните маси. На радарграмата много ясно се забелязва обхванатия от свлачищния процес склон извън видимото на повърхността свлачище. Георадарът е компактен, лек и удобен за работа на терен дори от един оператор. Получените данни са лесни за интерпретация и достатъчно всеобхватни за анализи. Всичко това прави този метод икономически много изгоден за изследвания на склонови процеси.

Благодарности: Настоящата работа е осъществена в Лаборатория по природни бедствия и рискове и Лаборатория по гемология към Бакалавърски факултет и департамент „Природни науки” на Нов български университет.

Литература:

1. 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.
2. Берберова, Р. 2008. Аналитичен обзор на природните бедствия в България за 2006 г. Сборник с доклади VII международен научен симпозиум “Екология-устойчиво развитие”. СУ-Враца. 126-130.

3. Берберова, Р. 2012. Анализ на природните бедствия в България за периода 2004-2008 г. Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS’2011. БАН. 267-275. ISSN 1313–3888.
4. Берберова, Р. 2012. Уязвимост на България от природни бедствия, Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS’2011. БАН. 276-282. ISSN 1313–3888.
5. Берберова, Р., Г. Петров, Л. Ласков. 2013. Мониторинг и превенция от екологични бедствия чрез изследване на земно-насипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири чрез георадар. Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS’2012. БАН. 413-419. ISSN 1313–3888.
6. Берберова, Р. 2014. Анализ на статистически данни за наводнения в Р България. Сборник с доклади от IX научна конференция с международно участие SES’2013. 424-428. ISSN 1313–3888.
7. Национален статистически институт, Кризисни събития, http://www.nsi.bg/node/2891
8. Бручев, Ил., Франгов, Г. 2000. Условия и фактори за възникване на свлачищни процеси. В сборник доклади “Свлачищните процеси в България”, НКС-ПКЗНБАК, 38-56.
9. Бручев, Ил., Р. Върбанов, Г. Франгов, Пл. Иванов, Б. Беров. 2002. Големи активни свлачища в България. –Сп. Проблеми на географията, С., БАН, кн. 1-2, 70-80.
10. Бручев, И., П. Иванов, Н. Добрев, Г. Франгов. 2006. Защита на населението и материалните фондове от геоложки опасности. –В: Докл. НПК по управление в извънредни ситуации и защита на населението, 10.11.2005 г. София. 301-306.
11. Бручев, И., Р. Върбанов, Г. Франгов. 2006. Оценка и управление на свлачищни рискове. –В: Докл.Научно-практ. конф. по управление в извънредни ситуации и защита на населението, 10.11.2005 г., София, 307-314.
12. 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.
13. Франгов, Г.2001. Прогнозно райониране на страната по степен на свлачищна опасност.-Научна сесия ВСУ’2001, София,85-92.
14. Национална програма за превенция и ограничаване на свлачищата на територията на Република България, ерозията и абразията по Дунавското и Черноморското крайбрежие 2015-2020 г., 2015
15. Министерство на регионалното развитие и благоустройството, Регистър свлачищата в България, http://geozashtita.bg/
16. Геоложката опасност в България, карта в М 1:500 000
17. Илиев-Бручев, И. (ред.). 1994. Геоложката опасност в България. Обяснителен тескткъм карта в М 1:500 000. Изд. на БАН
18. Ground Penetrating Radar: Theory and Applications. 2009. Editor: Harry M. Jol.
19. Petrov, G., V. Karlova-Sergieva, R. Berberova. Software tools for georadar data processing and visualization. Proceedings Of Technical University Of Sofia, Vol. 63, Issue 4, 2013, 51-60.
20. Петров, Г. Концептуален фреймуърк за визуализация и цифрова обработка на радарграми, Сборник с доклади от IX научна конференция с международно участие SES’2013, 2014, 377-380.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЪСТОЯНИЕТО НА ДИГАТА НА РЕКА ИСКЪР

Ралица Берберова, Биляна Костова, Рангел Гюров

Нов български университет – департамент „Природни науки”
e-mail: rberberova@nbu.bg, bkostova@nbu.bg, rgjurov@nbu.bg

Ключови думи: *екологичен риск, GPRS, прахов X-Ray анализ, дига*

Резюме: *Установено е пропускане на вода през дигата на р. Искър в участък при с. Владо Тричков, община Своге, при повишаване нивото на водите в реката. Чрез настоящата работа се установяват причините за това. За целта са извършени експериментални измервания в проблемния участък чрез GPRS-метод и определяне на минералния състав на повърхностните материали, изграждащи дигата чрез рентгеноструктурен фазов анализ (XRD).*

EXPERIMENTAL INVESTIGATION FOR STATE OF RIVER ISKAR EMBANKMENT

Ralitza Berberova, Bilyana Kostova, Rangel Gjurov

New Bulgarian University – Natural Sciences Department
e-mail: rberberova@nbu.bg, bkostova@nbu.bg, rgjurov@nbu.bg

Keywords: *ecological risk, GPRS method, powder X-Ray analysis, embankment*

Abstract: *A water seepage has occurred through river Iskar dike in Vlado Trichkov village area. It is happening only when water level in the river is raised. The reasons for this are determined through the present work. For this purpose, experimental measurements were performed in the affected area using GPRS method and determination of the mineral composition of the surface minerals, which are forming the dike, powder X-Ray diffraction analysis.*

Въведение

По-голямата част от наводненията в страната са следствие на преливане на реки и нарушения в изправността или поддръжката на водни съоръжения [1]. У нас са разработени редица нормативни и стратегически документи за намаляване на риска от наводнения [2-4]. В тях се посочва, че едни от рисковите територии са именно крайречните зони.

Целта на настоящата работа е да установи причината за задържане на вода в основата на въздушната стена в участък от дигата на р. Искър, разположен при махала Клисура в с. Владо Тричков чрез георадарни (GPRS) експериментални измервания [5-13] и фазов рентгеноструктурен анализ на естествения почвен слой, разкриващ се върху дигата и в основата на въздушната й стена.

Обект и методи

Обект на изследването е участък от дигата на р. Искър, разположен при махала Клисура в с. Владо Тричков. В този участък в няколко поредни години е установено задържане на вода в основата на въздушната стена на дигата при повишаване нивото на водата в р. Искър (Фиг. 1).

Фиг. 1. Задържане на вода в основата на дигата в изследвания участък

GPRS-методът е използван за недеструктивно определяне целостта на дигата. Измерванията са извършени на дълбочинно проникване до 10 m от кота корона на дигата. Антената е с номинална честота 250 MHz, предоставяща качествен сигнал до 15 m дълбочина. Времевият прозорец е 199.7 ns, като отговаря на отразени сигнали, достигащи от дълбочина до 10,04 m. Параметри на цифров тахометър – вид на колелото 250-800. Интервал между две поредни обработвани измервания 0.010 m. Параметри на системата за сбор данни – разделителност на антената 0.10 m, което отговаря на 10 осреднени поредни измервания. Посока на измерването – напред, тахометърът следва радара. Активиран сензор за детекция и отстраняване на мрежов шум 50-60Hz. Честота на дискретизация – 2633.33MHz. Георадарното изследване е направено при сух терен, което прави грешката на измерването пренебрежима.

Рентгеноструктурен фазов анализ (XRD) е използван за определяне на минералния състав на почвени проби. Използван е дифрактометър D-500 Siemens, Cu-първично рентгеново лъчение с апертурна входяща бленда; 30 mA и 40 kV, в интервал 2 Θ – от 4 до 60°; при стъпково сканиране, ширина на стъпката – 0.05° и време за регистрация на точка от профила на дифрактограмата - 2´´.

Резултати и дискусия

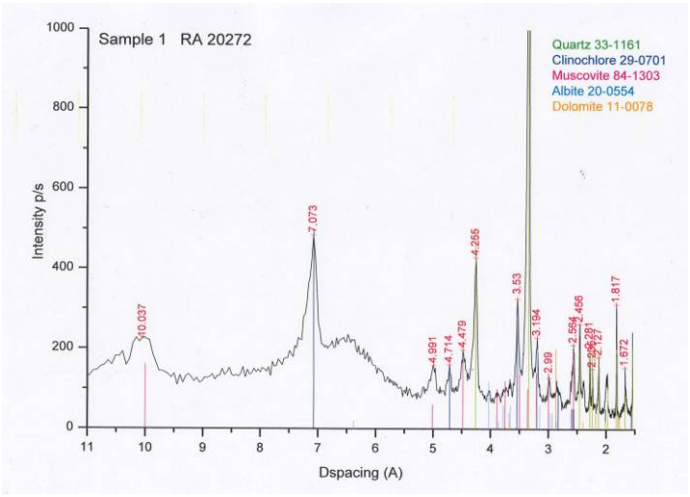
Изследваният участък е разположен от външната страна на завой на р. Искър, където водата се движи с по-висока скорост, което увеличава риска от инфилтрация на вода, повишаване на поровия натиск, прорив на вода и нарушаване целостта на дигата. Това е предпоставка за заливане на прилежащите терени, включително и жилищните постройки, намиращи се в непосредствена близост (Фиг. 1).

При извършения оглед на терена не са установени видими нарушения на целостта на дигата, които да доведат до задържане на вода. Възможности за задържане на вода са: (i) повишено съдържание на глинести минерали в повърхностния естествен почвен слой, което би попречило на инфилтрацията на атмосферните води и/или (ii) нарушения в целостта на дигата в дълбочина, което би довело до просмукване подземни/речни води.

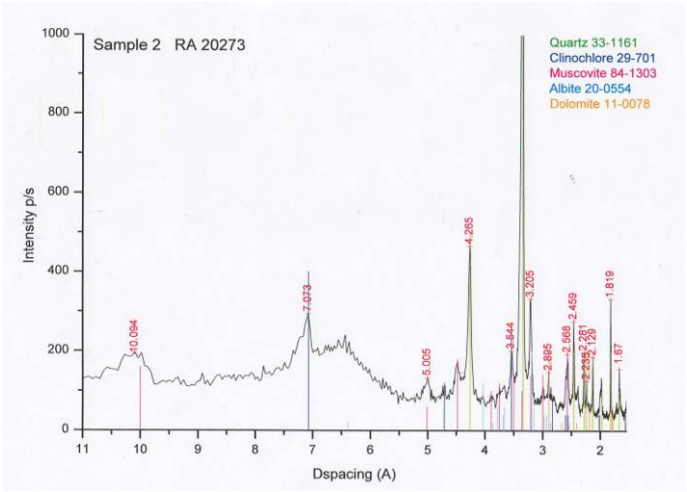
За установяване минералния състав на естествения почвен слой, покриващ дигата (Проба 1) и разкриващ се върху въздушната й стена (Проба 2), е направен фазов XRD анализ, като резултатите са представени в Таблица 1 и Фиг. 2 и 3.

Таблица 1. Резултати от фазов XRD анализ

Минерален състав	**Проба 1**	**Проба 2**
	Съдържание на минерали %	
Кварц	40	50
Клинохлор	40	25
Мусковит	14	12
Албит	4	10
Доломит	2	3



Фиг. 2. Фазов XRD анализ – Проба 1

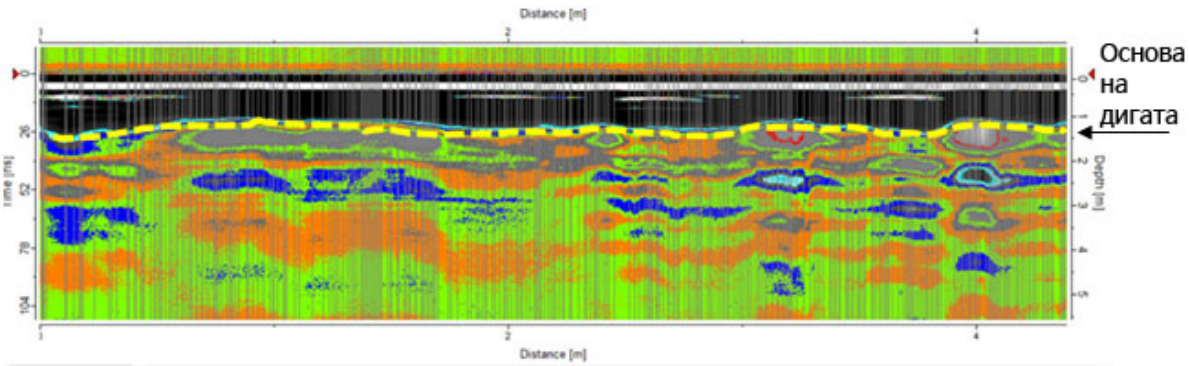


Фиг. 3. Фазов XRD анализ – Проба 2

Резултатите не показват наличие на глинести минерали, като минералният състав на двете проби е идентичен: с максимално съдържание на кварц и с минимални разлики в съотношението на другите минерали.

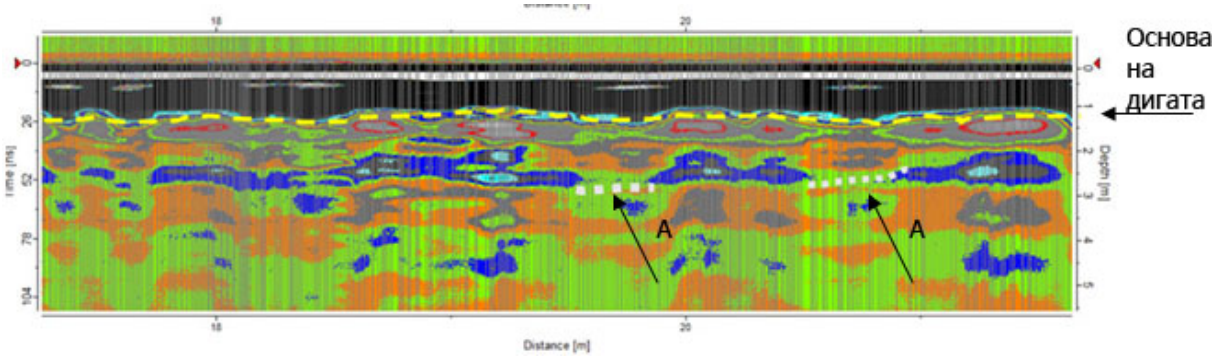
GPRS-измерванията са направени по два профила – Профил 1 по оста на дигата и Профил 2 - успоредно на дигата, в основата на въздушната ѝ стена.

Измерванията по Профил 1 показват дебелината на дигата – от 1.4 до 1.6 m (Фиг. 4), като след 3-тия m по дължина на профила се установява слой от насипа с по-ниска плътност, който е с повишена влажност.



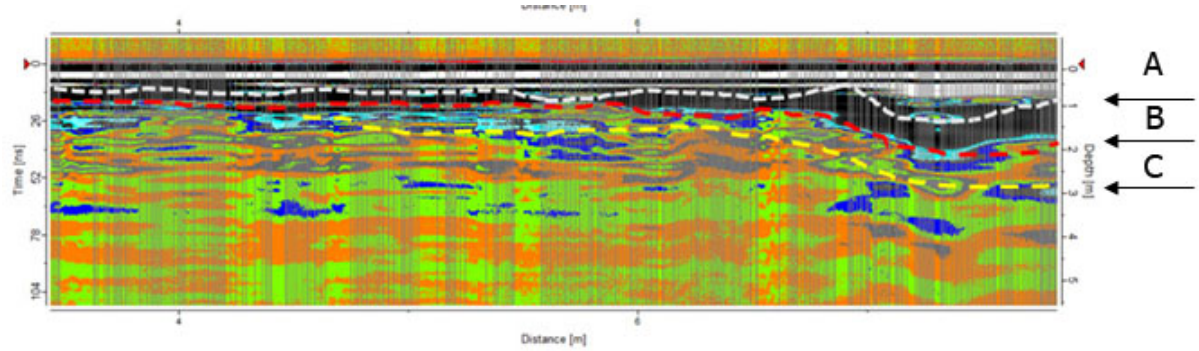
Фиг. 4. Профил 1 – дебелина на дигата

Фигура 5 показва общата дебелина на дигата. С пунктирана линия е отбелязана основата на дигата, която в представения участък е с дебелина до 1.4 m. Под основата на дигата, на дълбочина между 2.5 – 3.0 m и между 19 и 21 m на профила се визуализират зони с по-ниска плътност (отбелязани на фигурата като зони „А“). Тези зони са разположени в постилащите скали и могат да се определят като потенциално опасни за инфилтрация на вода, която може да наруши целостта на дигата.



Фиг. 5. Профил 1 – зони „А“ с относително по-ниска плътност

Фиг. 6 представя измерванията по Профил 2. Слоеве А и В визуализират почвената покривка, слой С – постилащите скали. Дебелината на слой В е постоянна по дължината на целия профил, което определя наблюдаваното слягане след 7-мия метър по дължината на профила като деформация. В почвите от слой А се наблюдава повишено оводняване.



Фиг. 6. Профил 2 – деформация (слягане)

При теренните наблюдения е установено наличие на дървесни видове, разположени в непосредствена близост или върху дигата на позицията, в която на радарграмите се установяват деформации (Фиг. 4 и 6). Нарастването на кореновите им системи предизвиква проява на физично изветряне в материала, изграждащ земния насип, както и в площите, разположени в основата на въздушната стена на дигата. Тяхното присъствие отваря пукнатини, причиняващи локалното слягане. Повишената влажност, установена в слой А (Фиг. 1, Фиг. 6) се обяснява с минералния състав на почвата, в който липсват глинести минерали и почвата може да бъде „резервоар“ на води.

Изводи

1. Фазовият състав на повърхностния естествен почвен слой А е изграден предимно от кварц и в подчинено количество от клинохлор, мусковит, албит и доломит - минерали, които не абсорбират вода и могат да превърнат естествения почвен слой в „резервоар“ на вода.
2. Според резултатите от GPRS измерванията в почвения слой В не се установява повишена оводненост, според което може да се предполага, че там има повишено съдържание на глинести минерали, които играят роля на екран и не пропускат вода, което позволява задържане на вода в слой А.
3. Установените локални деформации в обема на дигата и в основата на въздушната й стена вероятно са причинени от кореновите системи на дървесната растителност.

Благодарности: Настоящата работа е осъществена в Лаборатория по природни бедствия и рискове и Лаборатория по гемология към Бакалавърски факултет и департамент „Природни науки” на Нов български университет.

Литература:

1. Берберова, Р., Г. Петров, Л. Ласков. Мониторинг и превенция от екологични бедствия чрез изследване на земно-насипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири чрез георадар, Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS’2012. БАН, 2013, 413-419.
2. Закон за защита при бедствия, Обн. ДВ. бр.102 от 19 Декември 2006 г., посл. доп. ДВ. бр.97 от 6 Декември 2016 г.
3. Директива 2007/60/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 23 октомври 2007 година относно оценката и управлението на риска от наводнения.
4. 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.
5. Ground Penetrating Radar: Theory and Applications. 2009. Editor: Harry M. Jol.
6. Petrov, G., V. Karlova-Sergieva, R. Berberova. Software tools for georadar data processing and visualization. Proceedings Of Technical University Of Sofia, Vol. 63, Issue 4, 2013, 51-60.
7. Петров, Г. Концептуален фреймуърк за визуализация и цифрова обработка на радарграми, Сборник с доклади от IX научна конференция с международно участие SES’2013, 2014, 377-380.
8. Петров, Г., Р. Берберова. 2014. Методи за цифрова сигнална обработка в компютърно подпомагания анализ на радарграми от земно-насипни съоръжения. Сборник с доклади от IX научна конференция с международно участие SES’2013. 369-376. ISSN 1313–3888.
9. Костова, Б., Р. Берберова. 2014. Състояние на микроязовирна стена на язовир Блатница, община Стрелча. Сборник с доклади от IX научна конференция с международно участие SES’2013. 429-433. ISSN 1313–3888.
10. Берберова, Р., Б. Костова. 2014. Състояние на микроязовирна стена на язовир Смилец, община Стрелча. Сборник с доклади от 14-та Международна конференция ВСУ'2014. IV. 349-354. ISSN: 1314-071X.
11. Берберова, Р., Б. Костова. 2015. Възможности за използване на георадар и пенетрометър за оценка на състоянието на микроязовирни стени от земно-насипен тип. Сборник с доклади от X научна конференция с международно участие SES’2014. ИКИТ-БАН. 455-460. ISSN 1313–3888.
12. Берберова, Р., Б. Костова, Г. Петров. 2015. Методология за изследване на микроязовирни стени от земно-насипен тип с GPRS. Сборник с доклади от 15-та Международна конференция ВСУ'2015. 262-266. ISSN: 1314-071X.
13. Гюров, Р., Р. Берберова, Б. Костова, Г. Петров, И. Дамянов. 2016. Георадарно изследване на стената на микроязовир Мърчаево, Столична община, Сборник с доклади от 16-та Международна конференция ВСУ'2016. 249-254. ISSN: 1314-071X.

CHARACTERIZATION AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF FINE FLY ASH PARTICLES

Valeria Stoyanova[1], Annie Shoumkova[1], Adelina Miteva[2]

[1]Institute of Physical Chemistry "Acad. R. Kaischew" – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: valeria@ipc.bas.bg; annie@abv.bg; ad.miteva@gmail.com

Key words: *fly ash particles, power plans, SEM, EDX, environmental pollution*

Abstract: *Fine dust and ash particles (less than 10 μm) pose a serious risk to the environment and human health. A few million tons are only the fly ashes generated annually by the thermal power plants in Bulgaria. Since they are most often kept in open landfills, they are potential pollutants with harmful elements not only of the air but also of soil and water. The method of electron microanalysis of individual ash particles proposed herein has the advantage of characterizing and classifying them by size, elemental composition, morphology, etc. The most harmful inhaled particles of fly ash enriched of heavy metals are studied in detail.*

ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА ФИНИ ПЕПЕЛНИ ЧАСТИЦИ И ВЪЗДЕЙСТВИЕТО ИМ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА

Валерия Стоянова[1], Ани Шумкова[1], Аделина Митева[2]

[1]Институт по физикохимия "Акад. Р. Каишев" – Българска академия на науките
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: valeria@ipc.bas.bg; annie@abv.bg; ad.miteva@gmail.com

Ключови думи: *пепелни частици, ТЕЦ, SEM, EDX, замърсяване на околната среда*

Резюме: *Финитe частици на прах и пепел (по-малки от 10 μm) представляват сериозен риск за околната среда и човешкото здраве. Няколко милиона тона са само летливите пепели, генерирани годишно от топлоелектрическите централи в България. Тъй като най-често те се съхраняват в открити депа, те са потенциални замърсители с вредни елементи не само на въздуха, но и на почвата и водите. Предложеният тук метод на електронен микроанализ на отделни пепелни частици има предимство при характеризирането и класифицирането им по размер, елементен състав, морфология и т.н. Най-вредните частици на летливата пепел с инхалаторен размер и богати на тежки метали са изследвани подробно.*

Introduction

In recent years a very large number of investigations worldwide have been devoted to the characterization of fly ashes (FA) in order to estimate the potential environmental impact of this waste [1-4]. The chemical composition of coal ashes indicates that they contain a number of toxic and harmful elements (As, Cd, Cl, Co, Cr, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, U, etc.) [5-10]. The impact on the environment in the long term is difficult to predict sufficient reliability [11, 12]. Coal combustion is estimated as the second serious source of trace element contamination of the environment [10]. Unused fly ash is one of the main problems of all coal-fired power plants. Several million tonnes of this waste product is generated annually by power plants in Bulgaria and most often are disposed in open landfills [13]. The many-tones nature of this waste, as well as some features in the distribution of toxic elements in them, is linked to a number of environmental problems. The physicochemical properties of the fly ash and the respectively released into the environment trace elements depend on the origin of coal, the type of coal burning process, the availability of emission control, the disposal methods, and

so on. This can lead to different environmental problems such as air pollution or contamination of soil and groundwater due to leaching of heavy metals. Circulation and accumulation of the finest ash particles (less than 10 μm) further endanger all surrounding populations, including the health of people.

The purpose of this presentation is to determine not only the average chemical composition of the fly ash, generated in some of the biggest Bulgarian thermal power plants but also to clarify the specific characteristics of the individual ash particles. It is also useful to know the distribution of the harmful elements between the ash particles and to predict the possibility of their spontaneous extraction under environmental conditions.

Experimental

Results from some investigations of the chemical composition and morphology of individual particles of fly ashes from six of the biggest coal-burning thermo-power plants in Bulgaria TPPs: "Varna" (V), 2000 MW, "Maritza-3" (M-3), 120 MW, "Bobovdol" (Bd), 660 MW, "Maritza-1" (M-1), 150 MW, "Republika" (Rep), 460 MW, and "Russe Iztok" (RI), 400 MW (fly ash mixed with slag), are briefly presented. All fly ash materials are previously sieved and the finest fractions are analyzed, namely fractions < 0.125 mm for V, Bd, M-1, M-3, and Rep, and a fraction < 0.2 mm for RI.

Scanning electron microscopy (SEM) for determination of the shape and sizes of the ash particles is used. Images in both SEI (formed by secondary electrons) and BEI (formed by back-scattered electrons) modes are obtained and compared. SEI mode is used to observe details in the morphology and surface structure of the particles, while BEI regime is used to search for particles enriched of heavy metal, i.e. having average atomic number higher than that of the background particles. An illustration of one and the same ash objects in both modes is presented in Fig. 1.

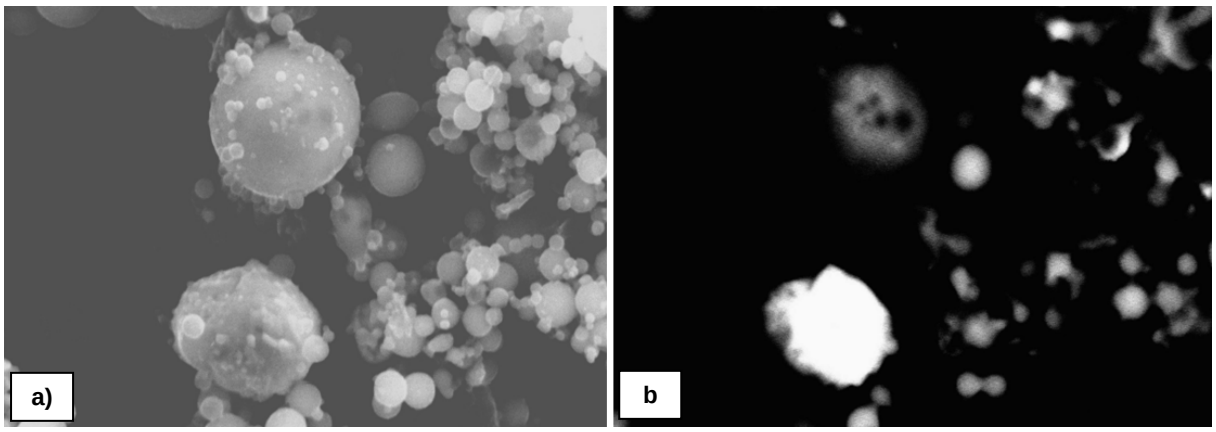


Fig. 1. Group of several fly ash particles taken in SEI (a) and BEI (b) mode at the same magnification. The heavy metal rich particles from (a) are visible as bright spots in (b).

An energy dispersive X-ray microanalysis (EDX) of fly ash elemental content is applied. Concentration of heavy metal in different particles determined by EDX analysis is studied as well as their affinity to other elements.

Detailed information about bulk composition and various physicochemical properties of the investigated ashes is available in our previous studies [8, 9, 13-15]. Most of these physical, chemical, morphological and magnetic peculiarities of these wastes are initially studied by one of the authors in her PhD dissertation [13]. They include various methods and apparatus for investigation, namely laser analysis of particle size distribution, inert gas absorption for determination of pore volume and specific surface, pycnometer for specific weight. The bulk chemical composition of ashes with respect to macro, micro and trace elements (silicate analysis, atomic absorption spectroscopy, X-ray luminescence and fluorescence analysis) are also studied in detail as well as the leaching behavior under acid conditions. A few of these results are presented here as well.

Results and discussion

The studied fly ashes represent inhomogeneous powders, consisting of particles of different shapes - from almost ideal spherical to highly irregular, having in the same time different surface structures - from glassy flat surfaces to highly rough ones, see Fig. 2. The shapes and surfaces of the particles reflect in great extend the high temperature processes of coal burning.

The fly ash from “Varna” consists of single spherical particles with perfect smooth surface (Fig. 2a). Similar smooth and flat surface is typical for the ash and slag particles (spherical and irregularly faceted ones) of “Russe Iztok” (Fig. 2f). Most of ash particles from “Bobovdol” (Fig. 2b) are almost spherical, but mixed with some amount of irregular ones. Their surface is sometimes even, but most often porous, ribbed, lamellar, etc. The ash particles from “Maritza-1 (Fig. 2c), “Maritsa-3” (Fig. 2d) and “Republika” (Fig. 2e), are with rather irregular shapes and rough-structured surfaces.

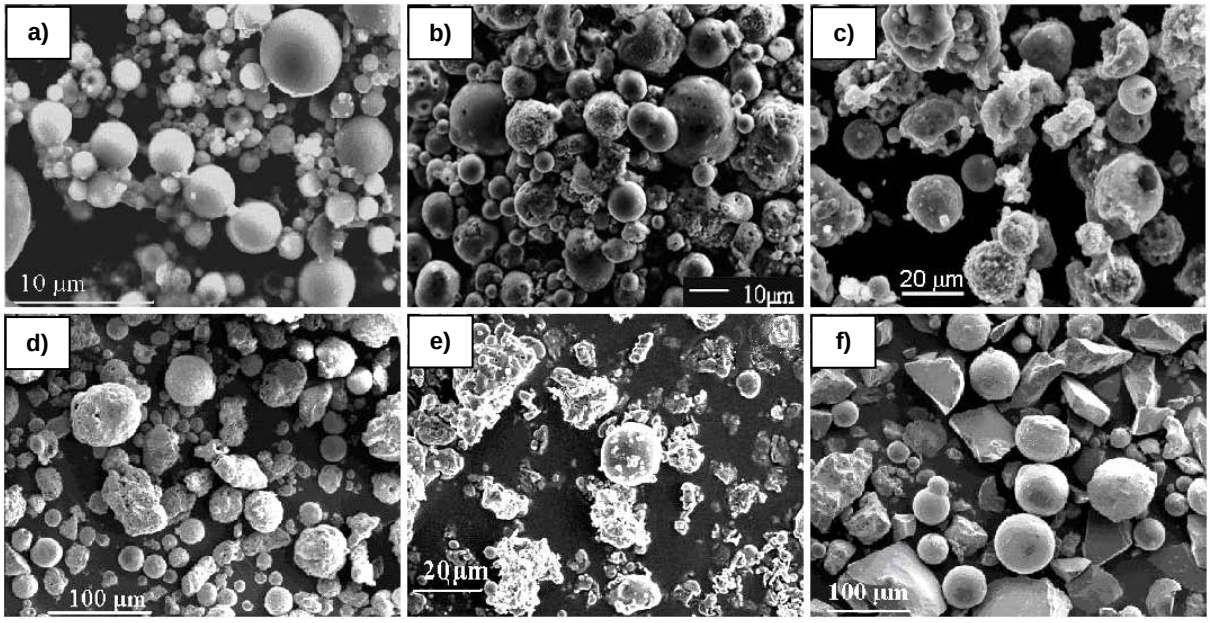


Fig. 2. SEM micrographs of fly ash particles: Varna (a), Bobovdol (b), Maritza-1 (c), Maritza-3 (d), Republika (e), and Russe Iztok (f). All photos are taken in SEI mode, and the magnification bar is given below each one.

Table 1. Chemical composition (in weight %), expressed as oxides, based on silicate analysis and atomic absorption spectroscopy, according to [9]

Fly ash	Chemical composition, wt%						
	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	Fe_2O_3
Varna	0.9	3.0	23.5	46.7	2.9	5.2	8.6
Bobovdol….	0.6	3.4	20.8	50.9	2.1	13.6	8.5
Maritza-1	0.4	1.4	13.5	23.4	1.1	7.1	26.9
Maritza-3	1.1	3.1	19.9	42.1	1.2	10.7	12.9
Republika	0.3	1.0	27.6	57.1	2.5	3.2	5.8
Russelztok	0.7	2.3	29.5	54.6	1.8	3.5	4.6

Table 2. Elemental composition (in weight %), based on EDX-analyses of several thousand single particles

Fly ash	Elemental composition, wt%								
	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Fe
Varna	1.3	1.4	24.1	43.4	2.1	7.4	5.0	1.7	13.7
Bobovdol….	0	3.2	19.3	40.8	2.3	4.9	16.7	0	12.9
Maritza-1	0	0	8.4	12.4	20.8	0	6.9	0	51.5
Maritza-3	1.9	2.5	20.8	35.4	5.0	1.5	14.5	0.6	18.0
Republika	0	1.7	26.2	53.4	0	6.4	2.3	1.9	8.4
Russelztok	0	2.0	24.6	45.7	0	4.9	4.5	0	18.4

Average composition of the six fly ashes is given in Tables 1 and 2. The most reliable chemical composition (in weight %), expressed as oxides (not normalized to 100%), is based on application of standard silicate analysis for macro elements Si, Al, Fe, Ca and Mg, and atomic absorption spectroscopy for microelements K and Na. The presented in Table 2 elemental composition (in weight %) is based on the so-called “integral spectra” taken by EDX-analysis at low magnification from an

area comprising hundreds particles. Although there exist some differences, the main tendencies could be accepted as similar.

The content of some trace elements detected in fly ashes is presented in Tables 3 and 4. Table 3 gives it in ppm, determined with methods of bulk analysis (atomic absorption spectroscopy, X-ray luminescence and fluorescence). According to [10], some of the presented here metals, such like As, Cd, Hg, Pb are potentially the most toxic elements of the periodic chart. Many of them are established by EDX analysis of individual ash particles and this statistics is given in Table 4.

Table 3. Content of several trace elements, in ppm, according to [9]

Trace elements, ppm	Fly ashes					
	Varna	Bobovdol	Maritza-1	Maritza-3	Republika	Russelztok
Ag	4	4	5	5	1	5
As	458	1032	298	177	71	32
Ba	1773	1461	1227	523	663	929
Cd	4	2	20	5	0	2
Ce	236	107	13	59	56	111
Co	10	70	84	41	35	10
Cu	740	590	295	613	180	240
Hg	1,3	0,04	0,41	0,19	0,33	0,09
La	106	80	41	95	11	43
Nd	19	0	0	34	0	0
Ni	140	122	111	80	65	62
Pb	426	310	67	82	101	210
Sn	56	45	62	37	13	43
Sr	3926	1942	2081	2445	350	1089
Tl	36	17	51	26	28	0
W	193	96	72	151	25	215
Y	194	124	124	83	82	132
Zn	979	819	602	469	301	1869
Zr	1090	529	301	434	113	437

Table 4. Number of single particles rich of iron and non-ferrous heavy metals

Heavy metal rich particles, number	Fly ashes					
	Varna	Bobovdol	Maritza-1	Maritza-3	Republika	Russe Iztok
Fe	103	54	131	32	29	55
Ba, Sr, Ba+Sr	14	2	2	6	3	
Ba, Ba+Cu+Tl	10	10				
Pb	3	22		2		
Pb(+Cd,+Zn,+Cu,+Ni)		7		2		
Cd, As, Hg		4				
Cu, Zn, Ni	2	5	5		6	1
W (+Ni)		1			5	1
Ag (+Pd)	2			1	4	1
Co, Sn, Zr	1	11	1		2	
La,Ce,Nd,Sm,Gd	3					
Y (+Gd, +Er, +Yb)	1	1				
Non-ferrous HM particles	**36**	**63**	**8**	**11**	**20**	**3**
All studied particles	**207**	**240**	**196**	**75**	**74**	**98**

About 900 individual ash particles are analyzed (see Table 4). The majority of them are aluminosilicates. In four of the ashes (“Varna”, “Bobovdol”, “Maritza-1” and “Maritza-3”) particles rich of Fe, Ca or Si are often observed and these macro-elements are uneven spread. Most of the analyzed particles in “Republika” and “Russe Iztok” have chemical content very close to that of the bulk ash, given in Table 1. Some of the heavy metals are usually found in typical combinations, namely Ba - with Cu, Sr, Ca, Tl; and Sr- with S, Ti, Ca. Fe and Cu are enriched in single individual particles, and the Fe-rich ones are predominated. Spots of Pb are met sometimes on the surface of aluminosilicate

particles. Rare elements and lanthanides are also detected. Many other elements, including some rare elements and Lanthanides are detected in high concentrations. Some of them are usually found in typical combinations.

The sample of ash and slag of “Russe Iztok” is characterized by a very homogeneous distribution of the elements. Detailed search in BEI mode revealed only a few heavy metal enriched particles (3 out of 98 analyzed), see Table 4. The predominant part of the Maritsa-1 bright particles is iron-rich (Fe> 50%) particles (131 of 196 studied), which often contain Mn. Rarely encountered there are non-iron particles of heavy metals (8 out of 196). 11 particles of non-ferrous heavy metals out of a total of 75 analyzed were found in Maritsa-3 and 32 other bright particles were enriched with Fe. In these three samples (RI, M-1 and M-3), Mn, V and Ti are rarely detected in individual particles, and therefore these elements are evenly distributed among all particles in the ash.

SEM-EDX of “Varna” and “Bobovdol” shows (see Table 4) that these two ash samples contain significant number and variety of particles enriched of heavy metals. In all fly ashes the detected non-ferrous heavy metals are concentrated in particles having low iron content (Fe < 30 wt%). Fe-rich particles (Fe > 50 wt%) from “Varna” (103 of 207 investigated) most often contain small quantities of Mn, Cr and V, while those from “Bobovdol” (54 of 117 analyzed bright particles) contain traces of Mn, Ti and V. “Republika” ash also contains relatively high quantity of single particles rich of heavy elements. Although the bulk analysis has shown that Ni content is correlated with iron, SEM-EDX has detected Ni-rich particles with low Fe content.

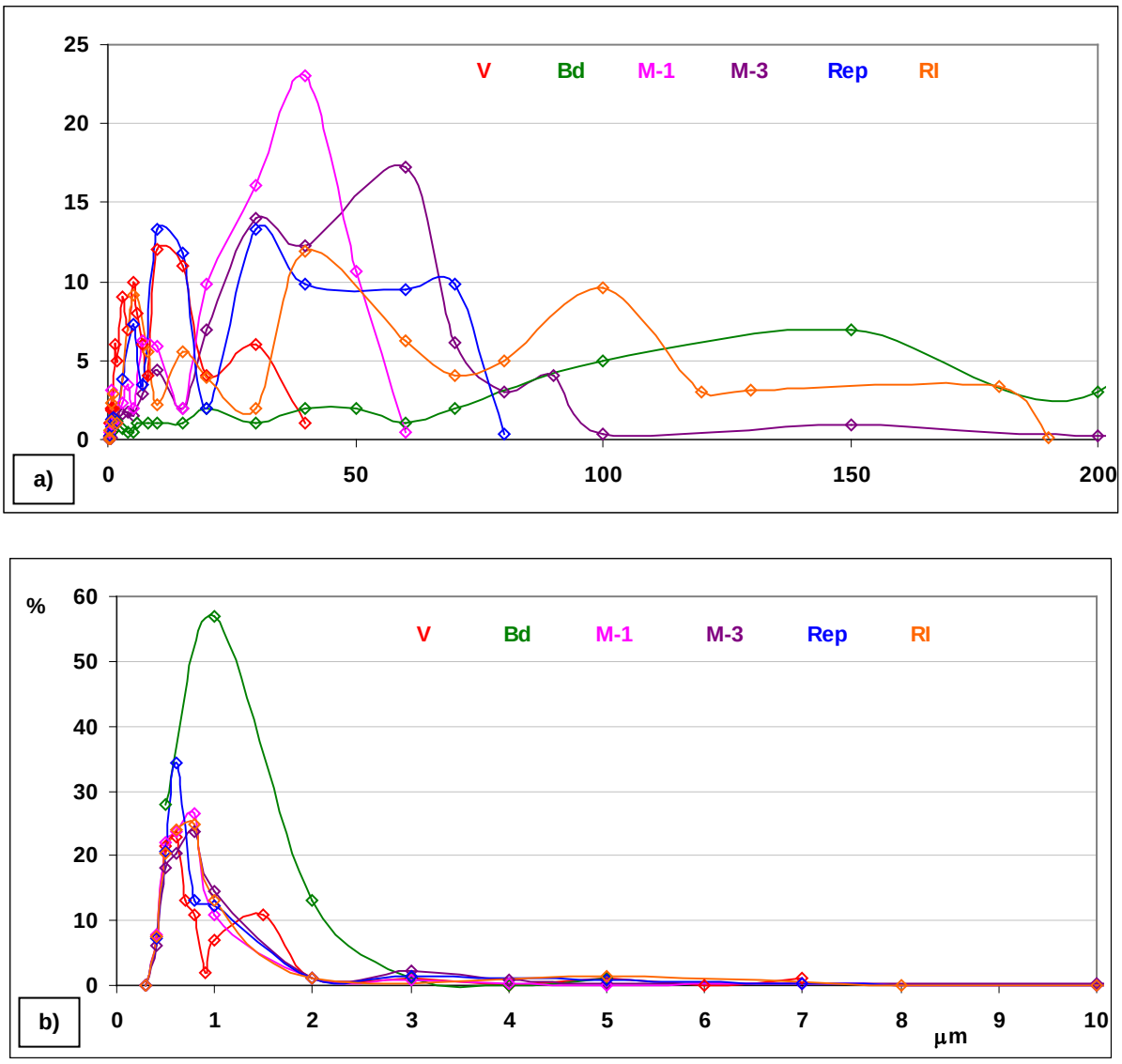


Fig. 3. Distribution (in percents) of the size (in micrometers) of fly ash particles presented by their volume (a) and number (b) statistics

Data on the distribution of ash particles by size, expressed by volume and number statistics are presented in Fig. 3a,b. As can be seen from Fig. 3, the disperse composition of the ashes is highly inhomogeneous. They contain particles that differ in size from 2 to 4 orders of magnitude (see Fig. 3a). According to [9], the average particle size, calculated on the basis of volume statistics, for the different ashes varies within a broader range d_{50}(volume) = 5 ÷ 45 μm. In the same time their size distribution calculated on the basis of statistics by number is almost the same for all materials - d_{50}(number) = 0.56 ÷ 0.64 μm. In other words, according to the number statistics (Fig. 3b), all the samples consist exclusively (> 99.9%) of particles with respirable size (< 10μm) and most of them (> 80%) are submicron ones. Microscopic observations confirm the presence of significant quantity of submicron particles in all fly ashes, as well.

As a result of the above analysis, we can conclude that if most of the fly ash particles rich in heavy metals and rare elements have a respiratory size (<10μm), this is a prerequisite for increased reactivity and easier solubility. The fact that more than half of the particles in all studied ashes are of submicron size also implies easier transport of ash material from air streams, facilitated inhalation and increased risk of extraction of toxic components in the environment and in the organisms.

References:

1. Bayat, O. Characterisation of Turkish fly ashes. Fuel 77 (1998) 1059-1066.
2. Goodarzi, F. Characteristics and composition of fly ash from Canadian coal-fired power plants. Fuel 85 (2006) 1418-1427.
3. Kostakis, G. Characterization of the fly ashes from the lignite burning power plants of northern Greece based on their quantitative mineralogical composition. J. Hazard. Mater. 166 (2009) 972-977.
4. Ayanda, O. S., O. S. Fatoki, F. A. Adekola, B. J. Ximba. Characterization of Fly Ash Generated from Matla Power Station in Mpumalanga, South Africa. E-Journal of Chemistry 9 (2012) 1788-1795.
5. Vassilev, S.V. Trace elements in solid waste products from coal burning at some Bulgarian thermoelectric power stations.Fuel 73 (1994) 367-374.
6. Querol, X., J. L. Fernández-Turiel, A. López-Soler. Trace elements in coal and their behaviour during combustion in a large power station. Fuel 74 (1995) 331-343.
7. Gieré, R., L. E. Carleton, G. R. Lumpkin. Micro- and nanochemistry of fly ash from a coal-fired power plant. Amer. Mineralogist 88 (2003) 1853–1865.
8. Shoumkova, A., V.Stoyanova. Trace elements in fly ashes from ‘‘Varna’’, ‘‘Bobovdol’’, ‘‘Maritza istok I’’, ‘‘Maritza III’’, ‘‘Republika’’ and ‘‘Rousse iztok’’ power plants, Bulgaria. Proceedings of the 6th International Scientific Conference SGEM – modern management of mine producing, geology and environmental protection, (2006) 348–357.
9. Shoumkova, A. High gradient magnetic separation of coal fly ashes. PhD thesis, UCTM, Sofia, 2006.
10. Navrátil, T., L. Minařík. Trace elements and contaminants, in Earth’s System: history and natural variability. Cílek V., R. H. Smith (eds), EOLSS-UNESCO, Eolss Publishersx Oxford (2002).
11. Twardovska, I., J. Szczepanska. Solid waste: terminological and long-term environmental risk assessment problems exemplified in a power plant fly ash study. The Science of the Total Environment 285 (2002) 29-51.
12. Page, A. L., A. A. Elseewi, I. Straughan. Physical and chemical properties of fly ash from coal-fired power plants with reference to environmental impacts. Residue Review 71 (1979) 83-120.
13. Shoumkova, A. S. Physico-chemical charactrerization and magnetic separation of coal fly ashes from “Varna”, “Bobov dol” and “Maritza-Iztok I” power plants, Bulgaria. Physico-chemical characteristics. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy (Sofia) 41 (2006) 175-180.
14. Shoumkova, A., V. Stoyanova. Heavy and toxic elements distribution in magnetically separated fractions from coal fly ashes. Proceedings of the 10th International Scientific Conference SGEM – modern management of mine producing, geology and environmental protection 2 (2010) 597–604.
15. Shoumkova, A. Magnetic separation of coal fly ash from Bulgarian power plants. Waste Management and Research 29 (2011) 1078-1089.

SPECTROSCOPIC INVESTIGATIONS OF PHASE FORMATION IN CEMENT MORTARS WITH A HIGH CONTENT OF MINERAL FILLERS

Vilma Petkova[1,2], Ventseslav Stoyanov[3,4], Bilyana Kostova[1], Aleksander Kalinkin[5], Irina Zvereva[6], Yana Tzvetanova[2], Ekaterina Serafimova[7]

[1]New Bulgarian University, Department of Natural Sciences,
e-mails: vilmapetkova@gmail.com; vpetkova@nbu.com
[2]Institute of Mineralogy and Crystallography, Bulgarian Academy of Sciences,
[3]University of Structural Engineering and Architrcture (VSU) „Lyuben Karavelov“,
[4]Academy of the Faculty of Fire safety and civil protection,
[5]Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials, Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences,
[6]Center for Thermal Analysis and Calorimetry, Research park, St. Petersburg State University,
[7]University of Chemical Technology and Metallurgy, 8, Kliment Ohridski, Blvd., 1756 Sofia, Bulgaria

Keywords: *cement mortars, mineral addition, IR spectroscopy, XRD, ecology*

Abstract: *One of the main approaches to reducing the environmental impacts of the construction industry is the use of mineral additives reducing quantity of cement used in mortars and concretes for construction. Solid industrial wastes, including the construction and demolition wastes, traditionally are used in conventional cement-based composites. Their application is limited by the application of compositions, requirements of desirable properties of fresh and hardened mortar/concrete, as well as the required durability and corrosion resistance to known exposure. White decorative mortars and concretes have restrictions on: white color of the binder and mineral additive, good workability, and a dense structure that does not have significant destructive processes at various atmospheric impacts.*

The object of this research are different cement composites with high content of inert mineral fillers (marble and quartz sand) and low water-cement ratio, obtained after hydration of White Portland cement. The aim of the work is to investigate the phase formation and to measure the density, compressive strength and porosity of the cement composites, where the research is made after 28 and 120 days of water curing. The phase composition (new formed phased as well as formation of C-S-H gels) are defined using X-Ray powder diffraction and Infra-Red Spectroscopy measurements. The experimental data show that the cement composites with higher water content exhibit variety of new-formed phases, like hydration products of C-S-H type. The use of marble as addition leads to creation of carbo-sulpho- aluminates.

Introduction

One of the main approaches to reducing the environmental impacts of the construction industry is the use of mineral additives reducing quantity of cement used in mortars and concretes for construction. Solid industrial wastes, including the construction and demolition wastes, traditionally are used in conventional cement-based composites. Their application is limited by the application of compositions, requirements of desirable properties of fresh and hardened mortar/concrete, as well as the required durability and corrosion resistance to known exposure. White decorative mortars and concretes have restrictions on: white colour of the binder and mineral additive, good workability, and a dense structure that does not have significant destructive processes at various atmospheric impacts.

The decorative cement mortars and concretes are an artificial imitation of the natural stones. Their main advantage is better workability, but the durability and stability are their key disadvantages [1-3]. The proper application of these cement-based stones in constructional works depends on physical, chemical and mechanical properties which are the result of the microstructure of new-formed hydrate phases. Here, it is of particular importance the correct choice of cement-substitutes additions (hydraulic, pozzolanic and almost inert filer, incl. technogenic wastes) and additives, which aim both reducing the cost of composite and improvement properties and durability in different environments [5-8].

The goal of this work is to study the influence of cement-water ratio and quantities of marble powder additive and polycarboxylate-based admixture on the hydration process. A major emphasis of the study is on the formation of hydrosulphate- and hydro-sulphonated calcium-silicate phases in white cement compositions and their effect on measured properties. The effect of the studied parameters is

evaluated by the methods of powder X-ray diffraction, IR spectroscopy and physico-mechanical methods for obtaining properties: bulk density after immersion, adsorption after immersion, compressive strength and porosity.

Samples preparation

The chemical composition of used white Portland cement CEM I 52.5 N, produced by Devnya Cement (Bulgaria), was (in wt%): SiO_2 – 24.3; Al_2O_3 – 2.1; Fe_2O_3 – 0.2; CaO – 68.3; MgO – 0.3; Na_2O – 0.13; K_2O – 0.02; Free lime – 1.9. Thus the mineral composition, calculated by Bogue method was (in wt%): C_3S – 72.13; C_2S – 15.28; C_3A – 5.23; C_4AF – 0.61.

The mortars were prepared using two types of aggregate. For reference sample clean washed and dried river sand was used. The properties of sand were: fineness modulus *FM* = 2.7 (EN 12620:2002+A1:2008) and shape index – 4.6 % (EN 933-4:2008) i.e. spheroid particles, over 85.0 % content of SiO_2. The studied samples were prepared with marble powder, produced by AIAS S.A. White Marble Products (Greece) with chemical composition (in wt. %): $CO_2 + H_2O$ – 45.7; SiO_2 – 0.12; Al_2O_3 – 0.38; Fe_2O_3 – 0.14; CaO – 32.9; MgO – 20.0; Na_2O – 0.05; K_2O – 0.19; MnO – 0.01. The decarbonization at 1000°C of this aggregate was divided to two stages (DTA peaks – 806.6°C and 821.2°C) with total mass loses of about 45% and, thus the mineral composition is Dolomite/Mg-rich Calcite. The polydispersity of aggregate was: maximal size of grains – 2 mm; grains with sizes < 0.125 mm – 50.0 wt %; grains with sizes < 0.063 mm – 35.0 wt %.

The polycarboxylate-based high range water reducer (HRWR) Sika ViscoCrete 5-800 was used and its dosage was 2.0% by weight of white cement. This HRWR was chloride-free, soluble in water, without any retarding effects and with density of 1.07 g/cm^3 (at 20 °C).

The experiments were carried out with three types of cement composites, which codes, type of used aggregate and compositions are shown in Table 1. All samples were mixed with distilled water.

Table 1. Compositions of the samples

Sample	Aggregate	Ratios		
		Cement-to-aggregate	Water-to-cement	Water-to-fines*
A 28 & 120	Sand	1:3	0.50	0.500
B 28 & 120	Marble powder	1:2	0.60	0.353
C 28 & 120	Marble powder	1:2	0.40 + HRWR	0.235

*all particles with sizes below 125 μm

Experimental Methods

The bulk density after immersion and adsorption after immersion were measured according ASTM C642-13 [9-10]. Due to the different bulk densities of the samples, the values of adsorption were adjusted to comparable values. The compressive strengths at 28 and 120 days of water curing were measured according EN 196-1:2016 [11].

Brocken parts sample with mass of 2.0±0.3 mg were used to measure the porosity by mercury intrusion porosimetry method using Carlo Erba, Porosimeter Mod. 1520, pressure range 1-150 atm corresponding to pore size range 50-15000 nm.

The XRD patterns were performed on X-ray powder diffractometer D2 Phaser BrukerAXS, CuKα radiation (λ = 0.15418 nm) (operating at 30 kV, 10 mA) from 5 to 80 °2θ with a step of 0.05° (grinded sample with weight – 1.0±0.1 mg and particle sizes below 0.075 mm).

Infrared spectroscopy was performed Infrared spectroscopy (FT-IRSpectrometer, Varian 660-IR, Austria, 2009) covering the range of 400-4000 cm^{-1}, KBr tableting.

Results and Analysis

Physico-mechanical Properties

The results show that the 28-day compressive strength of conventional cement mortar A is comparable to that given by the factory (Table 2). This indicates that the sand used is similar to CEN Standard sand, EN 196-1. The compressive strength increases by 7.6% at 120-day, due to the filling of porous space with new-formed hydrates (the pore volume increases by 6.8 %).

The values for measured parameters indicate formation of thin structure of hardened samples B, which are characterized by high water-to-cement ratio. The presence of fine particles decreases the water-to-fines ratio, but does not increase the density of the structure. The prolonged water curing increases the compressive strength by 14.3%, whichever is greater than the decrease of total pore volume by 9.3 %. The same pattern is observed for samples C, where the increase of compressive strength (17.9 %) is greater than the decrease of the total volume of pore (9.8 %) with sizes in the studied range (Table 2).

The use of HRWR reduces water content by 33.3 % resulting in increased the bulk density and adsorption. The formed structure of samples C is very dense, which is detected when comparing the

pure volume of samples, recalculated from the measured value of pore volume and bulk density after immersion at 28 days of curing - 21.1 mm^3/cm^3 (Sample A); 17.6 mm^3/cm^3 (Sample C); 30.0 mm^3/cm^3 (Sample B). However, these samples have an open porosity, which allow penetration of the water through pores and capillaries, causing slow continuous hydration of cement grains. The high adsorption of samples with marble powder as aggregate can be explained by the high water absorption capacity of finest marble particles.

Table 2. Physical mechanical properties of the samples

Sample	Bulk density after immersion	Adsorption after immersion	Compressive strength		Pore volume	
			28 days	120 days	28 days	120 days
	$kg.m^{-3}$	$mm^3.cm^{-3}$	$N.mm^{-2}$	$N.mm^{-2}$	$mm^3.g^{-1}$	$mm^3.g^{-1}$
A	2126	173.8	56.3	60.6	44.98	41.91
B	2158	258.5	53.8	61.5	64.66	58.69
C	2348	192.5	90.1	106.2	41.30	37.26

X-Ray phase analysis

The X-ray powder diffraction was used to be proofed previously obtained results as well as to better evaluation of investigated samples. The obtained results from XRD analyses of phase composition, that contain new-formed products of hydration of basic cement minerals and the marble powder, are shown in Table 3.

The XRD analysis (Table 3) show the presence of two groups of minerals in studied samples: (i) relict minerals from the initial composition: Belite, Albite, Anorthite, Mg-rich Calcite, Quartz, Dolomite and (ii) new formed minerals: Portlandite, Mono- and Hemicarboaluminate, Thaumasite, Yugawaralite, Scolecite, Ettringite, Wollastonite and Tricalcium Silicate. The results of the complete analysis of the phase composition of the samples are presented in Table 3.

Table 3. Results from XRD analysis

No	**Description**	**Sample**	**Identified phases**
1.	Non-hydrated phases of cement	A (028, 120) B (028, 120) C (028, 120)	Belite (C_2S), 49-1673– $2CaO.SiO_2$
			Albite (C_3S), 11-0593– $(Na,Ca)Al(Si,Al)_3O_8$
			Anorthite (CAS_2), 41-1486– $CaO.Al_2O_3.2SiO_2$
2.	Phases of the source components	B (028, 120) C (028, 120)	Dolomite, 36-0426 – $CaCO_3.MgCO_3$
			Mg-rich Calcite, 47-1743 – $CaCO_3$
3.	New phases forming C-S-H gel: - containing OH^-	A (028, 120) B (028, 120) C (028, 120)	Portlandite (CH), 44-1481 – $Ca(OH)_2$
3.1.	- containing CO_3^{2-}, OH^- and crystal water H_2O	B120 C120	Monocarboaluminate, 41-0219 - $3CaO.Al_2O_3.CaCO_3Ca(OH)_2.5H_2O$,
		A120, B028	Hemicarboaluminate, 41-0221 – $3CaO.Al_2O_3.0.5CaCO_3.0.5Ca(OH)_2.5.5H_2O$
3.2.	- containing SO_4^{2-}, OH^- and crystal water H_2O	A028, A120 C120	Ettringite, 41-1451 – $6Ca(OH)_2.Al_2(SO_4)_3.26H_2O$
		B028	Gypsum, 21-0167 - $CaSO_4.xH_2O$
3.3	- containing SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, OH^- and crystal water H_2O	B (028, 120)	Thaumasite, 46-1360 – $Ca_3Si(OH)_6(CO_3)(SO_4).12H_2O$
3.4.	- hydrosilicates forming of main oxides CaO, Al_2O_3, SiO_2, OH^- and/or crystal water H_2O	B (028, 120) C120	Hydrogarnet, 84-1354, 76-0557 - $CaSiO_3.Ca(OH)_2$
		B120	Yugawaralite, 39-1372 - $CaO.Al_2O_3.6SiO_2.4H_2O$
		B120 C120	Wairakite, 42-1451 - $CaO.Al_2O_3.4SiO_2.2H_2O$
		B120 C120	Scolecite, 41-1355 - $CaO.Al_2O_3.3SiO_2.3H_2O$
4.	Water free hydrated phases	A120 B (028, 120) C120	Wollastonite, 42-0550 - $CaSiO_3$
		A (028, 120) -	Tricalcium Silicate, 74-0874 - $3CaO.3SiO_2$

FTIR Spectroscopy

The obtained results are presented on Fig. 3, 4 and Table 4.

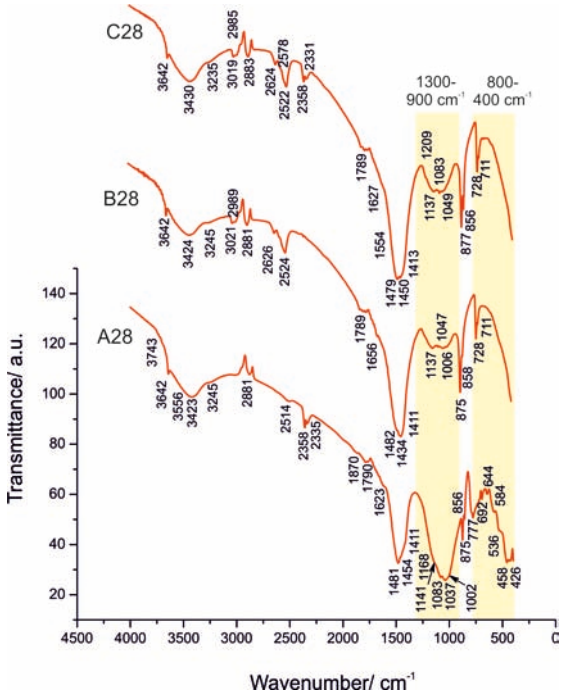


Fig. 3a. FTIR spectra of mortars of 28 days of water curing

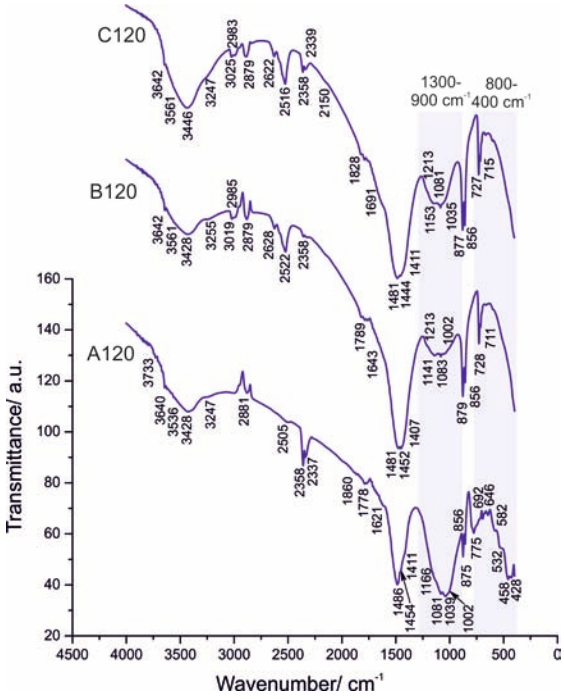


Fig. 3b. FTIR spectra of mortars of 120 days of water curing

The spectra, obtained by FTIR spectroscopy demonstrate a wide variety of streaks and are evidence of the formation of multiple hydrate phases in the samples (Fig. 3). This occurs in two areas – 1300-900 cm^{-1} and 800-400 cm^{-1} in which the overlap of the lines is strongly expressed. At these intervals the vibrational fluctuations of the functional groups which are essential for the identification of the cement hydration products are displayed. This is the reason why these intervals are presented in detail in Fig. 4, Fig. 5, and Table 4.

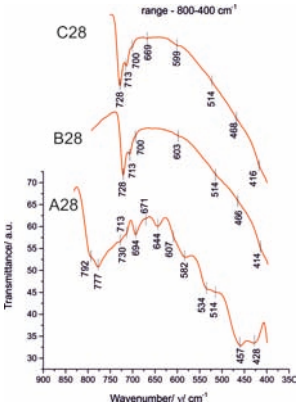


Fig. 4a. FTIR spectra of mortars of 28 days of water curing in the range 800-400 cm^{-1}

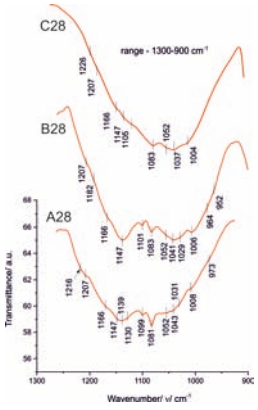


Fig. 4b. FTIR spectra of mortars of 120 days of water curing in the range 800-400 cm^{-1}

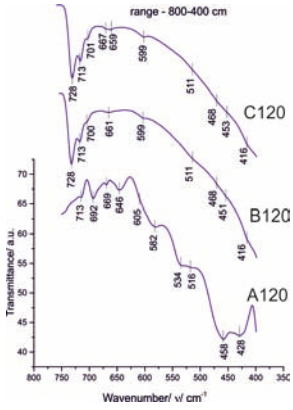


Fig. 4a. FTIR spectra of mortars of 28 days of water curing in the range 1300-900 cm^{-1}

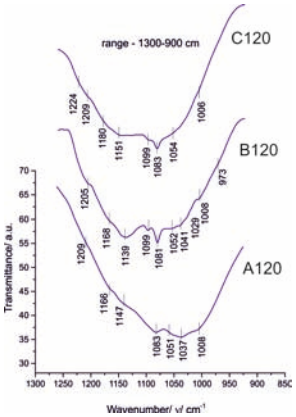


Fig. 4b. FTIR spectra of mortars of 120 days of water curing in the range 1300-900 cm^{-1}

Table 4.

FT-IR bands of cement mortars

No	Samples 28 days of water curing - Band positions, cm^{-1}			Samples 120 days of water curing - Band positions, cm^{-1}			Description
	A28	B28	C28	A120	B120	C120	
1	3743	3731		3743	3731	3731	(v_3) stretching vib. mode of O-H in OH^- in H_2O capil., hydrate water
2	3642	3642	3642	3640	3642	3642	(v_1) stretching vib. mode of OH^- directly bonded to Ca in $Ca(OH)_2$
3	3552			3536	3561	3561	(v_3) stretching vib. mode of O-H in bonded OH^-
4	3423 3245	3430 3235	3424 3245	3428 3247	3446 3247	3428 3255	(v_1) stretching vib. mode of O-H in OH^- in capil. hydrate and crystal water [12]
5	2881	3019 2985 2883	3021 2989 2881	2881	3025 2983 2879	2985 2879	(v_1) stretching vib. mode of O-H in OH^- in H_2O capil. hydrate phase
6	2514	2624 2578 2522	2626 2524	2505	2622 2516	2628 2522	(v_1) stretching vib. mode of C-O in CO_3^{2-} in Hemi/Monocarboaluminate, Thaumasite [13, 14]
9	1623	1627	1656	1621	1691	1643	(v_2) bending vib. mode of O-H in OH^- in capil. hydrate and crystal water
11	1481 1454	1479 1450	1482 1434	1486 1454	1481 1444	1481 1452	(v_3) stretching vib. mode of C-O in CO_3^{2-} in Calcite
12	1411	1413	1411	1411	1411	1407	(v_3) stretching vib. mode of C-O in CO_3^{2-} and C-OH in HCO_3^- in Monocarbo-aluminate [15] and Asymmetric (v_3) stretching vib. mode of S-O in SO_4^{2-} in $CaSO_4.2H_2O$
14	1168	1137	1137	1166 1137	1185	1141	(v_3) stretching vib. mode of S-O in $CaSO_4.2H_2O$, Monosulphoaluminate, Thaumasite
15	1083	1083		1081	1081	1083	(v_3) stretching vib. mode of Si-O in SiO6 in Thaumasite and Asymmetric (v_3) stretching vib. mode of Si-OH in $[Si(OH)_6]^{2-}$ in Thaumasite [16]
16	1037	1049	1047	1039	1035	1039	(v_3) stretching vib. mode of Si-O in SiO4 in Ettringite
17	1002	1005	1006	1002	994 967	1002 966	(v_3) stretching vib. mode of S-C-O in Ettringite, Thaumasite and to C-O-H in HCO_{3-} in hydrocarbonate phases
18	875	877	875	875	877	879	(v_2) bending vib. mode O-C-O in CO_3^{2-} in $CaCO_3$
19	856	856	858	856	856	856	(v_2) bending vib. mode of Al-OH in Aluminates
21	713 730	713 728	713 728	713	713 728	713 728	(v_4) bending vib. mode of O-C-O in CO_3^{2-} in $CaCO_3$ and in Hemi/ Monocarboaluminate, Thaumasite and (v_4) bending vib. mode of O-Si-O in SiO_6^{8-} in Thaumasite
22	694	700	700	692	700	700	Si-O in SiO_6 in Thaumasite
23	671	669	-	669	665	667	(v_4) bending vib. mode of O-Si-O in SiO_4^{2-} in C-S-H (colloidal gel; Ca/Si ratio≤1.5) and (v_4) bending vib. mode of O-Si-O in SiO_6^{8-} in Thaumasite
24	644	-		646	-	-	(v_4) bending vib. mode of Si-O in SiO_4^{2-} in C-S-H gel
25	607	599	603	605	599	599	(v_4) bending vib. mode of S-O in SO_4^{2-} in Gypsum
26	584	-	-	582	-	-	Al-O in C_3A ($Ca_3Al_2O_6$)
27	514 534	514	514	516 534	511	511	(v_4) S-O bending in Gypsum, Mono-sulphoaluminate and Thaumasite
28	458	468	466	458	453 468	451 468	(v_2) bending vib. mode of S-O in SO_4^{2-} in $CaSO_4.2H_2O$

The analysis of the results obtained from the infrared spectroscopy studies proves the vibration bands of the minerals formed by the hydration of the cement minerals. In the analysis, several groups of new-formed phases can be identified: (i) phases, containing chemically combined water (OH^-); (ii) phases, containing carbonate ions (CO_3^{2-}), structurally combined water (OH^-) and chemically combined water-(H_2O); (iii) phases, containing sulphate (SO_4^{2-}) ions, structurally combined water (OH^-) and chemically combined water–(H_2O); (iv) phases, containing carbonate ions (CO_3^{2-}) and sulphate ions (SO_4^{2-}), structurally combined water (OH^-) and chemically combined water (H_2O). The components, used for the production of cement-based composites, produce closely related new-formed hydrate phases, some of which are the same for all samples - Portlandite, Wollastonite, Mono/Hemicarboaluminate. In cement mortars (series B and C) in which marble powder and HRWR polycarboxylate additive were added, the new-formed calcium-aluminum silicates and aluminates are in a larger variety - Yugawaralite, Scolecite, Ettringite and Thaumasite.

Conclusion

The structures of the two types of white cement high workability mortars with relatively high content of marble powder containing fine particles are investigated. The comparison with cement-sand mortars shows that high content of fines make the structure denser, even prone to self-desiccation. The formed structure has open porosity, which allows water transport with slow continuous hydration resulting in growth of crystals and formation of variety products.

On the basis of the used methods the phase composition of the studied samples were determined. The effect of substitution of cement with marble powder was determined under limiting of the water-cement ratio. The formation of cement minerals such as tumasite, ettringite, mono and semi-carboaluminate, etc., has been proven. The composition of cement and marble powder has potential for further improvement the process of hydration.

References:

1. Lea's Chemistry of Cement and Concrete (Ed. P.C. Hewlett). 4th Ed., Butterworth-Heinemann; 2004, 1092 p.
2. Hamad, B.S., Investigations of chemical and physical properties of white cement concrete, Advanced Cement Based Materials 1995;2:161–167.
3. Ling, T.-C., C.-S. Poon, Properties of architectural mortar prepared with recycled glass with different particle sizes, Materials & Design 2011;32:2675–2684.
4. Aïtcin, P.-C., Binders for Durable and Sustainable Concrete, Spon Press; 2007, 528 p.
5. Aïtcin, P.-C., S. Mindess, Sustainability of Concrete, Spon Press; 2011, 328 p.
6. Schutter, G. De, P.J.M. Bartos, P. Domone, J. Gibbs, Self-Compacting Concrete, Whittles Publishing, 2008, 288 p.
7. Self Compacting Concrete (Ed. A. Loukili), Wiley; 2011, 288 p.
8. Taylor, HFW, Cement Chemistry, 2d ed. London: Thomas Telford Publishing; 1997.
9. ASTM C642-13 Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete: 2013.
10. Stoyanov, V., Investigation of properties of decorative mortars besed on design of experiments In: Proc. International Conference on Civil Engineering Design and Construction. (Eurocodes – Science and Practice) DCB 2010, September 09–11, 2010, Varna, Bulgaria, 463-470 (in Bulgarian)
11. EN 196-1:2016, Methods of testing cement - Part 1: Determination of strength, 2016
12. Matschei, T., B. Lothenbach, F. P. Glasser, The role of calcium carbonate in cement hydration, Cement and Concrete Research 2007;37:551–558
13. Aguilera, J., S. Martınez-Ramırez, I. Pajares-Colomo, M. T. Blanco-Varela, Formation of thaumasite in carbonated mortars, Cement and Concrete Composites 2003;25:991–996.
14. Barnett, SJ, CD Adam, ARW Jackson, Solid solutions between ettringite, $Ca_6Al_2(SO_4)_3(OH)_{12}.26H_2O$, and thaumasite, $Ca_3SiSO_4CO_3(OH)_6.12H_2O$, Journal of materials science 2000;35:4109-4114.
15. Trezza, M.A. & Lavat, A.E., Analysis of the system 3CaO.Al2O3-CaSO4.2H2O-CaCO3-H2O by FT-IR spectroscopy. Cement and Concrete Composites, 31, pp. 869-872, 2001
16. Scholtzová, Eva, Lenka Kucková, Jozef Kožíšek, Helena Pálková, Daniel Tunega, Experimental and computational study of thaumasite structure, Cement and Concrete Research 59 (2014) 66–72

SPACE WASTE

Radina Nikolova, Vladimir Ivanov, Vilma Petkova

New Bulgarian University, Department of Natural Sciences
e-mail: vpetkova@nbu.bg

Keywords: *space waste, ecology, space radiation, nuclear waste*

Abstract: *There are tons of unusable debris in Earth's orbit, representing a type of anthropogenic pollution. Because they are concentrated in the area, covering spacecraft's trajectory, as the number of debris increases, so does the threat of collision with shuttles, satellites and the International Space Station. Additionally, planning future cosmic missions is also hampered.*

The aim of the present work is a brief overview of the situation with space waste and the potential risky consequences. It emphasizes the possible methods for their purification and the pressing need to remove them. Consideration is being given to the possibilities of developing materials and technologies that can convert photonic energy in the form of X-rays, gamma rays and charged particles with higher energy into electricity etc.

КОСМИЧЕСКИ ОТПАДЪЦИ

Радина Николова, Владимир Иванов, Вилма Петкова

Нов български университет, Департамент „Природни науки“
e-mail: vpetkova@nbu.bg

Ключови думи: *космически отпадъци, екология, космическа радиация, космически радиоактивни отпадъци*

Резюме: *В земната орбита циркулират тонове непотребни отломки, представляващи вид антропогенно замърсяване. Бидейки концентрирани в пространството, обхващащо траекторията на космическите апарати, с нарастването на количеството отломки се увеличава и заплахата от сблъсък със совалки, сателити и Международната космическа станция. В допълнение се възпрепятсва и планувaнето на бъдещи космически мисии.*

Цел на текущата работа е кратък обзор на ситуацията с космическите отпадъци и потенциалните рискови последствия. Акцентира се върху възможните методи за тяхното пречистване и належащата нужда те да бъдат премахнати. Разглеждат се възможностите за разработване на материали и технологии, които могат да превърнат фотонни енергии под формата на рентгенови лъчи, гама-лъчи и заредени частици с по-висока енергия в електричество и др.

Introduction

Mankind has been sending objects in space for more than 50 years. But despite the positive results of the development of space technologies, the negative consequences could not be denied. In the immediate vicinity of our planet, there are many unnecessary debris of various sizes - circulating man-made objects that are no longer beneficial to humanity. Most of them are fragments and elements of satellites, as well as out of use satellites [2].

Space waste is mostly concentrated in low Earth orbit (LEO) which boundaries are not firmly defined, but it is generally assumed that the orbit up until 2000 km altitude is low Earth orbit [3]. Hubble Space Telescope, International Space Station and about 500 active satellites are also circulating at this height [2] (Fig. 1, Table 1).

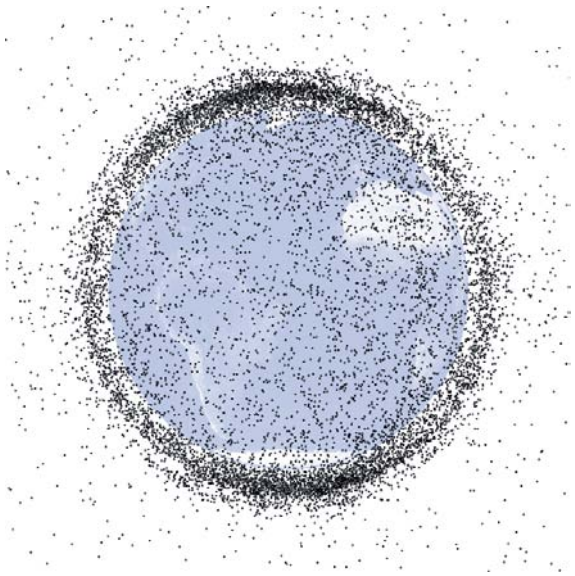


Fig. 1. Space waste larger than 10 cm in LEO, August 25, 2009. NASA Image

Table 1. Random Collisions between Catalogued Objects [8]

Date	Objects involved	Altitude	Number of fragments
23 Dec 1991	Cosmos 1934 Debris from Cosmos 926	980 km	2
4 July 1996	Cerise spacecraft 1986 Ariane explosion fragment	685 km	1
17 Jan 2005	Thor-Burner 2A rocket 2000 Chinese explosion fragment	885 km	4
10 Feb 2009	Iridium 33 Cosmos 2251	790 km	>1500

Risks and incidents

In 1987, the American astrophysicist and former NASA scientist Donald J. Kessler suggested a hypothesis stating that with the continued growth of space debris in LEO there is an increased risk of collisions between objects that would cause a cascade, where each collision would generate even more space debris increasing the likelihood of further collisions (Table 1) [6–8].

Velocity of the collision is directly connected to orbital inclinations of the objects in orbit, the higher orbital inclination the higher collision velocity, which will lead to further smaller fragments smashing into larger functioning and nonfunctioning objects [7]. Subsequently this phenomenon gained popularity with the term "Kessler syndrome". Low Earth orbit is the most threatened, nevertheless the region in danger is expanding (Fig. 2, Fig. 3).

Two incidents stand out as especially severe. In 2007 China destroyed FY 1C – one of their Fengyun (FY) weather satellites in a test of an anti-satellite missile. According to NASA data, this is the case that has caused the largest amount of space debris in history to this point [4]. In 2009 there was a collision between the satellites Iridium-33 and Kosmos-2251 which produced space waste. In March 2011 International Space Station made a maneuver in order to avoid debris from this particular incident [9].

In 1977 USSR launched a reconnaissance satellite with a nuclear reactor onboard named Kosmos 954 [5]. A malfunction diverted the satellite from its orbit, and it fell on the territory of northwestern Canada around the Great Slave Lake on January 24, 1987. This incident caused a radioactive contamination and USSR was obliged to indemnify Canada with 3 million Canadian dollars, although Canada claimed that the damage exceeds six million dollars [10].

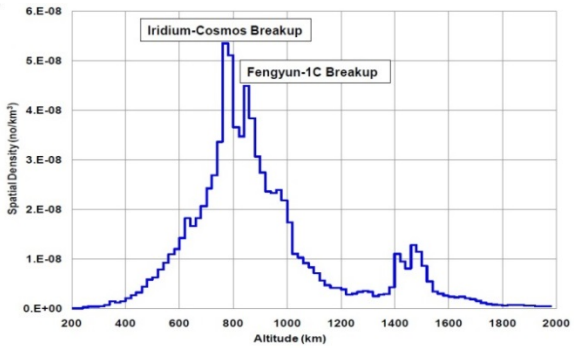


Fig. 2. Spatial density of LEO space debris by altitude. NASA 2011 Report to the United Nations Office for Outer Space Affairs

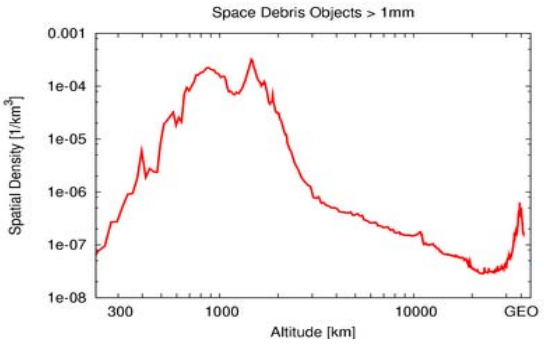


Fig. 3. Spatial density of space debris by altitude. ESA MASTER-2001 Report (before the 2009 collision events)

Radioactive materials

Radioactive materials, like uranium-235, can power a tiny satellite for years. They're more reliable than batteries and provide more energy than solar panels. During nuclear fission a heavy nucleus of a given atom is split into 2 fragments with a relatively equal atomic masses and the process is accompanied with release of energy. For insuring the power supply of satellites nuclear energy is produced from radioisotope thermoelectric generators (RTG). Nuclear energy production requires larger volume compared to the use of conventional batteries, however it do not requires so large surface as solar panels. It is accepted that nuclear energy for the purposes of satellites is unlimited, as it will be available longtime after the satellite becomes unusable due to other reasons.

Nuclear powered satellites however, may cause problems at the end of their lifetime. It was reported at the Fourth European Conference on Space Debris, held in Darmstad (Germany), that the space junk includes about a ton of radioactive waste from non-functioning reactors, supplying power to satellites, launched into orbit between 1967 and 1988.

The danger from the use of nuclear energy for powering satellites in near Earth orbit is due to the fact that during the lowering of the orbit and the falling down of the satellite, a treat exist for spreading radioactive particles over the whole Earth. Another danger for radioactive contamination is the case of accident with the rocket holding the satellite, before its propulsion to the designated orbit. Such cases are registered at the beginning of the satellite's propulsion when for example a Russian nuclear powered satellite crashed over Canada and contaminated the area with radioactive particles.

The Soviet program using a spacecraft equipped with a nuclear-powered radar started operations in 1967. There were five serious accidents from 33 missions in total. Two nuclear reactors crashed back to Earth from orbit. The nuclear reactor is powered by fuel assembly consisted of 37 cylindrical fuel elements with 31.1 kg of 90% enriched uranium (highly enriched uranium). Almost half of the Russian satellites powered by reactors lost radioactive reactor coolant during the ejection of the nuclear fuel.

The United States has launched 22 missions with nuclear power sources. US satellites use plutonium-238 in deep space missions for a power-generating source. Three accidents have occurred, one resulting in release of radioactive materials. In addition one experimental space reactor was launched in 1965. It is still in orbit.

The last satellite containing a nuclear power source was launched in 1988. As a result of termination of the activity of the satellites launched until 1988, tens of radioisotope thermoelectric generators, nuclear reactor fuel cores and nuclear reactors are still in orbit around the Earth below 1700 km from the ground.

Among the most important accidents involving nuclear powered space crafts are 6 accidents with Russian space vehicles and 3 with American ones. All of them include spread of nuclear materials (Uranium-235, Uranium-238 and Plutonium-238) into the environment.

With the aim to protect human health from radioactive contamination from falling to the Earth nuclear powered satellites, most of them were retired into orbits of between 700 and 1500 kilometers above the Earth. These orbits are considered to be stable and the satellites are expected to remain there for hundreds of years as their radioactivity decays. These orbits do not prevent them from collisions with other space bodies. If any of these nuclear-reactor-powered satellites collide with another object in space, or suddenly crash to the ground, they could release radioactivity.

There are plans to build nuclear reactors to power also rocket engines for propulsion of satellites, flights to Mars or for deep space investigations. It is assumed that nuclear energy is usable

for satellites foreseen for deep space investigations, as they may move away sufficiently far from the Sun using solar panels and then to switch to nuclear power, which will power them enough longtime during their travel through the space. Nuclear power sources are assumed to be very efficient, durable and cheap for the purposes of space research.

Power Supply Technology

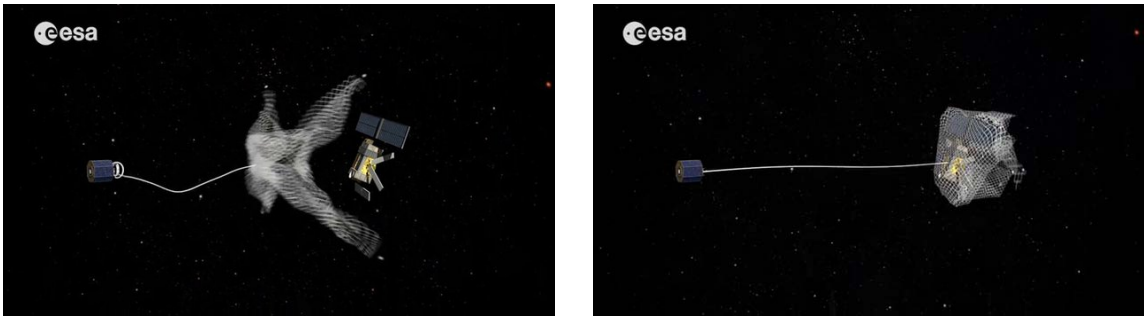
Satellites consume electricity to serve their purpose and one possible power source is solar panel technology. Nuclear energy is also a possibility as it does not require such a large surface like solar panels do. For the supply of satellites, nuclear energy is produced by radioisotope thermoelectric generators. It is assumed that this power option is unlimited for the needs of satellites, as it will be available even after the satellite becomes unusable. The danger of using nuclear energy in LEO satellites stems from emergency cases such as a satellite falling back to Earth, which is likely to cause nuclear contamination. Such is the Kosmos 954 case.

It is assumed that nuclear energy is usable in space exploration satellites to power them for a long period of time on their journey into outer space. Nuclear sources of energy are considered to be very effective and affordable for the needs of space research.

Space waste cleanup project

In 2011 United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space agreed that the problem concerning space debris has to be solved and it is necessary to combine forces and work in this direction [5]. International rules recommend owners to remove debris from LEO 25 years after a mission is completed. According to European Space Agency data only 60 % of the missions fulfill the recommendation. According to experts from the Japan Aerospace Exploration Agency, over 100 objects should be removed in the next 5 years to prevent the spread of new fragments resulting from collisions [11].

The European Space Agency has designed a mission called e.Deorbit scheduled for the year of 2023 [11]. The project is a result of the necessity for removing large objects from LEO. The most likely target of e.Deorbit will be the 26 meters Environmental Satellite (Envisat), which has been inactive since 2012. Envisat cannot deorbit naturally in the next 150 years, and if an object heavier than just 10 kilograms collides into the satellite, both will disintegrate into thousands of space debris [12]. At present the mission plans to use either a net or a robotic arm [11]. The robotic arm option includes a spacecraft equipped with mechanical appendages which would capture a holding point and the target with a clamping mechanism. The other option includes a spacecraft equipped with a large net which could entangle the target [1]. Both options end up with the spacecraft deorbiting itself and burning along with the target in the atmosphere [12].



a) b)

Fig. 4. Capturing the large target – a). Artist's conception of e.Deorbit mission – b) [11, 13]

Conclusion

The Kessler syndrome depends on objects' size and density, and even though the amount of space debris is huge, many years are required to oversaturate the low Earth orbit [7]. However preventive measures ought to be taken. The removal of space waste undoubtedly would be expensive, but it would also be a good investment and a great prevention of collisions and catastrophes which could possibly make LEO impassible. At some point it might turn out that space is unreachable for humanity, maybe not forever, but for a very long period of time.

References:

1. Biesbroek, R. "The e.Deorbit CDF Study", 2013.
2. Des Bois, R. Space waste, 2011.
3. Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC) Space Debris Mitigation. Guidelines, 2007.
4. Liou, J.C. Orbital Debris Quarterly News, Volume 11, Issue 2, NASA, April 2007.
5. Мардиросян, Г. Основи на дистанционните аерокосмически технологии, Изд. на Нов български университет, 2015.
6. Kessler, D.J.; Cour-Palais, B.G. Collision frequency of artificial satellites: The creation of a Debris belt, 1987.
7. Kessler, D.J.; Johnson, N.L.; Liou, J.C.; Matney, M. The Kessler syndrome: Implications to future space operations. In Proceedings of the American Astronautical Society–Guidance Control Conference, Breckenridge, CO, USA, 6–10 February 2010.
8. Kessler, D., N. Johnson, J.-C. Liou, M. Matney, "The Kessler Syndrome: Implications to Future Space Operations," Advances in the Astronautical Sciences, vol. 137, 2010, 47–61.
9. Klima, R., Bloembergen D., Savani R., Tuyls K, Hennes D., Izzo D. Space Debris Removal: A Game Theoretic Analysis, 2016.
10. Reynolds; Glenn, H.; Merges; Robert, P., Outer Space: Problems of Law and Policy. Westview Press., Volume 3, Spring Issue, 1990.
11. http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Clean_Space/e.Deorbit
12 .https://www.space.com/36602-space-junk-cleanup-concepts.html
13. http://earthsky.org/space/esa-to-capture-large-derelict-satellite

ASSESSMENT OF HEAVY METAL IN ROE DEER (*CAPREOLUS CAPREOLUS*) AS ZOOMONITOR SPECIES IN ECOLOGICAL MONITORING IN BULGARIA

Atidzhe Ahmed, Georgi Markov

Institute of Biodiversity and Ecosystem Research – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: georgimar@gmail.com

Key words: *roe deer, bio-indication, heavy metals, liver, kidneys*

Abstract: *The heavy metals are persistence, accumulate and do not easily break down in the environment. Due to their toxic effects in plants, animals and human they come within the category of priority pollutant of the environment. To this group belong and metals Copper (Cu) and Zinc (Zn) also called essential or micronutrients and are toxic when taken in excess of requirements. As potential zoo monitoring species the roe deer (Capreolus capreolus) from the territories of Bulgaria completely suits the requirements for a bio indicator of the environmental quality.*
The aim of this study is to be held analysis of zoo-monitor characteristics of the roe deer in regard to the content of Cu and Zn in roe deer liver and kidney – Its vital internal organs in which takes place the most accumulation of heavy metals categorized as priority environmental pollutants.
Samples of the issues of investigated organs were collected from 15 adult male individuals inhabiting in Eastern Bulgaria, during the legal hunting of these animals, at the time of the hunting season in the country. The concentration of the investigated metals was analyzed with the flame atomic absorption spectrometer and the final results were presented as Mean values of heavy metals residuals (X [mg/100g dry weight]) and their absolute (SD) variation.
The results showed no statistical significant differences between concentration of the Cu as well as Zn in the two investigated organs (the concentration of Cu: in liver = 6,5431 ± 8,93 and in kidney = 2,7948 ± 3,36 and concentration of Zn: in liver = 13,4818 ± 24,14 and in kidney = 26,9318 ± 42,50).
The present examination and statistical analysis of the defined concentration of investigated essential elements have established the initial norm of their variation described by the ±95% confidence interval of their mean values. The obtained results can be used both as a bio-indicator marker to assess the quality of the environment in which the roe deer inhabit, as well as to assess their physiological status.

ОЦЕНКА НА НАЛИЧИЕТО НА ТЕЖКИ МЕТАЛИ В СЪРНАТА (*CAPREOLUS CAPREOLUS*) КАТО ЗООМОНИТОР В ЕКОЛОГИЧНИЯ МОНИТОРИНГ В БЪЛГАРИЯ

Атидже Ахмед, Георги Марков

Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания – Българска академия на науките
e-mail: georgimar@gmail.com

Ключови думи: *сърна, био-индикация, тежки метали, черен дроб, бъбреци*

Резюме: *Тежките метали са устойчиви, не се разпадат лесно, поради което се натрупват в околната среда. Те оказват токсично въздействие върху растенията, животните и човека поради което те попадат в категорията на приоритетните замърсители. Към тази група спадат и химичните елементи мед (Cu) и цинк (Zn), микроелементи които са от съществено значение за доброто физиологично състояние на бозайниците, но притежават и токсично въздействие върху биотата, когато се приемат в по-голямо количество от необходимото.*
Като потенциален зоо мониторен вид сърната (Capreolus capreolus) в България напълно отговаря на изискванията за био индикатор на качеството на околната среда. Целта на това изследване е да се анализират характеристиките на сърната като зоо монитор по отношение на съдържанието на Cu и Zn в черния й дроб и бъбреците – жизненоважни вътрешни органи, в които се извършва относително високо натрупване на тежки метали, категоризирани като приоритетни замърсители на околната среда.

Проби от изследваните органи бяха събрани от 15 възрастни мъжки индивида обитаващи Източна България, чрез законен лов на вида по време на ловния сезон в страната. Концентрацията на изследваните метали е анализирана, чрез пламъчен атомно-абсорбционен спектрометър и крайните резултати са представени като средни стойности на концентрациите на изследваните елементи (X [mg/100g сухо тегло]) и тяхната абсолютна изменчивост (SD).
Резултатите показаха статистически не значителни разлики между концентрациите на Cu, а също така и Zn и в двата изследвани органа (концентрацията на Cu: в черния дроб = 6,5431 ± 8,93 и в бъбрека = 2,7948 ± 3,36; концентрацията на Zn: в черния дроб = 13,4818 ± 24,14 и в бъбрека = 26,9318 ± 42,50).
Настоящото проучване и статистически анализ на концентрациите на изследваните микроелементи разкрива изменчивостта им чрез описание на ±95% доверителен интервал на техните средни стойности. Получените резултати могат да се използват както, като био-индикаторен маркер за оценка на качеството на природната среда, в която сърните обитават, така също и за оценка на тяхното физиологично състояние.

Introduction

Contamination and subsequent pollution of the environment by toxic heavy metals (metals with specific weight exceeding 5,000 kg/m^3) have become an issue of global concern due to their sources, widespread distribution and multiple effects on the ecosystem. The man with his activities puts increasing demands on nature and because of that environmental pollution remains still the topical issue of the present society. Due to their cumulative behavior and toxicity, however, they have a potentially hazardous effect on ecosystem health. The principal sources of heavy metal pollution include an electric power supply, industry, agriculture, transportation, and tourism. Heavy metals are found in all living organisms where they play a variety of roles. For the purposes of the ecological monitoring of the environment, with a view to assessing the environmental pollution, from the group of heavy metals is commonly used metals such as Pb, Cr and Cd and they are often cited as primary contaminants of concern. Another group of heavy metals is essential for the normal existence of mammals but chronic metabolic disturbances may occur due to the deficiency or excess of these metals in their vital internal organs. Elevated levels of potentially toxic metals put the biota under stress [1]; [2].

Among them are the elements such as Zinc (Zn) and Copper (Cu) which as an essential trace metal plays an important role in many of the body's enzymatic processes. At the same time, these two elements are heavy metals with toxic dose-dependent effect. When they are present in the mammal's organism in quantities inconsistent with their biological function they have a distinct toxicity to animals. These two metals are generally present in agricultural ecosystems at low levels, but the opportunity that they have to accumulate in vital organs of animals such as liver and kidney determines their potential hazardous effect on free-living animals.

Animals, particularly the game species, for example, deer, are a very good indicator of the environmental load because they are constantly exposed to the pollutants in the ecosystem, which they inhabit. To estimate regional levels of contamination, various large herbivores game animal species like roe deer (*Capreolus capreolus*), red deer (*Cervus elaphus*), rein deer (*Rangifer tarandus*) and moose (*Alces alce*s) are used as bio indicators species in monitoring programs, which have been set up in different countries in Europe. The application of these species in these programs have shown [3]; [4]; [5]; [6]; [7] that they are good zoo monitors species for the purposes of the bio monitoring applied in the implementation of eco monitoring research at the regional level.

Therefore, determination of an environmental load of heavy metals on Roe deer can serve as an indicator of their presence on the environment. The comprehensive study related to the assessment of levels of essential metals with a toxic dose-dependent effect of roe deer is crucial with respect not only to the assessment of their population health status and assessment of the future development of their populations but also to the evaluation of the quality of its products, human and ecosystem health.

The aim of this study is to be held analysis of zoo monitor characteristics of the roe deer in regard to the content of Cu and Zn in its vital internal organs as liver and kidney in which takes place the most accumulation of heavy metals categorized as priority environmental pollutants.

Materials and methods

Samples of the issues of investigated organs – liver and kidney were collected from 15 adult male Roe deer inhabiting in Eastern Bulgaria, during the legal hunting of these animals, at the time of the hunting season in the country. Samples were packed separately in polypropylene BD Falcon™ tubes and stored in a freezer (− 20°C) until analysis. The sex and age of every sample was recorded.

The concentration of the investigated metals was analyzed with the flame atomic absorption spectrometer and the final results were presented as Mean values of heavy metals residuals (X [mg/100g dry weight]) and their absolute (SD) variation. Statistics were performed using Statistica for Windows [8]. The level of significance was set at α = 0.05. Preparation of samples, digestion procedures of the tissues, the analytical determination and data analysis of investigated of heavy metals – (Zn and Cu) in the Roe deer's liver and kidney was done following the algorithms described in our previous studies [9] of the establishment of their residual in the golden jackal in Bulgaria in its use as a zoo monitor for the purposes of evaluating environmental pollution with heavy metals.

Results

Descriptive statistics for Zn and Cu in the liver and kindly tissue of the investigated Roe deer are presented in Figure 1.

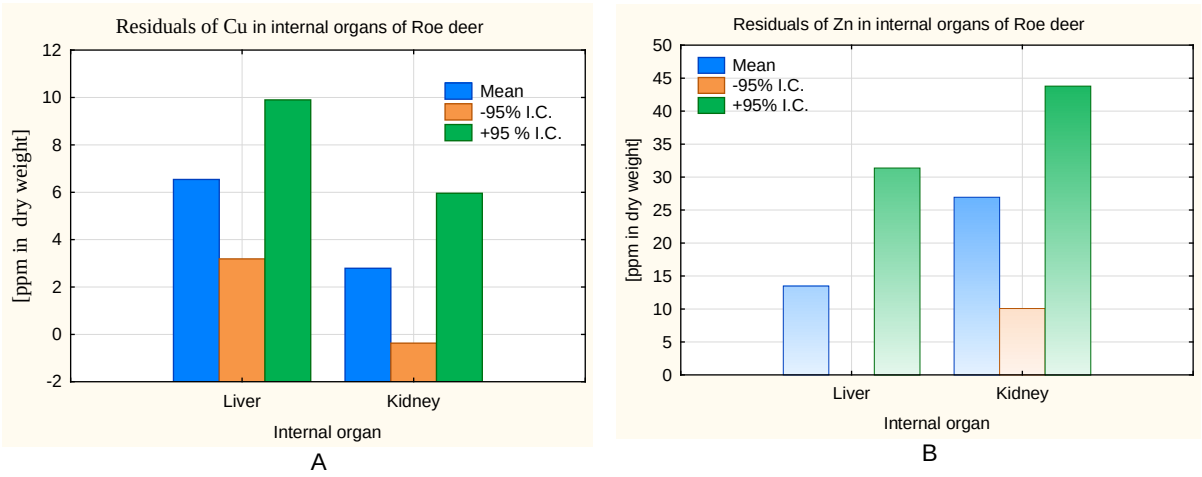


Fig. 1. The mean value and its ±95 % confidence intervals of residuals(X [mg/100g dry weight]) of Copper (A) and Zinc (B) in liver and kindly of adult roe deer in north-eastern Bulgaria.

The results showed no statistical significant differences between concentration of the Cu as well as Zn in the two investigated organs (the concentration of Cu: in liver = 6, 5431 ± 8, 93 and in kidney = 2, 79 ± 3, 36 and concentration of Zn: in liver = 13, 48 ± 24, 14 and in kidney = 26, 93 ± 42, 50). Typical of the average values of the concentration of the investigated metals in both the organs are the high values of SD by which they are established. Hence, it is worthwhile to determine the levels of the ±95% confidence interval of their mean values.

Discussion and conclusion

As the results of studies on animals are applicable also to humans it indicates the importance of the use of the zoo monitors as an indirect way for an investigation to the negative influence of environmental contamination and need of assessment of the potential risk associated with it. The evaluation of bio indication data requires unconditionally the sufficient knowledge about respective bio indicators and noxious substances and their particular environment of the dwelling. All this requires that the receipt and use of bio indication data be tied to the specific conditions of the zoo monitor's habitat.

The conducted study is in line with the requirements of the environmental monitoring and paint a picture of the load of the internal organs of the roe deer with heavy metals with their toxic dose-dependent effect. The element levels reported here for roe deer reflect an agroecosystem environment and represent baseline values for the Northeast population of this species in Bulgaria.

The present examination and statistical analysis of the defined concentration of investigated heavy metals has established the initial norm of their variation described by the ± 95% confidence interval of their mean values and can be used as a bio indicative marker for evaluating the quality of the natural environment which inhabits, but also for the evaluation of the physiological condition of the roe dee individuals, contribute to species conservation in the Northeast Bulgaria.

Acknowledgements. This study was supported by the project № ДФНП-17-50/26.07.2017 "Study of the roe deer (*Capreolus capreolus* L.) in Bulgaria as accumulation bio indicator of heavy metals in the environment" developed in the "Program to support young scientists and doctoral students of BAS-2017“.

References:

1. Moriarty, F. 1983. Ecotoxicology: The study of pollutants in ecosystems. Academic Press, London.
2. Ernst, W.H.O., J.A.C. Verkleij, H. Schat. 1992. Metal tolerance in plants. *Acta Bot. Neerl.,* 41(**3**): 229–248.
3. Sawicka-Kapusta, K. 1979. Roe deer antlers as bioindicators of environmental pollution in southern Poland. Environ. Pollut., 19: 283-293.
4. Lutz, W. 1985. Ergebnisse der Untersuchungen von Rehen (Capreolus capreolus L.) und Hasen (Lepus europaeus Pallas) auf Schwermetalle und chlorierte Kohlenwasserstoffe in Nordrhein-Westfalen. Z. Jagdwiss., 31: 153-155.
5. Frøslie, A., A. Haugen, G. Holt, G. Norheim. 1986. Levels of cadmium in liver and kidneys from Norwegian cervides. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.,* 37(**3**): 453-460.
6. Holm, J. 1993. Investigation of roe deer – criteria for use as a bioindicator in specimen banking. *Sci. Total Environ.*, 139/140: 237-249.
7. Käläs, J. A., I. Myklebust. 1994. Terrestrisk naturoverväking – Akkumulering av metaller i hjortedyr. NINA Utredning, Trondheim, 58(**16**): 1-2.
8. StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com.
9. Markov, G., M. Kocheva, M. Gospodinova. 2016. Assessment of heavy metal accumulation in the golden jackal (Canis aureus) as a possible bioindicator in an agricultural environment in Bulgaria. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 96(**4**):458–464.

STONE ART IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA HAS BEEN A MESSAGE FROM THOUSANDS OF YEARS

Stojan Velkoski

Institute GAPE – Skopje, Republic of Macedonia
e-mail: contact@igape.edu.mk

Key words: *stone art, macedonia, stone art in the republic of macedonia, archaeology,healing*

Abstract: *Stone art is both history and art, bestowing spiritual and other messages from the ancint civilizations and peoples; this is especially true for Macedonian people who were present and creating on these regions for thousands of years. Stone art is any engraving or form generated in stone and made by a human hand; hence the name stone art. On the Balkans and especially on the territory of Macedonia there are countless stone engravings bearing diverse messages. Little is known about the messages bestowed by ancient peoples, as the level of information and education thereof is very low. This results in the unserious attitude towards stone art by institution and people in general, and some tendency to its complete destruction.*

Introduction

If the petroglyphs (including the outstanding cultural phenomena known as cubula) reflect the oldest art in the world, than the stone sculpture is the oldest motivated (bestowed) art. For example, the Stone-Age sculptures known as Venus of Berekhat Ram (basalt) and the Venus of Tan-Tan (quarcite) are at least 200,000 years old, while the limestone figure known as Venus of Willendorf dates approximately 30,000 years B.C. One of the reasons known about these examples of prehistoric art is exactly the fact that it was made of material resistant to atmospheric influences as the stone is. Of course, wood carving and ivory carving are equally traditional, but wood is easily deteriorated whereas ivory or other animals' bones are useful for making only small figures. Besides, it is easier to find appropriate stones in different sizes and engrave them,it is also long-lasting and resistant to climate changes. The case with bronze and other metals is different. Marble is more scarce and far more expensive than limestone, but it is used for special purposes by special methods and engraving tools.

Megalith art is also of a high interest and value in stone art, those sculpted reliefs intertwine with regular plastic art, but they are also processed in a special way for each special material, as it is the case with the green jade, so much present in Chinese art. It is known that until the 20th century the creations of almost all master sculptors were stone-engraved, before the artists started to create marble or bronze sculptures, while others as the famous Irish artist Seamus Murphy (1907-1975),dedicated all their lives to stone works. Despite its decline due to the use of diverse synthetic materials, plaster and cement, stone and metal remain the most used media for the famous open-air artistic works: such are the examples of the Titanic Memorial Museum (1931, Washington), by Gertrude Vanderbilt Whitney, the Treblinka Memorial (1958-64)that granite-engraved, unforgettable work from the Holocaust art, designed by the Polish artists FranciszekDusenko and Adam Hauptman etc.

Prehistoric stone art

It is hard to date the era when stone art began, it can be traced back to the dawn of mankind. The interest and knowledge in the creation of stone art followed the development of mankind.
Art did not only reflect elements of people's everyday life: joy, sadness, love, but also some premonitions, visions and information which were completely unknown but appreciated at that time. There is very little such information but researchers strive to eternalize them by photographing and registering them in the files. One of the rare preservers and researchers on the Balkans is Professor Dushko Aleksovski from Kumanovo. He managed to file and safeguarda large collection of stone art pieces reflecting the role of this art in the prehistoric neolith in the region of Macedonia. Egyptian sculpture also made full use of stone both in statues and in reliefs; such is the example of the statue of Akhenaten, 1350 B.C., and the Psamtik plate protected by Hathor 550 B.C., as well as the monumental works as the Giza Sphinx, 2575-2465 B.C. It is known that the Egypt was than ruled by

the Ptolemy Dynasty, who were good sculptors originating from Macedonia. Stone was used in the Persian and in Mesopotamian art and sculpture. For example, the Lamassu of 859 B.C., from the palace of Ashurnasirpal at Nimrud,was a typical example of the Assyrian art of 1500-612 B.C. It is considered that the stone artists and craftsmen of those ancient cultures were influenced by the Macedonian art, which especially holds for the less sophisticated style of the Archaic sculpture of 650-480 B.C., as well as the statue known as Lady of Auxerre, 630 B.C., Le Louvre. Than the greatest Greek art, including that of Parthenon, thatwas created during the golden age of the high classic antique sculpture, in 450-400 B.C. was made of marble or bronze. An exception is the Rhodes Collossus, 100 meters high, which is a huge statue of Helios, built on the Rhodes island by Chares of Lindosabout 280 B.C., in the era of the antique Hellenic sculpture.It is one of the seven wonders of the ancient world, made of stone. Macedonia hosts other gigantic antiquity sculptures but they have so far been permanently attacked and destroyed. Among the first prehistoric stone sculptures were the figures of Venus, which started to appear throughout Europe around 30.000 years B.C. Such are the Austrian Venus from Galgenberg known as Strating figurine, the French Venus of Monpazier, in steatite, The Italian Venus of Savignano, in serpentine, the Russian Venus of Gagarino, in basalt, and the Swiss Venus of Monruz-Neuchatel (cut in smooth stone). The friezes of the sculpture of the stone relief are a popular feature of the Paleolithic cave art, as is the example of Cap Blanc, Roc de Sers and Roc-aux-Sorciers. Examples of Neolithic stone sculptures were also discovered in various parts of Central and East Europe, as well as modern-day Turkey.

Material and methods

On-site gained knowledge and the illegal seekers of hidden treasures who are the majority of these findings were used in this research process. A large part of these artistic works is destroyed by careless and uneducated individuals.

Stone art andhealing Official, modern-day medicine is a new method and approach to healing, in its attempt to unite conventional and traditional (alternative) methods. Traditional medicine was performed by specially trained individuals known as shamans. They knew how to relate the spiritual with the nature and the human beings.They chose appropriate rock masses, processed them by certain markings and engravings on the stone itself and performed special spiritual rites.Those rituals most frequently included sacrifice which would be “documented” by visible engravings carrying appropriate memory into the stone.They were thus creating a spiritual – occult altar where they would lay the patients and heal them by a special ritual. Such spiritual activities were performed on several parts of the Macedonian area. One of those locations was the Neolithic observatory of CocevKamen, Kratovo region (Fig. 1) The first estimations indicate that this observatory dates from before 3000 years B.C.

Fig. 1. CocevKamen

Fig. 2. South part of CocevKamen, in front of the altar

Fig. 3. An engraved shamanic altar with a spiritual hole at CocevKamen, around 3000 years B.C.

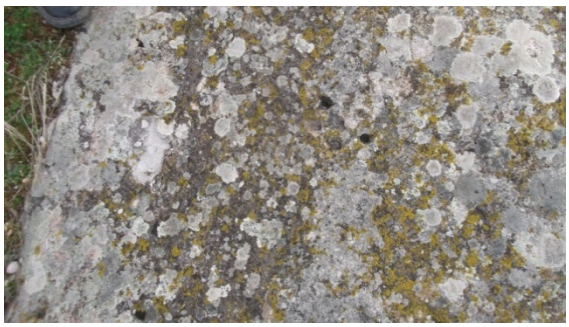


Fig. 4. Three spiritual holes dug for healing purposes at Cocev Kamen, around 3000 years B.C.

Fig. 5. engraved eye of the Great constructor at the entrance of the CocevKamen dating 3,000 years B.C.

Fig. 6. An engraved protractor witnessing the presence of Freemaconry, around 3,000 years B.C., Kumanovo Region

Stars are one of the stone- engraved elements, as well as the eight- or 16-pointed sun as a characteristic of the ancient Macedonian peoples, (Fig. 7). Besides the engravings, that were used for special purposes, there are also stone-engraved scripts. One of those is the relief script found in Kumanovo which has not been deciphered and is still a challenge to the scientific world.

Fig. 7. Engravings dating earlier than 3,000 years B.C. in the Belasica mountain

Fig. 8. Stone- inscription still unknown for the public and undecoded, dating around 3000 years B.C., Kumanovo region

Gigantic works of stone art

Besides spreading this art throughout the world, the Macedonian builders left important works whose existence remained unknown and were thus spared from destruction. Some of them are the two-meter high King figure in Kumanovo region (Fig. 9), the eight-meter high skull on the Osogovo Mountains (Fig. 10), the “Sleeping Lion” in Prilep region, about 11 meters high (Fig. 11), the Big Alligator about 11 meters long (Fig. 12).

Fig. 9. A 2m high sculpture of a king dating 3,000 B.C., Kumanovo region, purposely damaged by careless people

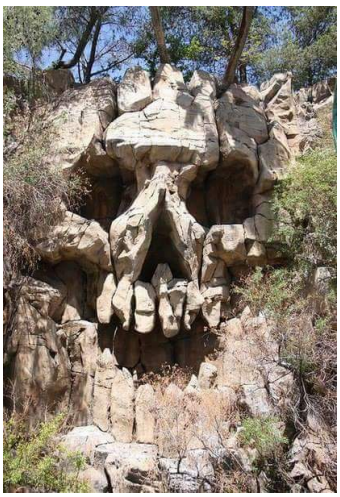


Fig. 10. A skull around 9m high, Osogovo Mountains

Fig. 11. Sleeping Lion, Prilep region

Fig. 12. The Big Alligator, Osogovo Mountains

Fig. 13. A 3 x 3 symbol found in Macedonia, reflecting the three cosmic grids: Curry's, Hartmann's and Stojan's grid

This symbolism depicts the three cosmic grids consisting of 3x3 lines. It is also used in the Freemasons' and Templars' secret signs and elements as is the 3x3 greeting etc. This symbol I frequent in the stone art in Macedonia (Figure. 13).

Purpose

The purpose of this paper is to research and analyze the importance and the role of stone art in Macedonia and the reasons for its destruction.

Results

Research revealed serious results regarding the existence and the preservation of stone art in Macedonia to our days. Stone art has been permanently and intentionally destroyed since Roman times for military or political reasons, personal profit, neglect, climatic influences etc. There are individuals and groups who are permanently in quest of some buried or hidden treasure. Others think that a particular work of art contains some bestowed treasure and they will be able to appropriate it. Some who find a such ancient and priceless work think that it contains some riches and break it so nobody else can find the treasure. Thus they think they are the only ones who possess the information which will remain a secret to everyone else. Thirty-five people who were destroying these stone-culture riches under this motto have been analyzed. What is astounding is that twenty-eight of these individuals have already passed away from various reasons. What is happening? Who punishes the destroyers? This still remains to be analyzed. In my view, the stone works of art were built with a purpose and certain spiritual mantras were "incused" into the work of art like a memory. The creation of some of them even included sacrifice, and all these ceremonies created certain bonds with the cosmos; those bondssurvived throughout years and centuries. If an ordinary mortal of our times interrupts this process for any reason, all this spiritual rage can fall upon the perpetrator and demand another sacrifice from the said perpetrator or from somebody of their family, which usually happens within the period of three years.

Solution to the problem and recommendations, what is necessary is a highly scientific approach to registration and protection of stone art. A nation-wide strategy of protection of cultural treasures should be elaborated. The competent institutions are those who should revise the Law on Cultural Heritage and organize school and field education to familiarize children and adults with the importance and the role of stone art. People's awareness must be raised to a higher level.

References:

1. Velkoski, Stojan, Institut GAPE, Skopje, R.Macedonia, PROTECTION OF MACEDONIAN STROCTURAL HERITAGE WITH COMBINED GEOBIOLOGICAL, HYIDROGEOLOGICAL AND ECOLOGICAL METHODS
2. Velkoski, Stojan, Jane Velkoski, THE LEGENDS ABUT THE HIDDEN TREASURE, THE REASONS FOR DESTRUCTIION OF THE CULTURAL HERITAGE OF MACEDONIA .pdf
3. Velkoski, Stojan. RETROSPECTION ON THE CONNECTIONS BETWEEN ANCIENT MACEDONIAN MEDICINE AND MEDICINE OF MODERN TIMES, Sofija SENS-2011, 29.11-01.12 2011.
4. PROTECTION OF THE CULTURAL HERITAGE IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA 1. PhD Stojan Velkoski 2.PhD Kiro Ristov 3. Vesna Mirjanoska 4. Viktorija Bojadjiev 1. Institute "GAPE" – P.O.Box 891 1000 Skopie, R. Macedonia, NBU 2013 BG
5. Velkoski, Stojan. INSTITUTE GAPE, SKOPJE Macedonia, FREEMASONRY – HISTORY AND PURPOSE, SPACE, ECOLOGY, SAFETY 12 – 14 November SES 2014, Sofia, Bulgaria
6. Sazdovska, Marina, Stojan Velkoski, Faculty of security in Skopje, IGAPE Institute in Skopje, CRIMINAL AND LEGAL PROTECTION OF THE CULTURAL HERITAGE AND THE NATURAL RARITIESIN REPUBLIC OF MACEDONIA, , SES 2015.
7. Стојановски, А., Катарџиев И., Зографски Д., Апостолски М.: ИСТОРИЈА НА МАКЕДОНСКИОТ НАРОД, Култура, Скопје, 1988.
8. Донски, А.: ТАЈНАТА НА БАКАРНАТА КНИГА, Штип, 2009.
9. Балабанов, К., Николовски А., Ќорнаков Д.: СПОМЕНИЦИ НА КУЛТУРАТА НА МАКЕДОНИЈА, Мисла, Скопје, 1980.
10. Стојановски, А., Ѓоргиев Д.: НАСЕЛБИ И НАСЕЛЕНИЕ ВО МАКЕДОНИЈА – XV И XVI ВЕК, Институт за национална историја Државен завод на РМ, Скопје, 2001.
11. Rose – Marie & Rainer Hagen, EGYPT, People – Gods – Pharaohs, Taschen GmbH, Köln, 2005.
12. Ancevski, Z., Blazevska Lj.,Korzenski F., Misik S., Tasevska M.: MACEDONIA CULTURAL HERITAGE, Misla. Skopje, 1995.

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.

THE HISTORY AND THE DESTINY OF THE PREMKA TEMPLAR KNIGHTS

Stojan Velkoski, Mihail Velkoski, Jane Velkoski

GAPE Institute, Skopje, contact@igape.edu.mk

Key words: *Knights Templar, Knights, Premka, Premka knights, Macedonian knights.*

Abstract: *It is known that the Knights Templar are an ecclesiastical and military brotherhood dedicated to safeguard the secrets of Christ. Macedonia and the Macedonians are mentioned 30 times in the Bible, the Apostles came and lived in Macedonia and the first European woman to embrace Christianity was Lydia from Macedonia. All this indicates that Macedonia was a central Christianity crossroad connecting the East and the West. These facts are sufficiently important to engender the brotherhood of Templar Knights in modern-day Macedonia. In the beginning the Knights Templar protected the pilgrims to the tomb of Christ in Jerusalem against tyrants and Muslim terrorists. Premka is a village in West Macedonia, through which caravans were passing. It is bordered by the Porechie region and the Knights Templar were located in the old part of Premka to keep the gangs away from the village. On one occasion a few Knights Templar confronted a great Muslim army, twenty of them were killed and the others reorganized and retreated towards the Porechie villages.*

Introduction

The head of the Knights Templar was the Great Master. The first one was the founder, Hugo de Payens, and the last one was Jacques de Molay, who was burnt at the stake in 1314. The Knights Templar were divided into several classes (brotherhoods):

- Knights, from the high-class armed as heavy cavalry
- Light cavalry, a lower-class knights
- Feudal elders, managing the property and the lands of the Knights
- Clergy, responsible for the spiritual life of the knights.

Although they are organized as a clerical order, and strictly observed the rules of the Cistercian order, the Templar knights were one of the best-trained military forces of their time. Each knight had at least 10 assistants. The knights were widely famous, and their garment was easily recognizable by the large red cross that they wore on their shield as well. The Knights pretending to enter the Templar order, had to pass through a series of ceremonies that proved their bravery and dedication to the Order. The most important rule that had to be observed by each Templar knight was their motto - **No surrender.**

Jerusalem Crusaders. The knight Hugo de Payens is considered as the founder of this order. Twenty years after the first Crusade he gathered a group of nine knights whose duty was to provide safety for the numerous pilgrims. Christians from whole Europe were visiting the Holy City, but were often attacked by brigands on the way. Thus Hugo de Payens and his group of knights were given, by the king Baldwin of Boulogne, the responsibility to provide for safety on the roads and care for the lives of the pilgrims. Godfrey de Bouillon led the First Crusade and became the King of Jerusalem. Hugo and his brethren did not at all fit the image of a knight that we now have. They were named after the location given to them as a fortress, where the Temple of Solomon was located; soon, they became known to the whole world as Knights Templar (from the English word *Temple)*. They did not have any finances at the beginning, wore clothes that were given to them for charity; it often happened that two knights rode the same horse, which is depicted on many engravings, stamps and drawings from that period. Yet, they managed to become a great economic, political and military authority in the ten following years. Although they mostly fought on the Holy Land, their treasure and the great economic power were concentrated in Europe. Macedonia is a country that is mentioned in the Bible 33 times. A certain number of the saints originated from Macedonia, and the first European to receive Christianity was Lydia of Macedonia, christened by Apostle Paul. In that period Macedonia was one of the largest and most important spiritual centers. Hence the fact that many Knights Templar were from Macedonia. The main trading and military routes also passed through Macedonia, one of them being

the Via Egnatia and others, connecting the most prominent trade, spiritual and military centers of the time. There are age-old churches, some of them decrepit nowadays that are still called “white monasteries”, after the garments with a large cross worn by the monks. One such monastery is located on the left side of Via Egnatia, on the Kichevo-Ohrid road. Legends say that the white monks attacked the Roman military convoys at night and robbed them in order to weaken the Roman Empire, while they lived as priests during the day, helping the people by dividing the stolen goods among the people.

The connection between the Knights Templar and Christianity in Macedonia The Macedonian contribution to Christianity and to the Knights Templar is seen in many facts transmitted from one generation to the other, dating from the Bible, from the stone art and archeology as well as the old scripts. The world history knows that Christianization began in Macedonia, through the first Christian communities established there by Apostle Paul. Hence the first European Christians were Macedonians embracing Christianity as a result of the second mission of the Saint Apostle Paul.
According to the Bible scripts, after the Apostle Paul started to spread Christianity in Asia Minor, he arrived at Troas. There, he had a vision of a Macedonian inviting him to come to Macedonia and help the people. The Acts of the Apostle it says: “That night Paul had a dream: A Macedonian stood on the far shore and called across the sea, “Come over to Macedonia and help us!” In the dream he gave his map to Paul. “We went to work at once getting things ready to cross over to Macedonia. All the pieces had come together. We knew now for sure that God had called us to preach the good news to the Europeans.”

According to some theories, that Macedonian was Luke the Evangelist; according to others it was Christ himself, as he was the only one who could address the Apostle Paul, knowing that the latter will certainly follow his orders.

The Bible (Zagreb, 1983, p. 1248), in the comments on Saint Paul’s Missions regarding his stay in Macedonia, says:

“Soon after he separated from Barnabas, Paul and his followers began his second missionary journey in the years 50 to 52 and through Asia Minor came to Europe, where he established the first Christian communities in Macedonia: in Philippi, Thessaloniki and Veria”.

So, there is no doubt that the first Macedonians were Christianized after around two decades after the crucifiction, and that they were the first European Christians. It happened only two centuries after the decay of the independent ancient Macedonian state, when the Macedonians could not accept the Roman occupation of their land. The hardest resistance felt by the Romans on their conquered territories was in Macedonia. Macedonia is shown on one of the four maps that still exist, engraved on the wall in the modern-day Via Imperiali Street, leading from the Coliseum to the Roman forums in Rome (Ohrid Blog, Start Mk. 03.11.2016)“.

Fig. 1. The map of Macedonia on one of the four marble maps in Rome

The four maps are marked with different historic periods indicating the constitution and the progress of the Roman Empire since 700 – 800-та BC onwards. This is an incontestable proof of the states that had existed on the now Balkan, and then Macedonian Peninsula upon the Roman invasion. Hence the fact that the Knights Templar were present in Macedonia and also in the village of Premka, Kichevo area, during the Roman and Post-Roman times thanks to the importance of Christianity, the geographic location of the territory and its direct connection with Christianity.

This is supported by the fact that the holy Apostles started their mission from Macedonia. Saint Apostle Paul preached Christianity in the synagogues. But, when he arrived at Philippi, there was no synagogue, the rule being that there had to be at least ten Jews to establish a synagogue.

This means that the Philippi population consisted mainly of indigenous Macedonian people.

Not having found a synagogue, Saint Apostle Paul and his followers came to the nearby river, where people were praying. It is well-known that the ancient Macedonians had a special cult towards water, that is, rivers, which is a fact found in the earlier Macedonian history. In her Studies on Ancient Macedonians, (p.166), Professor Nade Proeva emphasizes that the Ancient Macedonians made sacrifices to the rivers and worshiped them. Therefore the Philippi river prayer was an ancient Macedonian custom indicating the dominance of the Macedonian ethnicity in its population. The early Christian script entitled *Acts of Paul* (from The Apocryphal New Testament, M.R. James – Translation and Notes Oxford: Clarendon Press, 1924) mentions a lady named Stratonica which is a frequent name in Ancient Macedonia.

The Financial power of the Knights Templar. It is known that the Knights Templar possessed and disposed of large investments. To acquire such power and force in the period of immense influence of the Church upon politics in all European countries, it was necessary to have the support of the Pope. In the period from 1139 to 1145 the Pope published three so-called bules giving the Knights Templar almost absolute power and the right to be responsible only to the Pope for their deeds. The Knights Templar's reputation soon became so high that many aristocrats than living in the Holly Land bestowed their property and money to the Knights Templar; sometimes they would entrust their riches to the Templar knights for safeguarding. Their activity were much larger than their primary task – the control and maintenance of peace of the roads. The Knights Templar gradually developed a system of credit securities, by which the money entrusted to them to be kept in some of the well-defended Templar fortresses, could be withdrawn in another one, only by a presentation of the said credit security document. Many historians agree that these were the first cheques, and that the Templar knights were the founders of de first European banks. Gradually, even the Popes became financially dependent on the Templar knights, as they were exhausted by the Crusades. The interest rates became too high for them and, as a consequence, the financial power of the Templar knights and the indebtedness of the European rulers of the time were a peril to the very existence of their countries. This was the reason why, the King Philippe IV of France (Philippe le Bel) started to prosecute the Templar knights: their last Great Master Jasques de Molay was accused of heresy and burnt at the stake.

The decline of the Knights Templar: When in 1292 Jacques de Molay (Fig. 2) was proclaimed Great Master, Europe was struck by several unfavourable events. The Holy Land was again in the Muslim hands, and a new Crusade was in sight. It is thought that one of the reasons were the discrepancies among the Teutonic, the Hospitaller and the Templar Knights, and that there was a need to reorganize and unify into one and only Order. At the same time, several Knights were unjustly accused of homosexuality and heresy, which was a subject of investigation against the Knights Templar by Pope Clement V, Fig. 3. Although he was not yet ready to finally confront the Knights Templar, his opinion was not shared by the King Phillip IV of France (Philippe le Bel), Fig. 4. On Friday, October the 13th, 1307, the royal agents arrested all the Knights Templar on the French territory under suspicion of heresy, sodomy, perjury and denial of Jesus Christ. The explanation, given to the Church by the Great Master, that the over-indebtedness of the French king was the background of the accusations and that they were a blatant lie were in vain. Under the pressure of threats and torture, he and also his knights admitted their "guilt". This was a sufficient reason for the Pope to issue a decree to arrest the Knights Templar all around Europe. Luckily for them, some of the European kings did not follow the Pope's decree and provided shelter to the Knights Templar who fled to their countries. Many knights escaped to Scotland and Portugal where new Orders were constituted and a large part of the treasure was transferred to. The arrested Knights Templar were subjected to extreme tortures admitted the unproved crimes and almost all of them were burnt alive.

The death of Jacques de Molay The Great Master was left to live a few years longer, even negotiating upon his public denunciation of the Templar Order and repentance over his sins, but his refusal meant a definite death penalty. Thus, the Templar Order officially ceased to exist when the last Templar Great Master was burnt at the stake in the year 1314.

When, on the 21st of January 1793, on the Place de la Concorde in Paris, the King Luis XVI (Fig. 5) was executed on the guillotine, and when the executor raised his head high, holding it by the hair, a man jumped onto the platform, dipped his fingers in the blood of the dead king shouting: "Jaques de Molay, thou art avenged!". The name of Jacques de Molay is subject to another legend: the curse that he cast to the King and the Pope from his execution pyre that, within a year and a day, he and Philip IV would be obliged to answer for their crimes in God's presence. Philip and Clement V both died

within a year of Molay's execution: Clement finally succumbing to a long illness on 20 April 1314, and Philip dying due to a stroke while hunting.

There are many elements proving that there is some cosmic judgment and information. In Macedonia, there are numerous historic and spiritual elements related to the Knights Templar and to the Freemasons, represented by the compasses and the right angle, Fig. 6. There are grid-shaped engravings where the grid lines are grouped as 3 x 3, Fig. 7. The Freemasons and the Knights Templar's greeting has always been associated with 3 x 3 combination. On the other hand, there are three cosmic grids: Curry's, Hartmann's and Stojan's grid. The third one was officially presented in 2006. This indicates that the ancient civilizations maybe knew about the said grids. There are also Templar and Freemason features dating from 1,500 years ago, which are still in use. Those are huge sculptures, around 10m high, as the "Sleeping lion" in the Prilep region which also gravitates towards Premka and the Porechie and the Skull of the Osogovo Mountains, Fig.12 and 13.

Fig. 2. Jacques de Molay

Fig. 3. Pope Clement V

Fig. 4. Philip IV of France (Philippe le Bel)

Fig. 5. Luis XVI

The whole history of the Knights Templar is covered in mystery, as a source of myths and legends about their power. Therefore, may historians are asking: what secret were they hiding and what enabled their so intensive economic and military development? Many relate the secret of their success with the myth of the Holy Grail and the Arc of Covenant. Namely, when the Crusaders reached Jerusalem, some of them found the secret scripts about Jesus Christ and Mary Magdalene, who allegedly married and had offspring. It was believed that the Knights Templar kept the secret of the Mary Magdalene's grave and were in the position to blackmail the Church, which engendered and gave rise their political and economic power. Another legend says that the Knights Templar did find the Holy Grail and brought it to Scotland upon their escape in 1307.

Fig. 6. Masonic sign

Fig. 7. Fragment on stone 3 x 3

Fig. 8. Templar Cross found in the Zrkle village, Porechie area

But perhaps the most unbelievable is the legend that relates the Knights Templar with the discovery of another relic, the Arc of Covenant, where Moses brought the Ten Commandments. The

legend says that the Knights Templar were entrusted to transfer the Arc of Covenant and its location remained a secret to this day. The name of the Knights Templar is often relates to two more powerful organizations which still exist: the Freemasons and the Priory of Zion. According to some historians, the Knights Templar grasped the building secret of the Freemasons and erected many temples according to it. This is supported by the closeness in the organization of the Freemasons' and the Knits Templar's Orders, as is the establishment of the Great Master as the Order head. The relation of the Knights Templar and the Priory of Zion reflects in the already mentioned myth about the alleged offspring of Jesus Christ and Mary Magdalene. There are still diverse explanations concerning the existence of the Priory of Zion. Being expelled and almost destroyed, the Knights Templar, according to some theories, bestowed the secret about the descendents of Jesus Christ to be safeguarded by the Priory of Zion, which exists to this day.

The Knights Templar of Premka. The caravan route connected to Via Egnatia road passed through the village of Premka, near the town of Kichevo, over the mountain and location of Kondikitsa to descend towards the villages of the Porechie region. Premka was located on the very mountain saddle named Kondikitsa, and consisted of 52 stone houses, with stables for the domestic animals and a cellar for the food supplies. At least fifty Knights Templar lived in the village, their task being to defend the mountain saddle against the enemy bands and soldieries. The name of the village originates from the word *prepka* – a trap to the enemy armies. With time, it was changed to Premka. All this functioned until March 1380, when the Muslim armies charged to the mountain saddle to reach the Porechie villages and further to the towns of Makedonski Brod, Prilep and Bitola. Having noticed this intention around 50 Knights Templar from Premka confronted the enemy forces. The battle lasted two days reaching its peak at the location named Bojni Kamen (Battlestone) (Fig. 10) over the village fountain. Twenty Knights Templar were killed in that battle and the survivors were forced to retreat. The women and children abandoned the village with one of the Knights Templar and headed towards the Porechie villages. The village was burnt and ravaged. The following summer three families decided to move to the village foot, where the Knights Templar were killed. Among the three families were the Volchev family, whose surname indicated their belligerence as Knights Templar. A church was built in the lower part of the modern Premka village, on the spot where the warriors were killed and buried. The tombs were made of stone in Templar style, i.-e with the sward-shaped cross placed behind the head of the buried warrior. The location was later used as a cemetery by the villagers, but several of the Templar tombs are still well-preserved (Fig. 9 and 10). Such tombs can be found in other villages in the Porechie region as well.

Fig. 9. Templar tombstones in Premka village

Fig. 10. Bojni kamen (Battle Stone) - Premka

According to some legends the path of the Holly Grail or the Arc of Covenant led exactly through Premka, where the Knights Templar were protecting it and participating in its transport and safeguarding. Fig. 11 shows a rock engraving of the Premka Templar Knights found in the Porechie region:

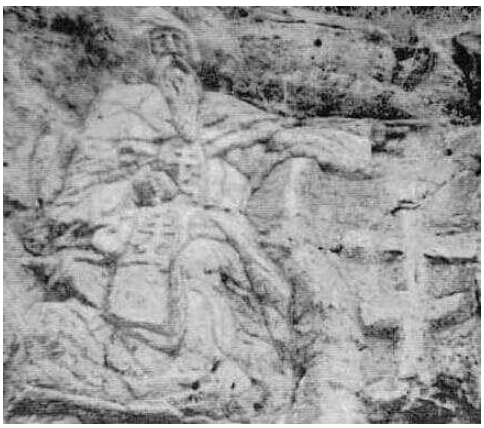


Fig. 11. A Premka Knight Templar with the old and the suggested new symbol

This engraving depicts the body and the face of a Premka Templar, a Brsjak wearing the ancient Templar markings and crosses. But the present Templar cross, engraved in front of him is bigger. This indicates that the latter, i.-e the bigger cross was to be the new Templar symbol. This means that the engraving dates as far in the past as to the beginnings of the templar Order and that the idea to change the cross was probably initiated by the Premka knights.

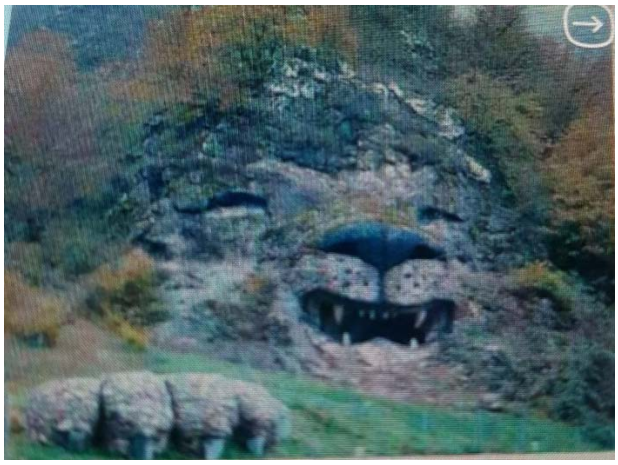


Fig. 12. The Sleeping lion – Prilep region

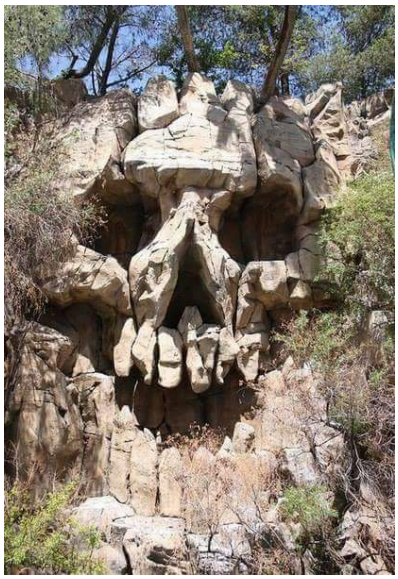


Fig. 13. A skull in the Osogovo Mountain

References:

1. Velkoski, S., Jane Velkoski, THE LEGENDS ABUT THE HIDDEN TREASURE, THE REASONS FOR DESTRUCTIION OF THE CULTURAL HERITAGE OF MACEDONIA .pdf
2. Velkoski, S., Kiro Ristov, Vesna Mirjanoska, Viktorija Bojadjiev, Institute “GAPE” – P.O.Box 891 1000 Skopie, R. Macedonia,PROTECTION OF THE CULTURAL HERITAGE IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA NBU 2013 BG
3. Velkoski, S., INSTITUTE GAPE, SKOPJE Macedonia, FREEMASONRY – HISTORY AND PURPOSE, SPACE, ECOLOGY, SAFETY 12 – 14 November SES 2014, Sofia, Bulgaria
4. Sazdovska, M., Stojan Velkoski, Faculty of security in Skopje, IGAPE Institute in Skopje, CRIMINAL AND LEGAL PROTECTION OF THE CULTURAL HERITAGE AND THE NATURAL RARITIESIN REPUBLIC OF MACEDONIA, , SES 2015.
5. Стојановски, А., Катарџиев И., Зографски Д., Апостолски М.: ИСТОРИЈА НА МАКЕДОНСКИОТ НАРОД, Култура, Скопје, 1988.
6. Донски, А.: ТАЈНАТА НА БАКАРНАТА КНИГА, Штип, 2009.
7. Балабанов, К., Николовски А., Ќорнаков Д.: СПОМЕНИЦИ НА КУЛТУРАТА НА МАКЕДОНИЈА, Мисла, Скопје, 1980.
8. Стојановски, А., Ѓоргиев Д.: НАСЕЛБИ И НАСЕЛЕНИЕ ВО МАКЕДОНИЈА – XV И XVI ВЕК, Институт за национална историја Државен завод на РМ, Скопје, 2001.

9. Rose – Marie & Rainer Hagen, EGYPT, People – Gods – Pharaohs, Taschen GmbH, Köln, 2005.
10. Ancevski, Z., Blazevska Lj.,Korzenski F., Misik S., Tasevska M.: MACEDONIA CULTURAL HERITAGE, Misla. Skopje, 1995.
11. Острогорски, Г.: Историја на Византија, Наша книга, Скопје, 1992;
12. Брајановски, Б.: Тајната на закопаното богатство, Алфа 94, Скопје, 2014;
13. Брестед, Х.: Историја на древен Египет, Марија Арабаџиева, Софија, 2008;
14. Хелсинг, Ј.: Тајните општества 3, Дилок, Софија, 2014;
15. Тасевски, Н.: Времето и знаците, Напредок, Тетово, 2007;
16. Карен, Е.: Клеопатра, Феникс, Скопје, 2007;
17. Библија стар и нов завет, Кршћанска садашњост, Загреб, 1983;
18. Свето писмо (Библија), Македонска книга, 2001;
19. Донески, А.: Исос Христос и Македонците, Растер ком Прилеп, 2002;
20. Personal research.

Session 5

Space Material Science and Nanotechnology

Chairman: Prof. Dimitar Teodossiev
Secretary: Assoc. Prof. Zdravka Karaguiozova

S E S 2 0 1 7
Thirteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2017, Sofia, Bulgaria

SOME AEROSPACE APPLICATIONS OF ALUMINIUM ALLOYS

Zdravka Karaguiozova[1], Adelina Miteva[1], Aleksander Ciski[2], Grzegorz Cieślak[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Institute of Precision Mechanics, Warsaw, Poland
e-mails: karazuzi@yahoo.com; ad.miteva@gmail.com; aleksander.ciski@imp.edu.pl; grzegorz.cieslak@imp.edu.pl

Key words: *aluminium, aluminium alloys, aluminium based alloys, aerospace and space applications, light alloys, manufacturing methods of aluminium, coatins, aircraft, corrosion, mechanical properties*

Abstract: *At present aluminium and its alloys are subject of growing interest from scientists and are widely used in many industries because of their advantages, which are due to their properties.. In this literature review paper we will briefly focus the attention on some of the existing and increasing applications of aluminium and aluminium alloys in aerospace and allied industries. A critical discussion is presented. Possible future extensions of the work in this field are considered.*

НЯКОИ АЕРОКОСМИЧЕСКИ ПРИЛОЖЕНИЯ НА АЛУМИНИЕВИ СПЛАВИ

Здравка Карагьозова[1], Аделина Митева[1], Александър Циски[2], Гжегож Чешлак[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Институт по прецизна механика, Варшава, Полша
e-mails: karazuzi@yahoo.com; ad.miteva@gmail.com; aleksander.ciski@imp.edu.pl; grzegorz.cieslak@imp.edu.pl

Ключови думи: *алуминий, алуминиеви сплави, аерокосмически и космически приложения, леки сплави, производство на Al, корозия, механични свойства*

Резюме*: В наши дни алуминият и неговите сплави са обект на нарастващ интерес от страна на учените и са широко използвани в много отрасли на промишлеността, поради техните предимства, които се дължат на свойствата им. В този кратък обзор на литературата ще фокусираме вниманието върху някои от съществуващите и нарастващи приложения на алуминия и алуминиевите сплави в космическата промишленост и свързаните с нея индустрии. Представена е критична дискусия. Представени са възможни бъдещи изследвания на работата в тази област.*

Introduction

The wide application of aluminium in our life began only some 100 years ago. But today aluminium (Al), its alloys and aluminium-based (Al-based) composites are the most important structural engineering materials, with a key role in aerospace, aircraft and missile technology, automotive and related industries [1-9]. Currently, in terms of production, aluminium ranks first among non-ferrous metals, and its production is constantly expanding. The production and widespread use of Al continues to grow, largely due to the excellent combination of its properties: a relatively inexpensive light metal; good ratio strength to density; good plasticity and mechanical properties; ease of assembly; to a certain extent good corrosion resistance; can be thermally processed and loaded to a relatively high stress level; it is one of the most easily produced by high-quality materials, resulting in lower production and maintenance costs. By comparison: aluminium has about three times lower density and modulus of elasticity than steel, but is considerably easier to process, including pouring, drawing and extruding.

The application of lighter aluminium alloys and Al-based composites, instead of the (dominating since 1920s) special steels, reduces the weight of the vehicles and hence fuel and energy

savings, reducing exhaust emissions, and improving safety. The use of aluminium in the automotive industry has increased by over 80% in the last 5 years [2]. There are important recent achievements in aluminium aircraft alloys that can effectively compete with modern composite non-metallic materials [3,10]. Al alloys are frontrunners among the structural materials used in aerospace applications. The role of aluminium in future aircraft will probably be somewhat diminished by the increasing use of some, mainly polymer composite materials, but high-strength aluminium alloys are, and will remain, important and the main airframe materials.

Examples of some Al alloy applications used in aerospace

In the literature there are sufficient data for such Al alloy applications. The various types of aluminium may be divided into two general classes: (1) casting alloys (those suitable for casting in sand, permanent mold, or die castings) and (2) wrought alloys (those which may be shaped by rolling, drawing, or forging). From these two, the wrought alloys are the most widely used in aircraft construction, being used for stringers, bulkheads, skin, rivets, and extruded sections [5]. Die castings used in aircraft are usually aluminium or magnesium alloy. Magnesium alloy is lighter than aluminium alloy. However, aluminium alloy is frequently used because it is stronger than most magnesium alloys [5].

Dural or duraluminium (AA2017) is an alloy of aluminium, the main alloying (additional) metals of which are copper (4.4% of mass), magnesium (1.5%) and manganese (0.5%). Dural is durable, high-strength and lightweight, resistant to corrosion, deformation and environmental influences, aesthetic and easy to maintain, therefore it is one of the most demanded alloys in modern industry. Light alloy duraluminium is used in various fields such as: aviation, space, technology, electrical engineering, shipbuilding, construction, motor transport, at home. The first application of duraluminium is the manufacture of the skeleton of airships of rigid construction (see Figure 1). The new alloy has become one of the main structural materials in the aircraft industry, space technology, nuclear engineering, defense industry, and, of course, for the production of high-speed trains (see Figure 2). Despite competition from other materials, Al alloys still make up > 70% of structure of modern commercial airliner.

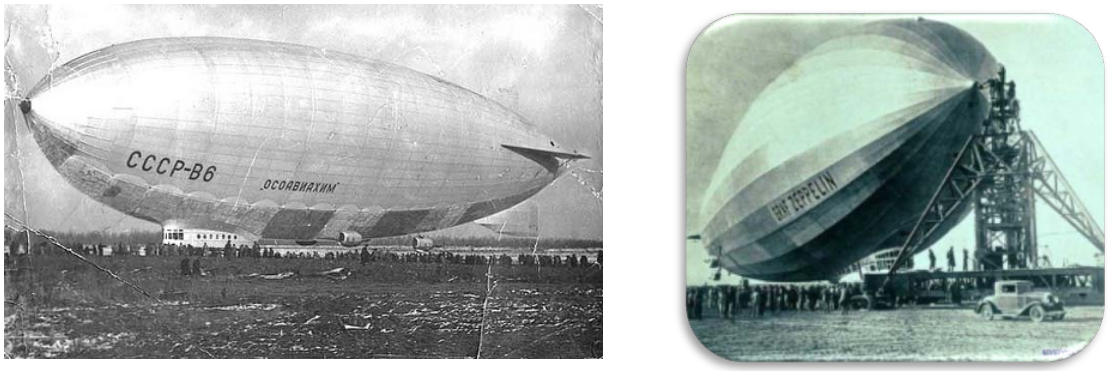


Fig. 1. Airships of rigid construction

Fig. 2. Airbus A340

Design requirements for application of aluminium alloys in aerospace mainly include careful balance of material properties. Components must be lightweight, damage tolerant, durable (corrosion resistant) and cost effective. Al alloy with other elements to improve strength and stiffness - results in alloys with properties well matched to aerospace requirements.

Typical materials used for the fuselage and wings of civil aircraft are:

• 2000 series aluminium alloys based on the aluminium – copper system;

• 7000 series aluminium alloys based on the aluminium – zinc – copper – magnesium system;

• aluminium – lithium alloys.

The 2xxx series (Al-Cu alloys) are heat-treatable, and possess in individual alloys good combinations of high strength (especially at elevated temperatures), toughness, and in specific cases, weldability; they are not resistant to atmospheric corrosion, and so are usually painted or clad in such exposures. The higher strength 2xxx alloys are primarily used for aircraft (2024) and truck body (2014) applications; these are usually used in bolted or riveted construction. Specific members of the series (e.g. 2219 and 2048) are readily welded, and so are used for aerospace applications where that is the preferred joining method. Booster rockets of the Space Shuttle are 2xxx alloys, originally 2219 and 2419, now sometimes Al-Li "Weldalite"alloy 2195 [4].

The 7xxx (Al-Zn alloys) alloys are heat treatable and among the Al-Zn-Mg-Cu versions provide the highest strengths of all Al alloys. There are several alloys in the series that are produced especially for their high toughness, notably 7150 and 7475, both with controlled impurity level to maximize the combination of strength and fracture toughness. The widest application of the 7xxx alloys is in the aircraft industry. The most common aluminium alloy used in aerospace is 7075, which has zinc as the primary alloying element. It is strong, with strength comparable to many steels, and has good fatigue strength and average machinability, but has less resistance to corrosion than many other aluminum alloys. The atmospheric corrosion resistance of the 7xxx alloys is not high, so in such service they are usually coated or, for sheet and plate, used in an alclad version. The use of special tempers such as the T73-type are required in place of T6-type tempers whenever stress corrosion cracking may be a problem [4].

In [6] we can see classification and marking of aluminium alloys (Russian and international (or USA)). It also tells us about modern perspective alloys on an aluminium basis with an application in airspace industry.

More specifically, the alloy property requirements vary depending on the application. A generic example is given in Fig. 2.7 (see in [7]), which illustrates the engineering property requirements for several of the main structural areas in a transport aircraft, namely (a) fuselage and pressure cabins, (b) wings and (c) empennage (horizontal and vertical stabilizers). The engineering properties required for these structures are strength (TS, CYS), stiffness (E), damage tolerance (DT: fatigue, fatigue crack growth, fracture toughness), and corrosion (general and stress corrosion). The rankings of the requirements differ for different areas, but there is much commonality. Table 2.4 (from [7]) presents a survey of the actual and proposed uses of conventional 2XXX and 7XXX aluminium alloys in airframe structures. Alloy producers develop basically similar alloys for different product forms and applications. The most important contribution to this flexibility is the development of a range of alloy tempers that allow optimizations and trade-offs of properties, and hence the ability to match the alloys to particular applications.

Traditionally aluminium alloys have been the favoured materials for airframe structures. However, polymer matrix composites with high-specific strength and modulus are serious challengers to the use of Al alloys, which inherently suffer from low stiffness. Significant improvements in specific elasticity cannot be achieved in conventional Al alloys. However, some publications have mentioned that a very light (density 2.1 g/cm^3) Al–Be alloy designated as AlBeMet AM162 can achieve a nearly four times higher specific modulus than the industry standard AA7075 alloy, with comparable strength and ductility but only half the fracture toughness and considerably increased toxicity (due to Be). Other possibilities for achieving high stiffnesses in Al alloys need to be explored [7].

In [8] a review is given of anodic alumina film formation on aluminium. A major use of porous anodic films is in keying layers for organic adhesives, primer coats and paint finishes. In addition to providing initial adhesion and bond durability, the finished system also retards corrosion in crucial situations, e.g. aerospace applications.

Severe operating conditions in air and space often limit the possibility of using some of these Al alloys directly and for a long time. Therefore, in order to reduce the impact of unfavorable environmental and space conditions, for successful use in the space industry and transport, aluminum alloys and their products require special surface treatment by coating. Nowadays there is a tremendous interest in extremely stable in space environment Al alloys coatings materials. The evidence is the space programs and enormous space budgets, which almost every country has. In the literature and industry there are sufficient data for such coatings on Al alloys, but the most extensive

application finds electroless nickel coatings [12]. The unique combination of electroless nickel coating properties and electroless composite nickel coating, such as price, thickness, hardness, corrosion resistance and wear resistance, lubricity, connectivity and evenness of the coating, regardless of the substrate geometry make it ideal for wide application in many different industries. Today, these coatings are firmly established as functional coatings in electronics, oil and gas, chemical, aerospace and automotive industries.

In [11] are presented strong sun-absorbing black electroless nickel coatings on aluminum alloys for space application. Blackened electroless nickel coating provides a high absorption of solar energy and is particularly suitable as a solar absorbing coating for space and related applications. In aviation engines, turbine or compressor blades [11] are covered with electroless nickel as protection against corrosion. Piston heads are a good example of the successful combination of aluminium and electroless nickel in the aerospace industry. The light weight of aluminium allows the piston to work more efficiently, while the electroless nickel provides wear resistance that extends the useful life of the piston. The main shafts of aircraft engines are plated with electroless nickel to provide good bearing surfaces. An additional advantage of electroless nickel is realized when rebuilding of the shafts is required during maintenance overhauls. The rear compressor hub sleeves and bearing liners of the TF30 Jet engine are reconditioned and re-coated with electroless nickel, saving them from buying new components. The relatively low coefficient of friction of electroless nickel, coupled with its corrosion resistance, makes it useful in plating servo valves. Landing gear components are plated with 1 to 2 mils of electroless nickel to build up mismatched surfaces, as well as to provide corrosion resistance. Metallic optics is becoming widely used in spaceborne systems. In these applications, a strong coating must be deposited over a light, strong metal such as beryllium or aluminium. Special, high-phosphorus - from 12.2 to 12.7%, electroless nickel deposits have been polished to 9 Å, providing superior performance in space applications where high G forces are present and low inertia is required. Table 8.2 (see in [11]) summarizes the major uses of electroless nickel in the aerospace industry.

Corrosion in space is described in [13] by the action of atomic oxygen on several materials (Cu, Au, Al, Stainless Steel, Ta, Al alloys and Mo) exposed with and without coatings. The conclusion [12] is that the effect of atomic oxygen on surfaces in laboratory experiments might be different from the effect encountered during low earth orbit exposure. During the orbital movement, the exposed samples pass a thermal cyclic sequence of + 100 / -100 ° C. This can have a detrimental effect on some oxides. The simultaneous action of atomic oxygen attack and thermal cycling might be compared with such effects as static stress and corrosion (stress corrosion) and fatigue and corrosion (corrosion fatigue), where the result of the combined action is more than the sum of the separate effects. Every year in the USA is accepted Joint industry standards “Space Applications Electronic Hardware Addendum to IPC J-STD-001E Requirements for Soldered Electrical and Electronic Assemblies” [14]. In this important document is listed all necessary properties for coatings in space applications.

The reviews [15,16] are on the use of electroless nickel (also on Al alloys) in the aerospace industry. Chemical nickel is used to repair engine components and maintenance programs, in jet engines - on fuel control assemblies and bellows and in the space program, it has been used effectively on the docking, cargo bay and ruder mechanisms of the space shuttle. Chemical nickel is used in aircraft navigation systems, multiple airframe units (landing gear, frame locking systems and valve and actuator components), battery components, and satellite systems. Several parts of the Boeing 727's landing gear wheels are protected from corrosion and erosion by electroless nickel. Many of the Al components used in the space program are covered with electroless nickel to provide anti-corrosion protection, wear protection and excellent lubrication as required. These include components of the space shuttle mechanism used, for example, in fuel systems, gearing systems and fluid transmission systems.

In review [9] is given a brief overview on chromates, which are among the most common substances used as inhibitors or incorporated in anticorrosive pretreatments of aluminium alloys. The paper reviews progress from the literature published to date concerning the application of lanthanide compounds (ecological alternatives to chromates in corrosion protection) as corrosion inhibitors of aluminium alloys in aqueous solution. Here was proposed a two step, electrolytically activated pre-treatment based on cerium salts for the AA6061 alloy, self-named “stainless aluminium”. This process has been also successfully tested for aerospace aluminium alloys, such as AA7075 and AA2024.

As already mentioned above, Al alloys and Al-based composites constitute a very important class of engineering materials widely employed in the aircraft and aerospace industry for the manufacturing of different parts and components due to their high strength-to-density ratio and being the second cheapest of all commercially important metals after magnesium. In our department in SRTI-BAS was synthesized a new Al-based alloy, namely Al alloy B95 with certain additions of tungsten (W) and some nanodiamonds (ultrafine diamond particles, ND) [17-18]. Also some of us

(Z. Karaguiozova) [19-22] have experience in electroless nickel composite coatings with nanodiamond (ND) and other additives. The detonation nanodiamonds were used as strengthening particles for improving the mechanical properties of Al alloy and Ni coating. Several samples of the so modified, with nanodiamonds and W, aluminium alloy B95 (B95+W+ND), prepared in our department, arranged inside the box, were a part of the DP-PM module of the international outer space experiment “Obstanovka” (carried out in the Russian sector of the International Space Station). In the international project "Obstanovka" were involved six countries: England, Bulgaria, Poland, Russia, Ukraine and the Czech Republic, on the International Space Station. On 02.12.2013, at 0:40 pm., with the transport spacecraft "Progress 18M" on board of the International Space Station was supplied scientific equipment, including the DP-PM module (box) with our alloy. The box, on which were mounted the samples of the so modified (see above) Al alloy B95, was coated by a bilayer composite electroless Ni coating (Ni/Ni + ND) to improve the surface characteristics of the box alloy. The aim of this international space experiment was to investigate the two and a half years influence of the outer space environment on the properties of the alloy (B95+W+ND) and of the box, on which were mounted the samples of the so modified (see above) Al alloy B95 (for being exposed directly to the outer space conditions). After this exposure to the outer space influence, the samples with the box were returned to the Earth for future research. Today the comparative analysis of the properties of the materials, of the box and of the samples, (i.e. of the both types of materials, that were and that were not in the outer space) is under study.

Future of aluminium in aerospace industry and conclusions

Next generation aircrafts must be bigger and faster, and rely on advances in materials and assembly methods. For that reason the weight reduction is critical and it is achieved by two ways: (a) alloy optimization - by increase strength and stiffness and/or reduce density whilst maintaining other properties; (b) assembly optimization – by reduce weight associated with joints between components. Traditionally earlier, alloy design and process development were largely by trial and error based on metallurgical experience. Recently, emphasis has changed to designing alloys and processes to meet specific property goals. Now we have improved understanding of relationships between processing, microstructure, composition and properties. Applications of modeling help in development of models to predict alloy microstructure and performance. Models, on a range of length scales, give us different information:

- atomistic models (nm) - deal with only very small volumes of material;
- microstructural (nm-mm) - used to predict particle distributions, grain sizes etc., as function of alloy chemistry and processing conditions, often coupled to microstructure-property models;
- macro-scale (>mm) - widely used to predict performance of components during processing and service as a function of average material properties and stress, strain, temperature and so on.

Modeling examples:

- finite element modeling to optimize extrusion processing of aerospace Al-alloys;
- thermodynamic modeling for the development of weldable aerospace aluminium alloys;
- precipitation kinetics modeling for optimization of dispersoid particles in 7xxx Al alloys.

Emphasis should be placed on modeling for the design of new Al alloys and coatings that have specific and desirable properties.

Thanks to the unique combination of light weight, high strength and ease of manufacture, aluminium alloys and aluminium composites have been the foundation of the aerospace industry for almost a century. Despite the fact that polymer-based composites have appeared in recent years as formidable competitors in this respect, the predominance of Al alloys in civilian and military transport aircraft is not reduced, especially given their almost infinite capacity for recycling and fire resistance, which complicates and restricts the use of materials on based polymers. The most frustrating limitation is their inherently low modulus of elasticity, a problem that challenges a satisfactory solution from the metallurgical staple of the microstructural modification. To solve this problem, experience, new thinking and new ideas are required.

Our experience in the electroless nickel depositions and electroless composite coatings will be of great help in the future study of unknown coating properties, coating structures, new reinforcing particles (in composite coatings) for new potential Al alloys and Al-based composites aerospace and allied industries applications.

High-strength aluminium alloys are, and will remain, important and the main structural airframe materials.

Acknowledgments

This paper was partially supported through the bilateral scientific cooperation project “Influence of nanosized additives on the physical and mechanical properties of the composite materials and coatings” (2015 - 2017), between the Bulgarian Academy of Sciences (Space Research and Technology Institute) and the Polish Academy of Sciences (Institute of Metallurgy and Materials Science of Polish Academy of Sciences (with support of the Institute of Precision Mechanics).

References:

1. Sukiman, N. L., X. Zhou, N. Birbilis, A. E. Hughes, J. M. C. Mol, S. J. Garcia, X. Zhou, G. E. Thompson, Durability and corrosion of aluminium and its alloys: overview, property space, techniques and developments, Aluminium Alloys-New Trends in Fabrication and Applications. Intech, 2012
2. Miller, W. S., L. Zhuang, J. Bottema, A.J. Wittebrood, P. De Smet, A. Haszler, A. Vieregge, Recent development in aluminium alloys for the automotive industry, Materials Science and Engineering: A 280.1 (2000) 37-49.
3. Dursun, T., C. Soutis, Recent developments in advanced aircraft aluminium alloys, Materials & Design 6 (2014): 862-871.
4. http://www.calm-aluminium.com.au/documents/aluminium-alloys.pdf
5. https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks.../FAA-8083-30_Ch05.pdf
6. Классификация и маркировка алюминиевых сплавов, (российская и международная) Алюминий и его сплавы: Учебное пособие / Сост. А.Р.Луц, А.А. Суслина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 81 с.:ил.
7. Rambabu, P., N. Eswara Prasad, V.V. Kutumbarao, R.J.H. Wanhill, Chapter 2, Aluminium Alloys for Aerospace Applications, Springer Science+Business Media Singapore 2017, N. Eswara Prasad and R.J.H. Wanhill (eds.), Aerospace Materials and Material Technologies, Indian Institute of Metals Series, DOI 10.1007/978-981-10-2134-3_2
8. Thompson, G.E., Porous anodic alumina: fabrication, characterization and applications, Thin Solid Films 297 (1997) 192–201
9. Bethencourt, M., F. J. Botana, J. J. Calvino, M. Marcos, M. A. Rodriguez-Chacon, Lanthanide compounds as environmentally-friendly corrosion inhibitors of aluminium alloys: a review, *Corrosion Science*, 40 (1998) 1803-1819.
10. http://webx.ubi.pt/~hgil/FotoMetria/PDF's-DOC's/Labsphere/Coating-20-20Material-20Guide.pdf, A Guide to Reflectance Coatings and Materials.
11. Saxena, V., R. Uma Rani and A. K. Sharma, Studies on ultra high solar absorber black electroless nickel coatings, Surface & Coatings Technology, 201 (2006) 855–862.
12. Colaruotolo, J. and D. Tramontana, Engineering Applications of Electroless Nickel, Chapter 8, www.knovel.com, http://fiesta.bren.ucsb.edu/~dturney/port/papers/Electroless/08.pdf, 207-227.
13. de Rooij, A., Corrosion in Space. Encyclopedia of Aerospace Engineering (2010) 1-15.
14. https://www.ipc.org/4.0_Knowledge/4.1_Standards/IPC-J-STD-001ES.pdf
15. Parkinson, R., Properties and applications of electroless nickel, Nickel Development Institute, 1-37. http://www.nickelinstitute.org/~/Media/Files/TechnicalLiterature/PropertiesAndApplicationsOfElectrolessNickel_10081_.pdf#page=
16. Sudagar, J., J. Lian and W. Sha, Electroless nickel, alloy, composite and nano coatings – A critical review, Journal of Alloys and Compounds 571 (2013) 183–204.
17. Бузекова – Пенкова, А. Д., Изследвания на механичните свойства на дисперсноуякчена алуминиева сплав, предназначена за открития космос, Девета научна конференция с международно участие “Космос, екология, сигурност”, SES 2013, 20-22 Ноември 2013г., София, България.; ISSN 1313 – 3888 (2014) 492 – 496.
18. Bouzekova – Penkova, A., K. Grigorov, M. Datcheva, C. A. Cunha, Influence of the outer space on nanohardness properties of Al-based alloy, Comptes Rendus de l'Academie Bulgarie des Sciences; ISSN 1310-1331; 69 (2016): 1351-1354.
19. Karaguiozova, Z. K., Electroless Ni composite coatings with nanodiamond additives, Journal Resource Saving Technologies for Production and Pressure Shaping of Materials in Machine-Building, Lugansk 91034, Ukraine (2014) 139-145.
20. Kaleicheva, J., M. Kandeva, Z. Karaguiozova, V. Mishev and P. Shumnaliev, Investigation on wear resistance of ductile cast iron covered with nanostructured composite Nickel coatings, in Proceedings of the "A" Coatings 9-th International Conference in Manufacturing Engineering, October 2-3-4, 2011, Thessaloniki, Greece, ISBN 978-960-98780-5-0 (2011) 405-414.
21. Karaguiozova, Z., PhD theses, Micro- and nanostructured composite nickel coatings deposited by electroless method, 2014.
22. Karaguiozova, Z., A. Miteva, A. Ciski, G. Cieślak, About Some Coatings for Aerospace Applications, SES 2015 , Eleventh Scientific Conference with International Participation: Space, Ecology, Safety, 4 – 6 November 2015, Sofia, Bulgaria, Proceedings 2016 , CD, ISSN 1313 3888 (2016), pp. 389-396.

SILVER COATINGS PLATED BY ELECTROLESS METHOD

Zdravka Karaguiozova

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

Keywords: *Silver coating, immersion plating, solderability, corrosion resistance.*

Abstract: *The immersion silver plating is on the focus of the present work. The ecological technology is established on the base of the developed stable solution, avoiding the use of cyanide ions. The obtained coatings are uniform, dense with good solder wettability and high corrosion resistance suitable for application in a production of printed circuit boards.*

СРЕБЪРНИ ПОКРИТИЯ, ОТЛОЖЕНИ ПО БЕЗТОКОВ МЕТОД

Здравка Карагьозова

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

Ключови думи*: Сребърни покрития, имерсионен метод, спойваемост, корозионна устойчивост.*

Резюме: *Имерсионният метод за отлагане на сребърни поктития е във фокуса на представеното изследване. Утвърдена е екологична технология за нанасяне на сребърни покрития, основаваща се на разработен стабилен разтвор без използване на цианидни йони. Получените покрития са плътни, равномерни с добра спойваемост и висока корозионна устойчивост, подходящи за приложение в производството на печатни платки.*

Introduction

Immersion plating is a simple and low cost process for production of uniform, dense and adhering layers of nobler metals to less noble metal. The process runs without an external source of current in an aquatic environment due to differences in the levels of oxidation potentials of the metal ions being deposited and the metal ions being displaced. The reaction continues until the coating completely covers the plated surface. Therefore the result is in obtaining of a thin layer [1].

Immersion plating by different metals such as silver, tin, electroless nickel/immersion gold (ENIG) are used as a surface finishes for protection the copper metallization of the PCB from oxidation enabling good solderability during the period of storage. The advantages of these processes are the transition to lead-free electronics.

Immersion silver (ImAg) has emerged as an alternative finish for lead-free assemblies. The silver layer serves as a protective finish, thereby ensuring the solderability and a corrosion protection of the underlying copper, also easy assembly and low cost. ImAg has good wettability and solderability compared to various lead-free finishes—not as well as ENIG, but better than immersion tin (ImSn) and organic solderability preservatives (OSP). During the assembly process the ImAg finish coating is dissolved into the molten solder because of liquidation of silver into the tin (Sn) based in the solder reaching the underlying base copper surface and obtaining a good wettability [2, 4, 10].

Conventional methods for silver plating both by electrodeposition and via immersion plating use hazardous cyanide compounds as a complex agent. New studies, however, aim at replacing the cyanide anions with other complexing agents (Table 1) for obtaining environmental friendly plating solutions [3, 11, 12].

The thickness of ImAg layer is typically less than 1 μm. It is happen because the deposition of Ag process will be stopped when the substrate surface is fully covered with the Ag solution [5]. Some researchers report that the thickness of immersion silver must be not too thick due to brittle solder joint in lead-free soldering, and not too thin to ensure a lifespan of this surface finish during storage [6 - 8].

ENIG has been the primary, high performance surface finish used in the PCB industry for some decades now. Mac Dermid has developed a high performing and economically viable alternative as electroless nickel/immersion silver (ENImAg) process that eliminates the concern associated with the use of a high priced metal, such as gold and its aggressive nature of the chemistry [9].

Another method for silver plating running without external current is electroless plating method. It is a preferred method for uniform deposition of metals on too complicated surfaces ensuring thicker coatings. Electroless plating involves the deposition of a metallic coating from an aqueous bath onto a substrate by a controlled chemical reduction reaction which is catalyzed by the metal or alloy being deposited or reduced.

Despite the advantages of Silver as a plating metal due to its high electrical conductivity, corrosion resistance and good friction and wear properties, there are too many problems caused by the present coating techniques. They are very expensive and use aqueous plating baths containing extremely toxic cyanide compounds and other compounds that contaminate the silver plating [13, 14, and 15].

Elaboration of new inventions by using of novel reducing agent which consists of thiosulfate and sulfite shows a plating rate and plating solution stability far superior those of conventional silver plating solutions moreover avoiding ammonia or cyanide ions as a plating constituent [16].

Rather perfect internal structure of silver coatings is obtained using Co (II) as a reducing agent. Presumably this leads to adsorption of cobalt compounds inhibiting the free growth of silver crystals [17].

The aim of the present study is to develop an ecofriendly simple technology for silver plating, ensuring to obtain dense, corrosion resistance, well solderable coatings suitable for application in a production of printed circuit boards using a stable silver plating bath.

Experimental and test methods

Copper, brass and electrolessly coated by nickel steel samples are used as a substrate material for electroless silver plating. Specimens are degreased ultrasonically in acetone. The following pre-treatments for electroless plating include both degreasing and microetching in acid solution composition 100 ml/l H_2SO_4 and nonionic surfactant 0,1 g/l (for copper and brass samples) and degreasing and microetching in acid solution composition 50 weight % HCL(for nickelized details) at room temperature for 2-3 min., carefully washing with distilled water.

Electroless baths for silver plating are known to be difficult to stabilize as during the plating process the silver reduction in the solution volume is observed. Also these solutions are characterized by a low deposition rates. So developing a stable and productive solution is a top priority. Conventional baths consist of hazardous cyanide ions as a complex agent typical for solutions with reduction agent BH_4^-. Development of ecofriendly solution avoiding cyanide ions demands selection of new reducing agents with proper complex agents maintaining a sufficiently low concentration of silver ions, which ensures its uniform deposition. The following complex agents are studied ammoniacal, ethylenediamine, rhodanide, fluoride. The choice is in favor of ammonia complex in terms of availability and price. The suitable reducing agents for ammoniacal solutions are invert sugar, glucose, hydrazine, potassium sodium tartrate, formalin, some metal ion, EDTA. More detailed research work are performed with invert sugar and some metal ions such as Cu(I), Fe(II and Co(II). The composition of used silver plating bath is listed in Table 1.

Table 1. Composition of silver plating bath

Bath constituents and parameters	Quantity	Bath constituents and parameters	Quantity
Silver salt	0.01 0,3 M		
Complex agent (NH_4OH)	0,66 – 10 M	Rate S/V	1,5-3,0 dm^2/l
Stabilizer	0,5 – 2 M	Temperature	20° - 40°C
Reducing agent	0,01 – 2 M	Time of etching	Depends on the desire thickness

Thickness of the coatings is measured by UPA Technology X-Ray Instrument. Features include laser focusing, point and measure, easy-to-load sample stages, and plating bath analysis

using Low-energy soft X-Rays, based on a change to X-Rays transmitted. The gage's software is designed to be user-friendly with drop-down menus and a Microsoft-based operating system that enables direct transfer of measurement date to Excel.

For solderability investigation of silver layers the solder spread test is used by the contact angle measurement. The lead free solder wire is used. The solder of 0,036-0,038 g is heated at 250 °C to the melting of the wire [16].

The silver coatings characteristics are investigated after deposition and after aging (corrosion test) for 10 days in an Air Humidity Chamber above the following condition: 93±3% relative humidity and T=40±2 °C, which represents storage over few months.

Results and discussion

The plating solution with first two reducing agents containing Cu(I) or Fe (II) ions gives a slow deposition rate and reduction reaction in the volume. The dependence of the coating thickness on the deposition time using different reducing agent is presented in Figure 1 and Table 2.

Table 2. Dependence of the coating thickness on the deposition time using different reducing agents

Deposition time (τ, min)	Coating thickness, μm				
	Cu(I)	Fe(II)	Co(II)	Invert sugar	
	40°C	40°C	40°C	40°C	60°C
10	0,5	0,5	1,0	1,2	1,5
20	1,0	1,5	1,5	2,0	2,8
30	Volume reduction	Reaction stops	2,5	3,2	4,0
60		-	4,0	4,0	6,0

The plating solutions with Co (II) and invert sugar reducing agents work with increased stability up to plating of surface area of 10 m^2.

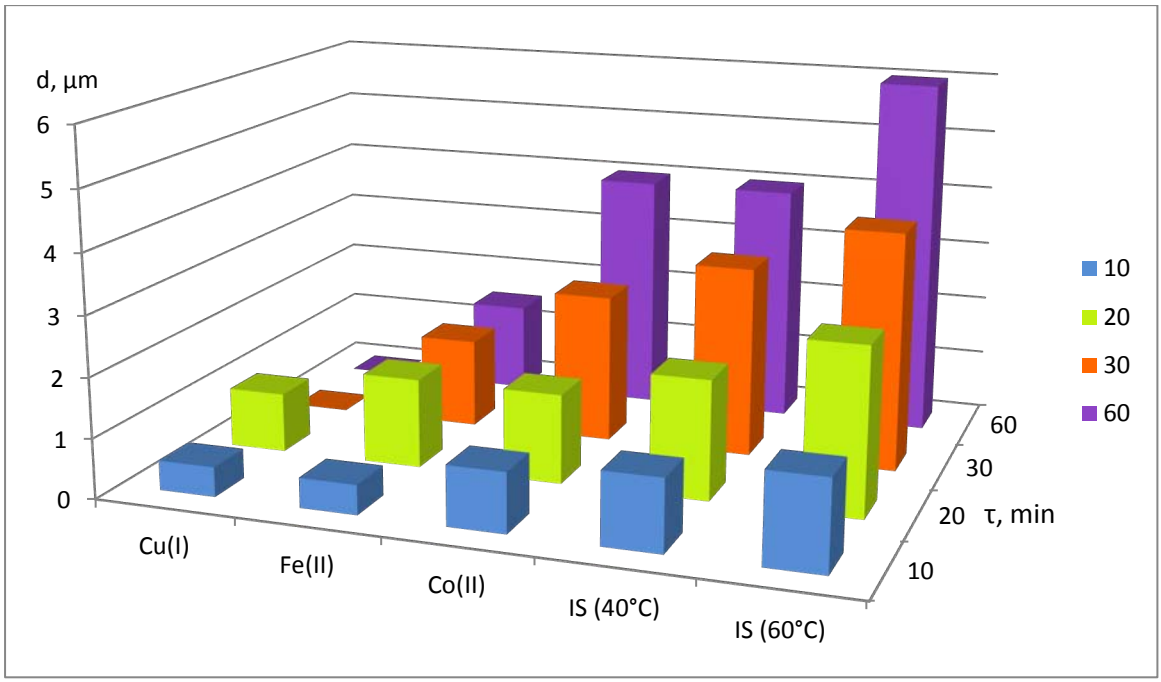


Fig. 1. Dependence of the coatings thickness (d) on the deposition time (τ)

Co(II) plays a role of a reducing agent of silver ions only in a presence of ammoniacal compex agent. The formation of more sustainable complex with Co(III) in an ammoniacal solution facilitates oxidation process of Co(II) ions and reduction of Ag(I) ions to Ag atoms. The deposition rate is proportional to the working temperature, but on the other hand the increasing of the working temperature leads to a volume reduction of Ag(I). The reduction of the Ag(I) in the volume is observed after 40 °C for reducing agent Co(II) and after 60 °C for reducing agent invert sugar.

The solderability measurements are carried out in case of using Co(II) as reducing agent to 40 °C and for invert sugar to 40 °C and to 60 °C for a time period of 0-60 minutes. The results are shown in Figure 2.

It is observed that the solderability of the coatings decreases with the deposition time for all of the tested coatings. The presence of divalent ions of Co(II) in plating bath at 40 °C shows better result for solderabilitry than this one for the coatings obtained at 60°C with reducing agent invert sugar after an hour. But the solution with Co(II) is unstable at higher temperature. The using of invert sugar as a reducing agent shows better soldering characteristics of the obtained coatings at 60 °C than this one of the cotings with Co (II) to 40 minutes of plating time. The best results are achieved for the coatings produced with reducing agent invert sugar at 40 °C, i.e. the contact angle has the lowest value for the entire deposition interval.

No corrosion evidence is observed after aging of the coatings obtained with Co (II) and invert sugar reducing agents at 40 °C plating temperature in an Air Humidity Chamber at above mentioned conditions. Good corrosion resistance is due to uniform, equal silver layers with grains characterized of fine structure. The test performed for solderability measurement of all of the examined coatings shows no influence of the corrosion aggressive environment on the contact angle.

The developed solutions for electroless silver plating remain stable within the research period of one year.

.

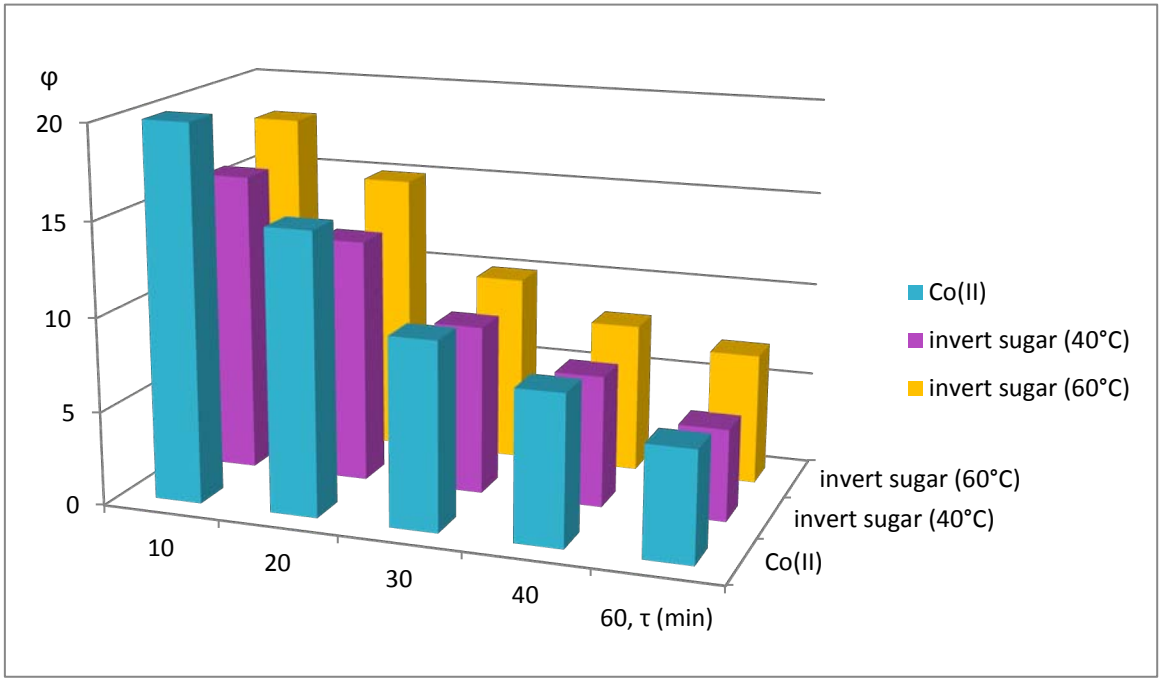


Fig. 2. Dependence of the solderability on the deposition temperature

Conclusions

A novel solution for electroless silver plating is developed on the base of ammoniacal complex formation and reducing agents Co (II) or invert sugar.

The innovation is in the establishment of a stable plating bath more than a Year, avoiding hazardous cyanide ions, also allowing obtaining more than 10 dm^2 coated surface.

The established technology mode ensures obtaining uniform, equal silver coatings with fine structure, ensuring best corrosion resistance after aging and good solderability both after deposition and after aging

The increase of the silver deposition rate at higher working temperature is determined. Decomposition of the plating solution is found out at 40 °C when reducing agent of Co (II) is used and after 60 °C for reducing agent of invert sugar.

The thickest coatings are obtained with reducing agent of invert sugar at 60 °C working temperature.

Addition of reducing agent of Cu (I) leads to solution decomposition after achievement coating thickness of 1 μm, while using Fe (II) as a reducing agent the reducing reaction stops after 20 minutes from the beginning of the process.

Measurement of the coatings solderability shows the deterioration of the received results with the working temperature increase in case of using the invert sugar as reducing agent.

Comparison of the received solderability data for all of the tested coatings gives the best result for coatings obtained with reducing agent of invert sugar at 40°C working temperature.

Acknowledgements

The work presented is carried out under joint research project titled "Influence of nanosized additives on the physical and mechanical properties of the bulk materials and coatings" (2015-2017) between the Bulgarian Academy of Sciences (Space Research and Technology Institute) and the Polish Academy of Sciences (Institute of Metallurgy and Materials Science) and Institute of Precision Mechanics, Warsaw.

References:

1. https://www.corrosionpedia.com/definition/660/immersion-plating
2. Weiqiang W., A. Choubey, M. Azarian, M. Pecht. “An Assessment of Immersion Silver Surface Finish for Lead-Free Electronics”. Journal of Electronic Materials, Vol. 38, No. 6, 2009, pp.815-827.
3. Török, T., É. Kun, D. Sós, A. Csik, J. Hakl, K. Vad, L. Kövér, J. Tóth, S. Mészáros. “Nanoscale Characterization of Thin Immersion Silver Coatings on Copper Substrates”. NASF Surface Technology White Papers, 79 (8), May 2015, pp. 1-11.
4. Adawiyah, R., O. Azlin, N. Fadil, S. Aisha, M. Hanim. “Electroless and Immersion Plating Process towards Structures and IMC Formation”. International Journal of Engineering and Technology (IJET), 8 (6), Dec 2016-Jan 2017, pp. 2558-2570.
5. Arra, M., D. S. Xie, J. Sundelin, T. Lepistö, E. Ristolainen. “Study of Immersion Silver and Tin Printed-Circuit-Board Surface Finishes in Lead-Free Solder Applications”. J. Electron. Mater., 33 (9), 2004, pp. 977–990.
6. “IPC-4553. Specification for Immersion Silver Plating for PCB”. Association Connecting Electronics Industrial, no February, 2005.
7. Milad, G. “Surface finishes in a lead-free world”. Circuit World, 34 (4), 2008, pp. 4–7.
8. Yoon, J., S. Jung. “Effect of immersion Ag surface finish on interfacial reaction and mechanical reliability of Sn-3.5Ag-0.7Cusolder joint”. J. Alloys Compd., 458 (1–2), 2008, pp. 200–207.
9. Long, E, L. Toscano. “Electroless nickel/immersion silver-a new surface finish for PCB application”. Metal Finishing 111 (1), January–February 2013, pp. 12-19.
10. O'Connell, J. “Study and recommendations into using lead free printed circuit board finishes at manufacturing in circuit test stage”. White paper, Agilent Technologies UK Ltd, Automated Test group.
11. Ferrier, D., E. Yakobson. US Patent 5,733,599, 31.03.1998.
12. Taytsas, L. US 6,375,822 B1, Apr. 23, 2002.
13. Kozlov, A., T. Palanisamy, D. Narasimhan. US 6,387,542 B1, May 14, 2002.
14. JP55044540
15. Takuya Hata T., T. Hanada. US 3,337,350, Aug. 22, 1967.
16. Mandich, N., G. Krulik, R. Singh. US 5,322,553, Jun. 21, 1994.
17. Vaskelis, A., A. Jagminienk, R. JuSkhenas, E. Matulionis, E. Norkus. “Structure of electroless silver coatings obtained using cobalt(I1) as reducing agent”. Surface and Coatings Technology 82, 1996, pp.165-168.

ИЗПИТВАНЕ НА ПРОТИВОФРИКЦИОННИТЕ СВОЙСТВА НА СМАЗОЧНО МАСЛО С ДОБАВКА ОТ НАНОДИАМАНТ, СТАБИЛИЗИРАН СЪС СЪРФАКТАНТ

Юлиян Караджов, Людмил Марков, Анна Бузекова-Пенкова

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

Ключови думи: *нанодиамант, смазочно масло*

Резюме: *Разгледана е накратко възможността за получаване на стабилни суспензии на нанодиамант в органични масла като перспективни лубриканти. С помощта на специално рабработен сърфактант (ПАВ) е получана таката суспензия и са изпитани противофрикционните и свойства. При продължителност на изпитването 60 минути най-силно намаляване на триенето дава добавка от 0.1% НД.*

MEASURING THE ANTIFRICTIONAL PROPERTIES OF A LUBRICANT OIL WITH ADDED NANODIAMOND STABILIZED WITH A SURFACTANT

Julian Karadjov, Lyudmil Markov, Anna Bouzekova-Penkova

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

Keywords: *nanodiamond, lubricating oil*

Abstract: *A short review is given to the problem of producing stable nanodiamond suspensions in organic oils as prospective lubricants. A stable suspension was produced with the use of specially designed surfactant and its anti-frictional properties were tested. During a 60 mins test, the largest friction decrease was measured with an oil containing 0.1% nanodiamond.*

Въведение

Идеята за нанодиамантите като средство за намаляване коефициента на триене се основава на два възможни механизма. Първият, очевидно, е че нанодиамантите могат да действат като нано-абразив, който полира до съвършенство повърхността на триещите се детайли и така намалява триенето. Втората хипотеза е, че нанодиамантите под влияние на огромните напрежения в триещия се контакт се набиват в дефектите на кристалната решетка на метала, създавайки свръх-твърди центрове, които препятстват движението на дислокациите и по този начин придават на триещите се повърхности „свръх-твърди" свойства и ниска изтриваемост.

Първите експерименти по измерване на коефициента на триене, проведени в секция „Космическо материалознание" на ИКИТ-БАН са проведени още преди десетилетие. Въпреки отчетените впечатляващи резултати, по-късно повторени от редица групи в чужбина, простото внасяне на нанодиаманти в смазочните масла е свързано с един сериозен проблем: нанодиамантите не могат да се диспергират добре и остават в смазочния материал във вид на относително едни агрегати. При това вероятно основната част от нанодиманта остава в маслото, без да участва във взаимодействието с триещите се повърхности. Този процес е силно зависим от особеностите на конкретната трибо-двойка, което прави ефектите, измерени

при определени условия, трудно предсказуеми и възпроизводими в случай на друга трибо-двойка и при други условия.

Радикално решение на проблема би било разработката на метод за създаване на стабилна суспензия на нанодиаманти в масла. Опитите за използване на различни повърхностно-активни вещества (ПАВ), започнати от нашата група в сътрудничество с ВХТИ, не доведоха до съществен успех, въпреки че бяха използвани десетки познати и използвани в лубрикантите ПАВ от различен тип: катионни, анионни и неутрални. Няколко групи в чужбина успяха да създадат стабилни суспензии в неполярни органични среди чрез химическа модификация на повърхността на нанодиамантите, към която бяха прикачени дълги неполярни „опашки".

Откритието, че полярните апротонни разтворители – за разлика от всички други течни среди – оптимално взаимодействат с повърхността на нанодамантените частици [1], доведе до идеята за „конструиране" на нетипичен ПАВ, който да съдържа полярни апротонни фрагменти, солюбилизиращи нанодиаманта, вместо класическите анионни, катионни или полиетиленоксидни полярни групи. Друга удачна наша догадка бе, че би било добре новият ПАВ да бъде „полидентатен", т.е. молекулата му да обединява няколко прости ПАВ молекули, което би засилило афинитета на ПАВ към повърхността на нанодиамантите. Синтезът на такъв ПАВ е описан в нашата предишна работа [2].

Тук ние докладваме първите резултати от изпитване на противофрикционните свойства на смазочно масло с добавка от нанодиамант, стабилизиран с ПАВ.

Материали и методи

Като стандартен лубрикант бе използвано базово масло SN 500. Освен контролния образец (чисто базово масло), бяха приготвени суспензии от базово масло, съдържащи 0.3, 0.1, 0.03 и 0.01% нанодиамант и съответно 0.9, 0.3, 0.09 и 0.03% ПАВ; т.е. съотношението НД:ПАВ бе навсякъде 1:3.

Образецът масло, съдържащо най-висока концентрация НД и ПАВ, бе хомогенизиран в течение на 1 час при 8000 об/мин с помощта на механичен хомогенизатор Silverson. В течение на 6 месеца след хомогенизацията суспензията показва минимални признаци на седиментация; за сравнение, НД, суспендиран в масло без добавка от ПАВ се утаява в течение на само няколко дни. Образците с по-ниска концентрация на НД бяха приготвени чрез разреждане с чисто масло на образеца, съдържащ 0.3% НД.

Изпитването на противофрикционните свойства бе проведено в лабораторията на „Приста ойл", Русе. ASTM D4172 е стандартен тест за определяне на противоизносните свойства на смазочни течности с четирисъчмена машина, при който се измерва диаметър на петното, получано при износването на триещите се повърхности в мм. ASTM D4172 изисква изпитването да се проведе в течение на 30 минути. За това време, обаче, ефектът на добавката от НД би могъл да не се прояви или да се прояви твърде слабо. Затова по наша молба времето на изпитването бе увеличено на 60 минути.

Резултати

Резултатите от изпитването са показани в таблицата. Вижда се, че при посочените условия на експеримента, добавката от 0.1% води до най-силно намаляване на диаметъра на петното, т.е. на триенето. Не е изключено при по-дълго време на изпитването да се окаже оптимална друга концентрация на НД, по-ниска от измерената за 60 минути.

Концентрация на НД, %	0	0.3	0.1	0.03	0.01
Диаметър на петното, мм	1.02	0.95	0.85	0.95	0.98

Заключение

С помощта на специално рабработения и синтезиран ПАВ е получена суспензия на НД в смазочно масло, която запазва седиментационна стабилност в течение на поне 6 месеца. Изпитването на противофрикционните свойства на базово масло SN 500 с добавка на НД, стабилизиран с ПАВ, показва, че в определен интервал от концентрации НД намалява триенето, като този ефект е най-силно изразен, когато маслото съдържа 0.1% НД.

Изказваме благодарности на фирма Chemoxide, която прояви интерес към използването на НД като добавка към смазочни материали; на фирма Silverson, която любезно ни предостави мощен хомогенизатор за експериментите; както и на екипа на изпитателната лаборатория на „Приста ойл“, който склони да внесе изменения в стандартната ппоцедура.

Литература:

1. Stavrev, S. Y., Karadjov Y. et al, “Deagregation of Nanosized Diamond Powders through Selective Alkilation of the Surface”, collection of materials from the Scientific Conference “Space, ecology, safety”, 10–13th Jun 2005, Varna, pages 366 – 368.
2. Караджов, Ю., Марков Л., Нанодиамантите като компонент на смазочни материали: от идеи към практическа реализация, JUBILEE INTERNATIONAL CONGRESS "40 YEARS BULGARIA – SPACE COUNTRY", стр. 51, ISBN 978-954-577-636-6

METHODS FOR ANALYSIS OF SURFACE MODIFIED METAL ALLOYS

Anna Petrova

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

Keywords: *Microstructure, morphology, roughness, electroless Ni coatings, aluminum alloy, stainless steel*

Abstract: *In the last decades, there is interest in the fabrication of nanostructures suitable for different applications. Physical and mechanical properties of the nanoscale particles are novel, different from those in the bulk materials.*

This review deals with the latest techniques developed to perform the analysis of coatings on alluminium alloys or steel, classical and novel measurements for complementary characterization of the surfaces.

The topography of the surfaces of the metals and applied coatings are tested using atomic force microscopy (AFM), scanning electron microscope (SEM) and optical microscopy (OM) analysis. Coating defects and pores are demonstrated on 2D and 3D images.

МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗ НА ПОВЪРХНОСТНО МОДИФИЦИРАНИ МЕТАЛНИ СПЛАВИ

Анна Петрова

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

Ключови думи: *Микроструктура, морфология, безтоково никелово покритие, алуминиеви сплави, стомана*

Резюме: *През последните десетилетия нараства интересът към получаването на наноструктури като допълнителна фаза за разнообразие в приложенията. Физичните и механични свойства на наноразмерните частици са нови, различни от тези на плътните материалите.*

Изследването разглежда най-новите разработени техники за анализ на покрития върху алуминиеви сплави или стомана, класически и нови измервания за характеризирзне на повърхността.

Топографията на повърхността на металите и нанесени покрития се тества с атомно силова микроскопия (AFM), сканиращ електронен микроскоп (SEM) и оптичен микроскоп (OM) за металографски анализ. Забелязани дефекти и пори се демонстрират на 2D и 3D изображения.

"We live in an era where some huge discoveries are really the result of giant collaborations, with major contributions coming from very large numbers of people.
Kip S. Thorne *on how Nobel Prize in Physics (2017) was a remarkable team effort*

1. Introduction

Nanostructured materials come in morphology as nanometer phase materials and as additional phase in matrix or coatings. Typical coating phases are usually nanograined materials with approximately sizes 1-100 nm.

A chromium nitride coatings have been deposited on stainless steel substrates by magnetron sputtering at constant temperature in [1]. The phase composition and lattice parameter of the coatings are determined by XRD analysis. Mechanical properties hardness and Young's modulus also are

measured. The influence of bias voltage on phase composition and internal stresses of the coatings are discussed [2, 3].

The delamination function defined in paper [4] based on impedance data agrees very well with the degree of delamination determined visually according to ASTM D 610 [4].

The use of electroless Ni–B baths reduced with sodium borohydride and stabilized with thallium nitrate or lead tungstate allowed homogeneous thin or thick Ni–B deposits on aluminium 1050 or AS7G06 substrate to be realized in [5]. F. Delaunois & P. Lienard to improve the mechanical properties of electroless nickel–boron deposits various heat treatments are applied. The authors note that at low temperatures, no fundamental changes in the deposit structure are observed, only an improvement of adhesion on aluminium substrate. The values of the Knoop microhardness obtained on these heat-treated deposits are near 600 hk100. The thickness and the quality of the deposits are estimated using optical microscopy and SEM analysis. The use of an energy selection X-ray spectrometer allows the identification of the different chemical elements present in the Ni–B deposit, such as Ni, Tl, Pb, P and Al (map scanning). Boron, which is a very light element, cannot be detected due to matrix effects. To increase the microhardness measuring precision a Knoop diamond penetrator is used.

Many studies have proven that Ni-B and Ni-W-B coatings are amorphous at as-plated condition. By virtue of heat treatments applied on Ni-B and Ni-W-B coated 7075 aluminum alloy, microhardness values are increased which procures lower wear rates and give rise to be at crystallographic condition as referred in related works.

In [6] Ni-B and Ni-W-B coatings were applied on 7075 aluminum alloy by electroless deposition technique using solutions including lead tungstate as a stabilizer and sodium tungstate as tungstate former. Zincate treatment is a substantial process of aluminum alloys before the electroless deposition of Ni-B and Ni-W-B coatings. In order to increase wear resistance and fatigue life of coated specimens, heat treatments should be executed. Three different temperatures (125, 150 and 175 °C) were picked considering aging time of 7075 aluminum alloy. On the SEM micrographs the authors finds that Ni-B coated specimen has a ‘cauliflower’ like microstructure after heat treatments which enable the coated system to perform lower wear rates.

Nickel–phosphorus (NiP) coatings produced by autocatalytic (electroless) deposition tend to be extensively used as wear-resistant materials for engineering components. The ability of these coatings to be deposited on a large variety of materials including metallic and non-metallic substrates is known. Most of the papers were performed NiP coatings deposited on steel substrates. The behaviour of autocatalytic nickel coatings towards wear when deposited on a soft substrate such as, aluminium or its alloys was not evaluated [7]. To assess any improvement of the abrasive wear resistance of the nickel deposits, without sacrificing aluminium substrate characteristics, a low heat treatment temperature (220 °C) has been selected. The heat treatments were carried-out in an air circulation furnace. Similar measurements, that is, the abrasive wear resistance as a function of the applied load and phosphorus content for the as-deposited NiP–SiC coatings, are shown. The results of this study consistently showed that the abrasive wear resistance and the hardness of NiP particle-free deposits could be increased by decreasing phosphorus content and by applying a heat treatment at 220 °C for 1 h. This may indicate possible phase changes in the deposits structure, determined by the different phosphorus content and temperature which, in turn, can influence their response to wear and hardness. The phase composition of NiP and NiP–SiC coatings was analyzed by X-ray diffraction. The XRD patterns of as-deposited particle-free and composite coatings as a function of their phosphorus content are represented – low phosphorus contents 2.5 and 3.9 wt. % P. These textures were more distinct for the 2.5 wt. % P coating.

The formation of chromate/fluoride conversion coatings composed mainly of amorphous hydrated chromia, on model, solid-solution, binary Al–Cu alloys, of a range of compositions, and on 2014-T6 aluminium alloy are studied in [8].

Topographies of the coated 2014-T6 alloy were investigated by atomic force microscopy in [8]. The authors are focused on the role of copper on the integrity of the coating. They present AFM images (Fig. 1) of the conversion-coated 2014-T6 alloy for 5 min. There is a relatively uniform coating with a nodular texture, over most of the surface ($z < 1$ um).

The mechanism of electroless Ni-P plating is discussed briefly and the literature on the effect of crystallization and phase transformation behavior on the microstructure and material properties of electroless Ni-P deposits is critically reviewed. In [9] a comparison with other commonly used engineering deposits such as electroplated nickel and hard chromium is made. The advantages of electroless Ni-P are outlined. The use of heat treatment to tailor properties for specific industrial applications is described in [9].

The AFM and SKPFM techniques (scanning Kelvin probe force microscopy) are used to reveal the evolution of the surface topography and volt potential distribution after corrosion tests. The initial

topography and potential map of the AA2024 are depicted in [10]. The alloy surface is relatively flat and only small hills are present in the places of hard intermetallic particles.

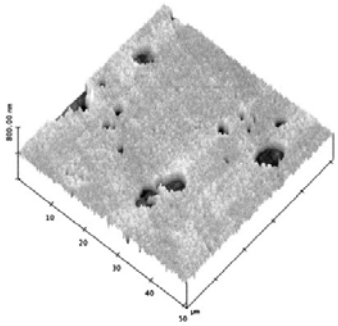


Fig. 1. AFM image of 2014-T6 alloy following conversion coating in a chromate/fluoride bath for 5 min [10]

The structural analyses [11] indicate that Ni–B coatings are amorphous in their as deposited state. However, addition of CeO2 into Ni–B matrix considerably improves the crystallinity of the deposit. The surface morphology study reveals the formation of uniform, dense and fine-grained deposit in both Ni–B and Ni–B–CeO2 composite coatings. However, Ni–B–CeO2composite coatings exhibit high surface roughness. The authors (R. A. Shakoora et al.) note that the addition of CeO2 particles into Ni–B matrix results in remarkable improvement in mechanical properties (hardness and modulus of elasticity) which may be attributed to dispersion hardening of Ni–B matrix by CeO2 particles.

The unique porous surface of the ceramic coating on aluminum [12] was revealed by the AFM images, as shown in Fig. 2.

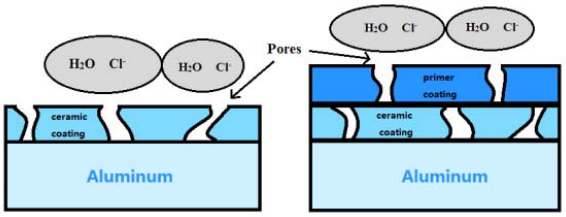


Fig. 2. Sketches of the pore distributions of coatings on the aluminum alloys in the context of polarization resistance [12]

The authors [12] provide a good example of how more detailed local information can be obtained by using AFM to explore the microtopography, homogeneity and defects of applied coatings (Fig. 3).

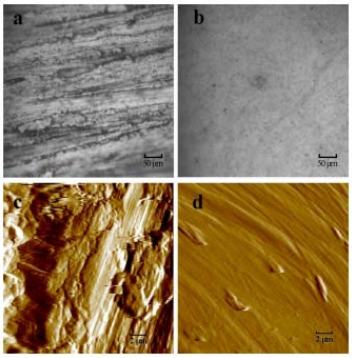


Fig. 3. OM and AFM images of sample A (bare aluminum alloy) and sample C (coated with chromate and epoxy coating) [12]

A. Fathy at al. produce Cu–ZrO_2 nanocomposites by the thermochemical process followed by powder metallurgy technique [13]. Microstructure development during fabrication process was investigated by X-ray diffraction, field emission scanning electron microscope and transmission

electron microscope. The authors show distribution of zirconium dioxide (ZrO_2) nanoparticles (45 nm) in the copper matrix, which resulted in the improvement of mechanical properties of Cu–ZrO_2 composites. The nanocomposite with 9 wt-% ZrO_2 possesses the highest hardness (136.5 HV) and the compressive strength (413.5 MPa).

2. Experimental data and results

In the department “Space material science” ultrafine diamond particles for nickel coatings on metal alloys are synthesized [14, 15]. Detonation nanodiamonds are used as strengthening particles for improving the mechanical properties of materials. Also Authors in [16] study austempered ductile iron with nanosized additives.

The influence of deposited within nickel-phosphorus matrix cubic nano- and micro-sized particles (nanodiamond and micron cubic boron nitride) on the structure of the composite coatings/steel (Ni+cBN/17CrNiMo6) is investigated. Electroless nickel bath is used to prepare nickel composite coatings from a suspension. The particles have influence on the composition.

The structure, morphology and hardness are analyzed to study the samples. The influence of thermal processing of the samples properties is investigated.

The advance measuring techniques includes optical microscopy, SEM and scanning probe microscopy at the level of nano- and micrometer scale.

The samples are examined after polishing and special processing of the materials.

2.1. Optical microscopy

The microstructure is observed by metallographic microscope Neophot 32. A coating thickness of 7 to 9 um is determined. There are changes in microstructures after the heat treatment (Fig. 4).

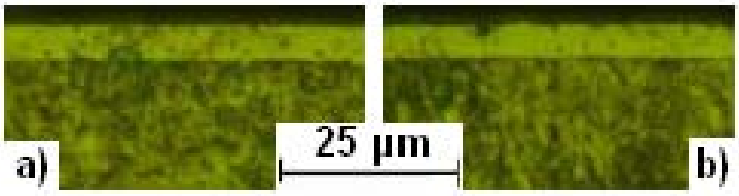


Fig. 4. Coatings Ni+cBN on steel 17CrNiMo6: a) with thermal processing; b) without thermal heating [14]

The hardness of the coatings is associated with the crystalline transition of nickel layer and formation of a new phase of Ni_3P.

Microhardness measurements are observed with a Knoop testing $HK_{0,02}$ = (712-1264). The low values reflect the influence of the residual porosity on the "soft" gray areas of the structure (Fig. 5).

2.2. SEM analysis

Samples structure is characterized by SEM and XRD. The SEM micrographs of surfaces of Ni+cBN on steel 17CrNiMo6 with/without thermal processing 290 °C (TO) are shown in Fig. 5. Two kinds of structures are found.

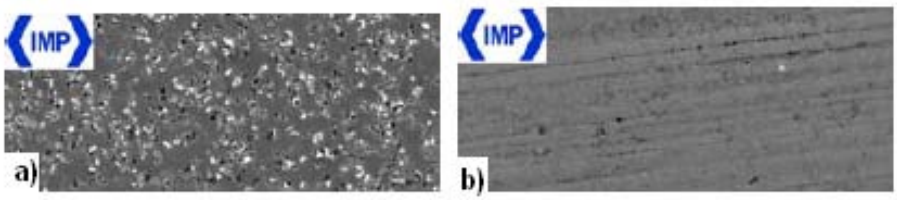


Fig. 5. Morphology of Ni+cBN on steel 17CrNiMo6: a) with TO; b) without TO [14]

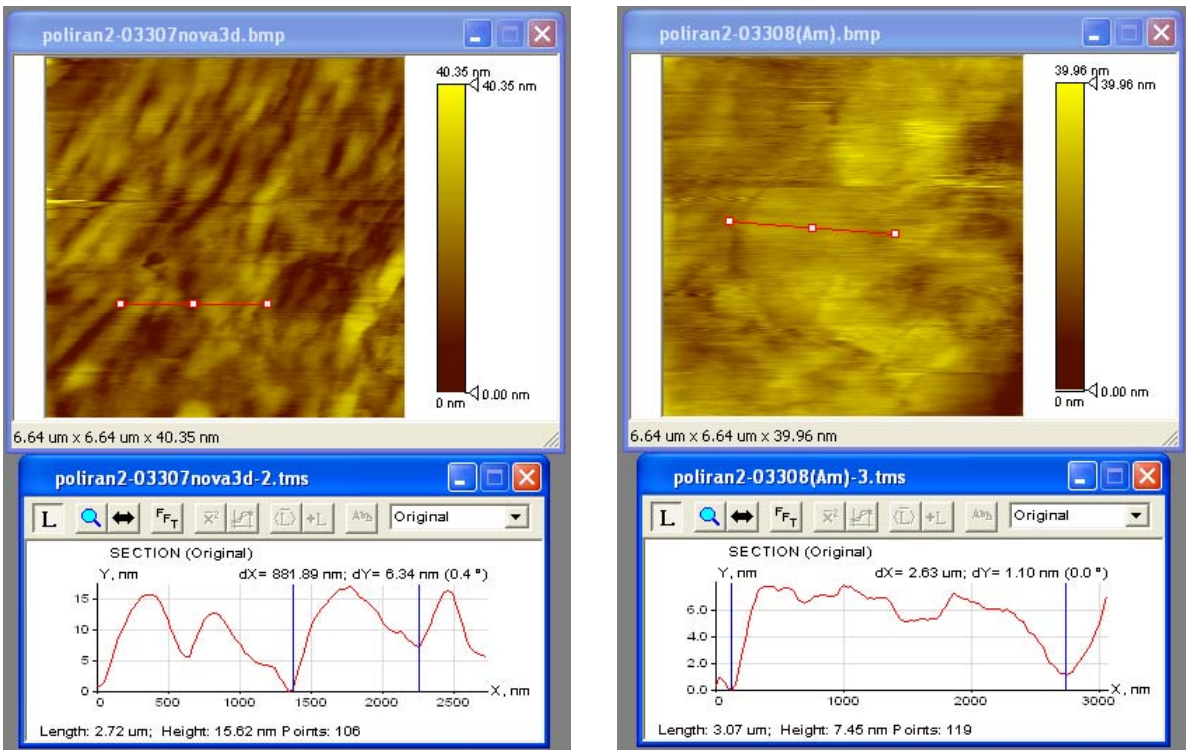
In the structures, obtained SEM investigations are revealed the chemical content of bulk metal regions. EDX allows information on the chemical composition of the sample. The white particles are cNB.

2.2. Nanoscan analysis of surfaces topology

Scanning testers of *"NanoScan"* family (Technological Institute for Superhard and Novel Carbon Materials, Russia) has been developed on principles of scanning probe microscopy (SPM) [17].

Fig. 6. Diamond tip

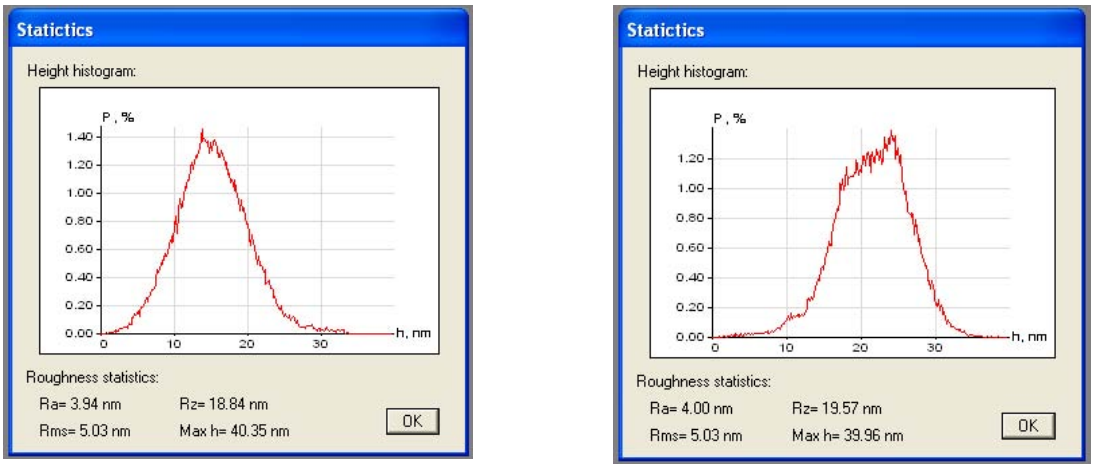
The main characteristic feature of *NanoScan* is the use of piezoresonance probe sensor having high bending stiffness of the cantilever 5-50 kN/m and resonant frequency 12 kHz (Fig. 6). The use of the regime of resonance oscillations allows tracking of contact between the probe tip (diamond indentor) and the surface on two parameters: change of amplitude and frequency of the cantilever oscillations. The investigation technique of structure using NanoScan allows to investigate the structure and quality of the surface (standard tapping mode). It gives possibility to calculate different parameters of surface roughness [18-22].



a) b)

Fig. 7. Topography of the surface:
a) 2D image and a cross-section along line of sample Ni+cBN on steel 17CrNiMo6 with TO 290 °C;
b) 2D image and a cross-section along line of sample Ni+cBN on steel 17CrNiMo6

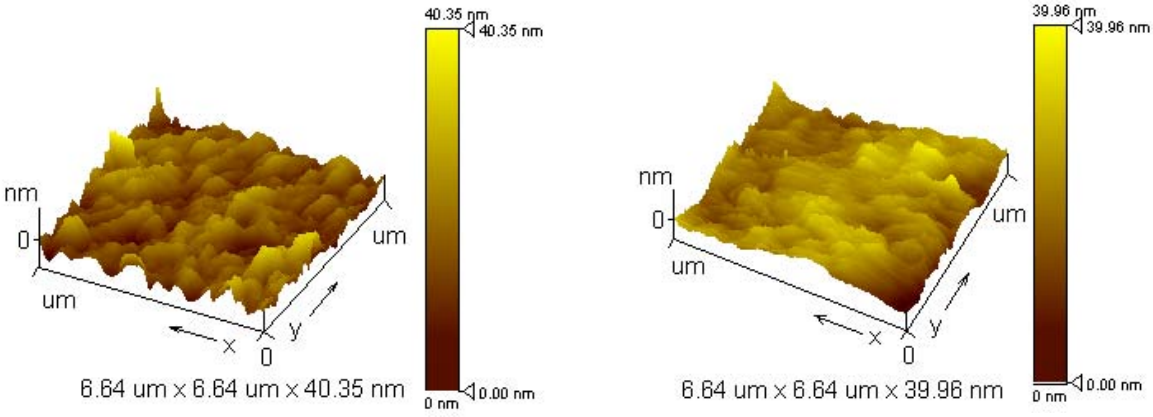
Texture is the surface that forms the threedimensional topography of the surface with roughness (nano- and microroughness), waviness (macroroughness), pores and defecs. Nano- and microroughness are formed by fluctuations in the surface which are characterized by hills (maxima) and valleys (minima) of varying amplitudes (Fig. 7). Liners are peaks in a profile (two dimensions) and in a surface map (three dimensions).



a) b)

Fig. 7. Roughness statistics: a) sample Ni+cBN/17CrNiMo6 with TO; b) sample Ni+cBN/17CrNiMo6

Surface roughness is characterized by calculating the roughness parameters. These parameters are derived from programma NanoScan Control. Ra is average roughness (the arithmetic mean of the absolute values of the height of the surface profile). Rms = 5,03 nm (root mean square roughness) parameter is the standard deviation of the surface heights values within a given area. Roughness Depth Rz is the arithmetic mean of the highest peaks added to the deepest valleys over the evaluation length measured. Rz is more sensitive to occasional high peaks or deep valleys. Surface profile analysis of samples includes Rz and maximum depth Max h. The cross-sectional line of the coatings is examined (Fig. 7).



a) b)

Fig. 8. 3D images: a) sample Ni+cBN/ 17CrNiMo6 with TO b) sample Ni+cBN/17CrNiMo6

AFM micrographs reveal that the samples are with smooth surface (Fig. 8). The surface roughness of both samples (with and without TO) is identical.

3. Conclusions

The advance measuring techniques include microhardness and roundness testing at the level of nano- and micrometer scale. Nanomeasurement techniques are important to improve the chemical technology and quality of surface characterization. Increasing the hardness of the nickel-phosphorus-cBN composite coating is obtained after heat treatment.

The electroless nickel depositions and electroless composite coatings whit reinforcing particles will be of great help in the future study of unknown coating properties, coating structures, new reinforcing particles in composite coatings, for new potential aerospace applications and project proposals.

Acknowledgements

The technique of research and experimental data are developed under Joint Research Project *"Influence of nanosized additives on the physical and mechanical properties of the composite materials and coatings" (2015-2017),* between the Bulgarian Academy of Sciences (*Space Research and Technology Institute*) and the Polish Academy of Sciences (*Institute of Metallurgy and Materials Science*, *Institute of Precision Mechanics*).

References:

1. Yordanov, M., R. Shiskov, P. Petrov, G. Stefanov, Evaluation of actual internal stresses in CrN coating by XRD and nanoindentation measurements, COMEC'2007, ISBN 978-973-598-117-4, 2007, pp. 169-173
2. Cherneva, S., M. Yordanov, D. Stoychev, R. Iankov, "Determination of mechanical properties of anode formed films on aluminium AD-3", Int. Conference NANOMEASURE'2010, 3-4 June 2010, Krakow, Poland
3. Yordanov, M. & N. Zlatanov, Laser treatment of some copper and aluminum alloys, International Conference, Sliven'94, Bulgaria, Vol. 2, 1994, pp. 268–273
4. Mansfeld, F. & C. H. Tsai, Determination of Coating Deterioration with EIS: I. Basic Relationships, Corrosion, 1991, 47(12),958–963
5. Delaunois, F., P. Lienard, Heat treatments for electroless nickel–boron plating on aluminium alloys Surface and Coatings Technology, Surface and Coatings Technology, Volume 160, Issues 2–3, 2002, pp. 239-248, https://doi.org/10.1016/S0257-8972(02)00415-2
6. Yildiz, Rasid Ahmed, Kenan Genel, and Turgut Gulmez, Effect of Heat Treatments for Electroless Deposited Ni-B and Ni-W-B Coatings on 7075 Al Alloy, International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing, Vol. 5, No2, 2017, pp. 83-86
7. Apachitei, I., J. Duszczyk, Autocatalytic nickel coatings on aluminium with improved abrasive wear resistance, Surface and Coatings Technology, Volume 132, Issue 1, 2000, pp. 89-98, https://doi.org/10.1016/S0257-8972(00)00864-1
8. Liu, Y., P. Skeldon, G. E. Thompson, H. Habazaki, K. Shimizu, Chromate conversion coatings on aluminium–copper alloys, Corrosion Science, Volume 47, Issue 2, 2005, pp. 341-354
9. Keong, K., G., W. Sha, Crystallisation and Phase Transformation Behaviour of Electroless Nickel-Phosphorus Deposits and Their Engineering Properties, 2013, pp. 329-343, http://dx.doi.org/10.1179/026708402225010010
10. Zheludkevich, M. L., K. A. Yasakau, S. K. Poznyak, M. G. S. Ferreira, Triazole and thiazole derivatives as corrosion inhibitors for AA2024 aluminium alloy, Corrosion Science, Volume 47, Issue 12, 2005, pp. 3368-3383, https://doi.org/10.1016/j.corsci.2005.05.040
11. Shakoora, R. A., Ramazan Kahramana Umesh, S. Wawarea, YuxinWangb, WeiGao, Synthesis and properties of electrodeposited Ni–B–CeO2 composite coatings, Materials & Design, Volume 59, 2014, pp 421-429
12. Yue Jingyi & Yan Cao, Corrosion Prevention by Applied Coatings on Aluminum Alloys in Corrosive Environments, Int. J. Electrochem. Sci., Vol. 10, 2015, pp. 5222-5237
13. Fathy, A., Omayma Elkady, Ahmed Abu-Oqail Microstructure, mechanical and wear properties of Cu–ZrO2 nanocomposites, Materials Science and Technology, 2017, DOI: 10.1080/02670836.2017.1353668
14. Karaguiozova, Z., PhD theses "Micro- and nanostructured composite nickel coatings deposited by electroless method", 2014
15. Karaguiozova, Z. K., Electroless Ni composite coatings with nanodiamond additives, J. Resource Saving Technologies for Production and Pressure Shaping of Materials in Machine-Building, Lugansk 91034, Ukraine 2014, pp. 139-145
16. Kaleicheva, J., M. Kandeva, Z. Karaguiozova, V. Mishev and P. Shumnaliev, Investigation on wear resistance of ductile cast iron covered with nanostructured composite Nickel coatings, 9-th International Conference in Manufacturing Engineering, Thessaloniki, Greece, ISBN 978-960-98780-5-0, 2011, pp. 405-414.
17. www.nanoscan.info
18. Gogolinsky, K., Kosakovskaya Z., Reshetov V., Chaban A., Acoustical Physics, 6, 2002
19. Gogolinsky, K., Reshetov V., Industrial laboratory (Testing of materials), V.64, №6,1998
20. Blank, V., Popov M., Lvova N., Gogolinsky K., Reshetov V., J. Mater. Res., 12, 1997, pp. 3109-3115.
21. Useinov, A., Instruments and experimental techniques, № 1, 2004, pp.136-140.
22. Oliver, W. C., Pharr G. M., J. Mater. Res., №7, 1992, pp. 1564-1571.

S E S 2 0 1 7
Thirteenth International Scientific Conference
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2017, Sofia, Bulgaria

АНАЛИЗ НА НАНОСТРУКТУРИ ЧРЕЗ СКАНИРАЩА МИКРОСКОПИЯ

Анна Петрова

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

Ключови думи: *Микроструктура, морфология, грапавост*

Резюме: *Текущите изображения предоставят допълнителна информация за свойствата на повърхността. Техниките за изследване при сканираща сондова микроскопия (SPM) са безразрушителни и осигуряват измерване на механичните свойства на изследваните образци. Микроскопът позволява измерване на грапавостта на повърхността. Трудно е да се сканира, когато има пори, големи образования и драскотини върху повърхността на пробата.*

Морфологията на повърхността се наблюдава с микроскоп NanoScan.

SURFACE MORPHOLOGY ANALYSIS OF NANOSTRUCTURES BY SCANNING PROBE MICROSCOPY

Anna Petrova

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

Keywords: *Microstructure, morphology, roughness*

Abstract: *Current images are also provide the additional information on properties of the surface. SPM techniques (scanning probe microscopy) are non-destructive and provide post-measurements of mechanical properties of the sample. The microscope allows surface roughness measurements. It has difficult to scan when there are pores, big rough formation and scratches on sample's surface.*

The morphology of the surface is observed using NanoScan microscope.

1. Въведение

Сканиращата микроскопия възниква като самостоятелна област в материалознанието и физическото състояние на повърхностите. При нея се наблюдава взаимодействие между иглата на сканираща сонда и изследваната повърхност на образец.

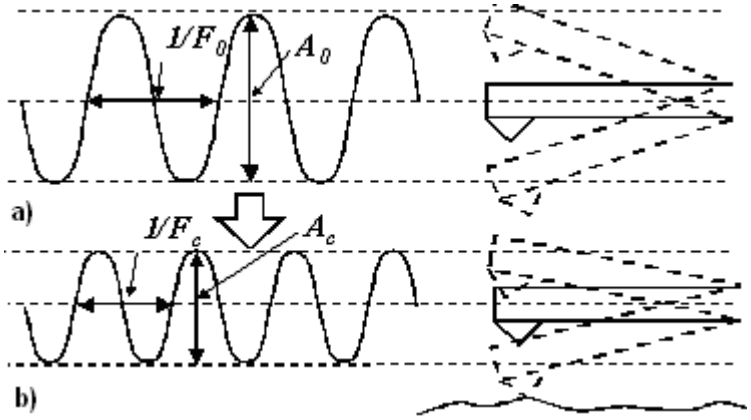
Развитие в тази област се наблюдава след 1981 г. с изобретяването на сканиращия тунелен микроскоп (STM) от Нобеловите лауреати (1986 г.) Gerd Binnig & Heinrich Rohrer (IBM, Zürich). При експеримента се използва регулиране на разстоянието между пробата и сондата с обратна връзка (feedback control) [1].

Сканиращият тунелен микроскоп използва квантово-механичен ефект (тунелен преход на електрони). Когато върхът на тънка метална игла бъде доближен до метална или полупроводникова повърхност на близко разстояние, но без да я допира, електрони от повърхността на изследвания образец прескачат потенциалната бариера и преминават във върхчето на иглата. Това явление е съпроводено с протичане на т. нар. тунелен ток. При ниско напрежение тунелният ток е функция от локалната плътност на състоянията или вариациите в силата на тока, причинени от движението на иглата по повърхността. Графичният запис на тази зависимост дава възможност за получаване на изображение. Ако изследваният образец не е проводящ материал се използва атомно-силов микроскоп (AFM). Разглежда се взаимодействието (Ван дер Валсови сили) между атомите на това острие и атомите от повърхността. Различните изследвания определят големия брой изследователски методики, като непрекъснато се наблюдава представяне на нови техники от различни автори.

Сканиращите микроскопи могат едновременно да илюстрират няколко взаимодействия. Начинът на използване на тези взаимодействия определя режима на работа за получаване на изображението. Разделителната способност варира при използваната техника. Това се дължи на трептенията на сондата и електронно командване, определящи т. нар. *"пиезоелектрични техники"*. Данните се получават като двуизмерна мрежа от точки, визуализирани в подбран цвят като компютърно изображение [2].

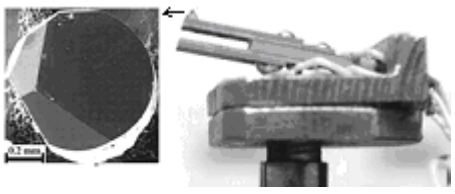
В зависимост от типа на сканиращия микроскоп се анализират различни характеристики на контакта. Чувствителността на сондата се определя от конструкцията. При контакт на иглата с повърхността се наблюдава промяна в параметрите на конзолата (амплитуда и честота) под действие на силите на взаимодействие. По този начин се описва релефа на повърхността (Z-координатата в точката на контакта).

Настоящите изследвания са направени със сканиращ електронен микроскоп *NanoScan* (ТИСНУМ, Русия) в секция *"Космическо материалознание"*, ИКИТ – БАН. Микроскопът *NanoScan* е уникална апаратура за изследване на свойствата на материали, тънки слоеве и покрития. Работи в контактен режим с пробата, на въздух, при нормални условия. Натрупването на информация става чрез изменение на електричния сигнал в сондата [3]. Това позволява да се избегне проблема с блестящата повърхност (интерференция) при изследването. Използват се две величини: разликата в амплитудите на свободните колебания на конзолата A_0 и амплитудата при контакт с повърхността A_C и разликата в честотите при свободни колебания F_0 и честотата при контакт F_C (Фиг.1).



Фиг. 1 . Колебания на сондата:
а) Свободни (F_0; A_0); b) При контакт с повърхност (F_C; A_C)

За позициониране в *NanoScan* се използва оптична камера и режим на предварително сканиране на повърхността преди всяко измерване. Избирателно честотата F или амплитудата на трептенията A се запазват постоянни по време на сканирането. При постоянна честота F свободният параметър е амплитудата A и обратно. Използва се динамичен режим (Tapping mode), при който острието трепти с определена честота и обхожда повърхността на образеца [4]. Теорията включва резонансните свойства на акустични вълни на огъване, разпространяващи се в тънки пластинки с крайни размери.



Фиг. 2. Пиезорезонансна сонда с диамантена пирамида

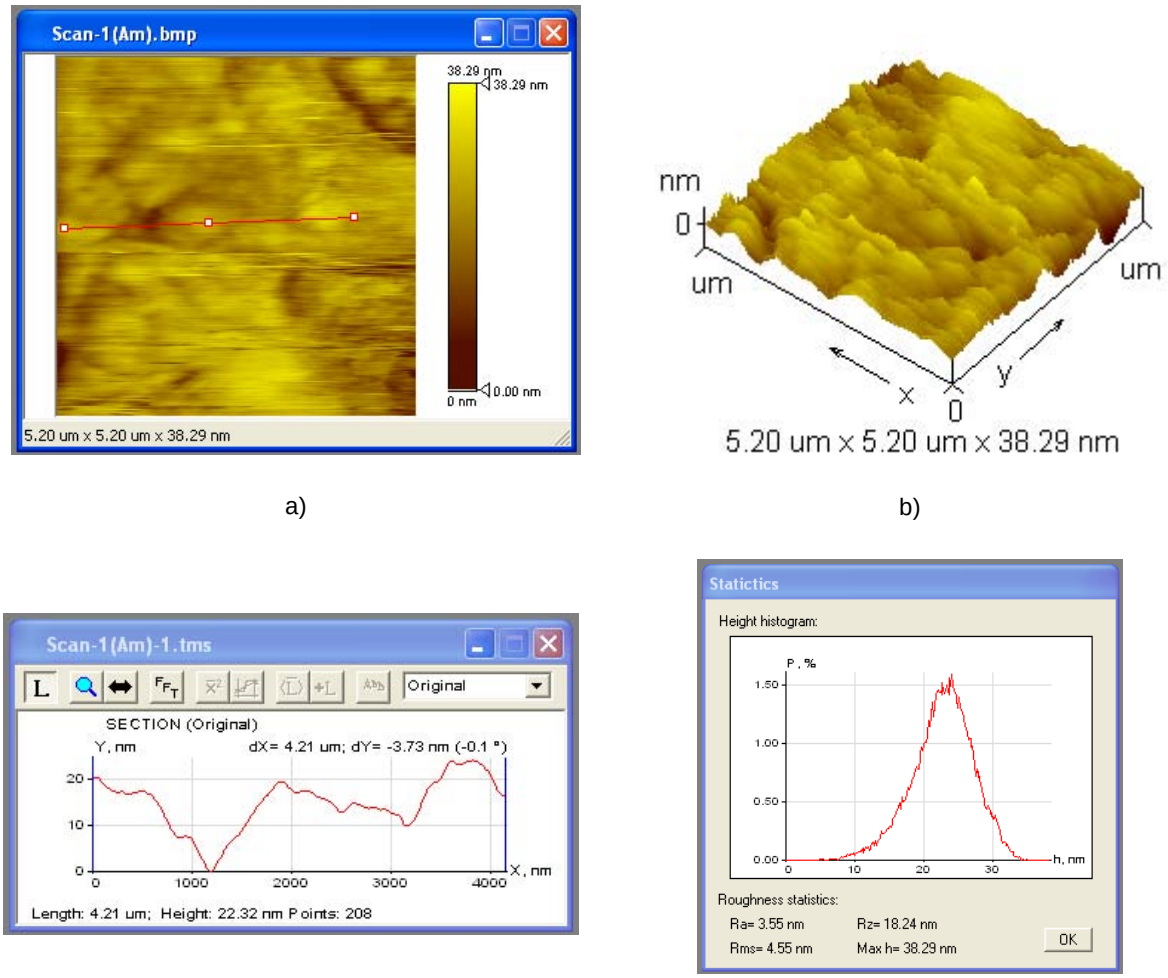
Този режим на работа е широко разпространен при този вид микроскопи. За първи път е описан, обоснован и въведен от Y. Martin et al. [5].

Главната отличителна черта на микроскопа е пиезорезонансна сонда с камертонна конструкция (Фиг. 2). Острието представлява правилна триъгълна диамантена пирамида тип Беркович с ъгъл 136 °. Диаматената пирамида е от синтетичен диамант, произведен от ФГБНУ ТИСНУМ, Русия.

2. Експериментални измервания и резултати

Изследването обхваща проби от тънки Si слоеве и върху стъклена подложка с потенциални приложения в съвременните технологии (соларни клетки, плоски дисплеи). Получени са по метода AIC (Aluminium Induced Crystallisation) [6,7].

Програмата за управление *NanoScan control* позволява да се извърши обработката на данните от файловете, чрез визуализация, пресмятане и представяне на статистически параметри. Обработката на топографското изображение дава информация за структурата и механичните свойства на пробите. По време на процеса на сканиране, заедно с профила на повърхността, се записват промените на свободния параметър на сондата (в случая това е амплитудата).



Фиг. 3. Характеристики на основата, образец 1: a) Повърхност, 2D изображение; b) 3D изображение; c) Сечение; d) Статистически параметри

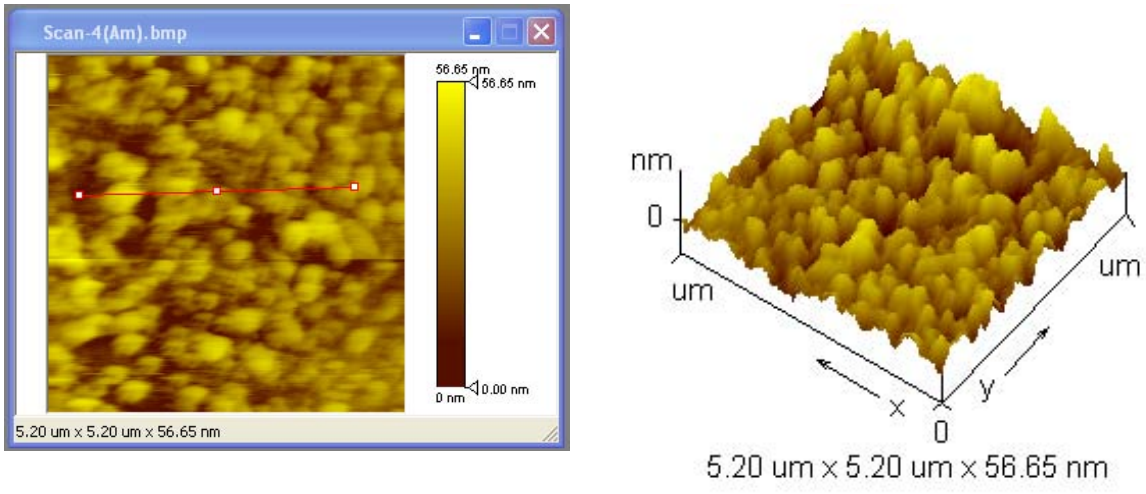
Образец 1 е стъклена подложка. Повърхността на основата е гладка. На 2D изображението, Фиг. 3. a), и 3D b) се виждат сравнително плитки драскотини. Сечението показва наличие на пора е с размер 20 nm (Фиг. 3. c). На Фиг. 3. d) са дадени параметрите на разглежданата област. Средно аритметична грапавост на повърхнината Ra (average roughness) описва различни по форма, размери и посока бразди, вдлъбнатини и изпъкналости, които образуват релефа на дадена повърхнина. Математически представлява сбора, разделен на броя им. По-голяма стойност означава по-грапава повърхност.

В математиката, средно квадратична или ефективна стойност Rms (root mean square roughness) е статистическа мярка за големината на променливата величина грапавост на повърхността. Rms винаги е по-голяма по стойност от Ra, като е по-чувствителна към наличието на екстремни точки. Средна грапавост Rz е разликата между средната стойност от най-високи пикове и най-ниските участъци в профила на повърхността. Параметърът Rz е по-чувствителен към случайни пикове или дълбоки долини.

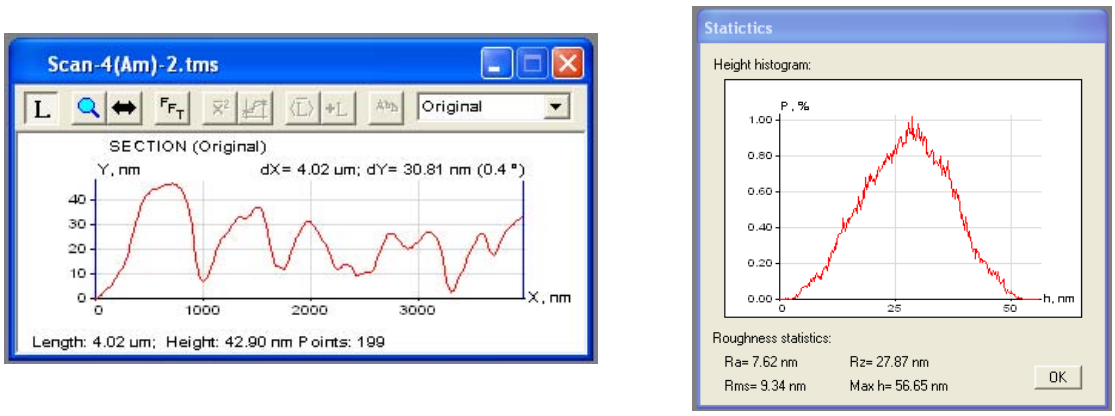
Характерна за изследвания образец е още величината максимална дълбочина на наноидентиране Max h.

При Rms = 4,56 nm, средно аритметичната грапавост на повърхнината е Ra = 3,55 nm.

Образец 2 е основата със слоя, отложен по цитираната технология.



a) b)

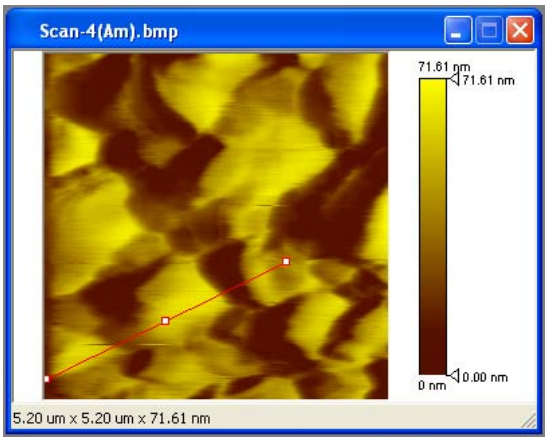


c) d)

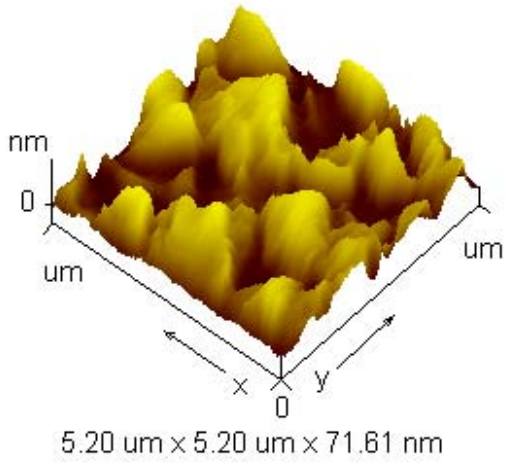
Фиг. 4. Характеристики на образец 2: a) Повърхност, 2D изображение; b) 3D изображение; c) Сечение; d) Статистически параметри

Повърхността на образец 2 е по-грапава, в сравнение с повърхността на основата, образец 1. Ясно се разграничават частиците от слоя. Наблюдават се отделни зърна с размери от няколко nm до няколко десетки nm на изображенията: Фиг. 4. a) 2D и Фиг. 4. b) 3D. Частиците са със сферична форма. Слоят не е плътен, има пори. Сечението показва дълбочина на порите 35 nm (Фиг. 4. c). На Фиг. 4. d) параметрите на разглежданата област са при Rms = 9,34 nm, средно аритметичната грапавост на повърхнината е Ra = 7,62 nm.

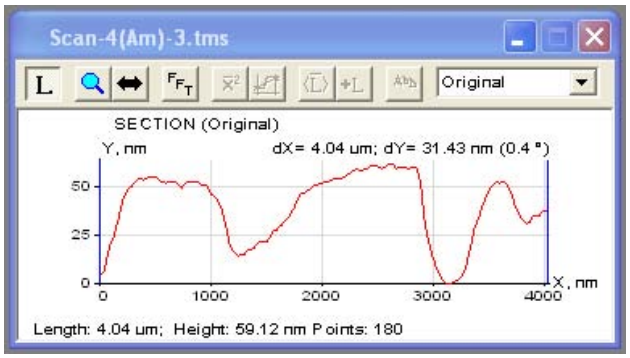
Образц 3 представлява SnTe епитаксиални слоеве [8,9]. Анализирани са структурни образования от повърхността на образц 3. (Фиг. 5). На Фиг. 5 a) 2D и Фиг. 5. b) 3D се забелязват “пирамидални” структури с размери няколко десетки nm до няколко um. Сечението (Фиг. 5 c) обхваща 3 пирамиди с различна форма и големина.



a)



b)



c)

Фиг. 5. Характеристики на образец 3: a) Повърхност на образец, 2D изображение;
b) 3D изображение; c) Сечение

Чувствителността на сондата и точността на сканиране определят получаването на изображения с максимална хоризонтална резолюция около 0,05 nm, а по вертикала - резолюция до 0,01 nm. Това е предимство при използването на сканиращата сондова микроскопия пред оптичните микроскопи. Съчетаването на двата метода допълва информацията за структурата и повърхностния слой, разпределението на фазите в изследваните материали.

3. Заключение

Топографията на изследваните образци от тънки слоеве показва наличието на различни по размер частици и структурни образования.

Може да се направи извод, че е необходима оптимизация на условията за отлагане на слоевете по посочените технологии. Промените в процеса на кристализация биха осигурили по-плътни слоеве, увеличаване размера на зърната, без наличие на празнини между отделните частици. Това води до намаляване на грапавостта на слоевете и подобряване на свойствата.

Поради изключителните си химични и физични характеристики полупроводниковите силициеви материали са перспективни материали за реализирани на уреди, работещи при високи температури, високи нива на радиация, и големи мощности. Това включва нови приложения в промишлеността и космическата индустрия.

Благодарности

Авторът благодари на В. Григоров за предоставените образци 1 и 2, както и на доц. Н. Желева и проф. Д. Кушев от Физически факултет, СУ „Св. Кл. Охридски”, Лаборатория по физика и техника на полупроводниците, за предоставянето на образец 3.

Литература:

1. Oliver, W. C. and Pharr G. M., Journal of Materials Research 19, 2004, pp. 3-20
2. Дашковская, Е. Ю., А.И.Козельская, Е. Е. Швецов, Применение сканирующего нанотвердомера Наноскан для исследования тонких биосовместимых кальций-фосфатных покрытий, полученных ионно-плазменными методами, XV Международная научно-практическая конференция Современные техника и технологии, 2014, стр. 481-483
3. Волина, А. А., К. С. Кравчук, А. А. Русаков, А. С. Усеинов, Применение алмазных наконечников с малым углом заострения для исследования механических свойств и рельефа поверхности, Химия и химическая технология, том 57, № 12, 2014, стр. 100-102
4. Lvova, N., Perfilov S., Useinov A. Study of nanostructured composites using the sclerometry method, Key engineering materials – 2014 – v.627 – C.233-236
5. Martin, Y., C. C. Williams, , H. K. Wickramasinghe, Atomic force microscope – force mapping and profiling on sub 100-E scale, J. App. Phys., Vol. 61, № 10, 1987, pp. 4723-4729
6. Dimova- Malinovska, D., V. Grigorov, M. Nikolaeva-Dimitrova, O. Angelov, N. Peev, Investigation of structural properties of poly-Si thin films obtained by aluminium induced crystallization in different atmospheres, Thin Solid Films, Volume 501, Issues 1–2, 2006, pp. 358-361
7. Dimova-Malinovska, D., O. Angelov, M. Sendova-Vassileva, M. Kamenova, J. C.Pivin, Thin Solid Films, Polycrystalline silicon thin films on glass substrate, 451–452, 2004, pp. 303-307
8. Zheleva, N. N., St. T. Peshkalova, P. Y. Yordanov, D. B. Kushev, Low-dimensional lead chalcogenide semiconductor structures for optoelectronic applications, Nanoscience & Nanotechnology 3, Heron Press, 2003, pp. 210-212
9. Zheleva, N. N., Kushev, D. B., Peshkalova, St. B., Nevzat, T. N., Optical absorption edge of SnTe thin films, AIP Conference Proceedings, Vol. 899, 2007, pp. 6906-6912

OPTICAL POLYMERS IN REMOTE IMAGING DEVICES

Stefka Kasarova[1], Nina Sultanova[1], Ivan Nikolov[2], Radostin Kasarov[1]

[1]University "Prof. Dr. Assen Zlatarov"- Burgas, Dept. of Mathematics and Physics
[2]Sofia University "St. Kliment Ohridski", Faculty of Physics
e-mail: kasarova_st@yahoo.com

Keywords: *Optical polymers, remote imaging, polymer lens design*

Abstract: *We have investigated optical properties and some material characteristics of various types of polymers including principal, many trade-marks and development plastics. Refraction of bulk samples as well as thin layers has been measured in the spectral region between 400 and 1300 nm and transmission is investigated in the diapason 400-2500 nm. Selection of polymers in remote imaging systems is accomplished on base of their refractive, dispersive and thermal characteristics. Refractive indices, Abbe numbers, principal, partial and relative partial dispersions are presented. Influence of temperature on optical properties is considered. Optical design of a Newton type polymer mirror-lens objective is presented. The system is intended for remote imaging of contaminated ground areas. Geometrical aberrations are computed to verify image quality.*

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ОПТИЧНИТЕ ПОЛИМЕРИ В УРЕДИ ЗА ДИСТАНЦИОННО НАБЛЮДЕНИЕ

Стефка Касърова[1], Нина Султанова[1], Иван Николов[2], Радостин Касъров[1]

[1]Университет „Проф. д-р Асен Златаров", Катедра „Математика и физика"
[2]СУ "Св. Кл. Охридски", Физически факултет
e-mail: kasarova_st@yahoo.com

Ключови думи: *Оптични полимери, дистанционно наблюдение, оптичен дизайн на полимерни обективи*

Резюме: *Изследвани са оптичните свойства и някои материални характеристики на голям брой оптични полимери, включващи както основни, така и развойни материали и някои търговски марки. Измерени са показателите на пречупване на тънкослойни и обемни полимерни образци в спектралния диапазон от 400 до 1300 nm и трансмисионни спектри от 400 до 2500 nm. Изборът на подходящи полимери за обективи в системи за дистанционно наблюдение се базира на техните рефракционни, дисперсионни и топлинни характеристики. Разгледани са показателите им на пречупване, числата на Аббе, средни, частни и относителни частни дисперсии. Изследвано е влиянието на температурата върху оптичните свойства на полимерите. Представен е дизайнът на огледално-лещов полимерен обектив, тип Нютон, за дистанционно наблюдение на земни повърхности. Качеството на образа е оценено чрез изчислените аберации.*

Introduction

Polymers are preferable materials in optical instruments, data recording devices, optical communications, displays, light-emitting diodes, etc., because of their low cost, reduced weight, flexibility and excellent transmittance in the visible and near-infrared spectra [1]. Injection moulding technology offers high-volume production of complex optical surfaces and multifunctional components. Polymers integrate proper mechanical and optical features. They exhibit high impact and shatter resistance and are preferred materials in aircraft equipment where safety and reliability is an important factor. Thermal instability of polymers is possible to be reduced in hybrid glass-plastic optical systems while proper choice of housing materials minimizes thermal aberrations [2]. Polymer films over glass

components are used in high-performance imaging optics or in production of optical sensors, fibers and waveguides.

Polymers are successfully applied in aerospace optical technologies. They are widely used in LED displays for interactive visualization and satellite telecommunications, starting from smart phones to complex systems for geophysical and meteorological investigations, lidar measurements, multispectral cameras for remote imaging of land or ocean surfaces and atmosphere. Advanced materials are used in high-technological space applications. New hybrid and nanocomposite polymer structures are used in laser systems, optical memories, holographic media, photonic and plasmonic modules, optoelectronic components, hybrid objectives and so on. Smart materials as hybrid polymer-metal and polymer-glass assembled constructions, metal skeletons and grids fabricated in polymer matrixes, metal surfaces with implanted polymer molecular layers, polymer components integrated with metal atomic films is a leading segment in materials sciences, mechanical, aerospace, military, etc. engineering.

Remote sensing and imaging instruments with polymer optics are widely used for measuring from satellite-, aircraft-, and ground-based laboratories [2]. Different types of video spectrometers from multi- through hyper- to ultra-spectral are applied to gather detailed information of the investigated surface. Data processing of spectral luminance is used for numerous ranges of purposes such as identification of minerals in rocks and soil, measured organic content, pollution of oceans and groundwater, etc. Helmet mounted displays facilitate visual information in front of eyes of pilots and astronauts in real time. They are assembled with different optical polymer systems as magnifiers, goggles, targeting information, measuring screens, etc. Since 2008 colour LCD modules for helmets are produced with polymer viewfinders and panoramic night-vision goggles. In 2014 a new visualizing system F-35 Lightning II is made which provides pilots with unprecedented situational awareness as air speed, altitude, targeting information and warnings as well as real-time imagery from six infrared cameras mounted around the aircraft to the helmet.

Different optical polymers (OPs), including principal as polymethyl methacrylate (PMMA), polystyrene (PS), polycarbonate (PC), methyl methacrylate styrene copolymer (NAS), styrene acrylonitrile (SAN), some trade-marks of OPs as NAS-21 Novacor, CTE-Richardson, Zeonex E48R, Bayer, and development materials of Eastman Chemical Company (ECC) have been investigated. Refractometric measurements of bulk polymer samples and thin films have been accomplished in the entire visible (VIS) and near-infrared (NIR) spectral regions up to 1320 nm. Transmission spectra from 400 to 2500 nm have been measured, too. Dispersion curves and characteristics have been determined. Different optical properties of bulk polymers and thin films are pointed out. Influence of temperature on refraction is investigated by means of their thermo-optic coefficients, linear and volume thermal expansion and thermal “glass” constants.

Objectives with excellent optical characteristics and aberration corrections in the full field of view are required in remote imaging devices. The optical design of a Newton-type mirror-lens objective is presented to illustrate application of polymers in high quality optics.

Properties of polymer materials in lens design

Application of materials in lens design requires knowledge of optical properties as well as some mechanical, thermal and environmental characteristics. OPs are organic glasses that transmit well in the VIS and NIR regions. Polymer films prepared from ECC materials have been measured in the spectral area from 400 to 2500 nm by means of a UV-VIS-NIR spectrophotometer Varian Carry 5E and transmission spectra were presented in [3, 4]. All studied OPs have transmission of about 90 % in the diapason 500÷1600 nm, some weak absorption bands at 1660÷1700 nm and transmittance considerably decreases beyond 2200 nm in respect to the functional groups. At short wavelengths in VIS region fluctuations of transmittance between 75 – 85 % are registered for the different OPs. In Table 1 transmittance *TR* and the corresponding spectral range *SR* of bulk samples with 3.2 mm thickness is presented. Two SCHOTT glasses N-BK10 and N-SF57 are included for comparison. Indicated values of *TR* refer to a 10 mm thick sample in the region from 400 to 1970 nm [5]. Given spectral range is for transmittance over 70%. However, glass components are much heavier than polymer optics. For all studied OPs, measured density varies between 1.007 g/cm^3 for Zeonex E48R to 1.204 g/cm^3 for Bayer, while N-BK10 glass is with density 2.39 g/cm^3 and for N-SF57 the corresponding value is 3.53 g/cm^3.

Different measuring techniques have been used to supply sufficient refractometric data. The deviation angle method is applied to measure bulk polymer samples. We have used the Carl Zeiss Jena Pulfrich-Refractometer PR2 with its V-type SF3 glass prism to measure refractive indices (RIs) at five emission wavelengths in VIS region of the instrument’s spectral lamps with accuracy of 2×10^{-5}. A goniometric set-up was used in the entire VIS and NIR regions up to 1052 nm at eleven measuring

wavelengths and obtained results are with uncertainty of 3.6×10^{-4} [6]. Three- and four-wavelength laser microrefractometers have been applied to measure RIs of thin ECC films with an accuracy of 2×10^{-3}. The critical angle determination method is used. Selected refractive data is given in Tables 1 and 2. Studied OPs have a limited range of RI values between 1.471 for the cellulose and 1.592 for PS bulk specimens at the d-line (587.6 nm). Optical glass types are numerous and their n_d values vary from 1.49 to 1.9, but products with 1.43 and 2.1 RIs are also available. Refraction of bulk samples and thin polymer films from one and the same material at measuring wavelengths of the microrefractometers is compared in Table 2. Results of the cellulose bulk sample and film are close and RI values differ in the third decimal place, except for the shortest wavelength. Greater differences are observed for the polyacrylate polymer. For some of the measured thin films, variation of RI values with film thickness has been established [6]. These results can be explained by the fact that in case of bulk samples an average volume RI is measured, while for films a local value, near the surface, is registered. Dispersion properties of optical materials in VIS area is usually evaluated by the Abbe number at d- or e-line. Analogous number for the NIR measuring interval is introduced: $\nu_{879} = (n_{879} - 1)/(n_{703} - n_{1052})$. As seen, dispersive properties of films and bulk samples differ, which means that they should be investigated separately.

Table 1. Optical characteristics of OPs

	PMMA	Zeonex E48R	Optorez 1330	SAN	PS	Bayer	PC	N-BK10	N-SF57
n_d	1.4914	1.5309	1.5094	1.5667	1.5917	1.5857	1.5849	1.4978	1.8467
n_{879}	1.4835	1.5224	1.5021	1.5526	1.5756	1.5698	1.5683	1.4908	1.8188
$n_F - n_C$	0.0083	0.0094	0.0098	0.0160	0.0194	0.0195	0.0201	0.0074	0.0356
$n_g - n_F$	0.0052	0.0055	0.0056	0.0099	0.0115	0.0123	0.0123	0.0039	0.0221
$n_d - n_C$	0.0024	0.0027	0.0029	0.0044	0.0055	0.0054	0.0056	0.0023	0.0102
$n_s - n_t$	0.0018	0.0018	0.0030	0.0028	0.0036	0.0036	0.0036	0.0024	0.0073
ν_d	59.2	56.5	52.0	35.4	30.5	30.0	29.1	66.95	23.78
ν_{879}	96.7	100.5	71.7	66.6	55.9	54.8	54.6	83.21	41.57
$P_{g,F}$	0.626	0.585	0.571	0.619	0.593	0.631	0.612	0.5303	0.6216
$P_{d,C}$	0.289	0.287	0.296	0.275	0.283	0.277	0.279	0.3093	0.2855
$P_{s,t}$	0.217	0.203	0.307	0.175	0.186	0.185	0.179	0.3224	0.2042
TR, %	92÷95	92	93÷94	88	87÷92	88	85÷91	99.6÷98	73.3÷95.6
SR, μm	0.36÷1.6	0.36÷1.2	0.41-	0.36÷1.6	0.38÷1.6	0.38÷1.6	0.38÷1.6	0.31÷2.3	0.42÷2.0
$\Delta n/\Delta T, \times 10^{-4}$ K^{-1}	-1.30	-1.26	-1.20	-1.10	-1.31	-1.20	-1.00	0.034	0.022
$\alpha, \times 10^{-4}$ K^{-1}	0.7	0.7	0.7	0.5	0.6	0.6	0.5	–	–
$\alpha_L, \times 10^{-4}$ K^{-1}	0.5÷0.9	0.6	0.7	0.65÷0.67	0.6÷0.8	0.65	0.6÷0.7	0.058	0.085
$\gamma, \times 10^{-4}$ K^{-1}	-3.4	-3.0	-3.0	-2.5	-2.8	-2.6	-2.2	0.01	-0.06

Table 2. Comparative results for polymer thin films and bulk specimens

Polymer		Abbe number		Refractive index, λ, nm					
		ν_d	ν_{879}	406	532	632.8	656	910	1320
Cellulose	bulk sample	54.1	92.6	1.483	1.474	1.469	1.468	1.462	1.459
	thin film	40.9	79.6	1.493	1.473	1.467	1.466	1.460	1.457
Polyacrylate	bulk sample	63.3	97.6	1.514	1.497	1.492	1.492	1.487	1.484
	thin film	55.2	95.7	1.501	1.490	1.485	1.484	1.478	1.476

In lens design the acquired refractometric and dispersive parameters of optical materials are standardized. Except RIs and Abbe numbers at d- or e-line (546.1 nm) in correspondence to the USA and European standards, respectively, the principal dispersion $n_F - n_C$ or $n_{F'} - n_{C'}$ should be indicated. Additional characteristics as partial dispersions $n_g - n_F$, $n_d - n_C$, $n_s - n_t$ and relative partial dispersions $P_{g,F}$, $P_{d,C}$, $P_{s,t}$ are useful, too. For combination of materials in achromatic pairs relative partial dispersions should be close while the Abbe numbers differ substantially. As for example, PS or PC polymer may be combined with the PMMA material or PC with Zeonex E48R in a polymer doublet, while the N-SF57 flint and PMMA may form a hybrid glass-plastic pair. Characterization in NIR spectrum is carried out by RIs and Abbe numbers at 879 nm and partial and relative partial dispersions at s- (852.1 nm) and t-line (1014 nm). In this part of the spectrum OPs are less dispersive in comparison to VIS light and deviations of partial dispersions may be even smaller than those for glasses. OPs as PMMA and Zeonex E48R material are with lower value of $n_s - n_t$ than the N-BK10 glass, which is one of the least dispersive glasses. This is evident by the Abbe number values in NIR spectrum, too. Obviously these plastics seem to be the most suitable optical materials for night-vision optics and data communication devices.

Thermal stability of OPs is very important for their practical applications in systems and devices which operate in variable or extreme environmental conditions. Heating of polymers can cause undesirable transformations in their structure and influences over optical and mechanical properties. Maximal service temperature of OPs (60 to 250 °C) is substantially less than for optical glasses (400 to 700 °C). Among all studied optical plastics, the PC material is with the highest service temperature and broadest operating temperature band –137 °C ÷ +130 °C [7, 8]. The cyclic olefin copolymer Zeonex E48R with a similar n_d as acrylic materials, provides a higher-temperature alternative. Its highest service temperature of 123 °C is about 30 °C higher than PMMA. Increase of maximal service temperature of optical systems can be achieved via introduction of suitable substituents in polymers [9] or usage of hybrid glass-polymer optics [10]. Designers of polymer optics should be aware that environmental conditions should not exceed the prescribed temperature requirements by the polymer producing companies.

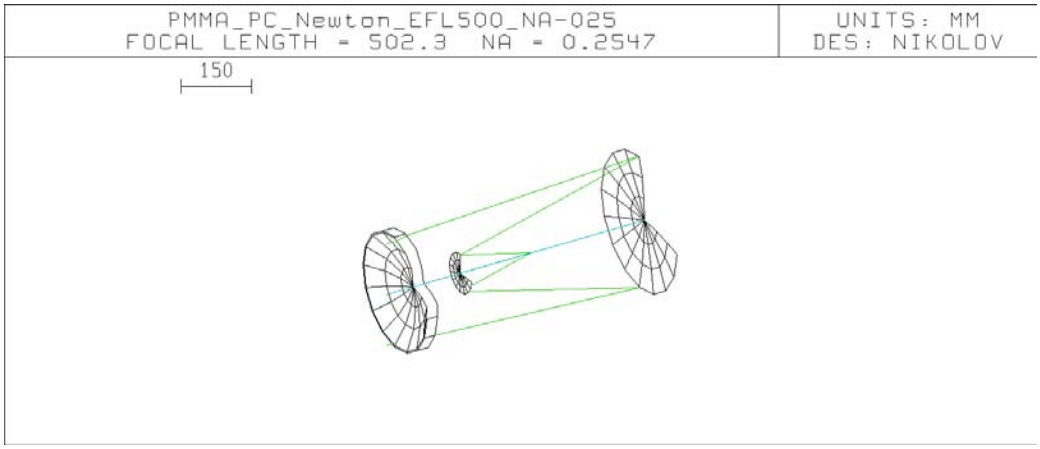
One of the most important parameter in optical applications of OPs is the variation of refractive index with temperature $\Delta n/\Delta T$, which is known in literature as a thermo-optic coefficient (TOC). Its value at d-line is calculated on base of our refractometric measurements in the temperature interval 10 to 50 ^{o}C and results are presented in Table 1. Slight alterations of TOCs with wavelength and temperature are established [6]. Most stable optically polymer is again the PC material. As seen, OPs have negative values of $\Delta n/\Delta T$ in contrast to the positive thermo-optic coefficients for most of glass types. The $|\Delta n/\Delta T|$ values of plastics are with about two orders of magnitude higher than those of optical glasses. Obtained TOCs have been used to derive the linear thermal expansion coefficients α using the well-known Lorentz–Lorenz equation and then thermal glass constants γ, which represent the normalized optical power ϕ change of a thin lens to unit ϕ and unit change of T, are estimated by the relation: $\gamma = d\phi/\phi dT = (dn/dT)/(n-1) - \alpha$. Calculated γ of OPs are always negative, while for glasses positive and negative values are possible. Linear thermal expansion coefficients and absolute values of thermal glass constants are with one or two orders of magnitude greater than those of various glass types. The obtained results for α are compared to literature data α_L in the table and good coincidence is established, though the methods of estimation are completely different. Results are essential for calculation of the thermally-induced optical aberrations of polymer elements [2].

Refractometric and dispersive data of OPs are not sufficient for the proper selection of the material in lens design. Physico-mechanical properties as hardness, ultimate tensile strength, impact resistance, elastic moduli, Poisson's ratio, etc. are important, too and they have been discussed in [3].

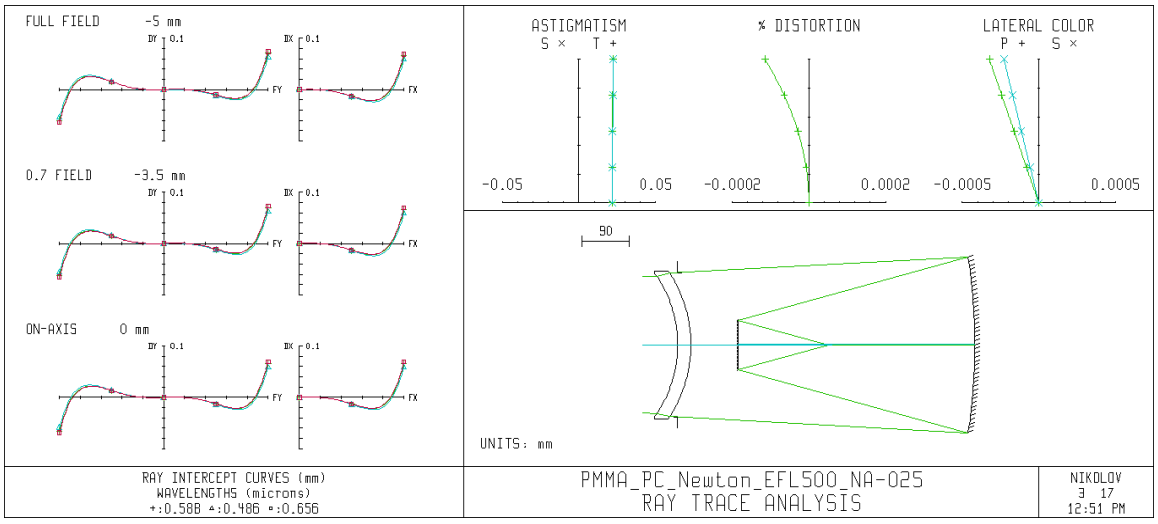
Optical design of objective for aerospace imaging devices

In aerospace remote imaging devices high optical performance with minimal weight of the objectives could be achieved by using polymer reflective schemes. Design of a mirror-lens Newton type objective with a 250 mm diameter is presented In Fig. 1. The system has a back focal length of 500 mm and an increased relative aperture 1:2. These parameters ensure high brightness and large concentration of energy at the focal spot of the objective. It is intended for remote imaging of ground areas contaminated with biological agents. The proposed tele-objective is focused at a distance of 5 m and object height is up to 5 mm. It consists of a PC primary spherical mirror, an achromatic PMMA meniscus lens and a secondary plane PC mirror (Fig. 1a). A slight screening effect is introduced by the second PC mirror which is compensated by the high energy spot concentration of the system. The mirrored PC elements are sputtered with aluminum reflective layers and silicon oxide anti-abrasive films are deposited over the polymer surfaces. The designed tele-objective may be used in a large

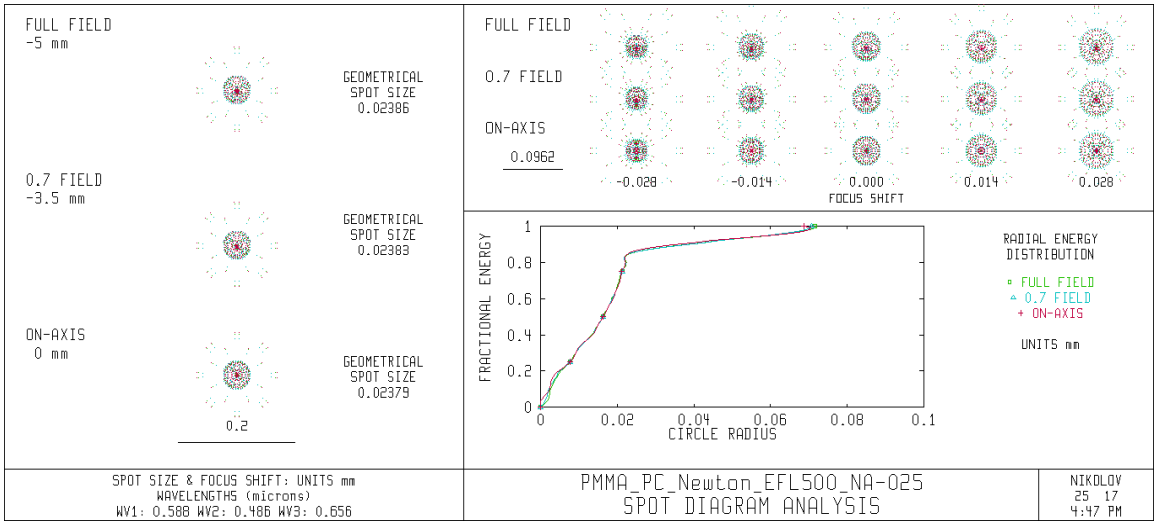
spectral area which is limited only by the PMMA transmission. It is much lighter than the glass prototype and is convenient for usage in remote sensing aerospace devices.



a)



b)



c)

Fig. 1. Design of a mirror-lens Newton type objective: a) 3D optical scheme; b) geometrical aberrations and optical layout; c) spot diagram analysis

Image quality of the synthesized optical system is evaluated by the computed geometrical aberrations and ray intercept curves at wavelengths 486, 588 and 656 nm which are presented in Fig. 1b. We have obtained a rather good sphero-chromatic correction for the designed objective. The spot diagram analysis and radial energy distribution are illustrated in Fig. 1c. The blur spot size is about 0.024 mm in the full field of view. Fractional energy concentration is slightly over 80 %. OSLO optical design software has been used.

Conclusions

OPs exhibit valuable optical, material and mechanical properties. They are transparent organic glasses in the VIS and NIR regions (Table 1). Spectral range of transmittance depends on the structure of the material and sample thickness. Comparison to optical glasses is presented. OPs have a limited range of refractive index values. Their dispersion in VIS light is higher than those of crown glasses and lower compared to dense flints. In NIR area OPs are lower dispersive and among studied polymers plastics as PMMA and Zeonex are with higher Abbe numbers than many glass types, including the widely used NBK10. Many dispersive characteristics as principal, partial and relative partial dispersions, Abbe numbers are estimated in VIS and NIR region and are useful in the design of optical polymer systems.

A drawback of OPs is their high temperature sensitivity. On the base of our refractometric measurements TOCs, linear thermal expansion coefficients and thermal glass constants are calculated (Table 1). Comparison to literature data shows good coincidence. Thermal compensation is possible in hybrid glass-plastic components and proper choice of the housing material. Combination of OPs and glasses may result in broad thermal range functionality and better correction of aberrations of optical devices. In precise imaging devices, glass components carry the optical power while polymers, usually as a layer over the glass, are used for reproducing unique geometrical surfaces to take advantage of the inherent quality and consistency of plastic moulding. Some differences in refraction and dispersion of polymer films are established in comparison to bulk samples (Table 2).

Design of an all-plastic Newton-type objective (Fig. 1), intended for remote imaging applications,is accomplished on base of optical and material characteristics of studied OPs. The system is with low weight, increased impact resistance and well corrected sphero-chromatism. Presented example of optical design illustrates that application of OPs is not a restriction on image quality of polymer optics.

References:

1. Lytle, J. Polymeric optics, in Handbook of Optics, Vol. II, Ed. Bass M. et al., McGraw - Hill Inc., New York, 1995, pp. 34.1-34.21.
2. Nikolov, I., S. Kasarova, N. Sultanova. Some aerospace applications of optical polymers. Aerospace Research in Bulgaria, Vol. 26, 2014, pp. 220-242.
3. Nikolov, I., S. Kasarova, N. Sultanova. Optical and material characterization of polymer materials and samples. SES 2014 Proceedings, 2015, pp. 473-478.
4. Nikolov, I., S. Kasarova, N. Sultanova. Polymer materials for NIR and laser applications. SES 2013 Proceedings, 2014, pp. 475-480.
5. SCHOTT Glass Technologies. http://www.us.schott.com, 2017.
6. Sultanova, N., S. Kasarova, I. Nikolov. Refractive Index Metrology of Optical Polymers, Lap Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, ISBN: 978-3-659-55714-9, 2014.
7. Nikolov, I., Z. Zaharieva. Mirror-lens optical system for image spectroscopy device, Proceedings of SPIE, Vol. 3573,1998, pp. 413-416.
8. Nikolov, I., A. Krumov, Z. Zaharieva. Optical lens assembly for image spectrometry. Balkan Physics Letters, Vol. 13, 2001, pp. 135 – 141.
9. Driessen, A, A. Leinse, S. Musa, R. M. de Ridder, Sulur. Polymer-based integrated optics devices, in Polymer Optical Fibers; Ed. H. Nalwa, American Scientific Publishers: Stevenson Ranch, CA, 2004, pp. 73-101.
10. Sultanova, N., S. Kasarova, I. Nikolov. Characterization of optical properties of optical polymers. Optical and Quantum Electronics, Vol. 45, No.3, 2013, pp.221-232.

ЗНАЧЕНИЕТО НА БЪЛГАРИЯ В ПРОИЗВОДСТВОТО НА НАНОДИАМАНТИ

Нончо Димитров

Университет за национално и световно стопанство
e-mail: noncho_dimitrov@abv.bg

***Ключови думи**: космическо материалознание, нанотехнологии, нанодиаманти*

***Резюме:** Обект на доклада са космическото материалознание и приносът му в създаването и използването на нанотехнологиите. Вниманието е фокусирано върху нанотехнологиите като микрочастици, които могат да променят света. Основна цел е да се разгледат по-подробно приложенията на нанодиамантите, като особено внимание е обърнато на тяхното производство и мястото им в промишлеността у нас. Главната задача е да се докаже огромното значение на България като производител на нанодиаманти.*

THE IMPORTANCE OF BULGARIA IN THE PRODUCTION OF NANODIAMONDS

Noncho Dimitrov

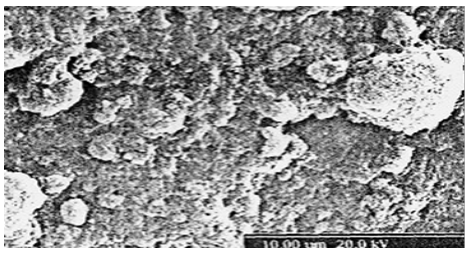
University of National and World Economy
e-mail: noncho_dimitrov@abv.bg

***Keywords:** space science, nanotechnology, nanodiamonds*

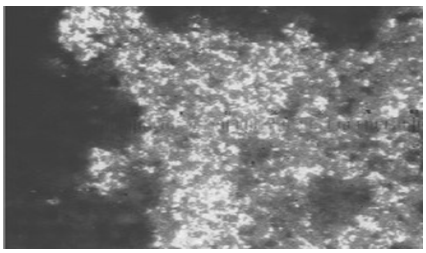
***Abstract:** Object is space science and its contribution to the creation and use of nanotechnologies. Attention is focused on nanotechnologies as microparticles that can change the world. The special purpose is to examine in detail the applications of nanodiamonds, with particular attention to their production and their place in the industry in our country. The main task is to prove the immense importance of Bulgaria as a producer of nanodiamonds.*

Въведение

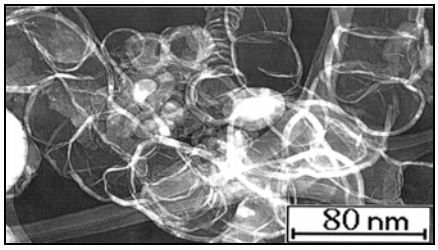
Двадесет и първи век – живеем в динамична и бързоразвиваща се среда. Бъдещето е неясно. Всеки ден се появяват все повече нови и нови технологии, всяка от които „представя“ себе си като технологията, която ще промени света. Има обаче една микроскопична частица с размер 0,000000001 част от метъра, която благодарение на своите свойства – твърдост, устойчивост и термична стабилност, е приложима в почти всяка една област, позната на човека – наночастицата. В днешно време бариери пред науката и технологията почти вече не съществуват и тези микроскопични частици могат да се използват под различни форми, както в промишлеността, така и в медицината, инженерството, електрониката и др. Всяка една от тях е част от структурното разнообразие на нановъглерода (Фиг. 1., Фиг. 2., Фиг. 3., Фиг. 4.). Особено важно значение имат нанодиамантите и най-вече тези, които се получават при процеса на детонационен синтез на въглеводорода. Този процес е предпочитан поради своята простота, висока производителност и ниската си цена. Освен това тези частици не замърсяват околната среда. Засега само 3 държави в света произвеждат нанодиаманти – Русия, Украйна и България. У нас тези частитици се добиват в рудничната галерия в Рудозем. Годишно се произвеждат около 3 000 000 карата (600 кг) нанодиаманти, които се продават на цена от около 1–2 щатски долара за грам. Галерията в Рудозем работи по технологии, патентовани от секция „Космическо материалознание“ към Института за космически изследвания е технологии към БАН (ИКИТ–БАН).



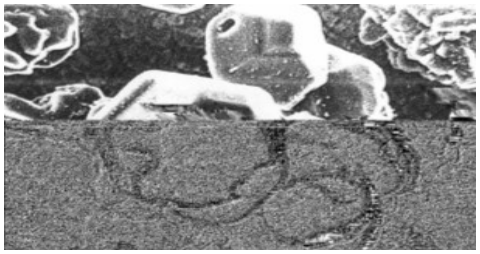
Фиг. 1. Детонационни нанодиаманти



Фиг. 2. Фулерени



Фиг. 3. Въглеродни нанотръбички



Фиг. 4. Нова фаза

Космическо материалознание и нанотехнологии

Космическото материалознание представлява синтез и изучаване на нови материали с аерокосмическо приложение и приложение в промишлеността. В България секция "Космическо материалознание" към ИКИТ–БАН спада към един от четирите приоритета на Националната програма за космически изследвания (НПКИ), а именно – "Фундаментални космически изследвания". Тези направления съвпадат с основните принципи на Европейската космическа програма (ЕКП), която стартира своята дейност през 2008 г. по решение на Европейския съюз и завърши през 2013 г. Целта на програмата бе координиране и обединение на изследванията на стария континент, с цел настигане на САЩ и Япония, а също така и определяне на стратегическите направления, отговарящи на интересите на човечеството [1]. Докъде обаче стигнахме?

През 2015 г. България стана официален член на Европейската космическа агенция (ЕКА). С тази стъпка тя получава възможността български студенти и учени да работят по програми на ЕКА, да се открият нови работни места и най-вече да се развиват високите технологии у нас. Именно в този сектор важна роля играе секцията "Космическо материалознание".

Предмет на нейната дейност са научни и научно-приложни изследвания (експериментални и теоретични) в областта на синтеза и изучаването на нови перспективни материали, получаване на нови модификации на съществуващи материали и приложението им в космическите изследвания, промишлеността и сигурността на страната.

Експерименттните изследвания са свързани с :

- Модификация и приложение на получаван по взривен метод диамантен прах (разнообразие от модификации с различни размери);
- Разработването и използвнето на нови композитни материали и покрития с подобрени физико-механични показтели (материали с адаптивна повърхностна структура, износоустойчиви покрития, материали с уякчена повърхност), както чрез методите на вакуумната трибология, така и чрез отлагане на покрития по безтоков метод. Провеждат се и теоретични изследвания;
- По разпространението на ударни вълни в твърди тела и дискретни среди. Основната цел е да се изследва реакцията на тези системи при взривноимпулсно въздействие и по тази реакция да се получи информация за техните термофизични свойства. Тези резултати могат да бъдат приложени при математическо моделиране на разпространението на ударни вълни в твърди тела и дискретни среди и при получаване на композиционни материали чрез взривно пресуване на прахови смеси [1].

В промишленото производство надеждността за работа на машините и апаратите зависи от физико-механичните им, които се определят в зависимост от характеристиките и

качествата на повърхността на детайлите. Именно поради тази причина разработването на нови техники за нови повърхностни обработки на материалите има все по-голямо значение. В тази връзка не може да не се отчете все по-голямата популярност, която набират наноразмерните частици при изследванията в областта на нанотехнологиите. Тази важност те получават благодарение на изключителните си физико-механични свойства, обусловени от малкия им размер.

В сравнени с материалите с микронни размери, наноматериалите проявяват различни и дори нови уникални свойства Те се използват като наноразмерни уякчаващи частици с цел подобрение на физико-механичните свойства на покритите повърхности като едновременно с това се откриват и нови перспективи за тяхното приложение в много отрасли на индустрията, в които работните детайли са подложени на корозия, износване, високо натоварване, което обяснява големия интерес от страна на учените към по-задълбочени изследвания в тази област.

Днес нанотехнологиите са широкоразпространени. Регистрирани са повече от 100 000 патента в тази област като тези технологии са приложими почти във всяка сфера – козметични продукти, перилни препарати, опаковки, в някои храни и витамини за хора, животни, растения, в медицината – експериментални медикаментозни лечения на злокачествени тумори, в областта на молекулярната генетика, експериментални опити за пречистване на кръвта от токсини, в технологиите – компютри, смартфони, таблети, лаптопи и др., при производството на „самопочистващи се“ повърхности – автомобилни стъкла, душове, покривни керамиди и дори някои облекла, в електрониката, строителството и инженерството. Нанотехологиите имат огромно приложение и огромно значение. Те изучват подобренията при материалите на атомно, молекулно и микромолекулно ниво. През последните години са разработени много нови материали, чиито приложения дават възможност за създаване на технологични нововъведения. Материалознанието на нанониво се идентифицира като една от ключовите технологии на новото хилядолетие, а сканиращите методи са универсално средство за изследване и анализ на получените иновативни материали. Добавянето на въглеродни нанофази и нанодиаманти променя структурата и свойствата, като води до получаване на нови композитни материали, които се използват в различни области на промишлеността.

У нас тези „частички с микроскопични размери, които могат да променят света“ (проф. Ставри Ставрев, бивш ръководител на направление „Космическо материалознание“) се добиват по взривен метод в галерията в Рудозем, като придобитият диамантен прах се изнася за страни като САЩ, Русия и Япония. За съжаление самите нанотехнологии обаче не са толкова развити, колкото би ни се искало.

Характеристика и приложения на нанодиамантите

Изследванията на Космоса и наблюденията показват, че от 10 до 20 % от въглерода в междузвездното пространство е под формата на нанокристални диаманти. Нанотехнологиите и нанотехниката са приоритетни направления в научно-техническото развитие на човечеството. Това е изкуството да се създават и да се оперира с обекти, чиито размери са от порядъка от 1 до 100 nm в едно или повече измерения (1 nm = 10^{-9} m = 10^{-6} mm = 10^{-3} um = 10 Å) [2]. Този диапазон се нарича наномащаб, в който материалите могат да показват нови свойства, което позволява създаването на иновативни материали и устройства. Нещо повече нанодиамантът, заради своите характерни свойства – твърдост, устойчивост и термична стабилност, може да бъде използван като:

- уякчаваща добавка при отлагането на никелови покрития по безтоков метод. У нас за първи път детонационен нанодиамант е използван в ИКИТ-БАН, секция „Космическо материалознание“ – DND, получен по US Patent 5353708, при отлагане на композитни никелови покрития. Доказано е подобрение на физико-механичните свойства на покритията Ni/Ni+DND, в сравнение с тези на покритията, Ni, Ni/Ni+DND+NB, Ni+μcBN след термообработка при 290 ^{o}C за 6 часа.
- наномодификатори за получаване на твърди композитни материали (метални или полимерни) за нуждите на промишлеността;
- модифициран нанодиамант с цел подобряване на експлоатационните свойства на смазочни масла;
- модифициран нанодиамант за пречистване на отпадни води;
- особено голям е интересът към нанодиамантите, получени оп взривен метод по време на криза, тъй като някои от техните приложения се свързват с икономия на гориво при автомобилните двигатели и повишаване на износоустойчивостта на машинните детайли. Тази технология за производство на нанодиамантите е разработка на проф.Ставри Ставрев, бивш ръководител на направление „Космическо

материалознание“. Той е автор на 6 открития в нанотехнологиите, патентовани в САЩ, както и на 32 практически разработки за тяхното прилагане.

Имат ли възможност за развитие у нас нанотехнологиите?

Технологията, разработен от проф. Ставрев за получаване на нанодиаманти чрез взривен синтез се използва успешно у нас в рудничната галерия в Рудозем, със съдействието на фирма “Nano SS”, Смолян. За момента тази фирма е единственият производител на нанодаманти в ЕС, по силата на лицензионен договор с проф. Ставрев, посочва БТА. В неработещата галерия чрез контролирани взривове в специална камера, учените успяват да произведат миниатюрните частици. След взривния синтез, пречистването и обработката, се получават продукти, които могат да се използват в различни сфери на промишлеността. Така например, прибавени към моторните масла, тези частици снижават триенето в двигателите с вътрешно горене. Този процес реализира икономия от порядъка на 7 до 10 %, а също така се повишава и износоустойчивостта на машинните детайли. Тези резултати са доказани чрез тестове през 2011 г., направени в обществения транспорт на град в Гърция, в резултат на което се стига до сключване на договор за доставка на оптимизатор на моторни масла на гръцката транспортна фирма [4]. Сред клиентите и партньорите на „Nano SS“ в момента са гръцка община, транспортни фирми, включително и корабни, както и компании от Европа и от Близкия изток.

Този договор обаче е само началото за проф. Ставрев. До смъртта си през 2016 г. той не спира да работи по приложението на детонационните нанодиаманти и бе на път да привлече като инвеститори у нас САЩ, Южна Корея и Русия. Но след смъртта на професора тези взаимоотношения все още остават неясни.

Все пак нанодиамантите са една от големите надежди на учените най-вече в борбата с рака. Дълги години най-големите изследователски центрове в Русия, САЩ и Япония, използват именно българският диамантен прах. Проф. Ставрев се превърна в създателят на българското лекарство срещу рака. Неговото лекарство „Ставринол“ вече е пуснато в Русия, а са започнати и подстъпи за производството му у нас. Ефектът от лечението със „Ставринол“ бе представен и обсъден на специален форум, организиран от изследователска агенция „Фасуми“. „Нанодиамантът не реагира при здравите клетки. Те са свободни, те са отпуснати клетки и не се привличат от нанодиаманта, докато туморните клетки салакоми го привличат и той вкарва химиотерапиите вътре в тях. Така полепнали по нанодиамантите, лекарствата отиват директно в раковата клетка, без да тровят останалите. Туморът умира тотално и безвъзвратно с минимални дози от химиопрепарата“ – заяви професорът по време на представянето му.

Уякчаващото свойство на наночастиците също така позволява използването им в технологиите за създаване на бронежилетки. Всяка бронежилетка е създадена с цел да предпазва от проникването на куршума в тъканта. Но дори и тъканта да не бъде пробита, куршумът може да нанесе сериозни травми и наранявания. Поради тази причина е необходимо да се намери начин, силата, с която куршумът се удря в тялото, да бъде максимално намалена. В САЩ компанията First Choice Armor използва нановлакна в матрицата на производство на своята линия жилетки N-Force, 2008 г. Благодарение на тази технология, по време на удар, благодарение на наночастиците , силата на съприкосновението се разпространява върху по-голяма площ, намалява силата на удара и спомага за намаляването значително на последващите травми.

Подобен метод е бил приложен и у нас. Още през 1996 г. секцията „Космическо материалознание“ към ИКИТ-БАН успява да създаде уникална алуминиева сплав с диамантен прах, използван като уякчаваща частица. Резултатите са безспорни – 12 mm броня може да спре всеки военен куршум, а за да куршум от пистолет е нужна само 5,5 mm броня. Това драстично променя теглото на една бронежилетка от 15.5 kg до 6 kg. От полицията правят заявка за 1500 бройки при стойност от 160 евро за брой. По това време обаче те нямат достатъчна наличност в бюджета, а от своя страна БАН също не могат да отдадат стоката на консигнация. Създадените от ИКИТ-БАН бронежилетки до ден днешен събират прах в Института, а технологията за тяхното изработване, остава една забравена теория.

Работи се и по много други проекти, с които да може да се увеличи приложението на нанодиамантите – вече завършен проект за диамантени въжета за рязане на камък, включването на нанодиамантите като смазващ елемент в смазочните масла, както и използването им в алуминиеви сплави при производството на носещи конструкции в авиотехниката и космическите летателни апарати.

У нас още една компания работи в областта на нанонауките – „Нанотехплазма“, но тя ограничава своите изследвания само в областта на биомедицината. Създадена едва преди 3 години, компанията вече има патенти в ЕС, САЩ и Швейцария, където смята да бъдат и

основно нейните пазари. Макар и за момента да не са остойностени, патентите на „Нанотехплазма“ са най-ценният им актив. В Швейцарския патентен институт е регистриран патентът "Лазерен директен синтез и отлагане на нанокомпозитни материали или наноструктури". А в Германия, САЩ и в ЕС е регистриран патентът "Метод и устройство за отлагане на тънки слоеве, по-специално за производство на многослойни покрития, нанослоеве, наноструктури и нанокомпозити".

Можем ли да повишим производството на нанотехнологии у нас и каква полза ще донесе това за страната ни?

Да, възможно е това производство да се повиши. С оглед на дългогодишните изследвания, на десетките патенти, които са придобити, най-вече с оглед на съществуващата галерия за добив на нанодиаманти у нас, това производство би могло да се повиши. Нужно е разбира се, да се отдели огромно внимание на финансовия аспект – финансирането, тъй като до момента, както стана ясно, тези проекти се осъществяват посредством чуждестранни капиталовложения. Евентуалното реинвестиране на печалбата не само в нови изследвания, но и в разширяване на самите заводи, както и евентуалното създаване на нови, би довело не само до повишаване на производството, но и до разкриването на нови работни места у нас. С оглед на членството на България в ЕС, както и в ЕКА, тези възможности се увеличават още повече, най-вече като се има предвид възможностите за финансирания по различни европейски програми, а също така и привличането на нови клиенти и сътрудници.

Друг е въпросът дали учените и предприемачите, работещи в тази сфера, ще съумеят да използват тези плюсове и да изведат страната ни на едно ново и доста по-високо равнище в хай-тек технологиите.

Изводи

- С напредъка на новите технологии наночастиците придобиват все по-голямо значение, заради своите физико-механични свойства, както и заради опростения и сравнително по-евтин метод на тяхното добиване;
- Наночастиците, и в частност нанодиамантите имат широкоразпространено приложение, което позволява употребата им във всяка една сфера на производство;
- България е една от трите страни в света, производителка на нанодиаманти, което я прави важна част от света на нанотехнологиите.

Заключение

България има огромно значение като производител на нанодиаманти. Не само че се превръща в един от основните доставчици за света, но по-важно е, че това позволява на учените у нас да разработват и патентоват различни методи за подобряване физико-механичните свойства на материалите, за подпомагане решаването на голям брой технически задачи и приложения, за тестването и създаването на различни медикаментозни лечения, както и за използването им във всички направления на биомедицината. Наночастиците са чудотворните частици на бъдещето, които позволяват чрез използването им да се постигнат най-добри резултати при минимални разходи. Важно е развитието на нанотехнологиите у нас да се разглежда с приоритет, тъй като то би имало огромно положително влияние върху развитието на медицината, промишлеността, икономиката и т.н.

Литература:

1. Проект на Министерски съвет на Република България и Междуведомствена комисия по космически изследвания "Национална програма за космически изследвания и осъществяване на дейности по нейната реализация"
2. Карагьозова, З. Микро- и наноструктурни композитни никелови покрития, отложени по безтоков метод. Автореферат на дисертация за присъждане на образователна и научна степен "Доктор" . ТУ – София, 2014.
3. Петрова, А. Структура, свойства и приложения на детонационни нанодиаманти. Автореферат на дисертация за присъждане на образователна и научна степен "Доктор" ИКИТ-БАН", София, 2016.
4. Нанодиаманти се произвеждат в руднична галерия в Рудозем“ - www.inews.bg