Two things are infinite: the Universe and human stupidity; and I'm not sure about the Universe.

Две неща са безгранични: Вселената и човешката глупост.
За Вселената все пак не съм сигурен.

Алберт Айнщайн

© Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
ISSN 1313 - 3888
2010

SENS 2009

SENS 2009

Fifth Scientific Conference with International Participation

SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY

2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

SPACE RESEARCH INSTITUTE

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

CONTENTS

Session 1

Space Physics

Gennady Belyaev, Vladimir Kostin, Elena Trushkina, Olga Ovcharenko
Interaction of Oblique Alfven Waves with Ionosphere by Measurements of the "Intercosmos Bulgaria-1300" Satellite 13

Ivan Zhelyazkov
Solar-Wind Waves and Their Stability in the Framework of the Hall Magnetohydrodynamics 20

Marusja Buchvarova, Peter Velinov
Heliospheric Modulation of Primary Cosmic Ray Spectra. Empirical Modelling 31

Zlatan Dimitrov, Yana Maneva, Tihomir Hristov, Todor Mishonov
Amplification of Slow Magnetosonic Waves by Shear Flow: Heating and Friction Mechanisms of Accretion Disks 37

Peter Tonev
Model Study of Electric Fields Generated by Thunderstorms in Magnetically Conjugated Region 44

Zdravko Andonov
Anomalies in Cosmological, Planetary and Biological Times and Sustainable Development of the World 50

Session 2

Aerospace Technologies and Biotechnologies

Tania Ivanova
25 Years SVET Space Greenhouse Project 59

Svetlana Sapunova, Plamen Kostov
Laboratory Mock-Up of the Svet-3 Space Greenhouse: Early Evaluation of the Heat Fluxes through the Walls of the Closed Plant Growth Chamber 66

Hristian Panayotov, Plamen Stoyanov, Dimo Zafirov
Determination of the Trimmed Flight Control Surface Deflections of a Joined-Wing Aircraft in Longitudinal Movement 72

Hristian Panayotov, Plamen Stoyanov, Dimo Zafirov
Calculation of Aerodynamic Characteristics and Derivatives of a Joined-Wing Aircraft in Longitudinal Movement 78

Krasin Georgiev, Margarita Andonova
Modelling the Reliability of an Aircraft System 82

Stoyan Tanev, Plamen Trendafilov, Petar Genov, Ludmila Taneva
Non-Invasive Method for Blood Pressure Measurement with Each Heart Cycle 87

Petar Genov, Stoyan Tanev, Plamen Trendafilov
On the Use of Turbine Power-Supply Generator for a Class of Proximity Radiolocation Systems 91

Petar Getsov, Zoya Hubenova, William Popov
Study of Man as a Control System in Virtual Reality 96

Ivan Hristov
Method for Positioning of Executive Operating Organs of a Spectrophotometer for Research of the Atmospheric Ozone 104

Session 3

Remote Sensing and Geoinformation Systems

Magda Bozhkova
Atmospheric Profiles and Stability Indices Retrieved Using Remote Sensing 109

Eugenia Roumenina, Vassil Vassilev, Vanya Naydenova, Georgi Jelev, Petar Dimitrov, Kalin Ruskov
Land Use Dynamics of Areas Threatened with Floods Using Object-Oriented Classification of Very High Resolution Imagery 116

Valentin Atanassov, Georgi Jelev, Lubomira Kraleva
Requirements for the Parameters of Imaging Spectrometers Arising from the Used Preprocessing Methods 125

Vassil Vassilev
Accuracy Assessment of an Object-Oriented Classification for Transport and Industrial Infrastructure, Residential Buildings, and Water Bodies Based on a Quickbird Image 130

Vanya Naydenova
Spatial and Temporal Dynamics of the Morphometric Parameters and Land Cover Using Remote Sensing Methods and GIS 135

Peter Dimitrov, Alexander Gikov
Identification and Assesment of Fire Scars in the Rila Mountain Using Spectral Indices of Landsat Data 142

Alexander Gikov, Peter Dimitrov
Applying Geoinformation Technologies to Assess the Damages and Effects of the Great Fire in the Area of the Malyovitsa Hut, Rila Mountain 150

Alexander Gikov
Study of the Wildfire Near Arizmanitsa Peak, Rila Mountain, by Satellite Imagery with Different Resolution 160

Lachezar Filchev
Design of Digital Landscape Model of the Teyna River Watershed for the Purposes of Landscape-Ecological Planning 168

Kalinka Bakalova, Dimitar Bakalov, Stayko Kolev, Rangel Petrov, Kiril Slavov
Ground Based Multi-Sensor Remote Sensing of Precipitating Clouds 174

Violeta Slabakova, Atanas Palazov, Natalia Slabakova
Applications of Satellite Remote Sensing for Monitoring the Marine Environment in the Bulgarian Black Sea Zone 179

Session 4

Ecology and Risk Management

Lachezar Filipov, Roumen Nedkov, Plamen Hristov, Maria Dimitrova, Iva Ivanova, Mariana Zaharinova, Daniela Boneva, Georgi Jelev, Dora Panayotova
Web Based Monitorin in the Ragion of Burgas, Using Aerospace, Ground-Based and GPS Data 187

Petar Petrov, Petar Getsov
Posibillities for Remote Sensing and Monitoring of Balkan Region 192

Hernani Spiridonov
Geodynamics of Bulgaria - part II 204

Veselka Marinova, Kremena Stefanova
Spatial Distribution and Migration of Sound Scattering Layers and Zooplankton in Front of Bulgarian Black Sea Coast 223

Ralitza Berberova
National Security and Systems for Early Warning and Mitigation of Natural Disaster Consequences 229

Ralitza Berberova
Geodynamics Model of South and North America 231

Rangel Gjurov, Ralitza Berberova
A Model of Earth's Crust Dynamics and Deformations 237

Dimitar Teodossiev, Garo Mardirossian, Bozhidar Srebrov, Lachezar Filchev, Tsveta Srebrova
Mapping of Electromagnetic Pollution in Urban Territories – First Results 246

Alexander Gikov
Velocity Investigation of Landslide near Oranovo (Simitli Muncipality) Using Consecutive GPS Measurements Carried Out in 2009 251

Lachezar Filchev
Design of an Erosionability Model of the Teyna River Watershed to Monitor Erosion Risk 257

Stojan Velkoski
Stojan's Cosmic Swarm (SC-Swarm) 262

Stojan Velkoski
Analysis of the Spider's Web for Women of Christian Orthodox Religion 267

Ivan Dimitrov, Oleg Vitov
Forest Fire Risk Management 272

Deyan Gotchev, Plamen Trenchev, Kontstantin Sheiretsky
The Catastrophic Irreversability of Climatic Engineering 278

Georgi Markov
Phenotype Craniological Variation of the Two Sexes of the Zoo-Monitor Species A. Flavicollis in Agricultural Ecosystems in Bulgaria 282

Georgi Markov, Orlin Dekov, Maria Kocheva
Risk Assessment of Outbreak of Rodents as Main Pests of Agricultural Crops in Bulgaria in 2009 286

Session 5
Space Materials Science and Nanotechnology

Yulika Simeonova, Georgi Sotirov, Medi Asroukova, Tinka Grozdanova
New Self-Lubricating Antifrictional Materials Intended to Operate in Extreme Conditions 293

Adelina Miteva, Stoyan Vlaev
Effect of Constant Electric Field on the Electronic States in Graded-Gap Quantum Wells 297

Session 6
Warfare and Space

Zdravko Andonov
Evolution of International Space Institutions IAF, IAA, COSPAR, IISL, ESA and Cosmical World' Future in Crises 305

Georgi Sotirov
Streamlining Options for the On-Board ECCM Systems of Mi-17 and Mi-24 Helicopters 311

Georgi Sotirov
Ground IFF Systems Streamlining According to Nato's Requirements 315

Dimitar Jordanov, Konstantin Metodiev
Studying the Part of Longitudinal Control Automation during Maneuvering within the Transonic Range 319

Petar Stoyanov, Ventsislav Markov, Michail Mikov, Georgi Kiprov
Trends in the Development of Remote Sensing on Earth from Space 326

Petar Stoyanov, Vencislav Markov, Mihail Mihov, Georgi Kiprov
Space Reconnaissance Control System of Space 331

Session 7
Astrophysics and Nonlinear Dynamics

Nikolay Erokhin, Nadezhda Zolnikova, Ludmila Mikhailovskaya, Rumen Shkevov
Charge Particles Surfatron Acceleration by a Set of Electromagnetic Waves with Smooth Envelope in Space Plasmas 339

Stiliyan Lukov, Rumen Shkevov, Dimitrinka Tomova, Nikolay Erokhin
Fractal Theory Applications in Earth and Planetary Landscape Investigation 345

Stiliyan Lukov, Rumen Shkevov, Nikolay Erokhin
Numerical Calculations Modelling Results of Particle Accelerated Movement in the External Electrical Field 350

Krasimira Yankova
Theoretical Modelling of Accretion Discs in CYG X-1 and SGR A*' 355

Daniela Boneva, Lachezar Filipov
Models of Vortices during the Accretion Processes in Close Binary Star Systems 360

Antonio Andonov, Galina Cherneva
Examination of the Dynamics in Third-Order Autonomous Chaotic Oscillator 365

Krasimira Yankova, Lachezar Filipov
Structure of Magnetized Accretion Disk. 370

Deyan Gotchev, Plamen Trenchev, Kontstantin Sheiretsky
The Co-Existence of 2 Types of Bodies' Movement in the Outer Solar System. 376

Special session
Small Satellite BalkanSat

Michael Vladov, Ion Bostan, Dmitry Dobrov, Alexei Dolgopolov, Petar Getsov, Victor Patov, Borislav Stanev, Teodor Bobev
Microsatellite Orientation and Stabilization System for Remote Sensing of the Earth 381

Konstantin Metodiev, Petar Getsov
Determination of Earth Coverage for the Artificial Satellite "BalkanSat" 385

Nadya Marinova
Economic Analysis and Evaluation of Aerospace Projects 390

Dimitar Jordanov, Konstantin Metodiev, Nadya Marinova
Artificial Earth Satellite Life-Time and Technical and Economic Parameters 396

Maria Dimitrova, Deyan Gotchev, Plamen Trenchev
The Use of "BalkanSat" for a Study of Upper Atmospheric Electrostatic Discharge Phenomena 403

СЪДЪРЖАНИЕ

Сесия 1

Космическа физика

Геннадий Беляев, Владимир Костин, Елена Трушкина, Ольга Овчаренко
Взаимодействие косых альвеновских волн с ионосферой по данным спутника «ИКБ-1300» 13

Иван Желязков
Вълни в слънчевия вятър и тяхната устойчивост в рамките на холовата магнитохидродинамика 20

Маруся Бъчварова, Петър Велинов
Хелиосферна модулация на първичното космическо лъчение. Емпирично моделиране 31

Златан Димитров, Яна Манева, Тихомир Христов,Тодор Мишонов
Усилване на бавни магнитозвукови вълни от срязващ поток: механизъм за нагряване и вискозитет на акреционните дискове 37

Петър Тонев
Моделно изследване на електрически полета генерирани от гръмотевични бури в магнитоспрегнатата област 44

Здравко Андонов
Аномалии в космологични, планетарни и биологични времена и устойчиво развитие на света 50

Сесия 2

Аерокосмически технологии и биотехнологии

Таня Иванова
25 години проект Космическа оранжерия СВЕТ 59

Светлана Сапунова, Пламен Костов
Лабораторен макет на Космическа оранжерия СВЕТ-3:
Предварителна оценка на топлинните потоци през стените на затворена камера за отглеждане на растения 66

Христиан Панайотов, Пламен Стоянов, Димо Зафиров
Определяне на балансировъчните отклонения на аеродинамичните кормила на самолет със съчленено крило в надлъжното движение 72

Христиан Панайотов, Пламен Стоянов, Димо Зафиров
Изчисляване на аеродинамичните коефициенти и производни на самолет със съчленено крило в надлъжното движение 78

Красин Георгиев, Маргарита Андонова
Моделиране на надеждността на самолетна система 82

Стоян Танев, Пламен Трендафилов, Петър Генов, Людмила Танева
Неинвазивен времеви метод за измерване на артериално кръвно налягане при всеки сърдечен цикъл 87

Петър Генов, Стоян Танев, Пламен Трендафилов
Относно използването на турбинен генератор за захранване на някои системи за близка радиолокация 91

Петър Гецов, Зоя Хубенова, Вилям Попов
Изследване на човека като управляваща система в среда на виртуална реалност 96

Иван Христов
Метод за позициониране на изпълнителни работни органи на спектрофотометър за изследване на атмосферния озон 104

Сесия 3

Дистанционни изследвания и геоинформационни системи

Магда Божкова
Атмосферни профили и индекси за устойчивост, получени чрез дистанционни методи и средства 109

Евгения Руменина, Васил Василев, Ваня Найденова, Георги Желев, Петър Димитров, Калин Русков
Динамика на земеползването в райони, застрашени от наводнения чрез обектно-ориентирана класификация на изображения със свръхвисока пространствена разделителна способност ... 116

Валентин Атанасов, Георги Желев, Любомира Кралева
Изисквания към параметрите на видеоспектрометрични системи, произтичащи от използваните методи на предварителна обработка 125

Васил Василев
Оценка на точността на обектно-ориентирана класификация за класовете транспортна и индустриална инфраструктура, жилищни сгради и водни обекти по многоканално изображение на Quickbird 130

Ваня Найденова
Пространствена и времева динамика на морфометричните параметри и земното покритие с използване на дистанционни методи и ГИС 135

Петър Димитров, Александър Гиков
Идентификация и оценка на следи от пожари в Рила планина чрез използване на спектрални индекси по данни от Landsat 142

Александър Гиков, Петър Димитров
Приложение на геоинформационните технологии за оценка на щетите и последиците от големия пожар в района на х. Мальовица, Рила планина 150

Александър Гиков
Изследване на пожара около връх Аризманица, Рила планина, чрез сателитни изображения с различна разделителна способност 160

Лъчезар Филчев
Създаване на цифров модел на ландшафта на водосборния басейн на река Тейна за нуждите на ландшафтно-екологичното планиране 168

Калинка Бакалова, Димитър Бакалов, Стайко Колев, Рангел Петров, Кирил Славов
Наземни многосензорни дистанционни изследвания на валежни облаци 174

Виолета Слабакова, Атанас Палазов, Наталия Слабакова
Приложения на спътниковите дистанционни изследвания за мониторинг на морската среда в българската Черноморска зона 179

Сесия 4

Екология и управление на риска

Лъчезар Филипов, Пламен Христов, Румен Недков, Ива Иванова, Мария Димитрова, Мариана Захаринова, Георги Желев, Даниела Бонева, Дора Панайотова
Web- мониторинг на атмосферни замърсявания в района на община Бургас на базата на спътникови, наземни и GPS данни 187

Петър Петров, Петър Гецов
Възможности за дистанционно изследване и мониторинг на Балканския регион 192

Хернани Спиридонов
Геодинамика на България - II част 204

Веселка Маринова, Кремена Стефанова
Пространствено разпределение и миграция на звукоразпръскващите слоеве и зоопланктона по българското Черноморско крайбрежие 223

Ралица Берберова
Национална сигурност и системите за ранно оповестяване и редуциране на последствия от природни катастрофи 229

Ралица Берберова
Геодинамичен модел за движението на Южна и Северна Америка 231

Рангел Гюров, Ралица Берберова
Модел за динамика и деформации на земната кора 237

Димитър Теодосиев, Гаро Мардиросян, Божидар Сребров, Лъчезар Филчев, Цвета Среброва
Картографиране на електромагнитното замърсяване в населени места – първи резултати 246

Александър Гиков
Изследване на скоростите на деформация на свлачището при кв. Ораново (г. Симитли) през 2009 година с повторни GPS измервания 251

Лъчезар Филчев
Създаване на модел на ерозионната опасност на басейна на р. Тейна за мониторинг на ерозионния риск 257

Стоян Велкоски
Космическото множество на Стоян (КМС) 262

Стоян Велкоски
Анализ на мрежата на паяка за жени от източно-православно вероизповедание 267

Иван Димитров, Олег Витов
Мениджмънт на риска при горски пожари 272

Деян Гочев, Пламен Тренчев, Константин Шейретски
Катастрофична необратимост от изкуствени изменения на климата 278

Георги Марков
Фенотипна краниологична изменчивост на двата пола на зоомониторния вид *A. Flavicollis* в агроекосистемите в Североизточна България 282

Георги Марков, Орлин Деков, Мария Кочева
Оценка на риска от масово намножаване на гризачи – основни вредители по селскостопанските култури в България през 2009 г. 286

Сесия 5
Материалознание и нанотехнологии

Юлика Симеонова, Георги Сотиров, Меди Аструкова, Тинка Грозданова
Нови самосмазващи се антифрикционни материали за работа в екстремни условия 293

Аделина Митева, Стоян Влаев
Влияние на постоянното електрично поле върху електронните състояния в квантови ями с променлив химичен състав 297

Сесия 6
Военно дело и Космос

Здравко Андонов
Еволюция на международните космически институции IAF, IAA, COSPAR, IISL, ESA и космическото бъдеще на света в кризи 305

Георги Сотиров
Възможности за модернизация на бордовите средства и системи за радиоелектронна защита на вертолети Ми-17 и Ми-24 311

Георги Сотиров
Модернизиране на наземни IFF системи в съответствие с изискванията на НАТО.....315

Димитър Йорданов, Константин Методиев
Изследване ролята на автомат за надлъжно управление при маньовър в трансзвуковия диапазон.....319

Петър Стоянов, Венцислав Марков, Михаил Михов, Георги Кипров
Космическо разузнаване. Тенденции в развитието на дистанционното наблюдение на Земята от Космоса.....326

Петър Стоянов, Венцислав Марков, Михаил Михов, Георги Кипров
Космическо разузнаване. Система за контрол на космическото пространство.....331

Сесия 7
Астрофизика и нелинейна динамика

Николай Ерохин, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская, Румен Шкевов
Серфинг зарядов на электромагнитной волне с плавной огибающей амплитуды в космической плазме.....339

Стилиян Луков, Румен Шкевов, Димитринка Томова, Николай Ерохин
Приложение на теорията на фракталите в изследването на земни и планетарни релефи.....345

Стилиян Луков, Румен Шкевов, Николай Ерохин
Резултати от числено моделиране на ускоряването на заредени частици във външно електрическо поле.....350

Красимира Янкова
Теоретично моделиране на акреционни дискове в CYG X-1 и SGR A*' 355

Даниела Бонева, Лъчезар Филипов
Модели на вихри по време на акреционни процеси в тесни бинарни звездни системи.....360

Антонио Андонов, Галина Чернева
Изследване на динамиката на автономен хаотичен осцилатор от трети ред.....365

Красимира Янкова, Лъчезар Филипов
Структура на магнетизиран акреционен диск. 370

Деян Гочев, Пламен Тренчев, Константин Шейретски
Съвместното съществуване на два вида движение на тела във външния край на Слънчевата система. 376

Специална сесия
Малък спътник БалканСат

Михаил Владов, Ион Бостан, Дмитрий Добров, Алексей Долгополов, Петър Гецов, Виктор Пътов, Борислав Станев, Теодор Бобев
Система за ориентация и стабилизация на микроспътник за дистанционно изследване на Земята.....381

Константин Методиев, Петър Гецов
Определяне на териториалното покритие на ИСЗ "БалканСат".....385

Надя Маринова
Икономически анализ и оценка за аерокосмически проекти..... 390

Димитър Йорданов, Константин Методиев, Надя Маринова
Време за съществуване на спътник и технико–икономически показатели.....396

Мария Димитрова, Деян Гочев, Пламен Тренчев
Използването на „БалканСат" за изследване на високо-атмосферни електростатични разряди (ВАЕР).....403

Session 1

Space Physics

Chairman: Res. Fell. Marusja Buchvarova
Secretary: Res. Fell. Maria Dimitrova

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОСЫХ АЛЬВЕНОВСКИХ ВОЛН С ИОНОСФЕРОЙ ПО ДАННЫМ СПУТНИКА «ИКБ-1300»

Геннадий Беляев, Владимир Костин, Елена Трушкина, Ольга Овчаренко

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН
e-mail: belyaev@izmiran.ru

Бойчо Бойчев, Николай Банков

Институт космических исследований - Болгарская академия наук
e-mail: boytchev@bas.bg

Ключевые слова: *спутник "Интеркосмос-Болгария-1300" (ИКБ-1300), авроральная ионосфера, квазипостоянное электрическое поле, электромагнитные скачки, потоки частиц, альвеновские колебания*

Абстракт: *Анализируются сильные скачки электрического поля и потоки частиц с энергией 1 кэВ в полярной ионосфере по данным спутника «Интеркосмос-Болгария-1300». Привлекаются результаты по измерениям плазменных структур в магнитосфере на высокоапогейных спутниках и результаты наблюдений структур полярных сияний. Уточняется самосогласованная модель прохождения косой альвеновской волны из магнитного слоя и отражения ее от нижней ионосферы, которая логически связывает последовательность аномальных пиков электромагнитных полей, наблюдавшихся со спутника ИКБ-1300 при прохождении авроральной зоны.*

INTERACTION OF OBLIQUE ALFVEN WAVES WITH IONOSPHERE BY MEASUREMENTS OF THE "INTERCOSMOS BULGARIA-1300" SATELLITE

Gennady Belyaev, Vladimir Kostin, Elena Trushkina, Olga Ovcharenko

Institute of Terrestrial Magnetism Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS
e-mail: belyaev@izmiran.ru

Boycho Boychev, Nikolay Bankov

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

Keywords: *„INTERCOSMOS-BULGARIA-1300" satellite, auroral ionosphere, dc electric field, electromagnetic shocks, particle fluxes, Alfven waves*

Abstract: *This paper analyzes the strong jumps of the electric field and particle fluxes with energies around 1 keV in the polar ionosphere according to the satellite "Intercosmos-Bulgaria-1300". The results of measurements of plasma structures in the magnetosphere at satellites with high apogee and observations of auroral structures are used. We improve the self-consistent model of the oblique passage of the Alfven waves from the magnetic layer and the reflection from the lower ionosphere, which is logically linked sequence of anomalous peaks in the electromagnetic fields observed by satellite SDS-1300 during the passage of the auroral zone.*

Введение

В результаты многочисленных исследований околоземного космического пространства существенный вклад внесли данные, полученные в 80-х годах со спутника Интеркосмос-Болгария-1300 (ИКБ-1300). На нем впервые была применена стабилизация спутника по трем

осям, а в состав комплекса аппаратуры входили приборы, имеющие параметры существенно лучшие, чем на предыдущих спутниках, что позволило проводить более качественные измерения. Одним из таких приборов являлся комплекс измерения шести компонент электромагнитного поля в диапазоне 0,1÷8 Гц ИЭСП-ИМПМ [1].

Важнейшим вопросом солнечно-земных связей до настоящего времени является изучение деталей физических механизмов, обусловливающих прохождение энергии солнечного ветра в авроральную ионосферу. Обычно выделяют усредненную структуру конвективных движений (см., например, [2]) и наиболее принципиальную задачу - формирование тонкой структуры электромагнитных полей и их связь с полярными сияниями. Эта задача рассматривается в настоящей работе.

В ранних работах [3,4] в авроральной верхней ионосфере и магнитосфере были обнаружены структуры с аномально большими электрическими полями (**E** ≥ 100 мВ/м). Измерения с помощью спутника ИКБ-1300 и коррелированные с ними наземные наблюдения [5÷8] позволили уточнить взаимосвязь скачков электрического и магнитного полей, потоков частиц, оптических эмиссий с полярными сияниями.

В проекте ИНТЕРБОЛ детально исследовались процессы в авроральной зоне и ближней к Земле области хвоста магнитосферы. Наиболее важные результаты, представлены в работах [9÷11]. Большой статистический материал по данным, полученным со спутников DMSP F6 и F7 за 1986 год по потокам частиц в зонах высыпания (более 30000 пересечений) был использован авторами работы [12] для построения модели развития авроральных высыпаний в периоды развития суббурь в каждой из фаз. Эти результаты позволяют уточнить механизм передачи возмущений магнитного слоя в ионосферу, предложенный в работе [8].

Экспериментальные результаты

Наиболее характерные особенности авроральной ионосферы над зоной полярных сияний были получены со спутника ИКБ-1300 на высотах 800-900 км с помощью комплекса ИЭСП-ИПМП [1] и дифференциального электростатического спектрометра [5], который измерял энергетическое распределение потоков частиц с трех направлений в 16 энергетических каналах диапазона 0,39÷15 кэВ.

Конвективные течения в полярной шапке зависят от межпланетного магнитного поля (см. например [2]), а потоки энергичных электронов - от фазы магнитной суббури и геомагнитных координат [12]. Ниже для иллюстрации типичной структуры электромагнитных скачков (ЭМС) при прохождения овала полярных сияний среди сотни обработанных витков выбраны случаи касательного и поперечного движения к овалу в утреннем и вечернем секторах. Такой выбор позволяет использовать тракт непрерывной (с дискретностью 80 мс) регистрастрации электронов с фиксированной энергией 1 кэВ для идентификации зоны высыпания аврорального овала – AOP (auroral oval precipitation) и зоны диффузного аврорального свечения - DAZ (diffuse auroral zone). Здесь средняя энергия высыпающихся электронов блика к 1 кэВ [12]. В зоне мягких диффузных высыпаний – SDP (soft diffuse precipitation), примыкающей к области AOP с приполюсной стороны, средняя энергия высыпающихся электронов ~ 0,2 кэВ.

На рис.1 представлена в геомагнитных координах горизонтальная проекция электрического поля с усреднением ~10 с. вдоль орбиты 1926 при пролете через полярную область северного полушария. Электромагнитный скачок - резкое усиление поля до 150 мВ/м и его вращение зарегистрировано в 19.08.30 UT. В это время геомагнитные условия 21 декабря 1981 г. были спокойные Kp=2, Dst=-11 нТл.

На рис.2 в интервале 30 с., охватывающим ЭМС, представлены: **E**x – компонента электрического поля вдоль вектора скорости, **E**y – горизонтальная компонента, перпендикулярная вектору скорости, **E**z – вертикальная составляющая, **J**e – усредненный (за 1 с.) поток электронов в канале 1 кэВ (вниз - сплошная линия, вверх - пунктирная линия, по скорости - точки), **S**z – вертикальная составляющая вектора Пойнтинга. Это событие рассматривалось в работе [8]. В отличие от [8], в представленной работе использовались данные по электрическому полю с удаленным индуцированным полем путем фильтрации, что позволяет выделить фоновые конвективные движения. Вертикальными линиями и буквой **S**

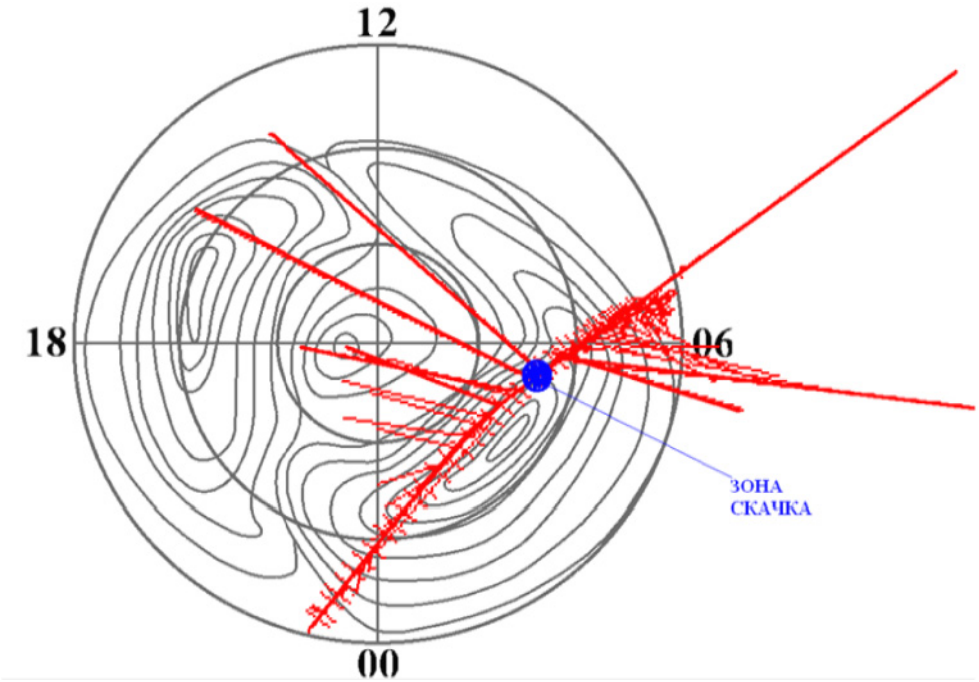


Рис.1. Вращение модуля вектора горизонтальных компонент электрического поля в зоне ЭМС

(Shock) выделен интервал, где наблюдается падающий ЭМС. Здесь также регистрируется слоистая тонкая структура интенсивных потоков ионов ≥10^6 ($см^2 \cdot ср \cdot с \cdot кэВ)^{-1}$, восходящих с энергией 0,54 кэВ и нисходящих 0,77 кэВ [8].

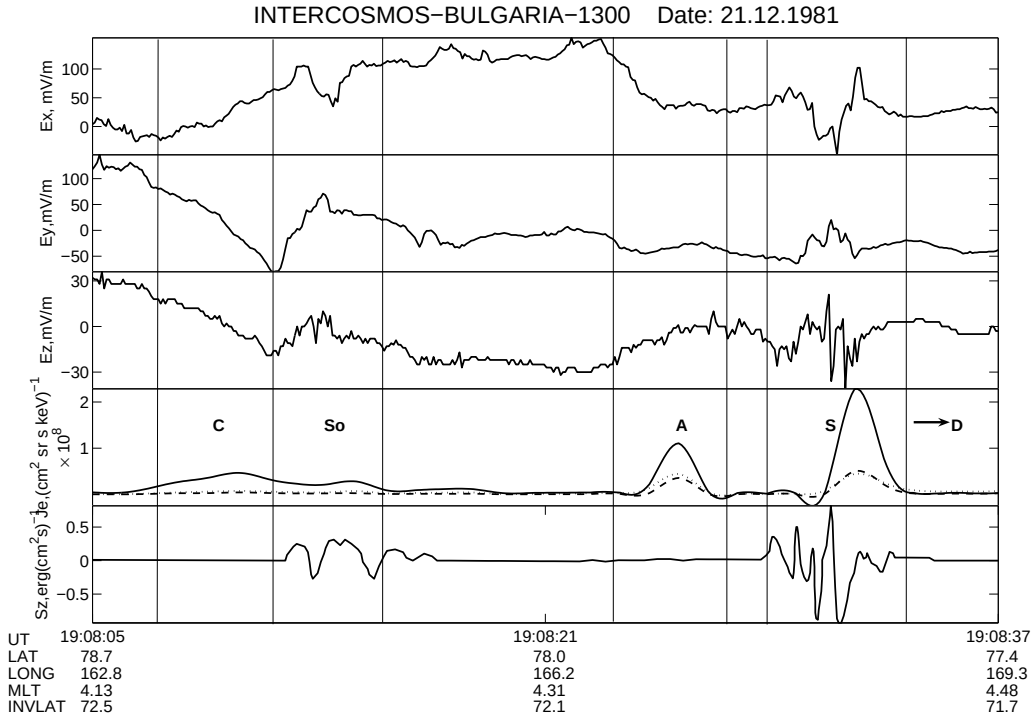


Рис. 2. Три компоненты электрического поля, поток электронов в канале 1 кэв и вектор Пойнтинга в диапазоне частот 0.1 – 8 Гц в области ЭМС

Следующая область, отмеченная буквой **A** (Aurora)**,** – область отражения ЭМС от нижней ионосферы, характеризующаяся восходящими потоками ионов. Так как регистрирующая система спектрометра была адаптивной, то в момент прохождении спутником области **A** последовательно включались тракты диапазона 4÷15 кэВ. Максимум потока ионов ~10^5 ($см^2 \cdot ср \cdot с \cdot кэВ)^{-1}$ зарегистрирован в канале 7,8 кэВ.

В переходной области между **A** и $\mathbf{S_o}$, где **E**z ~ -30 мВ/м с учетом наклона магнитной силовой линии и компоненты **E**x продольное электрическое поле незначительно. Ионосферная плазма здесь выталкивается от области авроральной дуги с дрейфовой скоростью ~ 3 км/с.

Область $\mathbf{S_o}$, где средний вектор Пойнтинга направлен вверх, интерпретируется как область отраженного ЭМС. Область **C -** переходная к зоне полярной шапки, где в движении плазмы выделяется вихревая структура с характерной дрейфовой скоростью ~ 0,6 км/с, а также вместе с небольшим максимумом высыпающихся кэвных электронов наблюдаются восходящие потоки ионов в каналах 0,77 кэВ и 1,06 кэВ. В зоне полярной шапки, перед областью **C**, наблюдается антисолнечная конвекция плазмы с характерными дрейфовыми скоростями ~ 3 км/с.

Следующий ЭМС, который подробно рассмотрим, наблюдался 18 декабря 1981 г. при умеренной магнитной возмущенности $Kp=3_O$, Dst=-29 нТл. Вдоль орбиты 1884 в северном полушарии были зафиксированы две зоны аномальных электрических полей. В 09:30÷09:32 UT при входе в полярную шапку и в 09:39÷09:41 UT при выходе из нее. На рис.3 представлены три компоненты электрического поля и потоки кевных электронов в центральной части первого ЭМС. Обозначение такие же как и на рис.2.

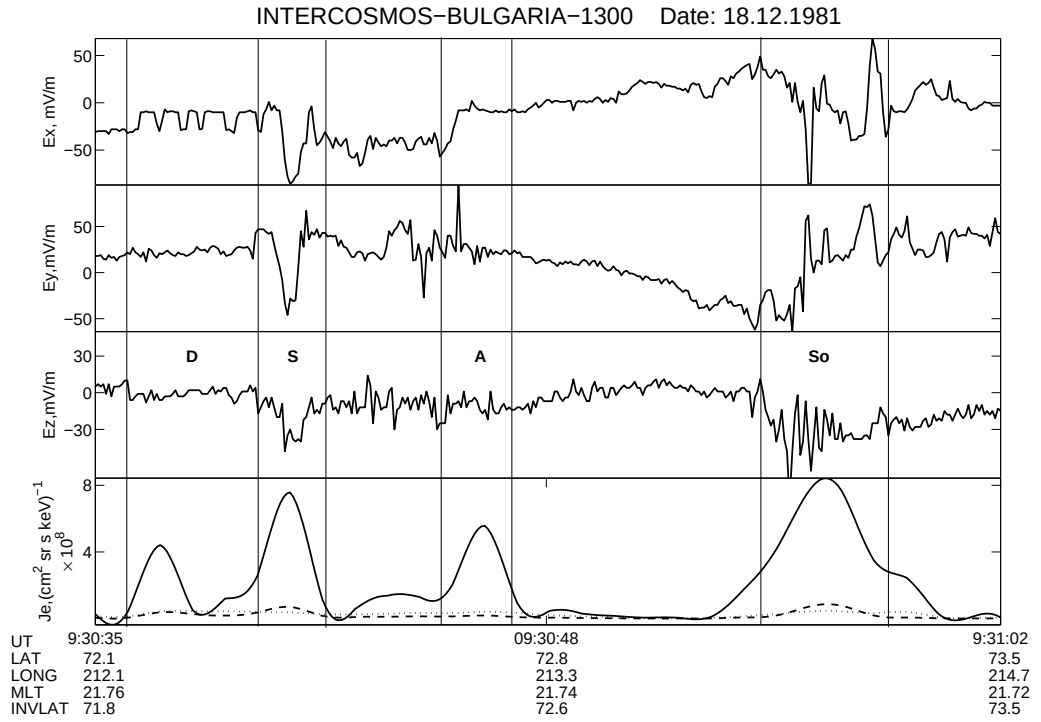


Рис. 3. Три компоненты электрического поля, поток электронов в канале 1 кэв в диапазоне частот 0.1 – 8 Гц в области ЭМС

Перед входом в область **D** наблюдается конвективное движение плазмы к ночному меридиану с характерными скоростями ~0,3 км/с. Область **D** (зона DAZ) начинается с открытия источника высыпающихся кевных электронов вдоль магнитного поля, который в работе [8] назван предвестником ЭМС. Около пика наблюдается узкий сильный всплеск пучка восходящих ионов в канале 1,5 кэВ. Дальше видно, что источник расположен над спутником и его воздействие проявляется в пульсациях **E**x с характерным периодом 0,7÷0,8 с.

Зона **S**, где источник по наклонной относительно магнитной силовой линии достигает высоты спутника, характеризуется вихревой структурой. В ней фоновая плазма совершает полный оборот против часовой стрелки за ~ 1 сек, а ионы с энергиями 1÷2,8 кэВ захвачены, т.к. их потоки вверх и вниз $\sim 10^6 \div 10^7$ $(см^2 \cdot ср \cdot с \cdot кэВ)^{-1}$ одинаковы. Это соответствует поперечному пересечению структуры падающего ЭМС.

При дальнейшем движении, в области **A** спутник пересекает силовые линии, проходящие через область воздействия ЭМС на нижнию ионосферу. Здесь наблюдаются узкие слоистые структуры высыпающихся ионов с энергиями 0,5 кэВ, 2,04 кэВ и восходящие пучки с 2,8 кэВ. Это связано с тем, что движение заряженных частиц привязано к магнитным силовым линиям. На границе области **A** наблюдается скачок электрического поля и изменение

дрейфовых движений, которые вне области постепенно разворачиваются к овалу полярных сияний в сторону вечернего сектора.

В области $\mathbf{S_o}$ наблюдается прохождение структур отраженного ЭМС. Основная солитонная структура, большие и широкие пики **Ex** и **Ey**, имеет высокочастотный хвост с характерным периодом 0,27 с, что легко визуально выделяется по параметру **Ez**. Для данного события в структурах отраженного ЭМС восходящие пучки ионов и захват энергичных ионов не выделяются, а интенсивность их потоков на порядок меньше чем в области **S**. Далее вне области $\mathbf{S_o}$ происходит восстановление антисолнечной конвекции в движениях фоновой плазмы.

Кросскорреляционный анализ электрических и магнитных полей в ЭМС, наблюдавшихся со спутника ИКБ-1300, показал, что здесь выделяются несколько спектральных составляющих [13]. Так на рис.4 представлен квадрат спектра когерентности **Ex** и **By** для ЭМС рис.2 в интервале 28÷32 сек. Видно, что вариации электрического и магнитных полей имеют весьма высокую степень корреляции ($К^2 \geq 0,7$) на частотах вблизи 0,7 Гц и 2,1 Гц. Это указывает на волновой характер процесса с двумя основными спектральными составляющими.

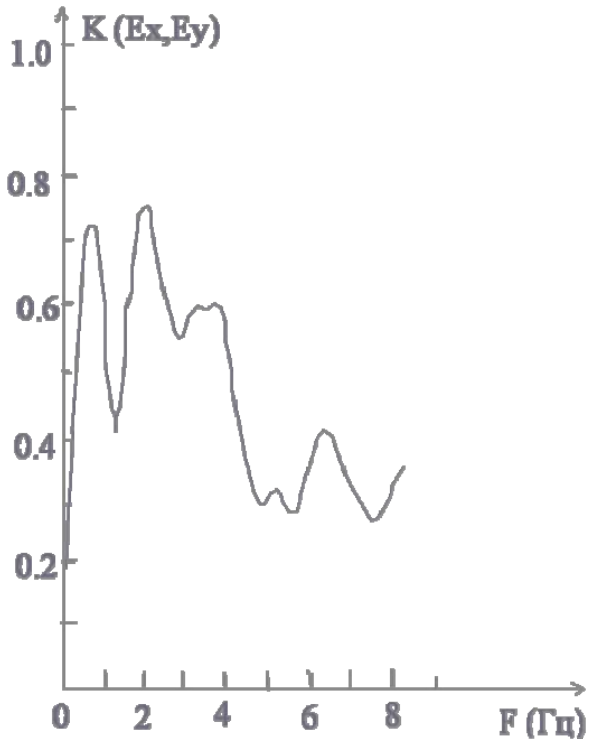


Рис. 4. Квадрат спектра когерентности электрического и магнитного полей в диапазоне частот 0.1 – 8 Гц

Болгарский диагностический комплекс ИЭСП был установлен также на высокоапогейном спутнике АВРОРАЛЬНЫЙ ЗОНД, с помощью измерений которого выделялись аномальные структуры с близкими спектральными составляющими [14].

Обсуждение результатов

Представленные примеры регистраций ЭМС с ИКБ-1300, а также результаты многих других спутниковых экспериментов по наблюдению аномальных электрических полей на разных высотах в ионосфере и магнитосфере, суммируемые в обзоре [15], дают похожие структурные особенности. Спектральный анализ электромагнитных скачков наблюдаемых с ИКБ-1300, первоначально сделанный в работах [8, 13], позволил утверждать, что это альвеновские структуры. Роль альвеновских волн в динамике магнитосферы и передачи энергии разбирается во многих работах, большая часть которых представлена в фундаментальном обзоре [16]. Однако в этих работах нет механизма, который выделяет характерные частоты в ЭМС и заставляет наблюдаемые структуры самосогласованно эволюционировать. Предлагаемая нами схема, приведенная на рис.5, позволяет ответить на поставленные вопросы.

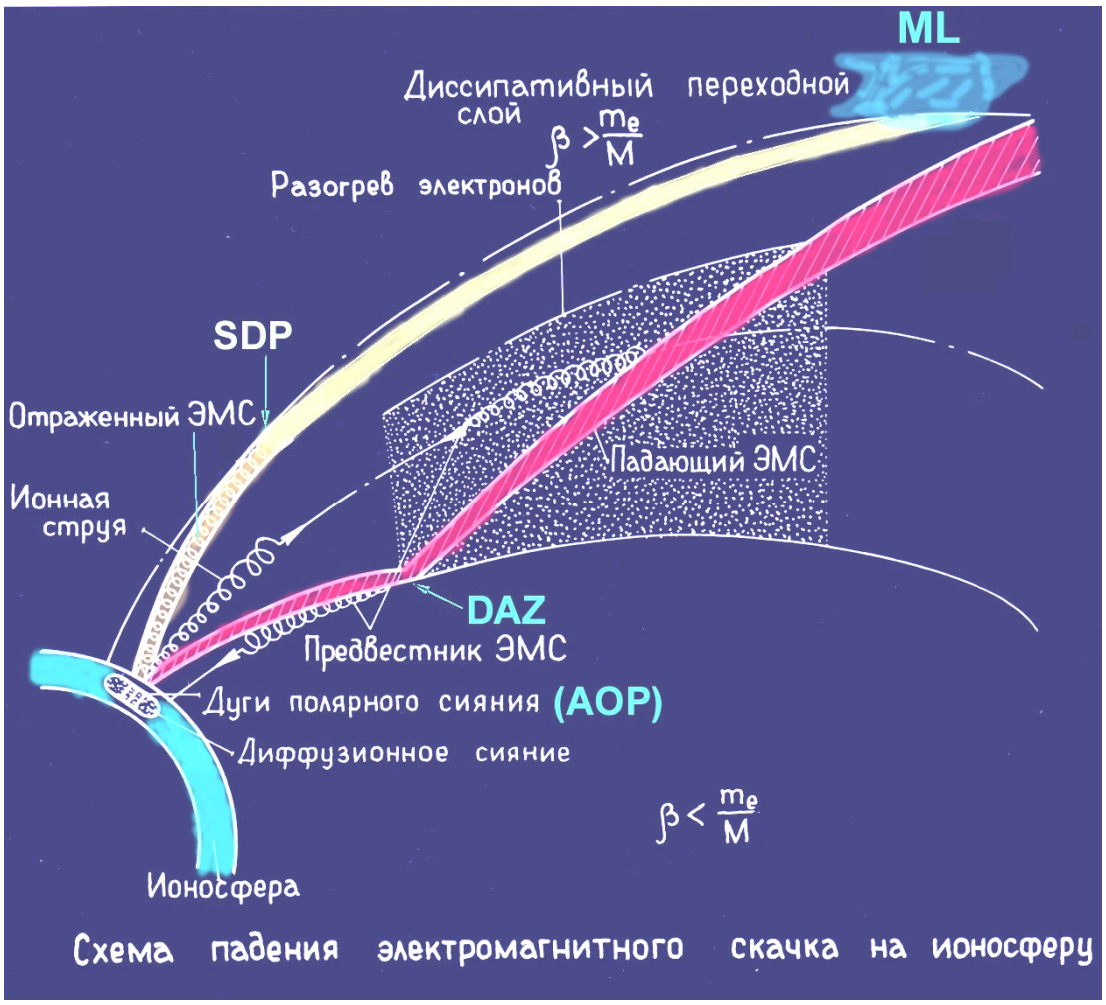


Рис. 5. Схема падения электромагнитного скачка на ионосферу

Энергия взаимодействия солнечного ветра с магнитным полем Земли первоначально передается в магнитный слой. Естественный путь выноса по магнитному полю – это возбуждение альвеновских колебаний. Из широкого спектра колебаний будут усиливаться те моды, в которых поляризация линейна. Этому условию отвечает распространение плоской волны под углом θ к магнитному полю, отвечающему соотношению $\cos\theta = V_S/V_A$, где V_S – скорость ионного звука, а V_A – альвеновская скорость. Так как во внешней магнитосфере отношение давление плазмы к магнитному давлению $\beta = 8\pi p/B^2 > m/M$ (отношение массы электрона к массе протона), то модифицированный альвеновский солитон будет смещаться на внутренние L-оболочки. В глубине магнитосферы, где $\beta < m/M$, знак дисперсии меняется и солитон будет отклоняться к большим L-оболочкам. После отражения в нижней ионосфере наблюдается та же зависимость. Сначала отклоняется к полюсу, а потом к исходной области формирования солитона. Таким образом, осуществляется обратная связь и выделяется основная характерная частота равная обратному времени пробега солитона. Вторая частота, скорее всего, связана со временем распространения солитона от диссипативного слоя, где $\beta \approx m/M$ и происходит частичный сброс захваченных частиц.

На начальной стадии развития суббури плазма внешней магнитосферы разогревается и диссипативный слой опускается и, соответственно, сдвигаются зона полярных сияний и зоны диффузных высыпаний. Сделанные нами оценки не противоречат предлагаемой самосогласованной картине прохождения ЭМС.

Заключение

Проведенные исследования приводят к следующим предварительным выводам:

1. Самосогласованная схема передачи энергии из магнитного слоя в ионосферу в виде наклонного альвеновского солитона, меняющего кривизну своей траектории в соответствии с

параметрами магнитосферной плазмы, позволяет увязать и объяснить последовательность многих аномалий электрических полей и потоков энергичных частиц.

2. Зона аврорального овала (АОР) простирается от падающего до отраженного ЭМС.

3. Граница диффузных высыпаний (DAZ) – это проекция на ионосферу вдоль магнитных силовых линий области преломления падающего ЭМС.

4. Граница мягких диффузных высыпаний (SDP) – это проекция на ионосферу вдоль магнитных силовых линий области преломления отраженного ЭМС.

Литература:

1. Stanev G., M. Petrunova, D. Teodosiev, I. Kutiev, K. Serafimov, S. Chapkunov, V. Chmyrev, N. Isaev, P. Puschaev, I. Pimenov. An instrument for DC electric field and AG-electric and magnetic field measurements aboard “Intercosmos-Bulgaria-1300” satellite. Adv. Space Res. V.2, No 7, 1983, pp. 43-47.
2. Исаев Н., Н. Осипов, Г. Станев, Е. Трушкина. Электрическое поле в высокоширотной ионосфере при больших положительных величинах B_z – компонент межпланетного магнитного поля (ММП) по данным измерений на ИСЗ «ИК -Болгария-1300». Bulgaarian Geophysical Journal. V.27, No 1, 1991, pp. 29-36
3. Mozer F., C. Cattell, M. Hudson, R. Lysak, M. Temerin, R. Terbert. Satellite measurements and theories of low altitude auroral particle acceleration. Space Sci. Rev., V.27, No 2, 1980, p. 155.
4. Temerin M., K. Cerny, W. Lotko, F. Mozer. Observations of double layers and solitary waves in the auroral plasma. Phys. Rev. Lett., V.48, 1982, pp. 1175-1179.
5. Isaev N., A. Yachnin, S. Bilichenko, V. Lazarev, G. Stanev, D. Teodossiev, N. Petkov, E. Timofeev, V. Chmyrev. A comparison of satellite measurements of electric and magnetic fields and particle fluxes with ground-based data. Adv. Space Res. V.3, No 5, 1985, pp.101-107.
6. Кузьмина А., В. Лазарев, М. Тельцов, С. Школьникова. Взаимосвязь потоков авроральных электронов и продольных токов с оптическими эмиссиями высокоширотной ионосферы по наблюдениям на ИСЗ «Интеркосмос-Болгария-1300». Геомагнетизм и аэрономия. Т.36, № 2, 1986, сс. 218-224.
7. Тимофеева У., А. Яхнин, Н. Исаев, Е. Трушкина, Г. Станев, Р. Пеллинен. Пространственные профили электрического поля и электронной концентрации в области регистрации аврорального рассеяния радиоволн. Геомагнетизм и аэрономия. Т.28, 1988, сс. 871-874.
8. Чмырев В., С. Биличенко, Ю. Казанская, В. Костин, В. Лазарев, М. Тельцов. Авроральные частицы, связанные с нелинейными альвеновскими волнами. Геомагнетизм и аэрономия. Т.36, № 2, 1986, сс. 275-281.
9. Шуйская Ф., Ю. Гальперин, Р. Ковражкин, А. Кузьмин, В. Степанов, Л. Горн, Б. Хазанов. Измерения энергичных частиц на высоких широтах: эксперимент СКА-3 на спутнике ИНТЕРБОЛ-2 (Авроральный зонд). Космич. исслед. Т.36, №.1, 1998, сс. 86-97
10. Дюбулоз Н., Ж. Бертелье, М. Малингр, Л. Жирар, Ж. Ковин, Ю. Гальперин и др. Наблюдение эффектов нагрева и ускорения ионосферных ионов в полярных широтах масс-спектрометром ГИПЕРБОЛОИД на высотах 2-3 радиуса Земли. Космические исследования. Т.36, № 1, 1998, сс. 4-15.
11. Стяжкин В., Г. Застенкер, В. Петров, М. Ноздрачев, А. Лазарус, З. Лепинг. Бодьшие и быстрые изменения параметров в магнитослое: 2. Вариации магнитного поля и сравнение их с вариациями потоков ионов. Космич. исслед. Т.37, № 6, 1999, сс. 616-624.
12. Воробьев В., О. Ягодкина, Г. Старков, Я. Фельдштейн. Особенности планетарного распределения характеристик авроральных высыпаний в периоды суббурь. Геомагнетизм и Аэрономия. Т.47, № 2, 2007, сс. 206-218.
13. Могилевский М., А. Баубделах, Де ла Порт, Т. Александрова, Т. Романова, О. Лефевр. Измерения электромагнитных УНЧ полей на спутнике АВРОРАЛЬНЫЙ ЗОНД: эксперимент ИЭСП. Космические исследования, Т.37, № 2, 1999, сс. 121-129.
14. Marklund G. Electric fields and plasma processes in the auroral downward current region, below, within, and above the acceleration region. Space Sci. Rev., V.142, No 1-4, 2009, pp. 1-21.
15. Keilling A. Alfven waves and their roles in the dynamics of the earth’s magnetotail: a review. Space Sci. Rev., V.142, No 1-4, 2009, pp. 73-156.
16. Keilling A. Alfven waves and their roles in the dynamics of the earth’s magnetotail: a review. Space Sci. Rev., V.142, No 1-4, 2009, pp. 73-156.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

SOLAR-WIND WAVES AND THEIR STABILITY IN THE FRAMEWORK OF THE HALL MAGNETOHYDRODYNAMICS

Ivan Zhelyazkov

Faculty of Physics – Sofia University
e-mail: izh@phys.uni-sofia.bg

Keywords: *magnetohydrodynamic waves, Kelvin–Helmholtz instability, solar-wind plasma*

Abstract: *It is well established now that the solar atmosphere, from photosphere to the corona and the solar wind is a highly structured medium. Satellite observations have confirmed the presence of steady flows there. Here, we investigate the propagation of magnetohydrodinamic (MHD) surface waves travelling along an ideal incompressible flowing plasma cylinder (flux tube) surrounded by flowing plasma environment in the framework of the Hall magnetohydrodynamics. The waves' propagation characteristics are studied in a reference frame moving with the mass flow outside the tube. In general, flows change waves' phase velocities compared to their magnitudes in a static MHD flux tube and the Hall effect extends the number of the possible wave dispersion curves. It turns out that while the kink waves in the framework of the standard magnetohydrodynamics are unstable against the Kelvin–Helmholtz instability, they become stable when the Hall effect is taken into account. The sausage waves are stable in both considerations.*

ВЪЛНИ В СЛЪНЧЕВИЯ ВЯТЪР И ТЯХНАТА УСТОЙЧИВОСТ В РАМКИТЕ НА ХОЛОВАТА МАГНИТОХИДРОДИНАМИКА

Иван Желязков

Физически факултет – Софийски университет "Св. Климент Охридски"
e-mail: izh@phys.uni-sofia.bg

Ключови думи: *магнитохидродинамични вълни, неустойчивост на Келвин–Хелмхолц, плазма на слънчевия вятър*

Резюме: *Установено е, че слънчевата атмосфера, от фотосферата до короната и слънчевия вятър, е силно структурирана среда. Спътникови наблюдения потвърдиха наличието на стационарни потоци в нея. Тук изследваме разпространението на магнитохидродинамични (МХД) повърхнинни вълни, разпространяващи се в идеален несвиваем течащ плазмен цилиндър (магнитна тръба), обграден от течаща плазмена среда, в рамките на Холовата магнитохидродинамика. Дисперсионните характеристики на вълните са изучавани в отправна система, движеща се с масовия поток извън тръбата. Потоците променят фазовите скорости на вълните в сравнение с техните големини в неподвижна МХД магнитна тръба, а ефектът на Хол увеличава броя на възможните дисперсионни криви на вълните. Оказва се, че докато kink-вълните, в рамките на стандартната магнитохидродинамика, са неустойчиви и неустойчивостта е от вида на Келвин–Хелмхолц, те стават устойчиви, когато се отчита влиянието на ефекта на Хол. Другите характерни МХД вълни – sausage-вълните – са устойчиви в рамките на двете описания.*

Introduction

Various waves and oscillations which occur in structured solar atmosphere were intensively studied over the past three decades [1]. Next step in investigating the wave phenomena in solar and stellar atmospheres was the consideration of steady flows there. Satellite measurements performed by *SOHO*, *Ulysses*, *Yohkoh*, *Wind*, *ACE*, and more recently by *STEREO*, of plasma characteristics of, for instance, the solar wind and coronal plumes flows, such as the magnetic field, the thermal and flow velocity and density of plasma or plasma compositions, are important to understand the various plasma wave modes which may arise. However, wave analysis requires further information and

special tools to identify which set of modes is contributing to observed wave features. In practice, one may use filters to perform the so-called *pattern recognition* to detect the various kind of modes that may propagate in plasma and to determine their contribution to the wave energy [2]. Another important issue is the question for the waves' stability. The magnetosonic waves in structured atmospheres with steady flows have been examined by Nakariakov and Roberts [3], Nakariakov *et al*. [4], Andries and Goossens [5]. Andries and Goossens studied also the conditions at which resonant flow and Kelvin–Helmholtz instability take place.

It is worth pointing out that all the aforementioned studies were performed in the framework of the standard magnetohydrodynamics. It was Lighthill [6] who pointed out 50 years ago that for an adequate description of wave phenomena in fusion and astrophysical plasmas one has to include the Hall term, $m_i(\mathbf{j} \times \mathbf{B})/e\rho$, in the generalized Ohm's law. That approach is termed Hall magnetohydrodynamics (Hall MHD). In this way, it is possible to describe waves with frequencies up to $\omega \approx \omega_{ci}$. Because the model still neglects the electron mass, it is limited to frequencies well below the lower hybrid frequency: $\omega << \omega_{lh}$. Generally speaking, the theory of Hall MHD is relevant to plasma dynamics occurring on length scales shorter than an ion inertial length, $L < l_{Hall} = c/\omega_{pi}$ (where c is the speed of light and ω_{pi} is the ion plasma frequency), and time scales of the order or shorter than the ion cyclotron period ($t < 1/\omega_{ci}$) [7]. Thus the Hall MHD should affect the dispersion characteristics of the MHD waves in spatially bounded magnetized plasmas. An extensive review for the studies of waves' propagation in bounded MHD plasmas in the framework of both the standard and Hall magnetohydrodynamics the reader can find in Ref. [8].

Here, we investigate the influence of flow velocities on the dispersion characteristics and stability of hydromagnetic surface waves (sausage and kink modes) travelling along an infinitely conducting, magnetized jet moving past also (with a different speed) infinitely conducting, magnetized plasma. If in the solar corona plasma β (the ratio of gas to magnetic pressure) is much less than unity, in the solar-wind fluxes tubes it is $\beta \approx 1$. Since we are going to study the wave propagation in flowing solar-wind plasma, we can assume that we have a 'high-β' magnetized plasma and treat it as an incompressible fluid.

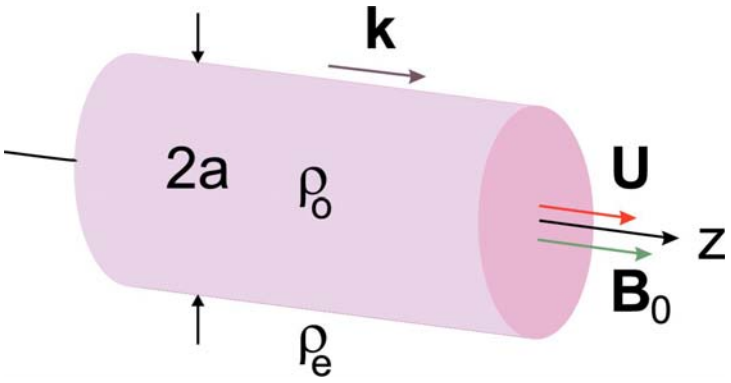


Fig. 1: Geometry of a solar wind flux tube containing flowing plasma.

For simplicity, we consider a cylindrical jet of radius a (immersed together with the environment in a constant magnetic field $\mathbf{B}_0$ directed along the z-axis), allowing for different plasma densities within and outside the jet, ρ_o and ρ_e, respectively (Fig. 1). The most natural discontinuity which occurs at the surface bounding the cylinder is the tangential one because it is the discontinuity that ensures a static pressure balance. For typical values of the background constant magnetic field $B_0 = 5 \times 10^{-9}$ T and the electron number density inside the jet $n_o = 2.43 \times 10^6$ m^{-3} at 1 AU, the ion cyclotron frequency $\omega_{ci}/2\pi$ = 76 mHz, the Alfvén speed v_{Ao} = 70 km/s, and the Hall scale length (= v_{Ao}/ω_{ci}, which is equivalent to c/ω_{pi}) is $l_{Hall} \approx 150$ km. This scale length is small, but not negligible compared to tube's radius of a few hundred kilometers. Here, we introduce a scale parameter $\varepsilon = l_{Hall}/a$ called the *Hall parameter*. In the limit of $\varepsilon \to 0$, the Hall-MHD system reduces to the conventional MHD system. Our choice for that parameter is $\varepsilon = 0.4$. The flow speeds of the jet and its environment are generally rather irregular. For investigating the stability of the travelling MHD waves it is convenient to consider the wave propagation in a frame of reference attached to the flowing environment. Thus we can define the relative flow velocity $\mathbf{U}^{rel} = \mathbf{U}_o - \mathbf{U}_e$ (U_o and U_e being the steady flow speeds correspondingly inside and outside the flux tube) as an entry parameter whose value determines the stability/instability status of the jet. As usual, we normalize that relative flow velocity with respect to the Alfvén speed in the jet, $v_{Ao} = B_0/(\mu_0\rho_o)^{1/2}$, and call it Alfvénic Mach number M_A, omitting for simplicity the superscript "rel". Another important entry parameter of the problem is $\eta = \rho_e/\rho_o$. It turns out that the waves' dispersion

characteristics and their stability critically depend on the magnitude of η. In this study, we take η = 0.568 which, for a compressible plasma approach, would correspond to $v_{Ao} = c_{so}$ = 70 km/s and v_{Ae} = 100 km/s, c_{se} = 70 km/s, respectively, where c_s is the sound speed in the corresponding medium. Thus the waves' dispersion characteristics (the dependence of the wave phase velocity $v_{ph} = \omega/k_z$ on the wave number k_z) and their stability states are determined by the three parameters η, ε, and M_A, two of which are fixed (η and ε) and the third one, M_A, is running.

Basic equations and dispersion relations

As seen in Fig.1, the three important vectors, the embedded magnetic field $\mathbf{B}_0$, the relative flow velocity **U**, and the wave vector **k**, lie along the *z*-axis. The basic equations which govern the propagation of Hall-MHD waves in flowing incompressible plasma are the equations for the perturbed fluid velocity $\mathbf{v}_1$ and perturbed wave magnetic field $\mathbf{B}_1$:

(1) $\rho\partial\mathbf{v}_1/\partial t + \rho(\mathbf{U}\cdot\nabla)\mathbf{v}_1 + \nabla(\mathbf{B}_0\cdot\mathbf{B}_1)/\mu_0 + (\mathbf{B}_0\cdot\nabla)\mathbf{B}_1/\mu_0 = 0,$

(2) $\partial\mathbf{B}_1/\partial t + (\mathbf{U}\cdot\nabla)\mathbf{B}_1 - (\mathbf{B}_0\cdot\nabla)\mathbf{v}_1 + \mathbf{B}_0\nabla\cdot\mathbf{v}_1 + v_A^2(\mathbf{z}\cdot\nabla)\nabla\times\mathbf{B}_1/\omega_{ci} = 0,$

with the constrains

(3) $\nabla\cdot\mathbf{v}_1 = 0$ and $\nabla\cdot\mathbf{B}_1 = 0,$

where **z** is the unit vector of the *z*-axis; the other notation is standard. After Fourier transforming the perturbed quantities proportional to $g(r)\exp(-i\omega t + im\varphi + ik_z z)$, we get a second order differential equation for the perturbed magnetic pressure p_{1mag}:

(4) $[d^2/dr^2 + (1/r)d/dr - (k_z^2 + m^2/r^2)]B_0B_{1z}/\mu_0 = 0,$

as well as an expression for the perturbed radial fluid velocity component in terms of the first derivative of p_{1mag}

(5) $v_{1r} = -i\,\mu_0 F(dp_{1mag}/dr)/(B_0k_z)^2,$

where

$F = [(\omega - \mathbf{k}\cdot\mathbf{U})(C - 1)]/[(C - 1)^2 - \sigma^2]$

with

$C = [(\omega - \mathbf{k}\cdot\mathbf{U})/(k_z v_A)]^2$ and $\sigma = (\omega - \mathbf{k}\cdot\mathbf{U})/\omega_{ci}.$

It is worth noticing that we have different *C*s and σs inside and outside the jet.

The solutions to the differential equation (5) are the modified Bessel functions, more specifically

$p_{1mag}(r) = AI_m(k_z r)$ for $r < a$

and

$p_{1mag}(r) = BK_m(k_z r)$ for $r > a$.

Accordingly, the expressions for v_{1r} inside and outside the jet are:

$v_{1r}(r < a) = -i\mu_0 F_o A I_m'(k_z r)/(B_0 k_z)^2$

and

$v_{1r}(r > a) = -i\mu_0 F_e B K_m'(k_z r)/(B_0 k_z)^2,$

where

$F_o = [(\omega - \mathbf{k}\cdot\mathbf{U})(C_o - 1)]/[(C_o - 1)^2 - \sigma_o^2]$ and $F_e = \omega(C_e - 1)/[(C_e - 1)^2 - \sigma_e^2]$

with

$C_o = [(\omega - \mathbf{k}\cdot\mathbf{U})/(k_z v_{Ao})]^2,\quad C_e = \omega^2/(k_z v_{Ae})^2,\quad \sigma_o = (\omega - \mathbf{k}\cdot\mathbf{U})/\omega_{ci},$ and $\sigma_e = \omega/\omega_{ci}.$

For solving our problem we need two boundary conditions, applied at the $r = a$ interface. These boundary conditions are [9]:

- continuity of the perturbed interface $v_{1r}/(\omega - \mathbf{k}\cdot\mathbf{U})$,
- continuity of the perturbed magnetic pressure p_{1mag}.

The application of the boundary conditions yields the following dispersion relations for *sausage* (m = 0) and *kink* (m = 1) modes running along the jet's interface:

(6) $G_o I_m'(k_z a)/I_m(k_z a) - G_e K_m'(k_z a)/K_m(k_z a) = 0,$

where

$G_o = (C_o - 1)/[(C_o - 1)^2 - \sigma_o^2]$ and $G_e = (C_e - 1)/[(C_e - 1)^2 - \sigma_e^2].$

As seen, the wave frequency ω is Doppler-shifted inside the jet, and also the two modes are pure surface waves. If we ignore the Hall term ($\sigma_{0,e} = 0$), the above equation reduces to [3]:

(7) $\eta(\omega^2 - k_z^2 v_{Ae}^2) I_m'(k_z a)/I_m(k_z a) - [(\omega - \mathbf{k}\cdot\mathbf{U})^2 - k_z^2 v_{Ao}^2] K_m'(k_z a)/K_m(k_z a) = 0,$

i.e., we recover well-known dispersion relations.

As we are interested in the stability of the surface waves travelling along the jet interface, we have to assume that the wave frequency is complex, i.e., $\omega \rightarrow \omega + i\gamma$, where γ is the expected instability growth rate. Since we will plot dispersion diagrams as dependencies of the wave phase velocity v_{ph} on the wave number k_z, we normalize all quantities by defining the dimensionless wave phase velocity $V_{ph} = \omega/k_z v_{Ao}$, wave number $K = k_z a$, and the relative Alfvénic Mach number $M_A = U/v_{Ao}$ to get the dimensionless form of our dispersion relations. It is worth investigating in parallel both waves' dispersion relations (those in the framework of the conventional magnetohydrodynamics and the Hall-MHD waves) in order to see how the Hall term modifies waves' dispersion curves and the instability growth rates when the waves become unstable. Thus the dimensionless forms of the aforementioned dispersion relations are:

(8) $[(V_{ph} - M_A)^2 - 1] Z_2 I_m'(K)/I_m(K) - (\eta V_{ph}^2 - 1) Z_1 K_m'(K)/K_m(K) = 0,$

where

$$Z_1 = [(V_{ph} - M_A)^2 - 1]^2 - \varepsilon^2 K^2 (V_{ph} - M_A)^2,$$
$$Z_2 = (\eta V_{ph}^2 - 1)^2 - \varepsilon^2 K^2 V_{ph}^2.$$

In above expressions $\varepsilon = l_{Hall}/a$ is the Hall parameter. The dispersion relation of the conventional surface MHD waves takes the form:

(9) $(\eta V_{ph}^2 - 1)\, I_m'(K)/I_m(K) - [(V_{ph} - M_A)^2 - 1]\, K_m'(K)/K_m(K) = 0.$

It is easy to see that the dispersion relation (9) of the conventional MHD surface waves is a quadratic one and its roots are:

$$V_{ph} = (-M_A B \pm D^{1/2})/(\eta A - B),$$

where

$$A = I_m'(K)/I_m(K), \qquad B = K_m'(K)/K_m(K),$$

and the discriminant D is

$$D = M_A^2 B^2 + (\eta A - B)[(1 - M_A^2) B - A].$$

Obviously, if D is non-negative (i.e., greater than or equal to zero), then

$$\mathrm{Re}V_{ph} = (-M_A B \pm D^{1/2})/(\eta A - B), \qquad \mathrm{Im}V_{ph} = 0,$$

else

$$\mathrm{Re}V_{ph} = -M_A B/(\eta A - B), \qquad \mathrm{Im}V_{ph} = D^{1/2}/(\eta A - B).$$

Numerical results and discussion

While the dispersion equation (9) of standard MHD surface waves is a quadratic one and its roots can be expressed in closed forms, that of the Hall-MHD waves, Eq. (8), is a complex polynomial of sixth order and it can be solved only numerically. We have used the Müller method for finding the complex roots of that equation. Before starting the numerical procedure for solving either dispersion equation, we have to specify the jet's entry parameters, notably η, M_A, and the Hall parameter ε for the Hall waves. Since the dispersion relations are sensitive to the values of η, we have calculated the waves' dispersion curves (and growth rates when the waves are unstable) for a value of that parameter which corresponds to the jet parameters listed in the Introduction section of this paper, namely $\eta = 0.586$. The relative Alfvénic Mach number M_A is a running entry parameter whose values vary from zero to some reasonable numbers. Recall that the value of the Hall parameter is $\varepsilon = 0.4$. We will first display the results for the kink mode, and later on for the sausage one.

It is clear from the explicit solutions to the dispersion equation of the conventional kink waves that for each M_A we have two curves when the waves are stable and *only* one curve as they become unstable. That is seen in Figs. 2 and 3. For relatively small Alfvénic Mach numbers one observes one forward and one backward propagating wave (look at Fig. 2). For a little bit bigger M_As, say $M_A > 1.5$, both waves become forward running ones and at $M_A = 2.35$ (Fig. 3) they start to merge forming close dispersion curves. At some critical value of M_A, in our case at $M_A = 2.42$, the waves become unstable

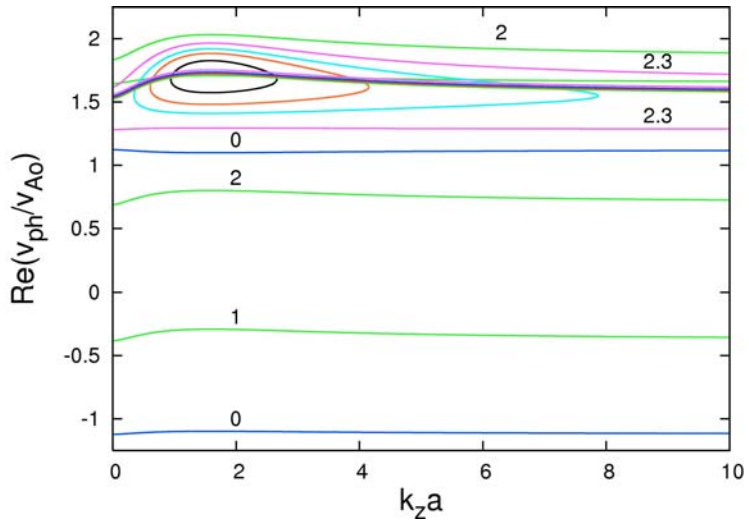


Fig. 2: Dispersion curves of forward and backward propagating conventional kink waves for different values of the relative Alfvénic Mach number M_A.

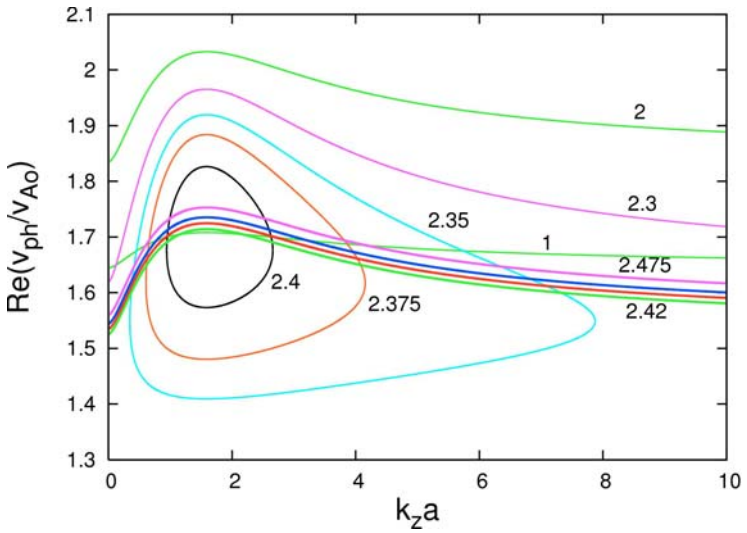


Fig. 3: Zoomed dispersion curves of forward propagating kink waves shown in Fig. 2.

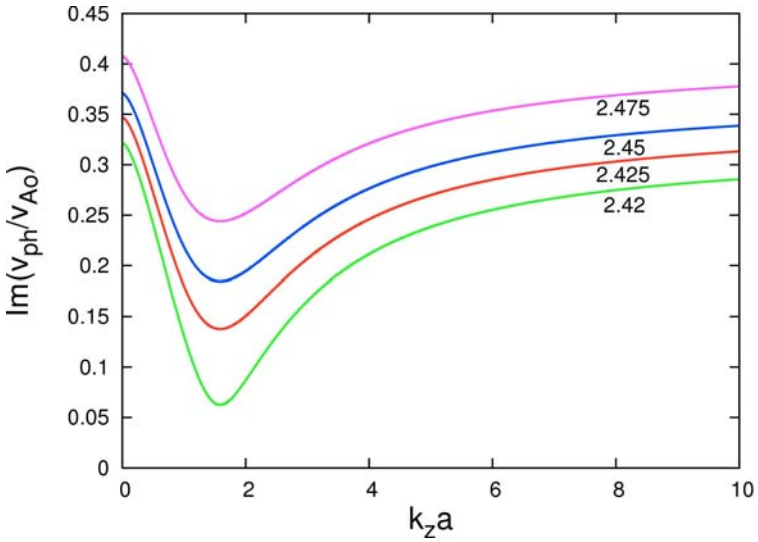


Fig. 4: Growth rates of the unstable conventional kink waves.

and their growth rate can be seen in Fig. 4. The found instability is of the Kelvin–Helmholtz type and the growth rates for other three relative Alfvénic Mach numbers are plotted in the same figure – the corresponding dispersion curves are clearly depicted in Fig. 3. We have to emphasise that according to Andries and Goossens [5] the Kelvin–Helmholtz instability onset starts at $U > v_{Ao} + v_{Ae}$, or equivalently at

$$M_A > 1 + 1/\eta^{1/2}.$$

In our case ($\eta = 0.586$) above inequality requires $M_A > 2.31$ in order to expect an instability onset. Obviously, our numerical calculations confirm the applicability of that criterion.

One must mention that one can get dispersion curves and growth rates of kink unstable waves for negative values of the relative Alfvénic Mach number, however, those waves are backward propagating ones and not acceptable from a physical point of view. The reason for that conclusion is that the MHD surface waves are the incompressible vestige of the slow magnetosonic waves of the compressible magnetohydrodynamics which propagate with group velocity, $\mathbf{v}_A$, either parallel or anti-parallel to $\mathbf{B}_0$ depending on the sign of k_z [8].

As we have already mentioned, the dispersion relations of the Hall-MHD surface waves are polynomials of sixth order possessing all non-zero coefficients. That means we have to expect to get six different dispersion curves for each M_A. In Fig. 5 we show the dispersion curves of the kink waves

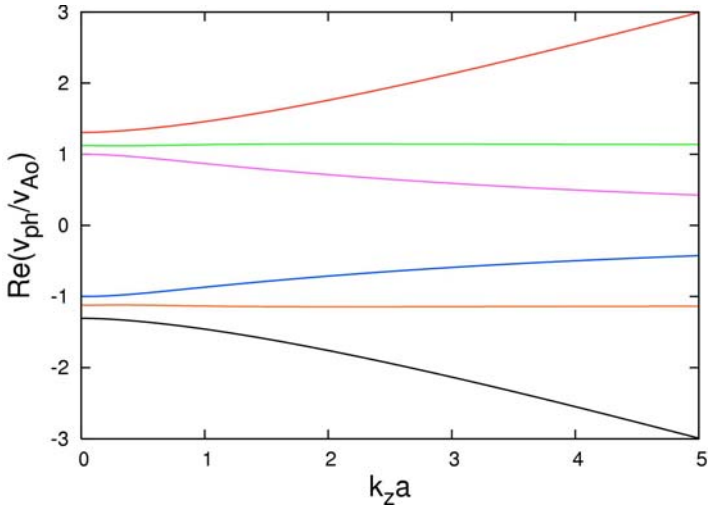


Fig. 5: Dispersion curves of forward and backward propagating Hall-MHD kink waves for $M_A = 0$.

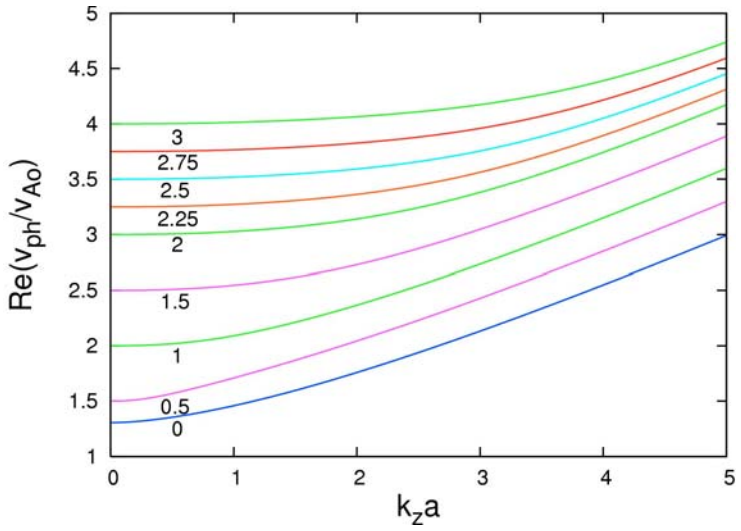


Fig. 6: Dispersion curves of the fast forward propagating Hall-MHD kink waves for different values of M_A.

propagating along a static ($M_A = 0$) flux tube. It is seen that we have three forward and three backward waves. Considering only the forward waves one can divide them into three categories, namely fast

(super-Alfvénic) kink waves, Alfvénic kink waves, and slow (sub-Alfvénic) kink waves. Figure 6 shows the evolution of the fast forward kink waves with increasing the relative Alfvénic Mach number M_A. It turns out that all the dispersion curves correspond to stable wave propagation. The evolution of the Alfvénic kink waves can be seen in Fig. 7. It is evident that in a flowing plasma their normalized

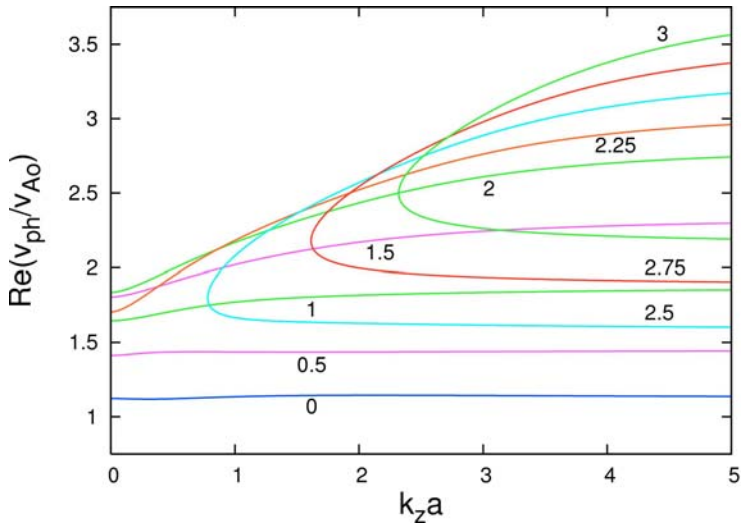


Fig. 7: Dispersion curves of the Alfvénic forward propagating Hall-MHD kink waves for different values of M_A.

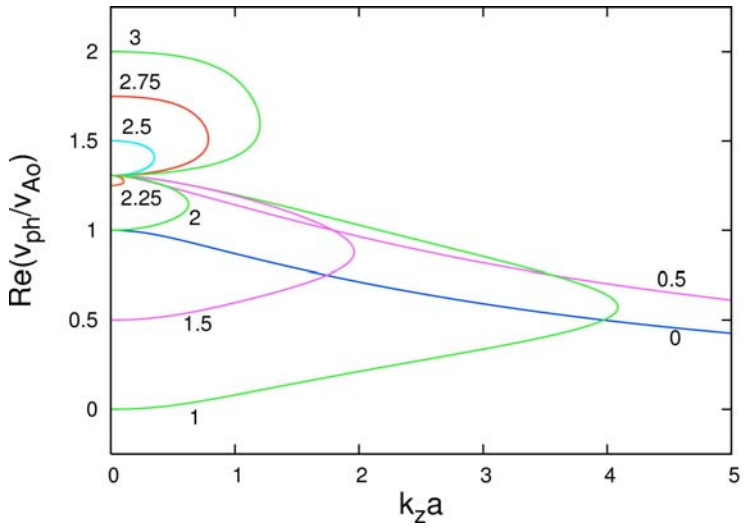


Fig. 8: Dispersion curves of the sub-Alfvénic forward propagating Hall-MHD kink waves for different values of M_A.

phase velocities increase and the waves actually become super-Alfvénic ones. Moreover for greater values of M_A (starting from 2.5) the form of their dispersion curves drastically changes – for small normalized wave numbers $k_z a$ there exist regions of non-propagation and each dispersion curve consists of two branches that merge at a specific $k_z a$ – for example, with $M_A = 2.5$ that value of $k_z a$ is 0.78. All dispersion curves plotted in Fig. 7 correspond to stable wave propagation. We observe a similar picture for the initially slow (sub-Alfvénic) forward Hall-MHD kink waves whose dispersion curves are shown in Fig. 8. What is more interesting, with the increasing the relative Alfvénic Mach number M_A the waves generally become super-Alfvénic (with the exception of low-branch curves corresponding to M_A equal to 1 and 1.5) and for some values of M_A (for instance at $M_A = 2.25$) the region of wave propagation is extremely narrow. The most surprising result is that for relative Alfvénic Mach numbers in the region of 2.4–2.6 where one may expect the onset of the Kelvin–Helmholtz instability (like in the case of the conventional MHD kink waves) the waves are still stable! The Müller method which has been used for solving the complex dispersion equations does not yield complex roots – the imaginary parts of the normalized wave phase velocities always were equal to zero. In other words, it turns out that the Hall term in the generalized Ohm's law not only changes the form and numbers of the

dispersion curves but also stabilizes the wave propagation along the jet against the Kelvin–Helmholtz instability.

The dispersion curves of the conventional sausage MHD surface waves travelling along the jet have been calculated by using Eq. (9) with $m = 0$ and are displayed in Figs. 9 and 10. For fairly small

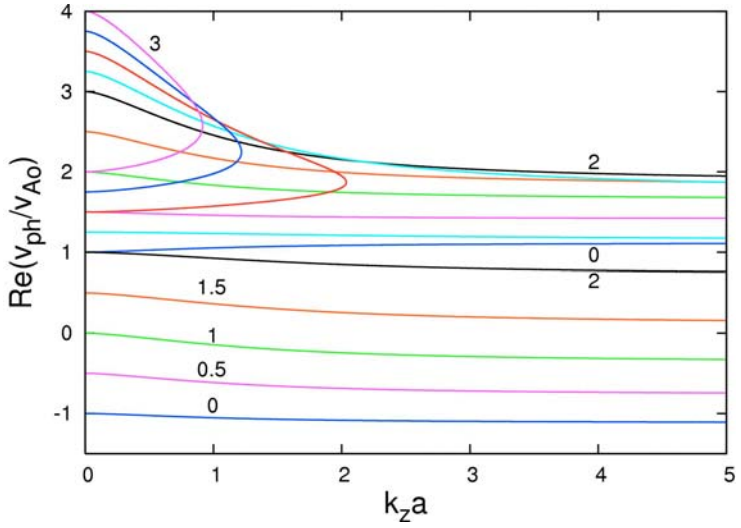


Fig. 9: Dispersion curves of forward and backward propagating conventional sausage waves for different values of the relative Alfvénic Mach number M_A.

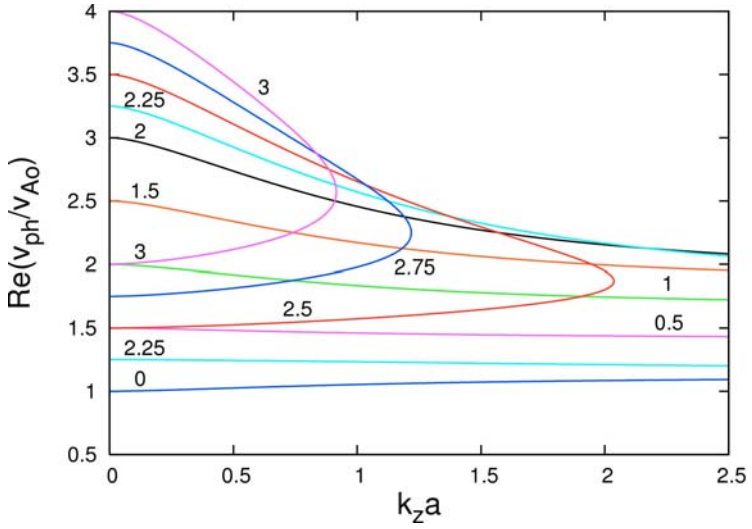


Fig. 10: Zoomed dispersion curves of forward propagating sausage waves shown in Fig. 9.

relative Alfvénic Mach numbers, less than or equal to 1, we have both forward and backward propagating waves. With the increasing of M_A the shape of the dispersion curves changes and at $M_A = 2.5$ both curves merge (look at Fig. 10) narrowing the propagation's range of the waves. Moreover, for such big enough relative Alfvénic Mach numbers for a fixed normalized wave number $k_z a$ we have multiple (in our case two) solutions for the normalized wave's phase velocity. Which one of these two velocities will be registered during the wave propagation cannot be predicted by the theory. It is rather astonishing that we get *no* complex solutions to the wave dispersion equation, i.e., the conventional sausage MHD surface waves are stable against the Kelvin–Helmholtz instability.

Let us see whether the inclusion of the Hall effect will change the stability state of the sausage mode. In the next four figures we show the dispersion curves of the Hall-MHD sausage surface waves running on a solar-wind jet. As in the case of the kink waves, for $M_A = 0$ (propagation along a static flux tube) we obtain six distinct dispersion curves for the Hall-MHD sausage waves – three of them correspond to forward wave propagation and the next three to backward wave propagation. When considering only the forward propagating modes we recognize, like before, three different types of waves (see Fig. 11): one fast (super-Alfvénic) wave, one practically Alfvénic wave, and one slow (sub-

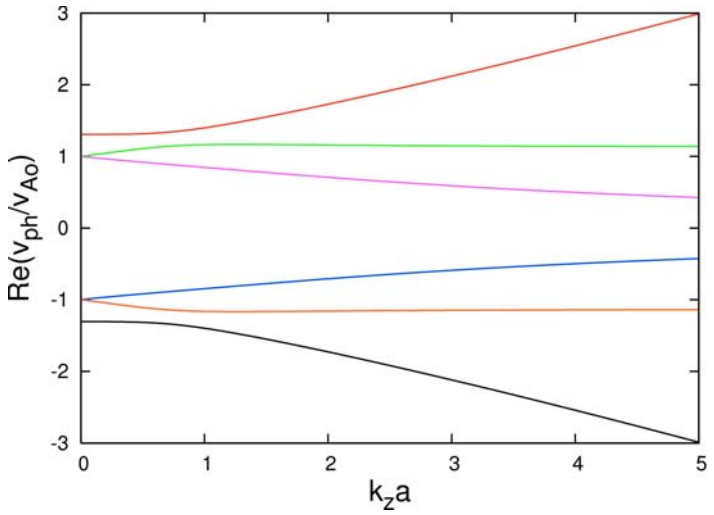


Fig. 11: Dispersion curves of the fast forward propagating Hall-MHD sausage waves for different values of M_A.

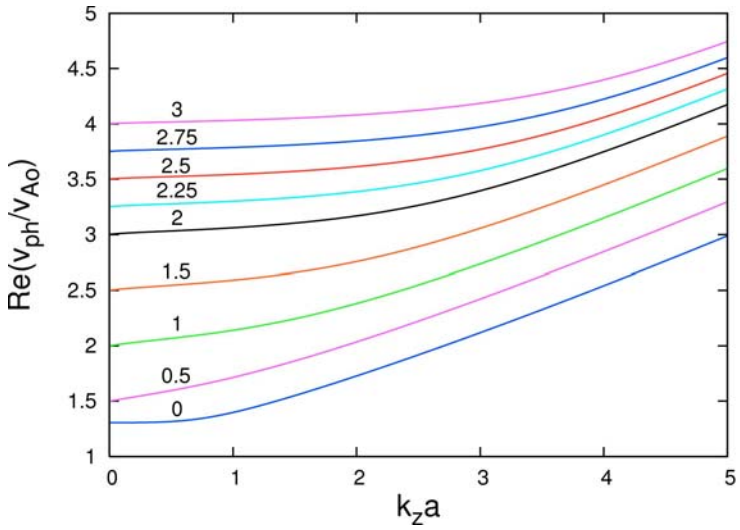


Fig. 12: Dispersion curves of the fast forward propagating Hall-MHD kink waves for different values of M_A.

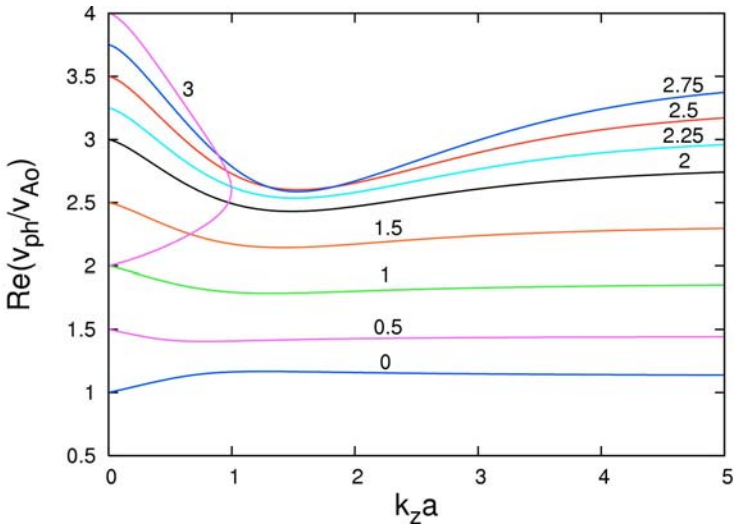


Fig. 13: Dispersion curves of the Alfvénic forward propagating Hall-MHD sausage waves for different values of M_A.

Alfvénic) wave. While the evolution of the fast Hall-MHD sausage waves with the inclusion of flow is similar to that of the kink waves (compare Figs. 6 and 12), the evolution of the initially almost Alfvénic sausage waves is completely different (compare Figs. 7 and 13). It is seen in Fig. 13 that those waves quickly become super-Alfvénic and only at great enough relative Alfvénic Mach numbers their propagation's ranges are severely reduced – look, for example, at the curve labeled by 3 in Fig. 13. Figure 14 shows the dispersion curves of Hall-MHD sausage waves for various relative Alfvénic Mach

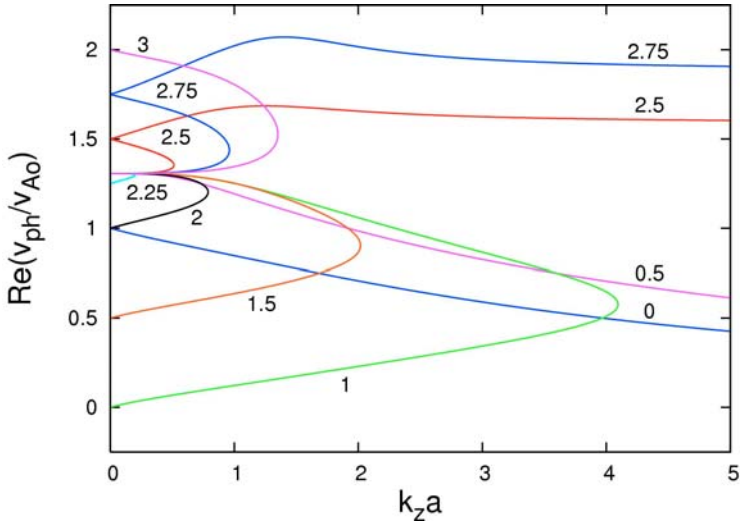


Fig. 14: Dispersion curves of the sub-Alfvénic forward propagating Hall-MHD sausage waves for different values of M_A.

numbers. It is seen, like in the case of the kink Hall-MHD waves, that the sausage waves possess semi-closed dispersion curves which significantly narrow the propagation's range of the waves – look, for instance, at the curve labelled by 2.25 in Fig. 14. Here, however, we observe a notable peculiarity: for M_A = 2.5 and 2.75 in the same range of the normalized waves' phase velocities there appear two dispersion curves (see the curves labelled by 2.5 and 2.75 on the right side of the plot in Fig. 14), which initially (for zero or small relative Alfvénic Mach numbers) belong to backward propagating Hall-MHD sausage waves. Probably it is not too surprising now to say that the sausage Hall-MHD waves, similarly to the conventional ones, are stable against the Kelvin–Helmholtz instability. Their stability state is not changed for negative M_As, either. In that case, however, there occur fast sausage waves whose normalized phase velocities are smaller than those of the super-Alfvénic waves for positive values of the relative Alfvénic Mach numbers. Similar phenomenon takes place for the kink Hall-MHD waves, too.

As we have mentioned in the Introduction section, the dispersion characteristics of both conventional and Hall-MHD waves depend upon the value of the entry parameter η. We have performed calculations for a wide range of magnitudes of that important parameter, namely η = 0.16, 0.98, 4, 10, and, of course, for η = 0.586. The obtained dispersion diagrams really looked differently, but their general features for a given eigenmode are more or less rather similar.

Conclusion and outlook

Let us summarize the main findings of our study. In investigating the wave propagation along an incompressible plasma jet moving with respect to the environment with a constant speed U we had to take into account the influence of two factors: (i) the Hall term in the generalized Ohm's law, and (ii) the flow itself. The combining effect of these two factors can be expressed as follows:

- The Hall term generally expands the range of propagation of the wave modes not only for static tubes but also for jets with $M_A \neq 0$. While the number of dispersion curves of a conventional MHD surface mode for a fixed M_A is two (one for forward propagating waves and other for backward propagating waves), for a Hall-MHD surface mode that number is six – we have generally three forward travelling waves and three backward running ones.
- With increasing the relative Alfvénic Mach number, M_A, at some its critical value the conventional kink waves become unstable and the instability is of the Kelvin–Helmholtz type. It turns out, however, that the kink Hall-MHD waves are stable for any relative Alfvénic Mach number (be it positive or negative).

- The sausage surface waves are stable against the Kelvin–Helmholtz instability for any relative Alfvénic Mach number both in the framework of the standard magnetohydrodynamics and the Hall one.
- The Hall term in the generalized Ohm's law, except of extending the number of the possible dispersion curves, also dramatically changes the shapes of the curves corresponding in the limit $M_A \rightarrow 0$ to slow (sub-Alfvénic) and almost Alfvénic waves. In particular, for big enough M_As their ranges of propagation are narrowed and for a fixed normalized wave number $K = k_z a$ one may have two distinctly different normalized phase velocities.

It is interesting and very instructive to compare our results with those associated with the propagation of Hall-MHD waves in a flowing incompressible plasma slab along the constant external magnetic field $\mathbf{B}_0$ [8]. In the slab geometry the Hall term generally limits the range of propagation of the wave modes not only for static tubes/layers but also for jets possessing positive Alfvénic Mach numbers. The limiting normalized wave number (see Eq. (18) in Ref. [8])

$$K_{\text{limit}} = (1 + \eta)^{1/2}/\varepsilon$$

is specified by two plasma parameters: the densities ratio of the two plasma media (outside and inside the jet), η, and the Hall parameter, ε. With approaching that wave number the wave phase velocity becomes very high. When M_A is negative the real part of the phase velocity of the eigenmodes (kink and sausage waves) is forced *due to the flow's presence* to go beyond that limiting wave number in a region where the wave becomes unstable (or if you prefer, overstable). The instability which occurs is of the Kelvin–Helmholtz type. The main conclusion in Ref. [8] is that the Hall current keeps stable the surface modes travelling in flowing solar plasmas within the dimensionless wave number range between 0 and K_{limit} for each relative Alfvénic Mach number. Instability of the Kelvin-Helmholtz type for the forward propagating waves is possible only at negative Alfvénic Mach numbers in a wave number range lying beyond the K_{limit}. The instability can disappear as $|M_A|$ reaches some value depending on the magnitude of the parameter η (look at Figs. 12 and 13 and read the comments for them in Ref. [8]). One of the unexpected surprises of our study in cylindrical geometry was that we *did not get* such a K_{limit}. Hence, if we extrapolate the main conclusion of Ref. [8], we can claim that the Hall-MHD surface waves propagating along a cylindrical incompressible solar-wind plasma jet should be stable against the Kelvin–Helmholtz instability. It remains to be seen whether this statement will be valid when the plasma compressibility is taken into account. An examination of the dispersion characteristics of the Hall-MHD eigenmodes and their stability status in a compressible cylindrical solar-wind jet are in progress and will be reported elsewhere.

Acknowledgments

This work was supported by the Sofia University Scientific Research Fund under Grant 236-2009.

References:

1. Nakariakov V. M. MHD oscillations in solar and stellar coronae: Current results and perspectives, *Adv. Space Res*. **39** (2007) 1804–1813.
2. Vocks C., U. Motschmann, and K.-H. Glassmeier. A mode filter for plasma waves in the Hall-MHD approximation, *Ann. Geophysicae* **17** (1999) 712–722.
3. Nakariakov V. M. and B. Roberts. Magnetosonic waves in structured atmospheres with steady flows, *Solar Phys*. **159** (1995) 213–228.
4. Nakariakov V. M., B. Roberts, and G. Mann. MHD modes of solar wind flow tubes, *Astron. Astrophys*. **311** (1996) 311–316.
5. Andries J. and M. Goossens. Kelvin–Helmholtz instabilities and resonant flow instabilities for a coronal plume model with plasma pressure, *Astron. Astrophys*. **368** (2001) 1083–1094.
6. Lighthill M. J. Studies on magnetohydrodynamic waves and other anisotropic wave motions, *Phil. Trans*. *Roy. Soc. Lond*. A **252** (1960) 397–430.
7. Huba J. D. Hall magneto hydrodynamics in space and laboratory, *Plasma Phys*. **2** (1995) 2504–2513.
8. Zhelyazkov I. MHD waves and instabilities in flowing solar flux-tube plasmas in the framework of Hall magnetohydrodynamics, *Eur. Phys. J.* D **55** (2009) 127–137; DOI: 10.1140/epjd/e2009-00217-3.
9. Chandrasekhar S. *Hydrodynamic and Hydromagnetic Stability* (Clarendon Press, Oxford, 1961) Ch. 11.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ХЕЛИОСФЕРНА МОДУЛАЦИЯ НА ПЪРВИЧНОТО КОСМИЧЕСКО ЛЪЧЕНИЕ. ЕМПИРИЧНО МОДЕЛИРАНЕ

Маруся Бъчварова[1], Петър Велинов[2]

[1]Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
[2]Институт за слънчево-земни въздействия - Българска академия на науките
e-mail: marusjab@space.bas.bg

Ключови думи: *космическа радиация, 11 – годишен слънчев цикъл, галактични космически лъчи, моделиране, Force - field (ФФ) приближение.*

Резюме*: Галактичните космически лъчи (ГКЛ) са основния йонизационен източник на височина между 3 и 35 km в земната атмосфера. Ролята на аномалната компонента на космическите лъчи е съществена за атмосферната йонизация при високи ширини. В тази работа е разгледан емпиричен модел на диференциалните спектри на галактичните и аномални космически лъчи в енергетичен интервал от 1 MeV до 100 GeV през даден слънчев цикъл. Моделираните данни от екеперименттите: LEAP87, IMAX92, CAPRICE94, AMS98 and BESS покриват три слънчеви цикъла - 20, 22 и 23. Анализирана е ролята на апроксимираните параметри с изменение на слънчевата активност. Емпиричният модел е сравнен с Force - field (ФФ) решение на едномерното транспортно уравнение. Намерена е математическа връзка между модулационния параметър Φ и стойностите на параметрите за галактичната част на спектъра. Пресмятанията са извършени с алгоритъм на Левенберг-Марквард.*

HELIOSPHERIC MODULATION OF PRIMARY COSMIC RAY SPECTRA. EMPIRICAL MODELLING

Marusja Buchvarova[1], Peter Velinov[2]

[1]Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Institute for Solar-Terrestrial Influences – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: marusjab@space.bas.bg,

Keywords: *cosmic radiation, 11 – year solar cycle, galactic cosmic rays, modeling, Force - field approximation.*

Abstract*: The galactic cosmic rays (GCR) are the main ionization source at altitude of ~ 3 to 35 km in the atmosphere. For high latitude anomalous cosmic ray (ACR) component has also a significant influence on the atmospheric ionization. We discuss an empirical model that describes differential spectra D(E) of galactic and anomalous cosmic rays in energy interval 1 MeV – 100 GeV during solar cycle. The LEAP87, IMAX92, CAPRICE94, AMS98 and BESS experimental spectra for protons (covering three solar cycles: 20, 22 and 23) are fitted to the empirical model. The role of the fitted parameters is analyzed. Model approximations to Force Field solutions to the one-dimensional transport equation are compared with the proposed model. A mathematical relation between parameters in the developed model for GCR and the modulation parameter Φ is found. The calculation of the model parameters is performed by Levenberg-Marquardt algorithm, applied to the special case of a least squares.*

Въведение

В най-общ смисъл космическите лъчи (КЛ) са поток от протони, ядра, електрони и античастици, т.е. стабилни първични частици. Почти 90% от КЛ, които достигат до земната атмосфера са протони и около 9% са алфа частици. Това разпределение на космическите лъчи е приблизително независимо от енергията за енергетична област от около 10 MeV/nucl до няколко GeV/nucl. Към КЛ се отнасят също и частиците, породени в атмосферата на Земята в резултат на взаимодействието на първичните космически лъчи с атомните ядра на въздуха.

Основна част от падащите на границата на атмосферата CR имат галактичен произход - галактични космически лъчи (ГКЛ)**.** При енергии $10^6 \div 10^8$ eV се наблюдава така наречената аномална компонента на КЛ. Аномалните космически лъчи (АКЛ) се ускорени на границата на хелиосферата.

Интензитетът на космическата радиация с енергия по-малка от 15 - 20 GeV вариара през 11- годишния слънчев цикъл и модулацията и се изучава с различни приближения на транспортното уравнение на космическите лъчи, изведено за пръв път от Паркер през 1965г [1]. Пълното решение на тримерното уравнение за разпространението на космическите лъчи в хелисферата във времето [2] е рядко използвано поради неговата сложност. По - сложните (двумерни или тримерни модели) не могат да бъдат използвани при дълго-периодичните вариации на космическите лъчи, тъй като техните многобройни параметри не се апроксимират с прости времеви серии на магнитното поле, както и поради наличието на много неизвестни параметри или допускания в тримерните модели. Най-често диференциалният спектър на галактичните космически лъчи през 11-годишния слънчев цикъл се описва с т.н. Force - field (ФФ) приближение [3, 4, 5]. ФФ апроксимацията е най-използваното приближение за параметризация на галактичния спектър при пресмятането на индуцираната йонизация и продукцията от космогенни изотопи в атмосферата [6, 7]. Параметризираният диференциален спектър се използва също при пресмятанията на атмосферните каскади в течение на слънчевия цикъл.

ФФ решението на транспортното уравнение е подходяща апроксимация на галактичните космически лъчи във вътрешните области на хелиосфера, където енергетичните загуби са съществени (това приближение заменя адиабатните енергетични загуби със симулирани енергетични загуби) [4]. Обаче, при някои измервания експерименталните спектри за Земята не могат да бъдат апроксимирани с ФФ модел. Например, малки разлики се наблюдават между ФФ решенията и балонните измервания BESS2000, 2002 [8]. Разгледаният тук емпиричен модел дава добри резултати при апроксимиране на експерименталните данни както за BESS2000 и 2002 [8, 9], така и за експерименталните измервания на космическите протони: LEAP87 [10], IMAX92 [11], CAPRICE94 [12], AMS98 [13] и BESS 97, 98 и 99 [8, 9]. Основната функция на този емпиричен модел е използването му в атмосферни и хелиосферни пресмятания през слънчевия цикъл. Изразът за диференциалния спектър е даден в удобна за пресмятане форма.

Спектър на галактичните и аномални космически лъчи

Диференциалният спектър на протоните и други групи от космични ядра с отчитане на аномалната компонента на космическата радиация се дава с израза [14]:

$$D(E) = D_{LIS}(E)\left(1+\frac{\alpha}{E}\right)^{-\beta}\left\{\frac{1}{2}\left[1+\tanh\left(\lambda\left(E_c-\mu\right)\right)\right]\right\}+ \\ +\left(\frac{x}{E^y}\right)\left\{\frac{1}{2}\left[1-\tanh\left(\lambda\left(E_c-\mu\right)\right)\right]\right\} \quad (1)$$

Спектарът се измерва в единици: part/ (m^2s.ster.MeV/nucl). Първият член в уравнение (1):

$$D_{GCR}(E) = D_{LIS}(E)\left(1+\frac{\alpha}{E}\right)^{-\beta} \quad (1a)$$

описва модулацията на галактичния спектър в областта от енергии: ~ 30 MeV to 100 GeV. Вторият член:

$$D_{ACR}(E) = \left(\frac{x}{E^y}\right) \quad (1b)$$

отчита аномалната компонента за енергии от 1 MeV до около 30 MeV. С E е означена кинетична енергия (в GeV), а $D_{LIS}(E)$ е локалния междузвезден спектър (ЛМС). Параметрите α и β задават модулацията в областта от енергии ~ 30 MeV до 20 GeV. Величината α има значение на енергия (в GeV), докато β е безразмерна. Параметрите x и y задават хелиосферната модулация на аномалната компонента за енергии от ~ 1 MeV до 30 MeV. Членовете с tanh са изглаждащи функции между галактичния и аномалния спектър. Ролята на тези функции за изглаждането между двата спектъра е разгледа подобно в [14,15]. Физическото значение на μ [GeV] е енергията $E_{1/2}$ при която диференциалният спектър на ГКЛ и диференциалният спектър на АКЛ

участват с половината от своите стойности към сумарния спектър $D(E)$. С E_c означаваме енергията при която диференциалният спектър на ГКЛ пресича диференциалния спектър на АКЛ. Приносът на галактичните и аномалните космически лъчи към спектъра за енергия E_c се определя от стойността на λ. В нашите пресмятания λ = 100 [15]. В този случай стойността на E_c е близка до стойността на $E_{1/2}$.

За енергии от 20 GeV до 100 GeV хелиосферната модулация е слаба и ЛМС се задава със степен спектър:

(2a) $$D_{LIS} = K_0 (E + E_0)^{-\gamma}$$

K_0 and γ формират спектъра на галактичните космически лъчи над 20 GeV, а E_0 = 0.938 GeV е енергията на покой на протона [16].

Поради хелиосферната модулация първичният спектър на космическите лъчи под няколко GeV е труден за определяне. Ето защо се допуска по-голяма свобода при неговото нормиране и моделиране под енергии от няколко десетки GeV. В (2a) се въвежда нормировъчна константа k, за да апроксимира данните под 10 GeV, където първичният спектър става по – равнинен:

(2b) $$D_{LIS} = kK_0 (E + E_0)^{-\gamma}$$

Когато във формула (1) за ЛМС използваме израза (2b), параметрите α и β имат принос не само при моделирането на галактичния спектър под 10 GeV, но и при моделирането на локалния междузвезден спектър.

Тъй като немодулираният спектър не може да бъде измерен директно на Земята, в литературата могат да бъдат намерени различни теоретични и емпирични оценки на ЛМС за областта от енергии от 200 MeV до 100 GeV. Един от най-често използваните изрази за ЛМС е даден в [17]:

(2c) $$D_{LIS}(E) = \frac{1.910^4 P(E)^{-2.78}}{1 + 0.4866 P(E)^{-2.51}}$$

Спектърът (2c) лежи между емпирично изведените и теоретично пресметнати ЛМС в областта на енергии от 1 до 10 GeV [18]. Това обуславя неговото много често приложение при теоретичните апроксимации на транспортното уравнение за разпространението на първичните космически лъчи в хелиосферата.

В работата са използвани уравнения (2a) и (2b) за ЛМС, когато апроксимираме експерименталните данни към модела и изразът (2c) за ЛМС, когато сравняваме ФФ приближението с предложения спектър.

Моделни апроксимации на експериментални данни

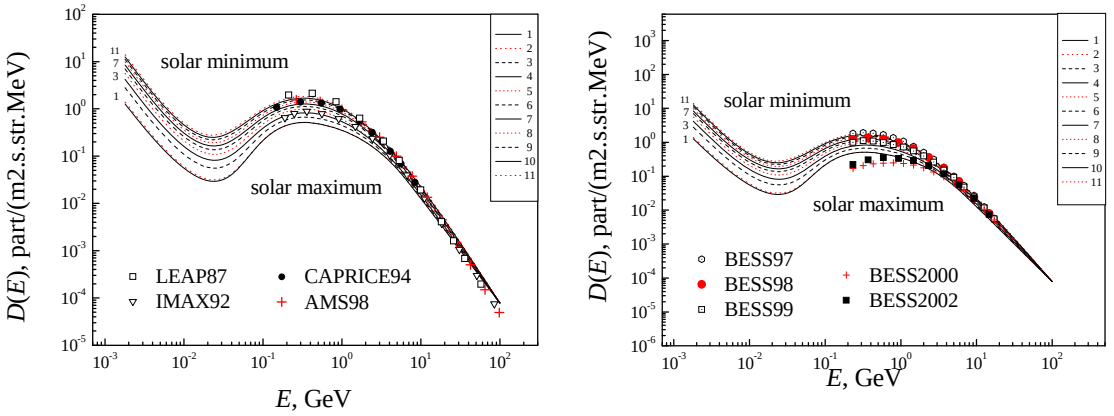
При апроксимиране на уравнение (1) към експерименталните данни са използвани данни от три слънчеви цикъла (20, 22 и 23). Измерванията на космическия спектър за енергии от 1 MeV до 100 GeV за 20-ти слънчев цикъл (1965-1969) са дадени от Hillas [19] и Simpson [20]. При моделирането на тези спектри за ЛМС се използва формула (2a). Нормировъчните константи за протоните са: K_p=14.56 [GeV$^{2.63}$/(s.m^{2}ster.MeV)] и γ_p=2.63 [19]. Параметрите α, β, x, y and μ са пресметнати по алгоритъма на Левенберг-Марквард [21]. Този числен метод може да бъде разглеждан като комбинация от метода на най-бързото спускане и метода на Гаус – Нютон [21].

Фиг. 1 показва моделираните спектри D (E) за космическите протони за 11 нива на слънчевата активност (криви от 1 до 11) за 20 -ия слънчев цикъл. Таблица 1 дава моделните параметри от уравнение (1) за слънчев минимум (1965) и максимум (1969) за галактичните протони. Редуцираните стойности χ^2_n са по-малки от 1, което е индикатор за добра апроксимация на модела към експерименталните данни.

Стойността на параметъра α нараства от слънчев минимум към слънчев максимум, докато β остава почти константа ($\beta \approx 1$). За аномалните космически лъчи нормировъчната константа x има по-висока стойност при слънчев минимум, отколкото при слънчев максимум. Това е очаквано, тъй като интензитета на аномалната компонента нараства тогава, когато ефекта на слънчевата модулация намалява. Параметърът y се променя много бавно от слънчев минимум към максимум, а лекото нарастване на μ с нарастване на слънчевата активност е индикатор за слабото отместване на минимума на спектъра (1) към по-високи енергии при преход към максимална слънчева активнст.

Експерименталните спектри на галактичните протони от измерванията: LEAP87 [10], IMAX92 [11], CAPRICE94 [12], AMS98 [13] и BESS [8,9] са апроксимирани с уравнение (1a),

описващо галактическата част на спектъра с D_{LIS} – формула (2b). Във формула (2b) полагаме $K = kK_0$. Таблици 2 и 3 дават стойностите на спектралния индекс γ, пресметнатите параметри α и β и техните стандартни отклонения χ^2_n за измервателните данни. Стойностите χ^2_n показват добро съответствие на измерените експериментални спектри с предложения емпиричен модел.



Фиг. 1. Моделирани диференциални спектри *D(E)* на галактични и аномални космически протони за единадесет нива на слънчевата активност през 20-тия слънчев цикъл в съответствие с експерименталните спектри дадени Hillas (1972) and Simpson (1992). 1a) Сравнение на моделираните спектри с измерванията на □ LEAP87 (Seo et al., 1991), ▽ IMAX92 (Menn et al., 2000), ● CAPRICE94 (Boezio et al., 1999) и + AMS98. Експериментите LEAP87 (Seo et al., 1991), IMAX92 (Menn et al., 2000) и ● CAPRICE94 (Boezio et al., 1999) са проведени през 22 слънчев цикъл (1986-1996), докато спътниковите изследвания с + AMS98 (Alcaraz et al., 2000) са близо до минимума на 23 слънчев цикъл (1996-2008); 1b) Сравнение на моделираните спектри с балонни данни от измерванията с BESS (Shikaze et al., 2007) през слънчевия цикъл 23.

Таблица 1. Пресметнатите параметрични стойности *K*, *α, β, x, y* , *μ* и χ^2_n от уравнение (1) за галактични и аномални протони при ниска и висока стойност на слънчевата активност за Земята, γ =2.63

Моделни параметри	*K*	*α*	*β*	*x*	*y*	*μ*	χ^2_n
Слънчев максимум	1.455761E+1	9.848129± 7.36728E-1	8.81466E1± 1.5875E-2	1.23191E-5± 1E-6	1.825847± 1.5341E-2	4.3094E-2 ±9.8E-4	5.81162E-1
Слънчев минимум	1.455761E+1	1.10811± 8.5916E-2	1.029657± 2.58480E-2	1.88999E-4± 1.7E-5	1.79174E± 1.5845E-2	1.268E-2± 2.027E-3	7.7175E-2

Таблица 2
Изчислените моделни параметри *K*, *α*, *β* and χ^2_n за галактични протони за експериментите: LEAP87[10], IMAX 92[11],CAPRCE 94 [12] и AMS 98[13].

Експерименти	LEAP87	IMAX 92	CAPRICE94	AMS98
γ	2.63	2.61	2.73	2.76
K	10.503±1.7E-2	9.327±0.1.28E-1	14.871±3.9E-2	17.410±3.07E-1
α	0.439±2E-3	1.183±5E-2	1.907±9E-3	2.2±9.6E-2
β	1.131±4E-3	1.022±1.8E-2	0.896±2E-3	0.874±2E-2
χ^2_n	2.49	0.47	1.16	0.25

Таблица 3
Изчислените моделни параметри *K*, *α*, *β* and χ^2_n за галактични протони за експериментите: BESS97, BESS98, BESS99, BESS2000 и BESS2002 [8], γ = 2.732 [9].

Експерименти	BESS97	BESS98	BESS99	BESS2000	BESS2002
K	18.046±1.85E-1	17.424±1.9E-1	17.929±1.96E-1	21.763±2.50E-1	19.91±1.2E-1
α	2.867±6.9E-2	2.337±4.8E-2	3.238±6.2E-2	5.369±6.5E-2	3.336±2.5E-2
β	0.706±8E-3	0.926±9.9E-3	0.914±8E-3	1.428±8E-3	1.522±6E-3
χ^2_n	0.17	0.14	0.24	0.48	1.48

Моделираните 11 протонни спектри за периода 1965-1976 са сравнени с данни от експериментите: LEAP87 [10], IMAX92 [11], CAPRICE94 [12], AMS98 [13] на Фиг. 1a, а на Фиг. 1b с балонните измервания: BESS 1997, 1998, 1999, 2000 и 2002 [8,9].

Сравнение на емпиричния модел с ФФ приближение на транспортното уравнение

Модулацията на космическите лъчи в хелиосферата е описана напълно от уравнението на Parker [1]. Пълното решение на транспортното уравнение [2] е рядко използвано поради неговата сложност. Изразът за транспорта на космическите лъчи в околност на Земята може да бъде редуциран до т.н. ФФ приближение при следните допускания: 1) сферично – симетрична хелиосфера, 2) равновесен поток , 3) липса на източници на космически лъчи и 4) замяна на адиабатните енергетични загуби със симулирани такива [18]. Решението на това редуцирано уравнение е валидно за енергии над 200 MeV [4].

ФФ параметризацията на космическия спектър за 1 AU се дава с израза [3]:

$$D(E,\Phi) = D_{LIS}(E+\Phi)\frac{E(E+2E_0)}{(E+\Phi)(E+\Phi+2E_0)} \quad (3)$$

$D(E,\ \Phi)$ е интензитета на потока частици, а D_{LIS} $(E+\Phi)$ е локалния спектър на границата на хелиосферата, E_0= 0.938 GeV е масата на покой на частицата. Параметърът $\Phi = (Ze/A)\ \varphi$, като φ е модулационен потенциал (в GV). Физическото значение на Φ са средни енергетични загуби на космическите частици в хелиосферата.

От уравнение (3) пресмятаме диференциалния спектър на протоните за определени стойности на модулационния параметър Φ. При пресмятанията за $D_{\rm LIS}(E+\Phi)$ използваме формула (2c). Теоретично получените от формула (3) спектри за дадено Φ са апроксимирани от моделно уравнение (1a). Във формула (1a) за $D_{\rm LIS}(E)$ е използвана също формулата на Burger et al. [17], т.е. уравнение (2c). Пресметнатите параметри α и β за различни Φ са дадени в Таблица 4. При апроксимиране на ФФ спектрите (3) от модела (1a) стандартните отклонения са ~ (1 –2) % за ниски и средни нива на модулация (φ < 0.8 GV) и ~ 3 % за високи стойнсти (φ > 0.8 GV).

Таблица 4. Изчислените моделни параметри за галактичните протони α и β за модулационни нива $\Phi=\varphi/2$: 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 and 0.8 GeV

Параметри	Φ =0.3	Φ= 0.4	Φ =0.5	Φ =0.6	Φ =0.7	Φ=0.8
α	1.446600	1.766995	2.078808	2.372635	2.654086	2.924539
β	0.921775	1.049210	1.153789	1.244398	1.324410	1.396325

От Таблица 4 намираме следната зависимост между стойностите α и β и ФФ параметъра $\Phi = (eZ/A)\ \varphi$:

$$\Phi \approx \frac{1}{\Lambda}\left(\frac{\alpha\beta}{3}\right) \quad \text{или} \quad \beta \approx \Lambda\left(\frac{3\Phi}{\alpha}\right) \quad (4)$$

Коефициентът Λ е приблизително 1.618. Пресмятания показват, че тази стойност не зависи от избора на $D_{\rm LIS}$ в уравнения (1a) и (3), или Λ ≈ 1.618, когато апроксимираме с различни формули за $D_{\rm LIS}$.

Трябва да бъде подчертано обаче, че уравнения (4) са валидни само ако формулата за $D_{\rm LIS}$ е една и съща в емпиричния модел (1a) и във ФФ решението на транспортното уравнение (3). Във всичко останали случаи, когато в двете апроксимации на спектъра се използват различни формули за ЛМС, зависимостите дадени с (4) са невалидни.

Заключение

Различните типове атмосферни модели дадени от Stozhkov [22], Clem et al. [23], Djemil et al. [24] и много други показват, че спектрите на космическите лъчи са от фундаментална важност при моделиране на разнообразието от физични и химични процеси в атмосферата и слънчево-земните връзки. Космическите лъчи са източници на атмосферни йони, които играят важна роля в процесите на: химични реакции с обмяна на заряд, образуването на водни пари и ледени кристали, формирането на гръмотевични (буреносни) облаци и всички останали видове облаци.

Галактичните и слънчевите космически лъчи са драйвери на слънчево-атмосферната динамика [25]. Поради тяхната модулация от слънчевия вятър, спектрите на тези частици са повлияни от изменението в активността на Слънцето в течение на слънчевия цикъл. Диференциалният спектър $D(E)$ на галактичните и аномални космически лъчи може да бъде

изполван при пресмятане на профилите на електронната продукция в атмосферата и йоносферата за ниски, средни и високи ширини през слънчевия цикъл. Това приложение на моделният спектър (1) е разгледано в работите на Velinov et al. [26], [27] и [28]. Изчислените профили на електронната продукция са необходими при определяне на електронната плътност и електричната проводимост на йоносферата в зависимост от слънчевата активност.

Литература:

1. Parker E.N. The passage of energetic particles through interplanetary space, Planet. Space Sci., 13, 1965, pp.9-49.
2. Kota J., J.R Jokipii. The role of corotating interaction regions in cosmic-ray modulation, Geophys. Res. Lett., 18 (10), 1991, pp. 1797- 1800,
3. Gleeson L.J., W.I Axford. Solar modulation of galactic cosmic ray. Astrophys. J., 154, 1968, pp. 1011-1026
4. Gleeson L.J., I.A. Urch. Astrophys. Space Sci., 25, 1973, pp. 387–404.
5. Caballero-Lopez R. A., H. Moraal. Limitations of the force field equation to describe cosmic ray modulation, J. Geophys. Res., 109 (A1), 2004, pp. 1011-1017.
6. Usoskin I.G. et al. Ionization of the Earth's atmosphere by solar and galactic cosmic rays, *Acta Geophys.*, 57 (1), 2009, pp. 88-101.
7. Usoskin I.G., et al. Short-term production and synoptic influences on atmospheric ^{7}Be concentrations, J. Geophys. Res., 114 (D6), 2009, pp. 108 – 118.
8. Shikaze Y. et al. Measurements of 0.2 - 20 GeV/n cosmic-ray proton and helium spectra from 1997 through 2002 with the BESS spectrometer. Astropart. Phys., 28 (1), 2007, pp. 154-167 .
9. Yamamoto A. Precise measurement of low energy (< TeV) cosmic-rays with BESS. International Workshop on Energy Budget in the High Energy Universe, ICRR, Univ. Tokyo, Feb. 22-24, 2000.
10. Seo E. S. et al. Measurement of cosmic-ray proton and helium spectra during the 1987 solar minimum, Astrophys. J., 378 (2), 1991, pp. 763-772.
11. Menn W. et al. The absolute flux of protons and helium at the top of the atmosphere using IMAX, Astrophys. J., 533(1), 2000, pp. 281 – 297.
12. Boezio M. et al.The cosmic ray proton and helium spectra between 0.4 and 200 GV, Astrophys. J, 518(1), 1999, pp. 457-472.
13. Alcaraz J. et al. Cosmic protons. AMS collaboration, Phys. Lett. B, 490(1-2), 2000, pp. 27 - 35
14. Velinov P.I.Y. Expression for differential spectrum of primary cosmic rays with smoothing function tangens hyperbolicus, C. r. Acad. bulg. Sci.,55(1), 2002, pp. 51-56.
15. Buchvarova M. PhD Thesis, Sofia, 2007, 151p.
16. Draft International Standard ISO/DIS 15390, Space Environment (Natural and Artificial) — Model of Radiation Impact by Galactic Cosmic Rays. International Organization for Standardization, NASA Engineering Standards Steering Council, 2003.
    Available from: <http://standards.gsfc.nasa.gov/reviews/iso-dis-15390/iso-dis-15390.pdf>.
17. Burger R. A., M.S. Potgieter, B. Heber. Rigidity dependence of cosmic ray proton latitudinal gradients measured by the Ulysses spacecraft: Implications for the diffusion tensor, J. Geophys. Res., 105 (A12), 2000, pp. 27447 – 27455.
18. Usoskin I.G., K. Alanko-Huotari, G.A. Kovaltsov, K. Mursula. Heliospheric modulation of cosmic rays: Monthly reconstruction for 1951-2004, J. Geophys. Res., 110(A12), 2005, pp. 108 – 117.
19. Hillas A.M. Cosmic Rays. Oxford, Pergamon Press, 1972, 297p.
20. Simpson J. A. Cosmic radiation: particle astrophysics in the heliosphere, in: Frontiers in Cosmic Physics, Mendell, R. B., Mincer, A.I. (Eds.), Ann. N. York Acad. Sci., 655, 1992, pp. 95-137.
21. Press W.H., B.P.Flannery, S.A.Teukolsky, W.T. Vetterling. Numerical Recipes in C++ - the Art of Scientific Computing. Cambridge: Cambridge University Press, 1991, 1007p.
22. Stozhkov Y I. The role of cosmic rays in the atmospheric processes, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys., 29(5), 2003, pp. 11913 – 11923.
23. Clem J. M. et al. New calculations of the atmospheric cosmic radiation field-results for neutron spectra, Radiation Protection Dosimetry, 110(1-4), 2004, pp. 423 – 428.
24. Djemil T., R. Attallah, J. N. Capdevielle. Influence of the hadronic interaction model on the calculation of the atmospheric muon flux, in: Proceedings of 20th European Cosmic Ray Symposium, Portugal, 2006.
    Available from: <http://www.lip.pt/events/2006/ecrs/proc/ecrs06-s0-116.pdf
25. De Jager C., I. Usoskin. On possible drivers of Sun-induced climate changes. J. Atm Solar Terr. Phys., 68 (18), 2006, pp. 2053 – 2060.
26. Velinov P.I.Y. et al. Method for calculation of ionization profiles caused by cosmic rays in giant planet ionospheres from Jovian group. Adv. Space Res., 33 (2), 2004, pp. 232 - 239.
27. Velinov P.I.Y. Advancing our understanding of the cosmic ray processes that govern the solar influence on Earth and planets. Sun and Geosphere, 1 (1), 2006, pp. 5-7.
28. Velinov P.I.Y., L. Mateev. Improved cosmic ray ionization model for the system ionosphere–atmosphere. Calculation of electron production rate profiles, J. Atm Solar Terr. Phys., 70 (2-4) , 2008, pp. 574 - 582.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

УСИЛВАНЕ НА БАВНИ МАГНИТОЗВУКОВИ ВЪЛНИ ОТ СРЯЗВАЩ ПОТОК: МЕХАНИЗЪМ ЗА НАГРЯВАНЕ И ВИСКОЗИТЕТ НА АКРЕЦИОННИТЕ ДИСКОВЕ

Златан Димитров, Яна Манева, Тихомир Христов,Тодор Мишонов

Софийски Университет "Св. Климент Охридски",
Физически факултет, Катедра теоретична физика,
e-mail: zlatan.dimitrov@gmail.com, yanamaneva@gmail.com, tihomir.hristov@jhu.edu, tmishonov@phys.uni-sofia.bg

Ключови думи: *МХД вълни, срязващ поток, акреционни дискове, квазари*

Абстракт: *Намерени са аналитични решения за магнитохидродинамични (МХД) вълни с малка амплитуда разпространяващи се в срязващ поток от идеален несвиваем флуид. Магнитното поле, налягането и скоростта се представят с помощта на решение на ефективното уравнение на Шрьодингер и се изразяват чрез конфлуентната функция на Хойн. Най-важната отличителна черта на решението е значителното усилване на дългите магнитозвукови вълни; получена е и проста интерполационна формула за коефицента на усилване. Това усилване е ефективен механизъм на трансформация на енергията на срязващия поток във вълнова енергия. Изказва се хипотезата, че полученото решение може да намери приложение във физиката на горещата плазма на слабо замагнитените акреционни дискове. Всяка усилена вълна се поглъща при ненулев вискозитет и анализираното усилване на вълните, навярно, разкрива дълго търсения механизъм за нагряване на акреционните дискове и възникването на голям ефективен вискозитет обясняващ нагряването; така една отдавнашна загадка е вероятно решена. Изказва се предположението, че полученото решение може да бъде в основата на вълновата турбулентност.*

AMPLIFICATION OF SLOW MAGNETOSONIC WAVES BY SHEAR FLOW: HEATING AND FRICTION MECHANISMS OF ACCRETION DISKS

Zlatan Dimitrov, Yana Maneva, Tihomir Hristov, Todor Mishonov

Department of Theoretical Physics, Faculty of Physics,
University of Sofia "St. Clement of Ohrid",
e-mail: zlatan.dimitrov@gmail.com, yanamaneva@gmail.com, tihomir.hristov@jhu.edu, tmishonov@phys.uni-sofia.bg

Въведение

Вече повече от 50 години проблемът за момента на количеството на движение е възлов проблем на космогонията, за който се нуждаем от привличане на нови идеи. Както е добре известно в нашата слънчева система 98% от ъгловия момент е свързан с орбиталното движение на планетите, а 700 пъти по-тежкото слънце има едва 2% от момента. Още с първите телескопи се вижда, че нашето слънце се върти много бавно – така че въпросът е не дали *тя* се върти, а защо *то* не се върти – кой спря нашето слънце да се върти – това е един от централните въпроси на фундаменталната физика изобщо. Как акреционният диск действа като дискова спирачка, как тя се нагрява от триенето, какъв е механизмът на светенето на най-мощните източници на светлина във Вселената – квазарите, всички тези въпроси трябва да намерят своя отговор в рамките на магнитната хидродинамика, която описва едромащабните свойства на космическата плазма.

Ключов детайл за разбирането на тези въпроси е откритото с помощта на числен анализ усилване на бавните магнитозвукови вълни.[1] Това усилване на линеаризирани магнитохидродинамични вълни (МХД) от срязващ поток бе потвърдено и в други изследвания посветени на физиката на акреционните дискове и МХД на космическата плазма.[2] Общи

сведения за физиката на дисковете могат да бъдат намерени в обзорите [3]. Цел на настоящата работа е да се изведат аналитичниформули за МХД променливи, описващи вълните, а също така удобна интерполационна формула за коефициента на усилване на вълновата енергия. Анализирано е мястото на получените резултати в цялостната картина за възникване на ефективен вискозитет в срязващ МХД поток.

Модел

Горещата плазма на акреционния диск предполагаме слабо замагнитена и Алфеновата скорост V_A е много по-малка от скоростта на звука c_s. При тези условия Алфеновите и бавните магнитозвукови вълни (БМВ) могат да се разглеждат като вълни в несвиваем флуид с нулева дивергенция на скоростта $\nabla.\mathbf{V}=0$. При високи температури омовото съпротивление c_{Ω} е пренебрежимо и магнитният вискозитет ν_m е много по-малък от кинематичния ν_k.

(1) $$\nu_m=\varepsilon_0 c^2 \mathrm{c}_{\Omega}=\frac{e^2c^2m_e^{1/2}L_e}{0.6\times 4\pi T_e^{3/2}}\quad \nu_k=\frac{\eta}{\rho}=\frac{0.4T_p^{5/2}}{e^4 n_p M_p^{1/2}L_p},\qquad \rho=M_p m_p$$

(2) $$L_p=\ln\left(\frac{\lambda_D T_p}{e^2}\right),\quad L_e=\ln\left(\frac{\lambda_D T_e}{e^2}\right),\quad \frac{1}{\lambda_D^2}=4\pi e^2\left(\frac{N_e}{T_e}+\frac{N_p}{T_p}\right),\quad e^2=\frac{q_e^2}{4\pi\varepsilon_0}.$$

Тук използваме самоизясняващи се означения за параметрите на водородна плазма: масите на електрона m_e и протона M_p, броя на електроните n_e и протоните n_p на единица обем, плътността ρ и вискозитета η, електронната T_e и протонна температура T_p, кулоновите логаритми L_e и L_p, дебаевата дължина на екраниране λ_D и коефициента пред кулоновото взаимодействие e^2. За определеност по-нататък ще приравним $T_e=T_p$, а поради голямата числена стойност на магнитното число на Прандтл ν_k/ν_m ще пренебрегнем ефектите, свързани с омовото нагряване. Нашата стартова точка са уравненията на МХД

(3) $$\rho D_t\mathbf{V}=-\nabla P+\left(\mathbf{j}=\frac{\nabla\times\mathbf{B}}{\mu_0}\right)\times\mathbf{B}+\eta\nabla^2\mathbf{V},$$

(4) $$D_t\mathbf{B}=\mathbf{B}\cdot\nabla\mathbf{V},$$

където $D_t=\partial_t+\mathbf{V}\cdot\nabla$ е субстанциалната производна, P е налягането, а $\mathbf{j}$ е плътността на тока. Както отбелязахме локалната Алфеновата скорост V_A е много по-малка от местната скорост на разпространение на звука c_s

(5) $$V_A=\frac{B}{\sqrt{\mu_0\rho}}\quad c_s=\sqrt{\frac{c_p}{c_v}\frac{P}{\rho}},\qquad \frac{c_p}{c_v}=\frac{5}{3}.$$

В линеаризираните МХД уравнения за вълни с малка амплитуда ще считаме, че скоростта и магнитното поле са реалните части от комплексните полета $\mathbf{V}$ и $\mathbf{B}$. Избираме локална координатна система, свързана с цилиндричните координати на диска, като z е оста на въртене на акреционния диск

(6) $$(\mathbf{e}_x,\mathbf{e}_y,\mathbf{e}_z)=(\mathbf{e}_r,\mathbf{e}_\varphi,\mathbf{e}_z).$$

За магнитното поле предполагаме, че доминира постоянната азимуталната компонента B_0 успоредна на скоростта на Кеплеровото въртене на плазмата около акрециращия компактен обект. Използваме движеща се координатна система за която при някакъв фиксиран радиус азимуталната компонента на скоростта на флуида се занулява. Орбиталната скорост $v_\varphi\equiv v_y$ зависи от радиуса и така възниква градиент на скоростта, описан чрез параметъра на срязване A:

(7) $$\mathbf{V}=Ax\mathbf{e}_y+iV_A\mathbf{v}(\tau)e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}},\qquad v\ll 1,$$

(8) $$\mathbf{B} = -B_0\mathbf{e}_y + B_0\mathbf{b}(\tau)e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}}, \qquad b \ll 1,$$

(9) $$\mathbf{k} = -k_y\tau\mathbf{e}_x + k_y\mathbf{e}_y + k_z\mathbf{e}_z, \qquad \tau \equiv At.$$

След линеризиране на уравненията на движение ур. (3) получаваме следната система обикновени диференциални уравнения [1]

(10) $$d_\tau v_x = 2\frac{K_y K_x}{K^2}v_x - K_y b_x - \nu_k' K^2 v_x, \qquad d_\tau b_x = K_y v_x,$$

(11) $$d_\tau v_z = 2\frac{K_y K_z}{K^2}v_x - K_y b_z - \nu_k' K^2 v_z, \qquad d_\tau b_z = K_y v_z,$$

(12) $$\mathbf{K}\cdot\mathbf{v} = 0, \qquad \mathbf{K}\cdot\mathbf{b} = 0,$$

където е въведен безразмерният вълнов вектор $\mathbf{K} = V_A\mathbf{k}/A$, и неговата постоянна проекция $Q = \sqrt{K_y^2 + K_z^2}$. Подробен извод е даден в работи [4] и [5]. Задачата се редуцира до решаването на ефективно уравнение на Шрьодингер с безразмерна координата $\xi = \tau K_y/Q$ и ефективен потенциал

(13) $$\frac{2m}{\hbar^2}U(\xi) = \frac{1}{(1+\xi^2)^2}.$$

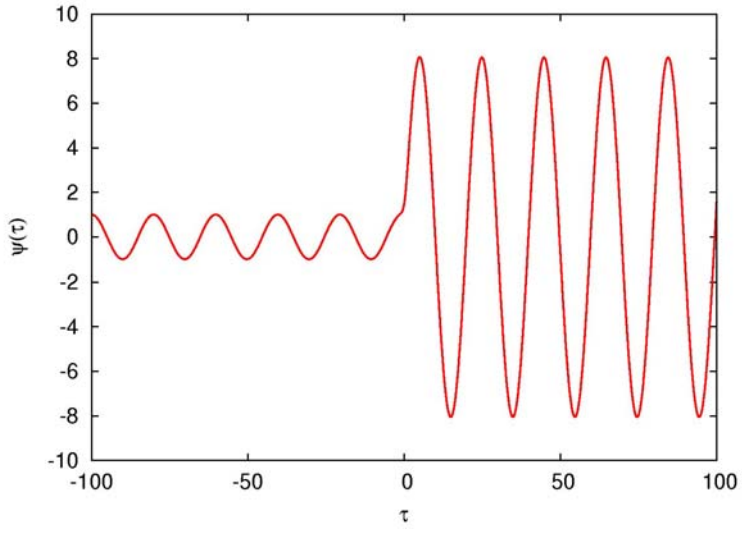
Решение

Ефективното уравнение на Шрьодингер ур. (14) решението на което се изразява като линейна комбинация на четна $\psi_g(\xi)$ и нечетна $\psi_u(\xi)$ функция, съдържащи конфлуентните функции на Хойн

(14) $$d_\xi^2\psi + \left[Q^2 - \frac{1}{(1+\xi^2)^2}\right]\psi = 0, \quad \psi(\xi) = C_g\psi_g(\xi) + C_u\psi_u(\xi),$$

(15) $$\psi_g = \sqrt{1+\xi^2}\ HeunC(0, -\frac{1}{2}, 0, -\frac{Q^2}{4}, \frac{1+Q^2}{4}, -\xi^2),$$

(16) $$\psi_u = \xi\sqrt{1+\xi^2}\ HeunC(0, +\frac{1}{2}, 0, -\frac{Q^2}{4}, \frac{1+Q^2}{4}, -\xi^2).$$



Фиг. 1. Решение на ефективното уравнение на Шрьодингер за $\psi(-100) = 1, d_\tau\psi(-100) = 0,$ и $Q = \sqrt{0.1}$.*При* $\tau = 0$ се наблюдава почти скокообразно нарастване на амплитудата на осцилациите което е свързано с усилването на БМВ.

Едно типично решение е показано на фиг. 1. Чрез тези функции се изразява безразмерното магнитно поле

(17) $$b_x = \frac{\psi(\xi)}{\sqrt{1+\xi^2}}, \qquad \chi(\xi) \equiv \tilde{C}_g \cos(Q\xi) + \tilde{C}_u \frac{\sin(Q\xi)}{Q},$$

(18) $$b_y = -\frac{2K_z^2}{K_y Q}\int_{-\infty}^{\xi} \sin[Q(\xi-\xi')]\frac{v_x(\xi')}{1+\xi'^2}d\xi' + \frac{Q}{K_y}\frac{\xi\psi(\xi)}{\sqrt{1+\xi^2}} - \frac{K_z}{K_y}\chi(\xi),$$

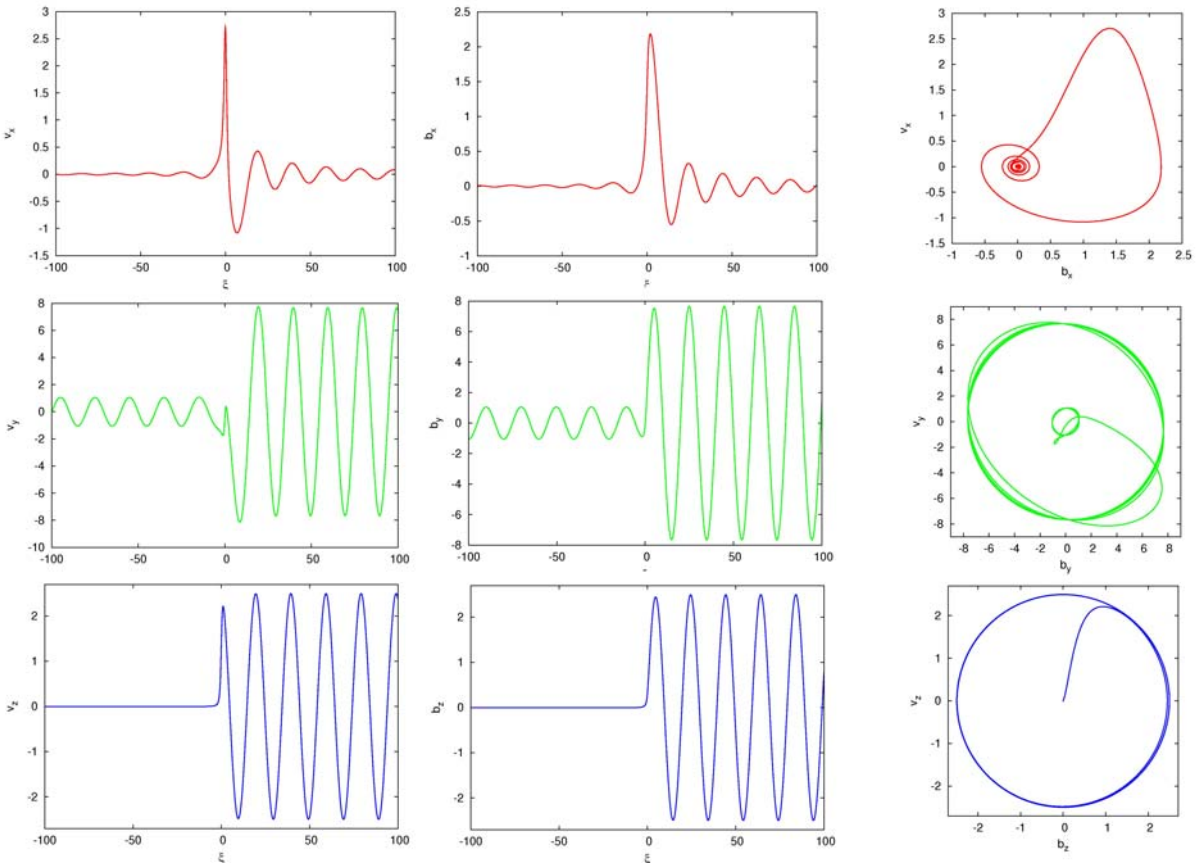
(19) $$b_z = \frac{2K_z}{Q}\int_{-\infty}^{\xi} \sin[Q(\xi-\xi')]\frac{v_x(\xi')}{1+\xi'^2}d\xi' + \chi(\xi).$$

При пренебрежимо омово съпротивление на гореща плазма условието за замразеност на силовите линии на магнитната индукция във флуида $d_\xi \mathbf{b} = Q\mathbf{v}$, изразява скоростта чрез магнитното поле

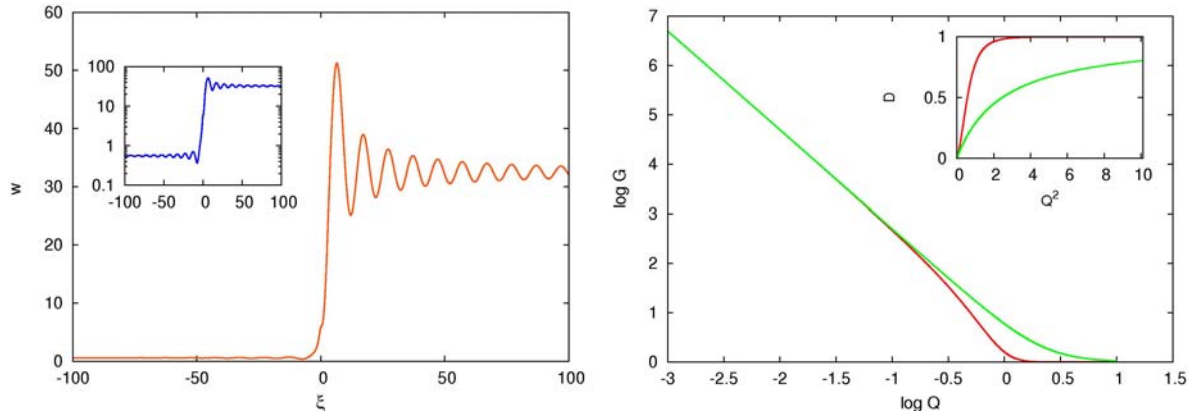
(20) $$v_x = \frac{(1+\xi^2)d_\xi\psi(\xi) - \xi\psi(\xi)}{Q(1+\xi^2)^{3/2}},$$

(21) $$v_y = -\frac{2K_z^2}{K_y Q}\int_{-\infty}^{\xi} \cos[Q(\xi-\xi')]\frac{v_x(\xi')}{1+\xi'^2}d\xi' + \frac{\xi(1+\xi^2)d_\xi\psi(\xi) - \xi^2\psi(\xi)}{K_y(1+\xi^2)^{3/2}} - \frac{K_z}{QK_y}d_\xi\chi(\xi),$$

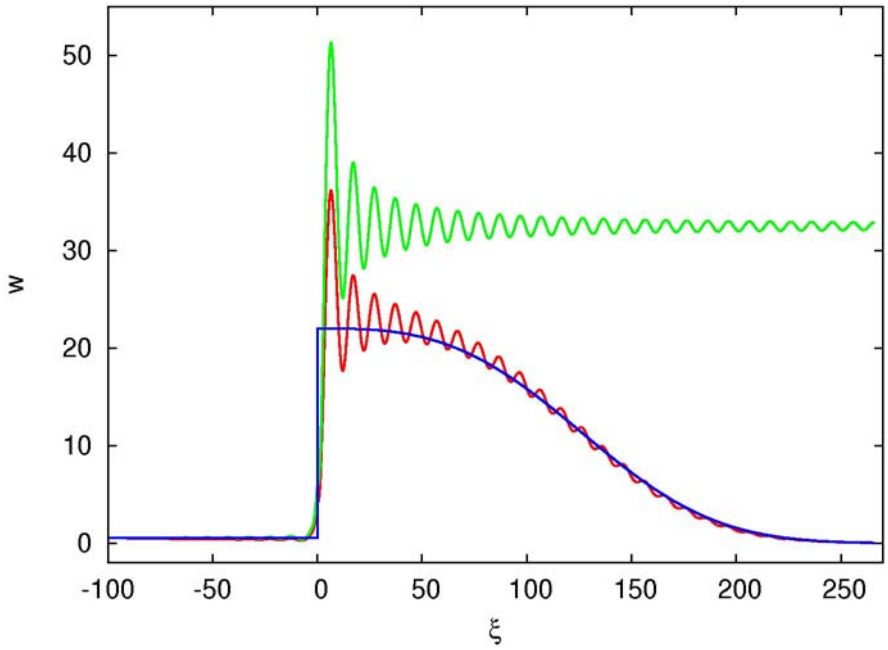
(22) $$v_z = \frac{2K_z}{Q}\int_{-\infty}^{\xi} \cos[Q(\xi-\xi')]\frac{v_x(\xi')}{1+\xi'^2}d\xi' + \frac{d_\xi\chi}{Q}.$$



Фиг. 2. Скорост $\mathbf{v}(\xi)$, магнитното поле $\mathbf{b}(\xi)$ и фазови портрети на радиалните $e_r = e_x$ (горният ред), азимуталнте $e_\varphi = e_y$ (средният ред) и аксиалните $e_z = e_z$ (долният ред) компоненти на полетата. Площта на асимптотичните цикли е пропорционална на енергията на всяка от компонентите. Увеличението на площта на азимуталната компонента (v_y, b_y) описва усилването на БМВ.



Фиг. 3. *Ляво*: Енергия на вълната като функция на времето. На врязаната фигура енертията на вълната е показана в логаритмичен мащаб. *Дясно*: Десетичен логаритъм от коефициентът на усилване на вълните като функция от логаритъма на вълновия вектор. Простата асимптотична формула ур. (24) (дясната крива) точно описва дълговълновата асимптота на аналитичното решение.



Фиг. 4. Вълнова енергия като функция на времето със затихващи пулсации около средната стойност. Показано е влиянието на вискозитета, който води до затихване на вълните и нагряване на плазмата. Огъващата крива съответства на $\exp\left[-\int \nu k^2(t)\,dt\right]$.

На фиг. 2 са показани аналитичните решения, съответстващи на началните условия:
(23) $\psi(-100)=1, \quad d_\xi\psi(-100)=0, \quad \chi(-\infty)=0=d_\xi\chi(-\infty), \quad K_y=0.3, \quad K_z=0.1 \quad Q=\sqrt{0.1}.$

За радиалното движение скоростта и магнитното поле започват при $\xi=-\infty$ и завършват при $\xi=\infty$ с нулеви стойности. Само в момента на усилване имаме значими радиални компоненти (v_x,b_x). За азимуталното движение (v_y,b_y), което описваБМВ, предполагаме начална амплитуда, която се усилва от срязващия поток. Това е основната отличителна черта на явлението което изследваме. Аксиалните компоненти (v_z,b_z), които описват Алфенови вълни(АВ), не се усилват при $\xi=-\infty$ те имат нулева стойност. Ненулевата

площ на асиптотичния цикъл в равнината (v_z, b_z) съответства на конверсията на БМВ в АВ. Отношението на безразмерната плътност на вълновата енергия $w = \frac{1}{2}(\mathbf{v}^2 + \mathbf{b}^2)$ при $\xi = \infty$ и $\xi = -\infty$ описва усилването на вълната $G = w(\infty)/w(-\infty)$. Една типична времева зависимост на плътността на вълновата енергия $w(\xi)$ е представена на фиг. 3 (ляво). В дясно на същата фигура са придставени асиптотичната формула за усилване при големи дължини на вълната

(24) $$G(Q \gg 1) \approx \frac{\pi^2}{2Q^2} + 1 = \frac{\pi^2}{2}\frac{A^2}{V_A^2(k_\varphi^2 + k_z^2)} + 1 \gg 1$$

и точното решение. Формално тази асимптотика се свежда до приложението на метода на δ-образния потенциал и замяната

(25) $$\frac{1}{(1+\xi^2)^2} \to \pi\delta(\xi)$$

в ефективното уравнение на Шрьодингер ур. (14). Нека уточним, че параметърът на срязване, който участва във формулата за усилване ур. (24) е равен на половината от ъгловата скорост на орбиталното движение

(26) $$A = -\frac{1}{2}\omega_{Kepler}.$$

Наличието на малък вискозитет води до затихване на вълните с допълнителен множител $\exp\left[-\int \nu k^2(t)\,dt\right]$ който води до времева зависимот на амплитудата

(27) $$\psi \approx D_f\,\theta(\xi)\cos(Q\xi + \phi_f)\exp\left(-\nu' K_y^2 \tau^3/3\right), \qquad \nu' \gg 1.$$

Влиянието на вискозитета върху вълните е илюстрирано на фиг. 4, където са показани две решения с нулев и ненулев вискозитет, както и проста огъваща експоненциална функция. Нека добавим няколко думи за възможната турбулентност, свързана с вълните и тяхното нелинейно взаимодействие. Ако в сценария на Колмогоров постулираме постоянна мощност на единица маса ε за турбулентната конвекция, то този параметър дава оценка за порядъка на пулсациите на скоростта V_λ на две частици от плазмата на разстояние λ. Разглежданата вълнова задача има характерен размер Λ и на него съответства пулсация на скоростта V_λ. Чрез тази пулсация на скоростта V_λ и скоростта на звука c_s може да се изрази [5] α_{ss} параметъра на Шакура-Сюняев:

(28) $$\varepsilon = \frac{V_\lambda^2}{\lambda/V_\lambda}, \quad V_\lambda = (\varepsilon\lambda)^{1/3}, \quad \Lambda = V_A/A, \quad V_{\lambda=\Lambda} = (\varepsilon V_A/A)^{1/3}, \quad \alpha_{ss} = \frac{\sigma_{k\varphi}}{p} \gg \frac{V_\lambda^2}{c_s^2} \gg (\varepsilon V_A/A)^{2/3}/c_s^2.$$

Накратко – усилвателят на вълни работи и като усилвател на турбулентност, но едва сега след аналитичното решение на линеаризираната вълнова задача може да се построи теория на самосъгласуваната спектрална плътност на вълните.

Дискусия и перспективи

Защо квазарите светят, а звездите се въртят толкова бавно? Причината е възникване на голям ефективен вискозитет. Не е учудващо, че гравитационното привличане ускорява потоци от космическа плазма и че енергията на всяка вълна в крайна сметка се превръща в топлина. До сега липсващото звено в тази енергетична каскада бе усилването на бавните магнитозвукови вълни в срязващ поток – доминиращият механизъм за трансформация на кинетичната енергия на срязващия поток във вълнова енергия. За тази енергетична трансформация ние получихме аналитични резултати, които отварят перспективата за построяване на самосъгласувана теория на спектралната плътност на вълните, т.е. теория на слабата турбулентност. Изследването на нелинейния член $\mathbf{V}\cdot\nabla\mathbf{V}$ от уравнението на Навие–Стокс ще опише как две усилени вълни пораждат трета и как грубо казано работи машината за звезди.

Благодарности

Авторите благодарят на проф. И. Желязков за критичното прочитане на ръкописа. Настоящата работа е частично финансирана от Софийския университет “Св. Климент Охридски” по договор за научни изследвания 236-2009 г.

Литература:

1. C h a g e l i s h v i l i G. D. , R. G. C h a n i s h v i l i, T. S. K h r i s t o v, and J. G. L o m i n a d z e. *Mechanism of energy transformations in shear magnetohydrodynamic flows Phys. Rev.* E **47**, 366–374 (1993); T. S. Khristov, *Evolution of Perturbations in Flows with Transient Gradient of the Velocity,* Ph.D. Thesis, advisor G. D. Chagelishvili, Space Research Institute, Sofia, 1992 (in Bulgarian); These first results for shear amplification of MHD waves were reported on a conference in Telavi, Georgia, and appeared as G. D. Chagelishvili, R. G. Chanishvili, L. G. Filipov, T. S. Hristov, and J. G. Lominadze, *Amplification of Alfvén Waves in Free Shear Flows* in *Proceedings of the Joint Varenna-Abastumani-ESA-Nagoya-Potsdam International Workshop on Plasma Astrophysics, Telavi, Georgia, 4–12 June 1990*, *ESA SP-311*, European Space Agency, F-75738 Paris Cedex 15, August 1990, pp. 147–152; *Advances in Space Research* **11**, No. 8, Pergamon Press, Oxford, 1991, pp. (8)61–(8)65.
2. R o g a v a A. D. , S. M. M a h a j a n, G. B o d o, and S. M a s s a g l i a. *Swirling astrophysical flows – Efficient amplifiers of Alfvén waves!?, A&A* **399**, 421–431 (2003); arXiv:astro-ph/0212132 (Dec. 2002), Eq. (31); G. Gogoberidze, G. D. Chagelishvili, R. Z. Sagdeev, and D. G. Lominadze, *Linear coupling and overreflection phenomena of magnetohydrodynamic waves in smoot shear flow, Phys. Plasmas* **11**, pp. 4672–4685 (2004), Eq. (88).
3. B a l b u s S. A. and J. F. H a w l e y. *Instability, turbulence, and enhanced transport in accretion disks, Rev. Mod. Phys.* **70**, 1–53 (1998); S. A. Balbus, *Enhanced Angular Momentum Transport in Accretion Disks, Ann. Rev. Astron. Astrophys.* **41**, 555–597 (2003); arXiv:astro-ph/0306208 (June 2003).
4. M i s h o n o v T. M. , Y. G. M a n e v a, Z. D. D i m i t r o v, and T. S. H r i s t o v. *On the theory of MHD waves in a shear flow of a magnetized turbulent plasma, Bulg. Astron. J.* **9**, 51–92 (2007); http:/ /www.astro.bas.bg/AIJ/issues/n9/Mishonov.pdf; arXiv:astro-ph/0507696v5 (July 2005); Y. G. Maneva, B.Sc. Thesis, Sofia University, 2005; Z. D. Dimitrov, M.Sc. Thesis, Sofia University, 2007.
5. M i s h o n o v T. M. , Z. D. D i m i t r o v, Y. G. M a n e v a, and T. S. H r i s t o v. *Amplification of Slow Magnetosonic Waves by Shear Flow: Heating and Friction Mechanisms of Accretion Disks,* arXiv:0903.2386v3; In Space Plasma Physics, Proceedings of the School and Workshop on Space Plasma Physics, 31 August–7 September 2008, Sozopol, Bulgaria, Editor: I. Zhelyazkov, American Institute of Physics, AIP Conference Proceedings (2009), pp. 28-54.

MODEL STUDY OF ELECTRIC FIELDS GENERATED BY THUNDERSTORMS IN MAGNETICALLY CONJUGATED REGION

Peter Tonev

Institute for Solar-Terrestrial Influences - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ptonev@bas.bg

Keywords: *global atmospheric electric circuit, quasi-electrostatic fields, thunderstorm, cloud-to-ground lightning discharges, magnetically conjugated region, numerical modelling*

Abstract: *Steady-state electric fields and post-lightning quasi-electrostatic fields (QESF) generated in different atmospheric regions above thunderstorms play an important role as drivers of a diversity of processes and events related to electron heating, such as, the newly discovered transient luminous events. Numerous recent investigations of these electric fields and events allowed better understanding of the electrical coupling of atmospheric regions and showed their importance. However, the problem of whether the electric fields generated by a thunderstorm can penetrate into its magnetically conjugated region and what effects they could cause there has not been studied sufficiently. Some observations in the mesosphere, such as the large (1 V/m and more) QESF, which have been measured occasionally for decades at mesospheric altitudes, could be explained as such effects, as indicated by some authors. Furthermore, red sprites have been observed, with no causative thunderstorm in a surrounding of thousands of km - these are considered by some authors to be the result of lightning in the magnetically conjugated region. We propose a 2D numerical model for the generation of QESF due to a lightning discharge in the conjugated region. The model is based on the Maxwell's equations for quasi-static conditions, which take place in the mesosphere and at higher altitudes in both hemispheres. Our results show that in the mesosphere these electric fields can be as large as few tenths of V/m. Because of their large horizontal scale (thousands of km), the observed larger electric fields may be the result of several lightning discharges occurring almost simultaneously.*

МОДЕЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПОЛЕТА ГЕНЕРИРАНИ ОТ ГРЪМОТЕВИЧНИ БУРИ В МАГНИТОСПРЕГНАТАТА ОБЛАСТ

Петър Тонев

Институт по слънчево-земни въздействия - Българска академия на науките
e-mail: ptonev@bas.bg

Ключови думи: *глобална атмосферна електрическа верига, квазиелектростатични полета, гръмотевична буря, мълниев разряд облак-земя, магнитоспрегната област, числено моделиране*

Резюме: *Стационарните електрически полета и квазиелектростатичните полета след мълния (КЕСП) генерирани в различни атмосферни области над гръмотевични бури играят важна роля като агент за осъществяване на разнообразни процеси и явления свързани с електронно нагряване. Такива са, например, новооткритите преходни събития на светене в средната атмосфера. Многобройните съвременни изследвания на тези електрически полета и събития позволяват по-добро обяснение на електрическите взаимодействия между атмосферните области и показват важното значение на тези взаимодействия. Но проблемът дали електрическите полета от гръмотевична буря могат да проникват в магнитоспрегнатата й област (МСО) и да причиняват ефекти там е недостастъчно изследван. Някои наблюдения в мезосферата биха могли да се обяснят като такива ефекти, например, големите (1 V/m и повече) КЕСП измервани понякога в мезосферата. Също, наблюдавани са спрайтове без пораждаща мълния, обяснени от някои автори като резултат от мълния в МСО. Ние предлагаме 2D числен модел за изследване на КЕСП причинени от мълния в МСО. Моделът е базиран на уравненията на Максвел при квазистатични условия, които имат място в йоносферата и по-нагоре при мълния. Резултатите ни показват, че в мезосферата тези електрически полета достигат десети от V/m. Тъй Като СА с голям хоризонтален мащаб (хиляди км), наблюдаваните по-големи електрически полета могат да са резултат от няколко почти едновременни мълнии.*

Origin of the mesospheric electric fields and model basis

A strong lightning discharge generates large quasi-electrostatic fields (QESF) above the thunderstorm, whose relaxation is much longer than the relaxation of a free charge. These features are demonstrated by the results in Fig.2 [5] obtained by night-time conductivity profiles shown in Fig.1. The QESF and the related Maxwell currents are widely investigated (theoretically and experimentally) as possible drivers of red sprites and halos in the mesosphere [1, 6]. However, almost nothing is known about the role of these electric fields at higher altitudes. Although much smaller and shorter living, these fields can penetrate above the lower ionosphere, as shown experimentally in [3]. If this is the case, the electric fields at the magnetospheric basis could induce similar fields in the magneto-conjugated region, where they could generate measurable quasi-electrostatic fields in the lower atmospheric regions estimated from the parameters of the electric field pattern at 150 km in the conjugated region. A similar mechanism is theoretically discussed in [2]. Under the assumption that the QESF are potential in the strato/mesosphere and above [4], they can be computed in both regions as a solution of the continuity equation for the density of the Maxwell's current **j**:

(1) $$\nabla\cdot \mathbf{j} = 0, \quad \text{where} \quad \mathbf{j} = \mathbf{j}_C + \mathbf{j}_D.$$

Here $\mathbf{j}_C$ is the conduction current, $\mathbf{j}_C = [\sigma]\mathbf{E} = \tilde{} [\sigma]\nabla U$, where $[\sigma]$ is the conductivity tensor (a scalar below 70 km), **E** is the electric field, and U is its potential; $\mathbf{j}_D$ is the displacement current, $\mathbf{j}_D = \varepsilon_0 d\mathbf{E}/dt$, ε_0 is the dielectric constant. To estimate the QESF generated by a lightning discharge in the magnetically conjugated hemisphere, we solve Eq.(1) both in the region (**A**) of the lightning discharge and in its conjugated region (**B**) (Fig.1). The following assumptions are used: ***a***) axial symmetry takes place in each region; and ***b***) the electric fields at 150 km are transported without changes from the source region to its magnetically conjugated region. Our model neglects the Earth's curvature.

Simulation of electric field temporal-spatial distribution

We study the temporal and spatial distribution of the quasi-electrostatic field **E** generated by a cloud-to-ground (CG) lightning discharge, which acts in region (**A**), and their induction in the conjugated region (**B**) through the magnetosphere. These regions are schematically presented in Fig.3 as large horizontal scale (thousands of kilometers) circle regions which contact to each other at the magnetic equator. The source lightning discharge is represented in the model by the altitude Z_C and magnitude Q_0 of the initial charge (at t=0), and by a function of the charge decay $Q(t)$ by $t>0$. In order to obtain the distribution of **E** in region (**A**), as well as in its magnetically conjugated region (**B**), we solve an equation for U derived from Eq.(1) in cylindrical coordinates (r, φ, z) (z is a vertical axis through the charge removed and z=0 is the ground level). This equation is:

(2) $$\left(\sigma_P \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{\sigma_P}{r}\frac{\partial U}{\partial r} + \sigma_0 \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + \frac{\partial \sigma_0}{\partial z}\frac{\partial U}{\partial z}\right) + \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial U}{\partial r} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}\right) = 0$$

Here σ_0 and σ_P are the field-aligned and the Pedersen conductivities (the Hall conductivity is neglected in order to preserve the assumption for axial symmetry, which is required in our 2D model). In region (**A**) the coordinate z represents the altitude in the region of isotropic conductivity below 70 km, and an 'equivalent altitude' determined with respect to the magnetic field inclination (above 80 km z is the distance along field lines). In region (**B**) $z = 300 - z'$, where z' is the 'equivalent altitude'. The initial and boundary conditions are:

Initial condition:

The steady-state electric field in region (**A**) at the discharge beginning t=0 formed by a constant charge Q_0, is determined analytically [5, 6] by using a modified boundary condition: U=0 at $z=Z_{max}$.

Boundary conditions:

(*i*) U = 0 at z = 0 and at $z=Z_{max}$=150 km;

(*ii*) U = 0 at $r=r_{max}$ (at lateral boundaries in **A** and **B**);

(*iii*) $\nabla\cdot \mathbf{E}(t, r=0, z=Z_C) = Q(t) / \varepsilon_0$ at any time $t\geq 0$ (after lightning onset);

(*iv*) the Maxwell current j_z through the boundary at 150 km is continuous.

Eq.(2) is solved numerically in two steps on a regular rectangular grid with n_r=15 × n_z=40 cells which represents both regions **A** and **B**, as shown schematically in Fig.4. On the first step Eq.(2) is solved in region (**A**), and on the second - in region (**B**) where a boundary condition for the vertical Maxwell current $j_z(t)$ at z'=150 km is supported by the first step. On each step a finite element method approximation in $\mathbf{C}^1$ is used by spatial components. It yields a system of linear equations whose form depends on the comparison of the local relaxation time τ_R and the current time t, and thus changes with the progress of time t. Equations which correspond altitudes with relaxation time $\tau_R > t/10$ are linear

differential, else they are transformed to linear algebraic. The total system of equations is solved by the Runge-Kutta method of 4th order (applied to the differential equations) and with the Givens method (for the algebraic linear equations). An increasing time step is used, which is controlled by the relaxation time at the lowering boundary between the regions of non-negligible and of negligible displacement current.

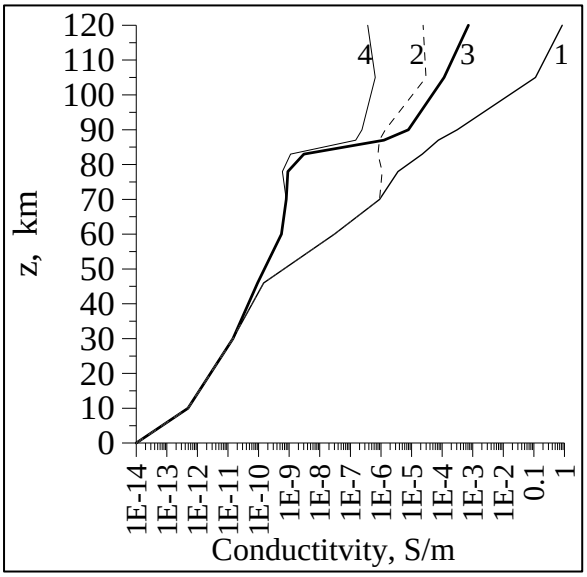


Fig.1. Conductitiy profiles for daytime (curves 1 and 2) and nighttime (curves 3 and 4), adopted as a combination of different theoretical results and measurements. Lines 1 and 3 are for the field-aligned conductivity, and lines 2, 4 - for the Pedersen conductivity.

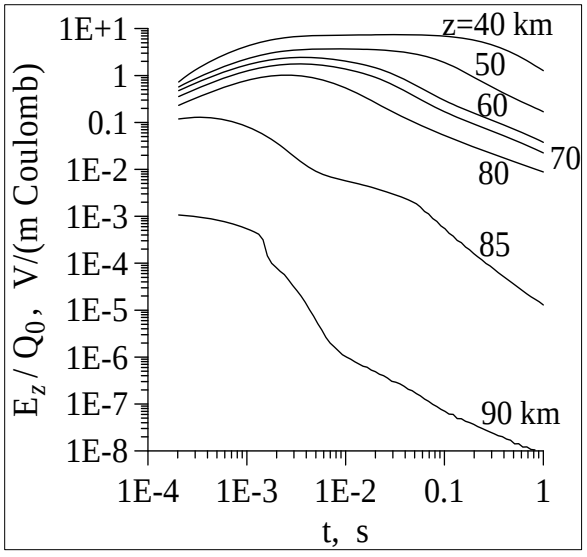


Fig. 2. Time dependence of the normalized vertical QESF $|E_z/Q_0|$ at altitudes z=40 - 90 km above a CG lightning discharge with Z_C=10 km and by an exponential time decay of the initial charge Q_0 in characteristic time τ_L=1 ms. Night-time conductivity profiles shown in Fig.1 are used (under assumption for isotropic conductivity).

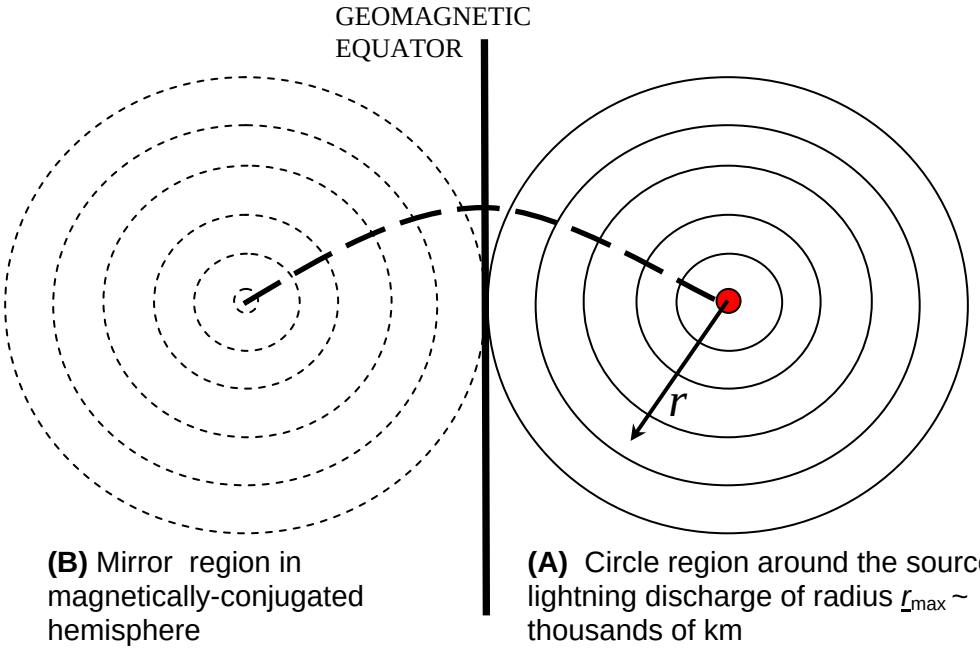


Fig. 3. Model domain: ● - location of lightning; ◌ - magneto-conjugated image; — — · - geomagnetic field line; *r* - radial distance (up to 10000 km) from the lightning discharge (in region **A**) or from its image (in region **B**).

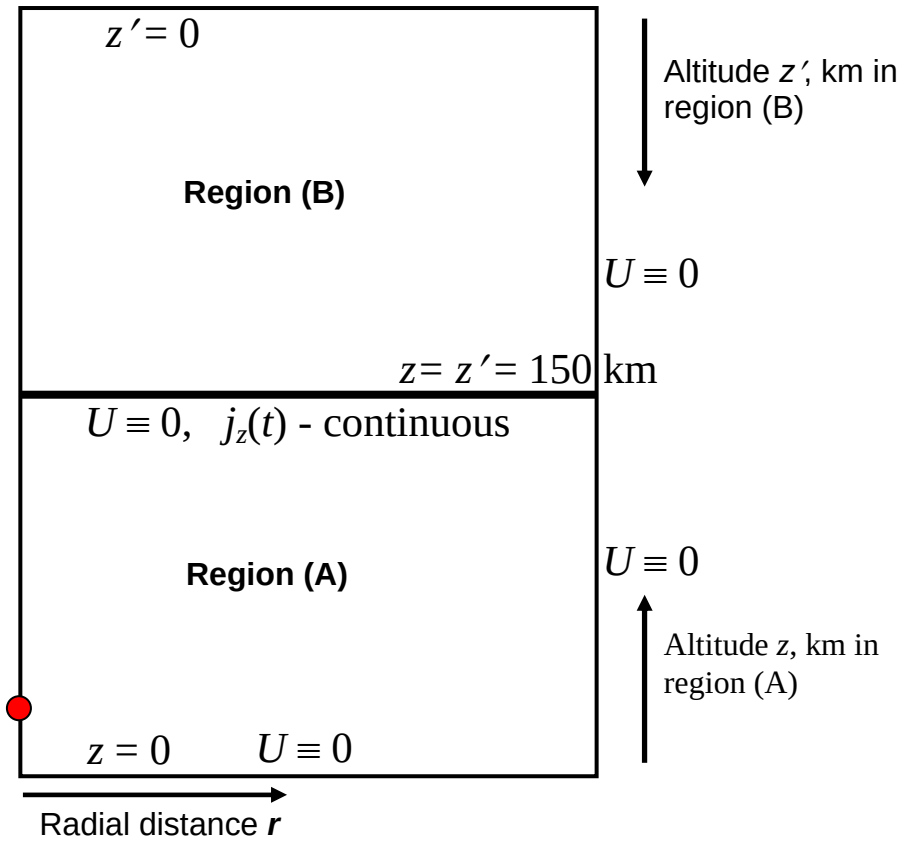


Fig. 4. 2D region used in numerical model. z, z' are altitudes in regions **A** and **B**, respectively. Thick line is a common boundary at altitude of 150 km for each region; ● - position of the charge removed.

Results

Model results are obtained for the QESF generated by a positive cloud-to-ground lightning discharge in the magnetically conjugated region. The lightning discharge is realized from altitude Z_C=15 km to the ground by an exponential decay of the removed charge $Q(t) = Q_0 \exp(-t/\tau_L)$, where τ_L = 0.001 s. The discharge occurs at distance r_{max}=2000 km from the magnetic equator. The results obtained are normalized to an initial charge Q_0=1 C. Night-time conductivity profiles (the same in both regions (**A**) and (**B**)) adopted from [8, 9, 10] are used.

Fig.5 shows the temporal behavior of the quasi-electrostatic field **E** in the magnetically conjugated region at different altitudes for r=0, where its vertical component E_z (and the electric field intensity) reaches a maximum. Our estimation for the electric field due to strongest lightning with a charge moment change, say, 4500 C×km is that it will reach 0.1 V/m at 70 km and 0.02 V/m at 60 km. These values are relatively small; they can not explain the large mesospheric QESF measured occasionally [12], and do not support the suggestion that red sprites can be initiated by lightning discharges in the magneto-conjugated region [11]. However, they can be several times bigger if the electric field penetrates downward into an atmospheric layer with a much sharper conductivity decrease than typically. Such situation can take part, e.g. due to an enhancement of volcanic aerosols in thin layers in the strato/mesosphere, as predicted in [7], or by some other changes in the atmospheric content.

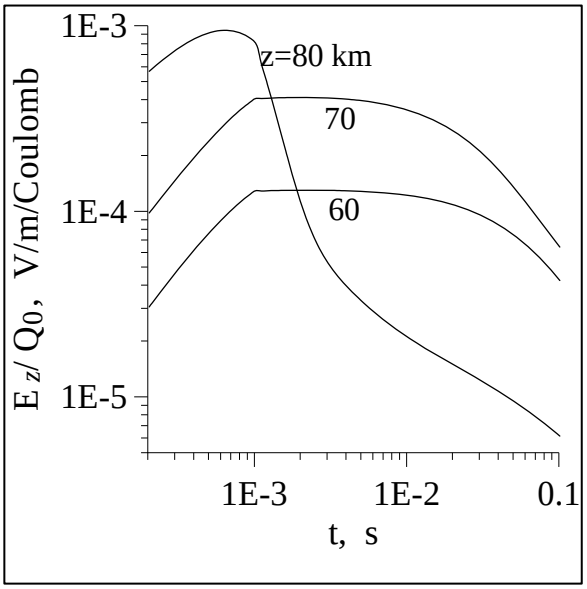


Fig.5. Time dependence of the normalized vertical QESF $|E_z/Q_0|$ at altitudes z = 60, 70 and 80 km generated due to a CG lightning discharge in the magnetically-conjugated region by Z_C=15 km and by an exponential time decay of the initial charge Q_0 in characteristic time τ_L=1 ms.

The horizontal scale of the QESF **E** in the magnetically conjugated region **(B)** is studied. The results in the Table show the coefficient of the vertical electric field E_z decrease at a horizontal distance r compared with its value at r=0. We see that E_z decreases e times approximately at $r \approx$ 1600, 1000 and 400 km at altitudes z'= 60, 70 and 80 km, respectively. Thus, the horizontal scale of the QESF in the mesosphere is much larger than above it. Because of that, the electric fields studied can results by many thunderstorm cells which occupy a region of dimension thousands of kilometers.

Table. Relative decrease of the vertical quasi-electrostatic field E_z induced due to CG lightning discharge in the magnetically-conjugated region with horizontal distance r from its maximum at r=0.

r, km	133	267	667	1330
z= 60 km	0.95	0.89	0.77	0.48
z= 70 km	0.91	0.81	0.54	0.27
z= 80 km	0.85	0.73	0.24	0.11

Conclusions

- The strongest lightning discharges cause in the magnetically conjugated region quasi-electrostatic fields of order of magnitude up to 10^{-1} V/m at mesospheric altitudes (60-70 km);
- These quasi-static electric fields enlarge their horizontal scale to when penetrate into mesospheric altitudes from above.
- The mesospheric electric fields due to lightning in the magnetically conjugated region can be dramatically increased due to the following factors: ***i***) QESF may result from many thunderstorms, due to large horizontal scale of these fields, especially at high geomagnetic latitudes; ***ii***) QESF enhance at the upper boundary of a layer of significant local decrease of the conductivity due to enhancement of volcanic aerosols.
- QESF significantly change due to the highly variable conductivity profiles.

References:

1. Cho M., M. J. Rycroft (1998). Computer simulation of the electric field structure and optical emission from cloud-top to the ionosphere, *J.atm.sol-terr.phys.*, **60**, 871.
2. Hale L. C. (2005). Origin of big DC electric fields in the mesosphere, *Adv.Space Res*., **35**, 1455.
3. Kelley M. C. et al. (1985) Electrical measurements in the atmosphere and the ionosphere over an active thunderstorm 1. Campaign overview and initial ionospheric results, J. geophys. Res., 90, A10, 9815.
4. Pasko V. P., U. S. Inan, T. F. Bell (1999). Mesospheric electric field transients due to tropospheric lightning discharges, *Geophys.Res.Lett.*, **26**, 9, 1247.
5. Tonev P. T. (2006) Main features of quasi-electrostatic fields in atmospheric regions due to lightning discharge, *Sun and Geosphere,* **1**, 71.
6. Tonev P. T., P. I. Y. Velinov (2003). Quasi-Electrostatic Fields in the Near-Earth Space Produced by Lightning and Generation of Runaway Electrons in Ionosphere, *Adv. Space Res*., **31** (5), 1443.
7. Tinsley B. A., L. Zhou, 2006, Initial results of a global circuit model with variable stratospheric and trropospheric aerosols, *J.Geoph.Res*., **111**, D16205.
8. Velinov P. I. Y., L. N. Mateev (1990). *Geomagn. and aeronomy*, **30** (4), 593.
9. Velinov P. I. Y., L. N. Mateev (1990). *Geomagn. and aeronomy*, **30**, (4) 554.
10. Velinov P. I. Y., L. Mateev. "Three-dimensional global modelling of the middle atmosphere ionization and its relation to longitudinal effects", *Adv.Space Res*, **13**, (1), 1993, 377-382.
11. Yair et al. (2005). Space shuttle observation of an unusual transient atmospheric emission, *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L02801.
12. Zadorozhni A. M., A. A. Tyutin (1997). Universal diurnal variation of mesospheric electric fields, *Adv.Space Res*, 20, 2177.

АНОМАЛИИ В КОСМОЛОГИЧНИ, ПЛАНЕТАРНИ И БИОЛОГИЧНИ ВРЕМЕНА И УСТОЙЧИВО РАЗВИТИЕ НА СВЕТА

Здравко Андонов

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mails: zda1952@bas.bg; zda.cosmos@gmail.com; zda@abv.bg

Ключови думи: *6D-6nD Пространствено-Времеви Аномалии, Времеви сечения на Времеви Мега-Куб и Мега-Сфера; Времеви Мегатренд и Мегаградиент; Устойчиво космологично, планетарно и биологично развитие.*

Абстракт: *ГЕНЕРАЛНО РЕЗЮМЕ: Това R&D (Изследване & Развитие) включва иновативни 6D-6nD Пространствено-Времева система за управление и контрол; Илюстрации на времеви сечения (Time-Slices) и nD-модели от "Аномалии в космологичните, планетарните и биологичните времена". Изводи и стратегически предписания (за "Контрол върху Системата на всички системи", Космически системни мегатренди и мегаградиенти за авангардно бъдещо Устойчиво развитие на Земята, Вселената и Живота) са представени като постижения на иновативния проект "АНТИМУС" - "Аномалии в космологичните, планетарните и биологичните времена ии мултитемпорални опасности за устойчивота развитие на Земята и на Живота във Вселената"...*

ИНОВАЦИОННА МОТИВАЦИЯ И ЦЕЛ: *1. Обща иновационна мотивация е научната хипотеза, че мега-трендите и мега-градиентите на "Устойчивото развитие на Света" кореспондират с мега-тренди и мега-градиенти на космолотгични, планетарни и биологични времена. 2. Главната цел е намиране на тренд- аномалии в космологични, планетарни и биологични времена (върху авангардни теории на Пригожин, Хокинг, Аткин, Калицин и др.) и генериране на Нова Фундаментална Научна Стратегия (НФНС) за "Устойчиво развитие на Света". 3. Авангардна цел е решаване на Научни проблеми (в т.ч. FLT, RH, NBP).*

АВАНГАРДНА НАУЧНА МЕТОДОЛОГИЯ: 1. Иновационни обобщени 6D Пространствено-Времеви спектрални трансформации и 6D уравнения на еволюцията; 2. 6D томография върху 6D трансференции на Поанкаре; 3. R&D на 3D Time-Slice технология и 3D БОД (Бързо Очно Движение) времена за кондицията на космонавтите в екстремални условия.

ИНОВАЦИОНЕН РЕЗУЛТАТ: *Нова 6D стратегия за: 1. 6D проучвания на Космоса, Земята и Биосферата; 2. 6D Устойчиво развитие на Света 3. 6D Космически, Планетарно& Био управление и контрол.*

ANOMALIES IN COSMOLOGICAL, PLANETARY AND BIOLOGICAL TIMES AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE WORLD

Zdravko Andonov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mails: zda1952@bas.bg; zda.cosmos@gmail.com; zda@abv.bg

Keywords: *6D-6nD Space-Time-Anomalies; Time-Slice of Time Mega-Cube & Time Mega-Sphere; Time Megatrend & Megagradient; Sustainable Cosmological, Planetary & Bio Development.*

Abstract: *The GENERAL RESUME: This R&D includes innovative 6D-6nD Space-Time System Control statements, Time-Slice illustrations and 6nD-models of "Anomalies in Cosmological, Planetary and Biological Times". Conclusions & Strategy Recommendations for "Space System Control of All Systems", Space Systems Mega-Trends and Mega-Gradients for advanced future Suitable Development of the Earth and Universe' Life are represented as achievements of brain new Project "ANTIMUS": - "Anomalies in Cosmological, Global and Biological Times & Multitemporal Dangers for Sustainable Development of the Earth & Life in the Universe".*

INNOVATIVE MOTIVATION and PURPOSE: *1. General innovative motivation is scientific hypothesis that Mega-Trends and Mega-Gradients of "Sustainable Development of the World" correspond to Mega-Trends and Mega-Gradients of cosmological, planetary and biological times. 2. Main purpose is finding trend-anomalies in cosmological, planetary & biological times (on advanced theories of Prigogine, Hawking, Atkin, Kalitzin, etc.) and generation of New Fundamental Cosmic Strategy for Sustainable Development of the World. 3. Advanced Aim is resolution of World Scientific Problems (Inc. FLT - Fermat' Last Theorem; RH (Riemann ζ(s) Hypothesis); N-Body Prob.).*

ADVANCED SCIENTIFIC METHODOLOGY: 1. Innovative Generalized 6D Space-Time Spectral Transformations and 6D Equation of Evolution; 2. 6D Tomography on the 6D transferences of Poincare 3. R&D of 3D Time-Slice technology and 3D REM (Rapid Eye Movement) Times for Cosmonauts Condition in extreme situations.

INNOVATIVE RESULT: *Brain New 6D Strategy for: 1. 6D Space, Earth & BioSphere Prospecting; 2. 6D Sustainable World' Development and 3. 6D Space System Management and Control.*

Пролог: *Това мое научно изследване на учен-изследовател е посветено на:*

1. 140 – годишнината на БАН – основана на 11 октомври 1879 г. с 1-ви Президент – Марин Дринов.

2. 90-годишнината на проф. дфмн Никола Стилиянов Калицин (Prof. DSc Nikola Stilijanov Kalitzin - Dec. 1, 1918 - Aug. 10, 1970) – Автор на "Multitemporal Theory of Relativity" – иноватор, развиващ научните достижения на H. Poincare, A. Einstein, K. E. Tsiolkovsky, A. M. Lyapunov; Иноватор на Relativistic rockets, Photon & Hyper-Photon Rockets...

3. 60-годишнината на IAF, основан на 1-ви IACongress – Paris – Sep. 30 - Oct. 3, 1950, с 1-ви Президент - Eugen Albert Sänger (Saenger) и стратегически инициатор - Alexandre Ananoff.

4. 40-годишнината ИКИ – БАН – 1-та Българска космическа институция. SRI – 1st BG Space Institution.

IMPORTANT REMARK: *- This R&D is only one Personal strategic point of view on the "Anomalies in Cosmological, Planetary and Biological Times and Sustainable Development of the World"!...*

The Author – November 03, 2009.

Въведение

Проблемът за Времето, Парадигмите за Времето [1-29] (и особено за многомерното време [1-9, 23]) са най-важните в историята, настоящето и бъдещето на Цивилизациите и съвременната Наука в нейната интердисциплинарна и интегрална същност [1-9,11-14,17-30]**.** Независимо от огромните усилия на съвременната Наука едва ли има по-дълбок познавач на времето от Аврелий Августин (Aurelius Augustinus 354-430гг.) [10]**.** Той единствен отговаря и на **основния проблем за Времето преди "Big Bang"** ("Големият Взрив") [20-23] – "Какво е правил Бог преди да създаде Света?!"**.** Фактът, че Хокинг [21] пропуска най-съществената парадигма на Св. Августин [10] е многозначителен**.** И великият Козирев пропуска преди Хокинг да даде дефиниция на понятието "Време" [6]**... Парадигмата на Айнщайн [19] "Ние всички живеем в Света на Минковски"** не издържа на 6D критика [1-9,18,21,23], но и на елементарна 4D критика, защото **координатната с-ма на Минковски (КСМ) OXYZT е безвремева (т.е. мъртва – без динамика)**, т.к. **T=ict** не е никаква времева координатна ос – а просто 4-та и то макромащабна пространствена координатна ос**.** Известно е, че теориите СТО и ОТО на Айнщайн [1,11,12-27] се отнасят за макромащабите на Вселената**...** Но поради "координатният дефект" в КСМ, моделите на Айнщайн-Минковски са в многомерно макропространство "извън многомерното време" [1-8,23]**.** Така експериментите [1-9,20-21] за физическата същност на времето и за аномалии във времето на CERN, NASA и най-елитните стратегически лаборатории върху модели на Айнщайн-Минковски, ще дават резултат - "Времето не съществува"! Милярди долари за стратегически експерименти могат да бъдат спестени с върховата система за "мислени експерименти" **(Thinking Experiments - Gedankenexperiments)** на Айнщайн [5,18-22]**...** При това "Science Fiction" резултати - "Времето не съществува", "Стрела на Времето"" и т.н. ще бъдат само в сферата на "Научната екзотика"**...**

Антропогенетично винаги съм знаел откритието [11], че абсолютно съгласуване на деформации (аномалии) в пространството и времето са невъзможни [1-8]**...** А в съответствие с ОТО [11,18-23], коефициентите на изкривяване на времето и пространството са еднакви! Аномалии във времето по КСМ е невъзможно нито да се регистрират, нито да се изследват не само количествено, но и качествено***. Затова и в първата публично представена от мен 6D-координатна система (1-ва и в Света 6D коорд. с-ма [1] – демонстрирана и на 4th General Conference of the Balkan Physical Union – 22-25.VIII.2000 V. Turnovo) съществуват произволни степенни показатели за всяка S-T координатни оси.*** Откритието [11] на д-р Рейчъл Бийн от Корнуелския у-т, на базата на над 2 млн. галактики, наблюдавани с "Хъбъл" и др. телескопи, че в интервала от време отпреди 10-11 милиарда години, коефициентът на изкривяване на времето е бил "три пъти" по-голям от коефициента на изкривяване на пространството е само фрагмент от интериора на **6D-6nD CGT [1-8]…**

Възкресявам с огромно възхищение важни цитати от великия Св. Августин Блажений [10]: "*Искам да знам същността и природата на времето, с което мерим движенията на телата и казваме например, че едно време е двойно по-продължително от друго"... "Съществуват звездите и телата небесни в съзвездията и във времената"... **"Има три времена: - Минало, Сегашно, Бъдеще...** Но може би по-правилно би било да се каже: **Има три времена: Настояще за Миналото; Настояще за Настоящето; Настояще за Бъдещето"... Августин дава отговор на въпроса на Хокинг, "Какво е правил Бог преди да създаде Света?! [21]" – "Правил е Времена"!...** В логическата си конструкция Автустин прави една единствена грешка [10] – употребявайки думата "**преди**", (в контекстта Бог- Време! – Заб. ЗДА): "**...** А ако **преди** Небето и Земята не е съществувало никакво време, защо се задава въпросът: "Какво е правил Бог **тогава**?!"... Не е съществувало "**тогава**", когато не е имало време... Следователно не е имало време, в което Бог нищо не е правил: понеже Той е създал Времето*" [10]**...**

От гледна точка на новите реалности, на всички съдници за конкурентноспособност на БАН по европейски и световни критерии като EU-NSF, FF, US-NSF, ще отговорим с аргументи и факти, че ***съвременните елити на Европейската и Световната Наука са класа под Aurelius Augustinus 354-430гг., тъй като не са отговорили на "Тревогата за Времето" на Пригожин, Айнщайн и Бергсон [27]!!!...*** **И на парадигмите за 6D-6nD Света [1-8,16,23-26].**

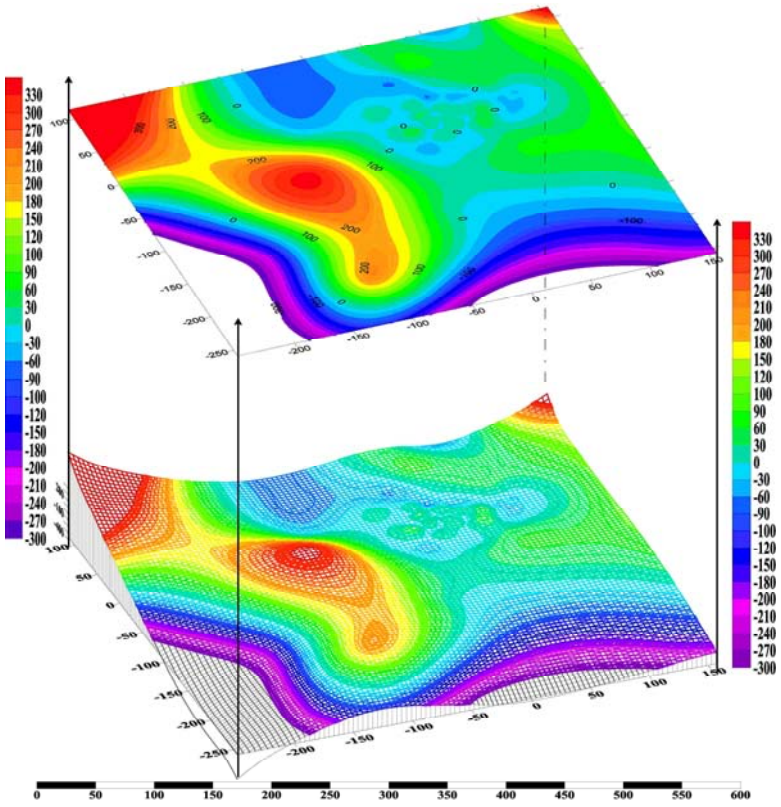
Критика на космологични, планетарни и биологични парадигми за аномалии в многомерното време и устойчивото развитие на Света

Първата съществена критика към "Световните Научни Елити" (СНЕ) е, че Те работят без **координатна система Space-Time [1-9,23].** Обясненията са като за елити от WB и IMF с нищожна подготовка по комплексен анализ, СТО и ОТО [12-26]**...** Естествено, работейки без координатна система S-T, (дори прост вариант с едномерно, а не с многомерно време), за прогрес в Световната Наука не може да се говори. За изследване аномалии в многомерното време и в устойчивото развитие на Света, СНЕ наистина се нуждаят от събуждане с критично ужилване**...** Това естествено няма да бъде достатъчно без смяна на цялата им стратегия по отношение на "Света на Минковски"**.** Днес прехвалените СНЕ са в Science Fiction World, категорично съдейки по *100 годишния обзор* в **"Nature"** [14]**.** Флагманът на Световната Наука Хокинг [21] смело признава, че и най-елитните учени в Света създават изключително много "научни фикции"**...** Бих добавил – без поне **6D S-T** координатна система [1-8] – всичко е 100% научни фикции [11-22]**.** Научни фикции, които във всяка безвремева координатна система са "мъртвородени псевдонаучни творения"**.** 1-ва "Стъпка за реанимация" на Световната Наука се състои в следното. Подчертавам: - **I-во СНЕ** трябва да разберат - какво е това Пространствено-Времева Координатна Система (STCS-ПВКС) и после да вярват на всякакви експерти на UN, EU и US – какво е това "Световно ниво в Науката"**!** Координатната с-ма на Минковски (CSM - КСМ) OXYZT не е STCS, а само SCS-ПКС**,** тъй като **T=ict** *не е никаква времева координатна ос* – а просто 4-та и то макромащабна *пространствена координатна ос***!...**

Втората съществена критика към СНЕ е, че Те работят без да разбират **неправилната формулировка и същността на основния проблем на физиката [1-2,12-22] относно едновременното определяне местоположенията и скоростите на физически частици, без да съзнават същността на комплексното време [1-8,21,23], същоящо се от реална и имагинерна компонента**. Така стигаме до извода от втората съществена критика на СНЕ: **II-ро СНЕ** трябва да разберат как от чисто пространствената КСМ се минава към чисто времева координатна система (TCS-ВКС) – формално – елементарно **OXYZT➔ OTxcTycTzcT(it)** или как КСМ като ПКС на *бъдещо настоящо пространство* преминава във TCS-ВКС на *бъдещо настоящо време* по терминологията на A. Augustinus и то – преход от Макрокосмоса към Микрокосмоса**...** Преходът в случая е само формална математическа трансформация... На практика "Микрокосмосът" и "Макрокосмосът"[16-23] във всяка точка на Вселената съществуват едновременно, което изисква и единна **6D-6nD** координатна система за описание, управление и контрол на фазовото състояние във всяка точка на една **Space System for all Systems** [1-8,22]. Този преход обяснява несъстоятелността на знаменития експеримент на Einstein-Eddington "Deflection of Light by the Sun's gravitational field" и рисковата парадигма "S-T Antigravity & Photon Rockets Regulation" [6]**.** Неформалният преход и неформалното обединяване на Макрокосмоса и Микрокосмоса е свързан с **S-T**-преформулиране на основния проблем на физиката [1-8,23]**…**

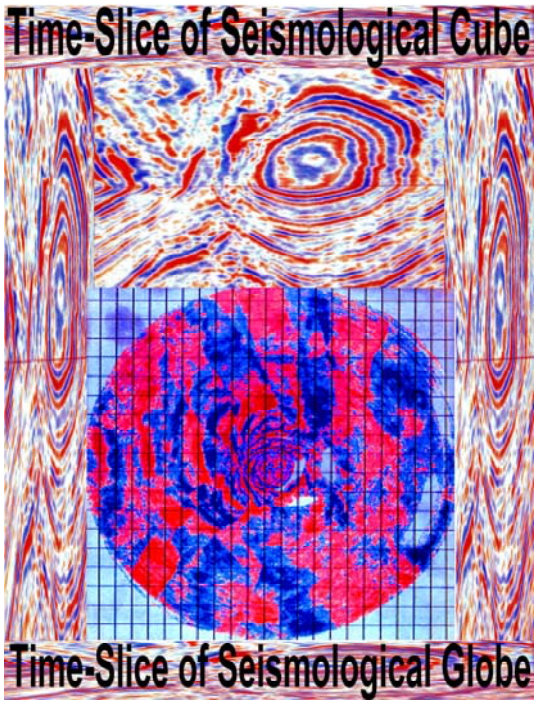
Третата съществена критика към СНЕ, е свързана с неправилното им разбиране на понятията за **коректни и некоректни задачи** на математическата физика и изобщо на **Проблемите в Науката.** Класическата дефиниция на Жак Адамар (Jacques S. Hadamard) за некоретност на една динамична задача и нейното представяне с ЧДУ власта и в 21 век, въпреки че в Природата поради високия природен КПД е точно обратното [1-8,29]**.** За "Великите Учени" **некоретна задача** е тази, при която **малки промени в началните условия водят до относително големи промени в крайните резултати**! За Великата Природа [29] е точно обратното! – Защото с малки промени в началните параметри – винаги получава относително големи крайни резултати и точно това е нормалното, коректното за Природата и за истинската Наука. Коректността-Некоректността при Времето (реално, имагинерно, комплексно), особено за разбиране на аномалиите в космологичните, планетарните и биологичните времена е квинтесенцията на съвременната Наука, която започва там, където е свършил Норберт Винер (Norbert Wiener) – с Винеровата деконволюция [28]**.** Тук, само за да е ясно на "Великите Учени" от EU-NSF, къде се намират най-великите между великите, ще корегирам за пореден път Най-Великият – С. Хокинг (S. Hawking) [21]: **"...** Така, че е ***безсмислено*** да питаме: Кое е реално – "реалното" или "имагинерното" време?**"...** Напротив**!** И Поанкаре [25-26] (при с-ми ЧДУ) посочва, че най-важни са особеностите (***singularities***) във фазовите състояния на физическата с-ма**.** Най-смисленото е да питаме в комплексното време: Кое е реално и кое е имагинерното време? Защото най-важното за **"Sustaiable World' Development" е фазовото поле {arct{[Im(T)]/[Re(T)]}} на Времето и аномалиите във Вълновото Поле на Времето!!! [1-9,23,27-29]...**

Най-важни 4-ри иновации (know-how) за аномалии [1-8] в**:** космологичните **(Фиг.1);** планетарните **(Фиг.2 и Фиг. 3)** и биологичните **(Фиг.4)** времена са резултати от **пилотния проект ANTIMUS [6-8], заедно с решенията на основни научни проблеми FLT, RH, etc. …:**



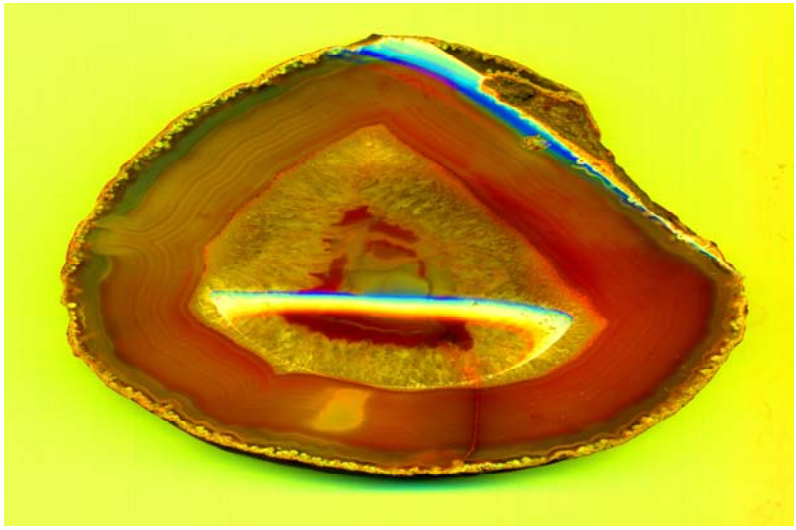
Фиг. 1. 3D разпределение на многомерно време T(Tx,Ty,Tz) в Галактиката "Млечният път" {По НАСА - каталога на W. E. Harris [8] за Слънчево центрирана координатна система и времева трансформация на XYZ -разстоянията (Kpc - Kiloparsecs) в реални времена (Re-Times)}.

Fig. 1. 3D Distribution of Multidimensional Time T(Tx,Ty,Tz) in Galaxy "Milky Way" {By NASA catalog of W. E. Harris [8] - Sun centered Coordinate System &Time transform XYZ distances (Kiloparsecs) to Re-Times}.



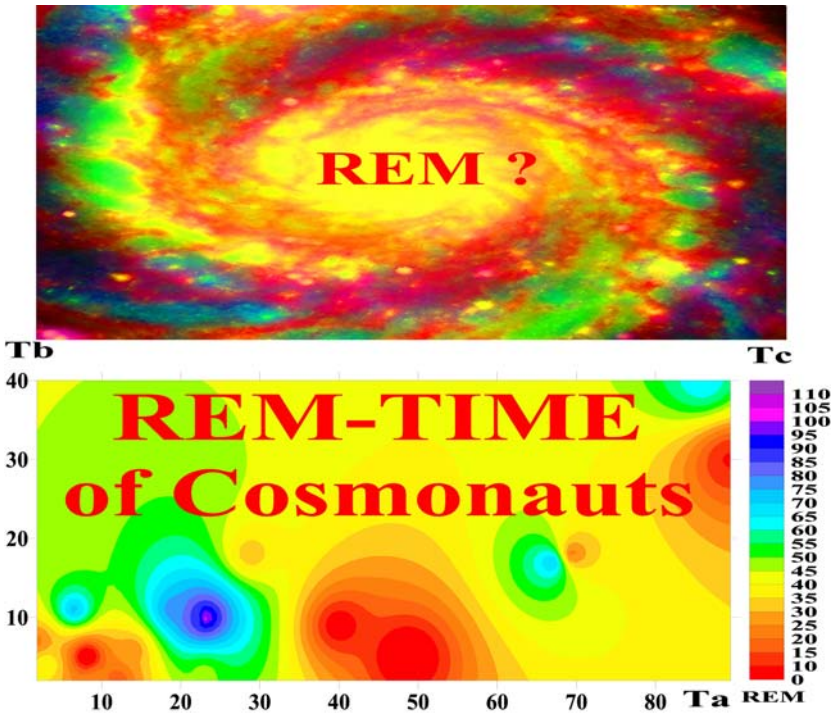
Фиг. 2. Земни аномалии [28] в многомерно време [3] – Времеви сечения на сеизмологични куб и сфера.

Fig. 2. Earth anomalies [28] in Multidimensional Time [3] – Time-Slices of Seismological Cube and Globe.



Фиг. 3. 6D Пространствено-Времева минерална еволюция - Времево-сечение и аномалии в планетарни времеви полета, свързани с дългопериодични минерален антропогенезис и морфогенезис**...**

Fig. 3. 6D Space-Time Mineral Evolution – Time-Slice and Anomalies in Earth Time-Fields, corresponding to Long-Time Mineral Anthropogenesis and Morphogenesis**...**



Фиг. 4. Екстремален 3D Времеви REM-фактор Tc за психо-физиологичното състояние на космонавтите във функция на два основни времеви фактора Ta&Tb при космическа 6D-6nD турбулентност [8].

Fig. 4. Extreme 3D Time REM (Rapid Eye Movement)-factor Tc for psycho-physiologic status of cosmonauts as a function of two basic time factors Ta & Tb by Space 6D-6nD turbulence [8].

Заключение и изводи

Откритието [1-9,23] на “многомерното време” (MultiDimensional Time - MDT) и дешифрирането на неговата същност и аномалии (в т.ч. при решенията [4,6] и физическата интерпретация на два от най-важните световни научни проблеми RH - Riemann ζ(s) Hypothesis [6] & FLT [4]) е феноменален научен резултат [1-9,24,29]. Без него развитието на Света и Световната Наука през 21 век и 4-та Вълна на Цивилизациите (Животът в Космоса) са немислими... Това откритие MDT (заедно с “TTT effects-discoveries of Trifon T. Trifonov [8]) може да промени Света, повече от всички най-известни 150 открития [13], следвайки три

Стратегически Научни Инициативи [1-8], анонсирани към UN & EU и неговите най-стратегически космически институции IAF, IAA, COSPAR, ISLI, ESA [7-8]:

1. Развитие на Нова 6D Стратегия за 6D-6nD проучвания на Космоса, Земята и Биосферата;

2. Развитие на Нова 6D Стратегия за 6D-6nD Устойчиво развитие на Света;

3. Развитие на 6D-6nD Космическо, Планетарно & Био управление и контрол.

Литература – References:

1. A n d o n o v Z. D., 1999: The Paradigm of Stephen Hawking and the Challenges of Civilizations and Cosmos to the IIIth -Millenium**.** – Proc., International Conf. – "30-Years Space Research in Bulgaria", Sofia, p.117-120**.**
2. A n d o n o v Z. D., 2003: The Decision of the World Physical Problem and the Paradigms of Einstein, Heisenberg, Schrodinger, Dirac and Hawking. - Proc. Int. Conf. "100 Years-John Atanasov"–Shumen, p. 35-42.
3. A n d o n o v Z. D., 2005: Multidimentional Time – The Problem of Problems in the Sciences for the Earth, Cosmos and Civilizations. – "SES'2005", Session I: - Space Physics & Astronomy, 2005, p. 97-102.
4. A n d o n o v Z. D., 2006: Intellectual Cosmological Challenges and Fermat's Last Theorem Solution. - Proceedings – SENS - Varna, BG, http://www.space.bas.bg/astro/ sens2006/Cd/ Ph15.pdf, p. 1-10.
5. A n d o n o v Z. D., 2006: Thinking Experiments in Remote Sensing of Earth and Cosmos. – Proceedings – SENS - Varna, BG, http://www.space.bas.bg/astro/ sens2006/Cd/ R6.pdf, Session 3, Paper No. R6, p. 1-7.
6. A n d o n o v Z. D., 2008: Space-Time Propulsion from Cosmology of Times to Time of Photon Interstellar Spacecrafts and Transcendent Time Machines. – Proc. of Congress "Space Propulsion 2008", Session 49 "Advance Propulsion 1", Heraklion - Greece, 5-8.V.20 Intellectual Cosmological Challenges and Fermat's Last Theorem Solution. 08, File 42-199.PDF, p. 1-10.
7. A n d o n o v Z. D., 2009: Scientific Cosmos Strategies and East-West Cosmos Strategy Evolution Since IAF, IAA, COSPAR, NASA, ESA and NATO generation up to S D I – Proc. of IAF-IAC'60, Daejeon - Korea, 12-16 October 2009, DVD "Manuscripts & Presentations", E4.2. Scientific&Technical History, IAC-09-E4.2.9, p. 1-11.
8. A n d o n o v Z. D., 2009: http://cosmostimescosmologyseti.blogspot.com/.
9. A t k i n R. H., 1979: Time as a pattern on a multi-dimensional structure. – GENERAL SYSTEMS, Vol. XXIV, System Scientific Ins., University of Louisville, US, 1979, p. 47-61.
10. A u g u s t i n u s A., 397-400: Confessionum Libri Tredecim, Vol. XI, pp. 10-31.
11. B e a n R., 2009: A weak lensing detection of a deviation from General Relativity on cosmic scales. arXiv:0909.3853, 4 pp. (All 44 Publ. http://www.slac.stanford.edu/spires/find/hep/www?AUTHOR=rachel+bean).
12. B u r k e W. L., 1988: Space-Time, Geometry, Cosmology. - University of California, Santa Cruz - Mill Valley, California, 416 p.
13. C a s t l e d e n R., 2008: Discoveries that Changed the World. – Omnipress, 477 p.
14. C o l e s P., 2005: The state of the Universe. – NATURE, Vol. 433/Issue No. 7023, p. 248-256.
15. C O S P A R, H. C. van de Hulst (President), 1960: SPACE RESEARCH I – Proceedings of The First Int. Space Science Symposium - NICE, 11-16 I 1960, North-Holland Publishing Company - Amsterdam, 1195 p.
16. D i r a c P. A. M., 1958: Generalized Hamiltonian Dynamics. – Royal Society, Vol. 246, p. 326—332.
17. D u x b u r y N.S., S.S. A b y z o v, S. I m u r a, et all, 2006: Time Machine: Ancient Life on Earth and in the Cosmos. - EOS, TRANSACTIONS AMERICAN GEOPHYSICAL UNION, VOL. 87, NO. 39, p. 401- 406.
18. D y s o n F. J., 1991: Butterflies and Superstrings. - World Treasury– N. Y., L. Brown, 1991, p. 128-145.
19. E i n s t e i n A., 1949: RELATIVITY - The Special & The General Theory. – Methuen & Co., London, 150 p.
20. G r i b b i n J., 2000: The Birth of Time: How We Measured the Age of the Universe. - Orion Publishing Co, ISBN 0753809966, 2000, 224 p.
21. H a w k i n g S. W., 1999: Quantum Cosmology, M-theory & the anthropic principle. – Cambridge University & All of SH www.damtp.cam.ac.uk/ user/hawking.
22. H u b e r M., J. A. B l e e k e r, J. G e i s s, 2002: The Century of Space Science. - Publisher: Springer; ISBN-10: 0792371968, 1868 p.
23. K a l i t z i n N. S., 1975: Multitemporal theory of relativity. - Publishing House - Bulgarian Academy of Sciences, 123 pp., & http://www.collections/canada/wbin/resanet/resultsm/Relativity+Physics.
24. K l e i n F., 1926 & 1927: Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert" (2 Bände), Julius Springer Verlag, Berlin; BG - Развитие на математиката през XIX век. – С. "Н & И", 1973, 478 с.
25. L a c h i e z e – R e y M., et al., 1999: Theoretical & Observatory Cosmology: Proceedings - NATO Science Series–C: Mathematical & Physical Sciences– Vol. 541, Kluwer Acad. Pub., 396 p.
26. P o i n c a r e H., 1892: Les Methodes Nouvelles de la Mecanique Celeste: - Vol. I-III - Paris, 1892. – Russian: - Изд. "Наука", Москва, 1971, т. I - 771 с.; т. II - 999 с.; т. III - 771 с.
27. P r i g o g i n e I., I. S t e n g e r s, 1986: La Nouvelle Alliance. Metamorphose de la Science. - Editions Galimard, 1986; - "Science & Art", S., 1989, 342 p.
28. S h e r i f f R. E., L. P. G e l d a r t, 1995: Exploration Seismology. - Cambridge University Press, 592 p.
29. W i n f r e e A. T.,1987: Timing of Biological Clocks. Scientific US Library, No 19. ISBN 0-7167-5018-X, 199 p.

Session 2

Aerospace Technologies and Biotechnologies

Chairmans: Sen. Res. Boytcho Boytchev, Sen. Res. Tania Ivanova
Secretary: Res. Fell. Zoya Hubenova

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

25 ГОДИНИ ПРОЕКТ КОСМИЧЕСКА ОРАНЖЕРИЯ СВЕТ

Таня Иванова

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

25 YEARS SVET SPACE GREENHOUSE PROJECT

Tania Ivanova

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

Key words: *Intercosmos Program, MIR Orbital Station, SVET Space Greenhouse, LED Light Module*

Abstract: *The article summarizes the enormous organizational, engineering and constructional work carried under the project SVET Space Greenhouse (SG) - the first automated facility on board the MIR Orbital Station in which plant experiments were conducted. The project runs already 25 years mainly in partnership with the Institute of BioMedical Problems (IBMP), Moscow. The activities and experiments carried out during each of the project's three main stages related to the development and modernization of the equipment are briefly described. The fundamental research in the field of gravitational biology carried out in the facility was accomplished by international teams in the frame of several research programs: "SVET-1" SG - "Intercosmos", "SVET-2" SG – Mir-NASA, "SVET-3" SG - by EARM, National Scientific Program on Space Research, Mars-500. The contracts and funding under these programs are described. The basic research results from the major terrestrial and space experiments are presented in brief. The international scientific forums where the results have been reported over the years are listed. The research results obtained during SVET SG's experiments will contribute significantly to the successful implementation of the first man flight to Mars.*

Въведение

Разработката на самовъзстановяваща се биологична система, която да поддържа нормални условия за съществуване на космическите екипажи при техните дълготрайни мисии, е една от основните научни задачи на нашата цивилизация. Пътешествията на бъдещите космически кораби, които дори и до най-близката планета Марс ще са с продължителност 1,5-2 години, ще бъдат невъзможни без създаването на изкуствена Биологична система за осигуряване живота (БСОЖ) на космонавтите, в която се осъществява автономно пречистване на въздуха, водата, както и набавяне на храна. Такава затворена екосистема се базира на естествената биологична обмяна на химическите елементи, така както в земната биосфера и може да бъде осъществена основно на растения. Затова експерименти с различни видове растения се провеждат още от годините на полета на Гагарин на почти всеки пилотируем и непилотируем космически апарат.

Целта на ученитe е да се отглеждат важни за храната на космонавтите култури в условия на безтегловност. Да се осигури също така достатъчно богата биомаса за биологично пречистване на въздуха от въглеродния двуорис, отделян при дишането на хората и възстановяването на кислорода, както и регулирането на влагата чрез фотосинтезата. Тази задача обаче се оказа изключително трудна. Растенията нямат висша нервна дейност и не биха могли да се адаптират към космическите условия така, както хората. При отклонения от условията, към които те са привикнали на Земята, те реагират със забавяне на растежа или загиват. Трябваше да се създаде една по-съвършена оранжерийна установка, която да осигури условия за отглеждането на висшите растения в точно определени норми и при липса на гравитация.

Преди 25 години в Института за космически изследвания (ИКИ) при БАН започна разработката на първата автоматизирана Космическа оранжерия (КО) СВЕТ за дългосрочни изследвания с растения в условия на безтегловност. Договорът за сотрудничество за изпълнениетото на проекта е подписан на двустранна международна среща през 1984 г. в Института по медико-биологични проблеми (ИМБП), Москва, с който сме партньори и до днес. Първата модификация на КО СВЕТ е монтирана като щатна апаратура в модул "Кристал", стикован към комплекса на Орбиталната станция (ОС) МИР на 10.06.1990 г. До 2000 г. в нея са проведени общо 680 дни експерименти с различни видове растения по няколко международни програми. Постигнати са уникални резултати, доказващи че безтегловността не е пречка за развитието на растенията и те могат да бъдат използвани пълноценно за създаването на БСОЖ на екипажите при бъдещите им дълготрайни мисии.

Основните етапи на работа по проекта, свързана с разработката на различни модификации на апаратурния комплекс на КО СВЕТ са:

I етап (1984 - 1991) – разработка на КО СВЕТ-1 по програма "Интеркосмос" - изстреляна през 1990 на ОС МИР, проведени първи експерименти със зеленчуци.

II етап (1992 - 2000) – разработка на КО СВЕТ-2 по програма МИР-НАСА и руска - изстреляна през 1996, получени първи семена от растенията горчица и пшеница, доказана е и репродуктивност в безтегловност.

III етап (2001 - 2010) – разработка на КО СВЕТ-3: по проект с Бразилия; по Национална научна програма "Космически изследвания" на ФНИ и по проект с Русия "Оранжерея-Марс".

Описана е накратко дейността и осъществените експерименти по време на всеки от трите етапа на изпълнение на Проекта, свързан с разработките, със съответното финансиране по различни програми, проекти и договори, както и представянето на резултатите.

I етап - Програма "ИНТЕРКОСМОС"

В изкуствените затворени БСОЖ за бъдещите дълготрайни космически мисии параметрите на околната среда се поддържат по естествен път от обитаващите я живи организми: растения, животни, хората от космическия екипаж, както и микро-организми за преработка на отпадъците. Растенията са основно звено и "енергийна врата" на системата и чрез фотосинтезата си, могат да осигурят със своята биомаса до голяма степен (>90%) храната на космонавтите, биологично пречистване на въздуха от CO_2 отделян от екипажа при дишането и набавяне на необходимия O_2.

Българските учени се включват активно в темата "Изследването на пътищата и методите за използуване на растенията в БСОЖ на космическите екипажи" по програма "Интеркосмос" (ИК) още от 1984 г.. Колектив от специалисти на ИКИ-БАН в сътрудничество с учени от ИМБП, Москва, разработват концепцията на първата Космическа оранжерия, наречена СВЕТ, за провеждане на експерименти с висши растения в условия на безтегловност. Подготвена е и дългосрочна програма за развитие чрез усъвършенстване на оранжерийните системи, както и за разширяване на вегетационната площ (от 0.1 $м^2$ на КО СВЕТ-1 до 1 $м^2$ след 2000 г.) с цел подготовката на първия полет на човека до Марс.

През 1985 г. бе проведен предварителен експеримент "Субстрат" на борда на ОС "Салют-7" с цел да се проучи каква хранителна среда да бъде използвана. Бяха изследвани 4 различни фракционни състава на субстрата "Балканин" – изкуствена почва на зеолитна основа, обогатена по специална българска технология с необходимите за растенията хранителни вещества и минерални соли. Беше тествана за пръв път и електронната система за измерване и поддържане на влажността на субстрата [1].

Разработката и изработването на всички блокове от комплекса научна апаратура, както и програмното осигуряване на специализираната микропроцесорна система е осъществено изцяло в България и финансирано от българското правителство през 80-те години. КО СВЕТ се състои от Камера за отглеждане на растенията, в която се монтират допълнително в орбита Кореновия модул и Блока осветление, както и от отделен Блок за управление. През 1990 г. космонавтите А. Баландин и А. Соловьов проведоха първия дългосрочен експеримент с растения - първоначално зеленчуци (репички и китайско зеле) като витаминозна добавка към рациона на космонавтите. За пръв път бе получен кореноплод (репичка) в условия на космически полет [2].

Но по време на изпълнението на I етап от проекта, се развиваше изключително бързо направлението Космическа биология и медицина (КБМ) на програма ИК, свързано с полетите на космонавти от всички бивши социалистически страни (включително и на българските Г. Иванов през 1979 г. и А. Александров – 1988 г.). Ежегодно се събираха водещите учени по отделните проекти на Постоянно-действащата работна група по КБМ, където докладваха резултатите от извършената работа и съгласуваха План-програмата за следващите години. В

тези съвещания участваха винаги и ръководителите на проекта от ИКИ и ИМБП със свои представители (Таблица 1). За съжаление, след приключването на програма ИК през 1991 г. с настъпването на демокрацията, ОС МИР бе изоставена.

Таблица 1. Участия в съвещанията на Постоянно-действащата работна група по Космическа биология и медицина на програма "Интеркосмос"

№	Година, от-до	Град, държава
1.	1983, 19-25 юни	Кечкемет, Унгария
2.	1984, 10-16 юни	Бърно, Чехословакия
3.	1985, 27 май-1 юни	Гагра, Р. Грузия
4.	1986, 5-12 април	Хавана, Куба
5.	1987, 18-22 май	Берлин, Германия
6.	1988, 6-10 юни	Б.-Сандомерски, Полша
7.	1989, 14-20 май	Варна, България
8.	1990, 20-26 май	Кошице, Чехословакия
9.	1991,17-22 август	Санкт-Петербург, Русия

II етап - по Програма "МИР-НАСА"

През 1993 г. бе подписан договор между Русия и САЩ за съвместни изследвания в космоса, като се използува и съществуващата апаратура на ОС МИР. НАСА оцени постиженията на българо-руското сътрудничество по програма ИК и финансира нови програми за продължаване на изследванията за влиянието на гравитацията върху развитието на растенията с участието и на учени от американски научни центрове и университети. Към съществуващата българска апаратура те добавиха и своя система за мониторинг на средата и за измерване на газовия обмен в камерата (Gas Exchange Measurement System – GEMS), където планираха да отглеждат реколти от различни видове растения. Целта бе да се измерва количеството въглероден двуокис на входа и изхода на системата. По този начин можеше да се прогнозира ролята на фотосинтезата за биологичното прочистване на въздуха в бъдещите дългосрочни космически станции с големи оранжерии на борда.

През 1995 г. по програма МИР-ШАТЪЛ'95 бе проведен първия 3-месечен експеримент с пшеница (сорт 1 *Super Dwarf*), специално подбран, защото "възрастните" растения се развиват до височина най-много 25-30 см (Таблица 2). При този експеримент растенията достигнаха само до фазата на цъфтеж поради силно влошените параметри на апаратурата, преседяла 5 години в тежките условия на необитаемата ОС МИР.

Таблица 2. Проведени експерименти в българската Космическа оранжерия СВЕТ-1,2 на борда на ОС МИР в периода 1990-2000 г.

No	Год.	Дати (от .. до ..)	Дни	Вид растения	Програма
1	1990	16 юни - 8 август	54	репички и кит. зеле	ИНТЕРКОСМОС
2	1995	10 август - 9 ноември	90	пшеница – сорт 1	МИР-ШАТЪЛ'95
3	1996	5 август - 6 декември	123	пшеница – сорт 1	МИР-НАСА-3
4	1996-97	6 дек. -17 януари	42	пшеница – сорт 1	МИР-НАСА-3
5	1997	31 май- 30 септември	115	горчица	МИР-НАСА-5
6	1998-99	18 ноември-26 февр.	100	пшеница – сорт 2	Руска научна прогр.
7	1999	9 март - 17 август	130	пшеница – сорт 2	Руска научна прогр.
8	2000	21 май - 15 юни	26	салатени култури	Руска научна прогр.
		Общо дни:	**680**		

С финансиране от НАСА бе разработено ново поколение Космическа оранжерия КО СВЕТ-2 с оптимизирани параметри, изстреляна на ОС МИР през 1996 г.. Втората модификация доказа своята надеждност и работи безотказно до края на експлоатацията на станцията (до последния екипаж през 2000 г.). Бяха проведени редица дългосрочни експерименти с различни видове растения по програма МИР-НАСА-3,5 (1996-97) и по руската програма (1998-2000).

По програма МИР-НАСА-3 се проведоха два последователни експеримента с пшеница сорт 1 в сътрудничество с учени от Университета на Юта, САЩ и с участието на американските астронавти Шанън Люсид и Джон Блаха: 123-дневен експеримент с цел получаване на пълен

жизнен цикъл на развитие (от засети на борда семена да се получат изсушени класове със семена) и 42-дневен експеримент за получаване на зелени растения, които бяха замразени [3].

Образците от двата експеримента бяха върнати за изследване на Земята. Оказа се, че първите космически класове от 4-месечния експеримент не съдържат семена, въпреки усъвършенстваните биотехнологии и апаратура. Причина за стерилитета на "космическата" пшеница не е безтегловността, а наличието на големи концентрации газ етилен в атмосферата на ОС МИР, които не са вредни за екипажа и не се контролират [4].

Програмата МИР-НАСА-5 включваше провеждането на три последователни експеримента през 1997 г. с растения горчица в сътрудничество с Университета на Луизиана, САЩ и с участието на американския астронавт Майкъл Фоул [5]. При първия експеримент се развиха нормални растения до фазата на цъфтеж до деня на сблъсъка на товарния кораб с модул "Спектър" на 25 юни 1997г.. Независимо от аварията към КО СВЕТ-2 се е подавало захранване по 1 час всеки ден, но така че образувалите се първи "космически" семена продължават да зреят, като били използвани за засяване на втора реколта при втория експеримент, заедно със семена изпратени от Земята. От “космическите” семена се развиха само едно растение от второ поколение, но от “земните” се получават отново семена, с част от които се осъществява трети експеримент. За пръв път е доказана възможността за репродуктивност на растенията в безтегловност.

Нашите партньори от ИМБП (сега Държавен научен център), Москва, се опитаха да направят последната крачка за получаване на “космически” семена от пшеница и да осигурят “хляба” на бъдещите космически екипажи. През 1998-99 г. по Руската научна програма в КО СВЕТ-2 бяха проведени два последователни научни експеримента с нов пшеница сорт 2 (*Apogee*), по-устойчив на етиленовия газ в атмосферата на ОС МИР. От 12 растения с 29 формирани класа се получиха първите 508 “космически” семена пшеница. Това беше голямо постижение в областта на фундаменталната гравитационна биология, тъй като за първи път се отглеждаха семена от пшеница в Космоса, от които беше получена втора генерация “космически” семена в безтегловност [6].

Последните изследвания с растения в КО СВЕТ-2 бяха осъществени от 28-ия екипаж на ОС МИР (космонавтите С. Залетин и А. Калери) през 2000 г., когато бяха засети семена от различни видове салатени култури. По един образец от получените растения бяха изпратени на Земята, а останалите за пръв път бяха предоставени от космонавтите "за да се оценят вкусовите качества на растителния материал".

III етап – проекти за разработка на КО “СВЕТ-3”

Изследванията с растения продължават и през 21 век на новата Международна космическа станция (МКС). Всички големи космически сили, основни участници в изграждането ѝ, използват различни оранжерийни установки, даже центрофуги за изследване на влиянието на различна от земната гравитация (0-2g) върху развитието на растенията. Българските учени също са разработили нова концепция за адаптивно управление на околната среда в камерата на следващото поколение КО СВЕТ-3 за постигане на оптимални резултати при експерименти с растения [7]. Поканени са да участват в различни международни проекти със своя натрупан досега опит и "ноу-хау".

През 2000 г. бе подписан договор сътрудничество с Бразилия (BRAZSAT) за разработка на оранжерийна установка (Equipment for Agricultural Research in Microgravity - EARM) за изследване на продуктивността на соята на борда на МКС (по програмата на полета на първия им космонавт Маркос Понтес). Направена бе предварителна оценка на осъществимостта на проекта (Feasibility Study), но обективни обстоятелства (терористични атаки, катастрофиралата Совалка, войната в Ирак) попречиха на финансирането и реализацията му.

През 2003 г. в конкурс на ФНИ бе спечелено финансирането на проект по Национална научна програма за Космически изследвания (ННП-КИ) за разработката на ново поколение КО СВЕТ-3. Разработена бе нова система за мониторинг на параметрите на средата в листната зона и управление с помощта на универсалната компютърна система за събиране на данни МЕ-4610, осъществени са експериментални изследвания за влиянието на стреса върху различни видови перспективни за БСОЖ растения [8].

Проектът “Оранжерея-Марс” е двустранно научно сътрудничество с ИМБП, Москва, съгласно споразумение между БАН и РАН в областта на Фундаменталните космически изследвания за периода 2006-2010 г.. Проектът се изпълнява в рамките на експеримента «Марс-500» – наземна имитация на полета до Марс, в който шестима доброволци ще бъдат затворени за повече от 500 дни в наземен експериментален комплекс (НЕК). В един от модулите е разположена голяма оранжерия (3 $м^2$). Целта на проекта е разработката на Блок за осветление (БО) на базата на светодиоди (Light-Emitting Diodes – LED), който да замести

използваните досега в КО СВЕТ-1,2 флуорисцентни лампи. Разработен е лабораторен образец на новия БО, който е с много предимства: по-голяма яркост, енергоефективност, ниско тегло, висока надеждност и дълъг живот. Извършват се експериментални изследвания с различни биологични образци за подбор на оптимални параметри на светлината (интензитет и спектрален състав) за получаване на добре развити растения [9].

Разработва се и Лабораторна установка на КО СВЕТ-3 с растителна камера от затворен тип с регулиране на температурата и контролиране на газовия състав [10].

Разработката на всички модификации на КО СВЕТ и научно-изследователската дейност е финансирана по различни проекти със средства в размер на 330 000 лева и 265 000 щ.долара (Таблица 3).

Таблица 3. Проектно финансиране на разработките на КО СВЕТ-1,2,3 по Договори

№	Наименование на проекта	Договор №/дата - източник	Средства
1.	Проектиране и изработване на КО СВЕТ-1	№ 820/20.10.1987 г. с ДКНТ, МС	200 000 BGN
2.	Моделиране на звено “Висши растения” от БСОЖ	НИ Б-304/30.10.1993 г. с МОН	100 000 BGN
3.	Проектиране и изработване на КО СВЕТ-2	B906705/11.05.1994 г.– USU Found., Space Dynamics Laboratory, USA	187 000 USD
4.	Изработване на летателни образци за бордови изследвания.	715167J78/ 08.10. 1996 г. – Lockheed Martin Eng. & Sci. Company, USA	72 000 USD
5.	Предварителни проучвания за бразилска КО (EARM)	02102000-SJC/01.11. 2000 г. – BRAZSAT, Сао Паоло, Бразилия	6 000 USD
6.	Методи и технологии за осигуряване живота на екипажите – КО СВЕТ-3	ННП КИ-1-01/15.10.2003 г. с МОН	30 000 BGN

Основни резултати по проекта КО "СВЕТ"

В резултат от експериментите проведени в КО СВЕТ на ОС МИР (съгласно Таблица 1 общо 680 дни за периода 1990 - 2000 г.) бяха изяснени редица фундаментални въпроси, свързани с растежа и развитието на растенията в микрогравитация [11]:

- Растенията се насочват към светлината след като поникнат - тя напълно заменя гравитационния вектор (свойството фототропизъм, а не геотропизъм).
- Семената трябва да бъдат предварително ориентирани преди "посев", тъй като ако коренът започне да расте нагоре към светлината, растението ще загине.
- Корените изпълват целият обем на субстрата и са ориентирани не по посока на гравитационния вектор, а по посока на концентрацията на влагата в субстрата.
- Хранителните вещества в кореноплодите се натрупват не под влияние на гравитацията, а поради капилярната "осмоза" на самите растения.
- Космическите растения изискват същото време за цъфтеж и добиване на семена в микрогравитация и имат сравнима продуктивност, както и в земни условия.
- Растенията могат да осъществят пълен жизнин цикъл в микрогравитация, те могат да дадат второ поколение растения (да се възпроизвеждат).

Основният резултат постигнат от серията експерименти е, че няма принципни пречки за развитието на растенията в микрогравитация при подходящо проектирано оборудване и биотехнологии. Научно-изследователската работа проведена с помощта на КО СВЕТ допринесе изключителномного за доказване на възможността да отглеждат растения както за храна, така и за пречистването на въздуха в Космоса. Те доказаха осъществимостта на БСОЖ при бъдещите дългосрочни мисии на човека.

Резултатите от изследванията са докладвани активно на научни форуми у нас и в чужбина, най-важни от които са участията ни в конгресите на Международната астронавтична федерация (Таблица 4). Престижно е участието и срещите с научната общност, работеща в областта на космическата биология в конгресите на COSPAR, европейските симпозиуми по Life Sciences, конференциите RAST (Recent Advances in Space Technologies) и др. (Таблица 5).

Таблица 4. Доклади изнесени на конгреси на Международната астронавтическа федерация по проект КО СВЕТ

№	Година, от-до	Конгрес	Град, държава
1.	1986, 4-11 Oct.	37th	Innsbruck, Austria
2.	1991, 5-11 Oct.	42nd	Montreal, Canada
3.	1992, 28 Aug.- 5 Sep.	43rd	Washington D.C. USA
4.	1995, 2-6 Oct.	46th	Oslo, Norway
5.	1997, 6-10 Oct.	48th	Turin, Italy
6.	2000, 2-6 Oct.	51st	Rio de Janeiro, Brazil
7.	2001, 1-5 Oct.	52nd	Toulouse, France
8.	2002, 10-19 Oct.	53th	Houston, USA
9.	2006, 2-6 Oct.	57th	Valencia, Spain
10.	2008, 29 Sep.-3 Oct.	59th	Glasgow, Scotland
11.	2009, 12-16 Oct.	60th	Daejeon, R. of Korea

Научният колектив работещ по проекта има общо 120 научни публикации у нас и в чужбина по резултатите от изследванията (50 в списания и 70 сборници с доклади). Издаден е патент на КО СВЕТ и 4 авторски свидетелства. Освен това са изнесени и публикувани в пълен текст доклади на 20 конференции и симпозиуми у нас с международно участие (ЕТ-5, SENS-5, STIL-5, ЕКО и др.), както и на 10 национални научни конференции. Организирани от нас са 3 международни Микро-симпозиума СВЕТ във Варна (1989, 1990 и 1995) и 2 национални Workshops - в Костенец (2005) и в Копривщица (2007).

Таблица 5. Доклади на други конференции и конгреси в чужбина

№	Наименование на форума	Година, от-до	Град, страна
1.	Drop Tower Days Workshop	1992, 1-3 June	Bremen, Germany
2.	COSPAR World Space Congress	1992, 28 Aug.- 5 Sep	Washington D.C. USA
3.	EU Symposium on Life Sciences Research in Space	1993, 26 Sept-1 Oct.	Arcachon, France
4.	18th Annual International Gravit. Physiology Meeting	1997, 20-25 April	Copenhagen, Denmark
5.	12th Man in Space Symposium	1997, 8-13 June	Washington DC, USA
6.	6th International Conference on Natural Zeolites	2002, 3-7 June	Thessaloniki, Greece
7.	9th EU Symposium on Life Sciences in Space	2005, 26 Jun-1 Jul	Cologne, Germany
8.	2nd International Conference RAST	2005, 9-11 June	Istanbul, Turkey
9.	3rd International Conference RAST	2007, 14-16 June	Istanbul, Turkey
10.	10th EU Symposium “Life in Space for Life on Earth”	2008, 22-27 June	Angers, France
11.	37th COSPAR Congress	2008, 13-20 June	Montreal, Canada
12.	4th International Conference RAST	2009, 11-13 June	Istanbul, Turkey

В резултат на изследванията е дадена "зелена улица" на учените, разработващи космическа техника и биотехнологии за оранжериите на бъдещите междупланетни мисии на човека, за научно-изследователските станции на Луната и на Марс. И когато многолюдните орбитални станции вече бъдат факт, когато лунните бази започнат да приличат на селища със своите паркове и градини, навярно само в Историята на космонавтиката ще пише, че първата автоматизирана Космическа оранжерия, наречена СВЕТ, е била разработена и изработена в България.

Литература:

1. Ivanova T. N., P. T. Kostov. Prospects for the Use of the Higher Plants in Space Flight-Experiment "Substrat", *37th IAF Congress*, 4-11 October 1986, Innsbruck, Austria, Report IAF/IAA-86-374.
2. Ivanova T. N., Yu. A. Bercovich, A. L. Mashinskiy, G. I. Melesh ko. The First Vegetables Have been Grown up in the "SVET" Greenhouse by Means of Controlled Environmental Conditions. *Microgravity Quarterly*, Vol. 2, 2, 1992, 109-114.
3. Ivanova T. N., P. T. Kostov, S. M. Sapunova, I. W. Dandolov, F. B. Salisbury, G. E. Bingham, V. N. Sytchov, M. A. Levinskikh, I. G. Podolski, D. B. Bubenheim, G. Jahns. Six-Month Space Greenhouse Experiments - a Step to Creation of Future Biological Life Support Systems. *Acta Astronautica*, Vol. 42, Nos. 1-8, 1998, 11-23.

4. L e v i n s k i k h M. A., V. N. S y c h e v, T. A. D e r e n d y a e v a, O. B. S i g n a l o v a, F. B. S a l i s b u r y, W. F. C a m p b e l l, D. L. B u b e n h e i m and G. J a h n s. Analysis of the Spaceflight Effects on Growth and development of *Super Dwarf* Wheat in Greenhouse SVET. *J. Plant Physiol*., 156(4), 2000, 522-9.
5. M u s g r a v e M. E., A. K u a n g et al. Gravity Independence of Seed-to-seed Cycling in Brassica rapa. *Planta*, 210, 2000, 400-406.
6. L e v i n s k i k h M. A., V. N. S y c h o v et al. Growth and Development of Plants in a Row of Generations under the Conditions of Space Flight (Experiment Greenhouse-5). *Aviakosm. Ekolog. Med.*, 35(4), 2001, 45-49.
7. K o s t o v P., T. I v a n o v a, I. D a n d o l o v, S. S a p u n o v a, I. I l i e v a. Adaptive Environmental Control for Optimal Results during Plant Microgravity Experiments. *Acta Astronautica*, Vol. 51, 1-9, 2002, 213-220.
8. I v a n o v a T. N., P. T. K o s t o v, S. M. S a p u n o v a, I. I. I l i e v a, S. K. N e y c h e v. Plant Cultivation in Space: Next Steps towards the SVET-3 Space Greenhouse Project and Current Advances. *Space Technology*, Vol. 26, Nos.3-4, 2006, 129-136.
9. I v a n o v a T., V. S y c h e v. Project “Greenhouse - Mars” - Plant Growth Study with Different Spectra LEDs Light Units. Proceedings of the Second Scientific Conference with International Participation *SENS’2006*, 14-16 June 2006, Varna, Bulgaria, CD – Session 7/2; http://www.space.bas.bg/astro/bulg.html.
10. K o s t o v P. T., S. M. S a p u n o v a, Y. N. N a y d e n o v, G. K. G a l e v. Progress in the Svet-3 Space Greenhouse Project: Temperature Measurements; Thermoelectric Sensor Calibration Apparatus. *Proceedings of the 4th International Conference on RAST*, 11-13 June 2009, Istanbul, Turkey, 2009, 690-695.
11. I v a n o v a T., P. K o s t o v, I. D a n d o l o v, S. S a p u n o v a. Results from Microgravity Experiments in the SVET Space Greenhouse Onboard the MIR Orbital Station, *51st IAF Congress*, 2-6 October 2000, Rio de Janeiro, Brazil, Report IAF-00-J.3.10.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

LABORATORY MOCK-UP OF THE SVET-3 SPACE GREENHOUSE: EARLY EVALUATION OF THE HEAT FLUXES THROUGH THE WALLS OF THE CLOSED PLANT GROWTH CHAMBER

Svetlana Sapunova, Plamen Kostov

Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: svetlas@space.bas.bg, plamen_kostov@space.bas.bg

Key words: *laboratory mock-up, Svet-3 SG, plant growth chamber, heat fluxes, hot Al plate, thermal resistances.*

Abstract: *A Laboratory Mock-up of the Svet-3 Space Greenhouse (SG) - a small greenhouse of enclosed and environmentally controlled type is being developed. As a first stage a thermoelectric module (TEM) based air-conditioning system is being built. To select TEM with adequate heat pumping capacity all thermal loads must be evaluated. The study proposed describes the mathematical instrument and calculations of the heat fluxes through the walls of a commercially available closed thermally insulated box. The total thermal load for heating regime at steady state temperatures – chamber temperature T_{ch} = 35ºC and ambient temperature T_{amb} = 15ºC and in the absence of additional heat sources is calculated. An equivalent electrical circuit is created to model the thermal processes in the chamber using the simulating program OrCAD PSPICE. The total thermal load $Q_{overall}$ = 5.128 W, as well as the heat source (Al plate) temperature T_{pl} = 54.17°C are assessed.*

ЛАБОРАТОРЕН МАКЕТ НА КОСМИЧЕСКА ОРАНЖЕРИЯ СВЕТ-3: ПРЕДВАРИТЕЛНА ОЦЕНКА НА ТОПЛИННИТЕ ПОТОЦИ ПРЕЗ СТЕНИТЕ НА ЗАТВОРЕНА КАМЕРА ЗА ОТГЛЕЖДАНЕ НА РАСТЕНИЯ

Светлана Сапунова, Пламен Костов

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: svetlas@space.bas.bg, plamen_kostov@space.bas.bg

Ключови думи*: лабораторен макет, КО Свет-3, камера, топлинни потоци, загрята алуминиева плоча, термични съпротивления.*

Резюме: *Разработва се лабораторен модел на космическа оранжерия Свет-3 - малка оранжерия от затворен тип с управляема среда. Като първи етап се изгражда система за кондициониране на въздуха в камерата за отглеждане на растения на базата на термоелектричен модул (ТЕМ). За да се избере ТЕМ с подходящ топлинен капацитет, трябва да се оценят всички топлинни товари. Предложеното изследване описва математическия апарат и изчисленията на топлинните потоци през стените на една комерсиална топлинно-изолирана камера. Изчислен е общият термичен товар за режим на нагряване, температура на въздуха в камерата T_{ch} = 35ºC и на външната среда T_{amb} = 15ºC в стационарен режим, при отсъствие на допълнителни източници на топлина. За моделиране на термичните процеси в камерата с помощта на симулационната програма OrCAD PSPICE е създадена еквивалентна електрическа схема. Определени са общият термичен товар $Q_{overall}$ = 5.128 W и температурата на източника на топлина (алуминиева плоча) T_{pl} = 54.17°C.*

Introduction

Background

The Bulgarian Svet SG, flied onboard the Mir Orbital Station in the period 1990-2000 and used to accommodate a series of successful long-term plant experiments [1], had a plant chamber, open type, allowing contact with the station cabin atmosphere [2]. In order to isolate the variable of study (microgravity), flight experiments must be conducted in a controlled environment. Closed chamber

plant growth facilities with controlled environment have been developed and flown onboard the U.S. Space Shuttles and the International Space Station (ISS) [3, 4, 5]. As a first stage of the Svet-3 project, a Laboratory Mock-up (LM) of a small greenhouse of closed and environmentally controlled type is being built. The development work at this stage emphasizes on control of plant leaf environment – air conditioning and gas composition control. Our first task is to develop a TEM based system for active thermal control of the chamber environment (from 15ºC to 35ºC) under the conditions of varying ambient temperatures (from 15ºC to 35ºC).

Problem statement

To select TEM with adequate heat pumping capacity the amount of heat to be absorbed or released from the TEM unit must be evaluated considering all thermal loads [6]. In a common case, the thermal load may have passive (radiation, convection, or conduction) and active components. The total amount of heat that must be absorbed or released in order to maintain steady state chamber temperature for any particular operating regime of TEM (cooling or heating) depends on the required temperature difference, the insulating properties of the chamber walls, the availability of radiation sources and electronic components in the chamber volume, etc. [7].

The objective of this research is to select mathematical machinery and to calculate the heat fluxes released from an Al plate (used as a heat source), and transferred through the walls of a commercially available closed heat-insulated box, to be served for a plant growth chamber. The calculations are made for the heating regime, the worst-case temperature difference $\Delta T = 20°C$ and in the absence of other heat loads. The hot Al plate temperature (T_{pl}) is calculated in order to check if it is below the maximum admissible operating temperature of about 65ºC for the standard TEM units.

Nomenclature

i	***First bottom index (number of the chamber area)***	
	i = 1 (Left wall), i = 2 (Right wall), i = 3 (Bottom wall), i = 4 (Upper Plexiglas window), i = 5 (Upper ABS area), i = 6 (Front door), i = 7 (Back wall thermal convection area), i = 8 (Al plate-back wall thermal conduction area).	
j	***Second bottom index (number of the wall layer)***	
	j = 1 (Internal air layer for convection), j = 2 (Internal insulating layer), j = 3 (Middle insulating layer), j = 4 (External insulating layer), j = 5 (External air layer for convection).	
h	***Heat transfer coefficient***	
	$h_{i,1}$	Inside heat transfer coefficient for the i^{th} element,
	$h_{i,5}$	Outside heat transfer coefficient for the i^{th} element,
	h_{pl}	Al plate inside heat transfer coefficient.
k	***Thermal conductivity***	
	$k_{i,2}$, $k_{i,3}$, $k_{i,4}$	Thermal conductivity of the i^{th} element – j^{th} layer (j = 2, 3, 4).
Q	***Heat flux***	
	Q_i	Heat flux through the i^{th} chamber area,
	Q_{pl_ch}	Convective heat flux from the plate to the chamber air,
	Q_{pl_wall}	Heat flux from the plate through the back wall to the ambient,
	$Q_{overall}$	The total heat flux relesed from the source (Al plate).
Θ, (R)	***Thermal resistance, (electrical resistance)***	
	$\Theta_{i,j}$, ($R_{i,j}$)	Thermal resistance of the i^{th} element, j^{th} layer,
	$\Theta_{pl\text{-}ch}$, ($R_{pl\text{-}ch}$)	Convective thermal resistance of the transition plate – chamber.

Materials and Methods

Plant Chamber Structure

The experimental equipment consists of a sealed heat insulated box with overall dimensions L=263.5 mm, W=222 mm, H=382 mm and internal dimensions L=212 mm, W=152 mm, H=327.5 mm.

Four of the walls (excluding the top and the front one) are three-layered walls, consisting of an external layer of Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) material, 2.4 mm in thickness, in contact with the ambient temperature, followed by polyurethane foam insulation and another internal ABS layer, 2 mm thick, in contact with the chamber environment. An Aluminum (Al) plate, 190x305x2 mm in size, mounted inside the back wall in the place of the internal ABS layer and in thermal contact with the other two layers, serves as a heat source.

The front door consists of a double walls made of ABS material, 3 mm in thickness, with an insulating air gap between them.

There is a clear top window, 205x124 mm in size, in the top wall. It consists of two 3 mm thick Plexiglas layers with an air gap between them. The rest area of the wall is of the same three-layered structure (ABS/polyurethane/ABS) as the four walls.

A fan, mounted in the chamber volume, at the centre of the Al plate, provides airflow of 0.1 m/sec velocity for forced convection of the chamber air. Another external fan of the same flow rate (0.1 m/s) blows the chamber outside imitating the forced convection of the air typically existing in the spacecraft cabin.

Theoretical Performance

The objective of this study is to quantify the overall power of a heat source (the Al plate), required to maintain the chamber temperature (T_{ch}) at 35°C under the conditions of 15°C ambient temperature (T_{amb}) outside. In the absence of additional heat sources the overall thermal load will be the heat flux released from the source, and transferred through the chamber air and walls to the ambient by convection and conduction due to the temperature difference $\Delta T = T_{ch} - T_{amb}$ [8].

The overall thermal load ($Q_{overall}$) is the sum of the convective heat flux transferred from the plate to the chamber air ($Q_{pl\text{-}ch}$) and the heat flux transferred from the plate through the back wall to the ambient ($Q_{pl\text{-}wall}$) as indicated in Eq. (1):

$$Q_{overall} = Q_{pl\text{-}ch} + Q_{pl\text{-}wall} \tag{1}$$

The convective heat transfer [9] from the heat source (Al plate) to the chamber can be expressed as:

$$Q_{pl-ch} = (T_{pl} - T_{ch})h_{pl}A_{pl} \tag{2}$$

where A_{pl} – the Al plate area; h_{pl} – the heat transfer coefficient between the Al plate and the chamber air.

Further, the flux $Q_{pl\text{-}ch}$ is transferred to the chamber air by convection, through the walls by conduction and to the ambient by convection.

$$Q_{pl-ch} = \sum_{i=1}^{7} Q_i \tag{3}$$

where Q_i ($i = 1 \div 7$) – the heat fluxes through the corresponding chamber wall areas described as:

$$Q_{i=(1,\dots,7)} = \frac{T_{ch} - T_{amb}}{\frac{1}{h_{i,1}A_{i,1}} + \frac{D_{i,2}}{k_{i,2}A_{i,2}} + \frac{D_{i,3}}{k_{i,3}A_{i,3}} + \frac{D_{i,4}}{k_{i,4}A_{i,4}} + \frac{1}{h_{i,5}A_{i,5}}} \tag{4}$$

where:

$$\frac{1}{h_{i,1(5)}A_{i,1(5)}} = \Theta_{i,1(5)} \tag{4.1}$$

are the convective thermal resistances of the transitions chamber air - chamber wall ($\Theta_{i,1}$) and chamber wall - ambient air ($\Theta_{i,5}$) respectively;

$$\frac{D_{i,2(3,4)}}{k_{i,2(3,4)}A_{i,2(3,4)}} = \Theta_{i,2(3,4)} \tag{4.2}$$

are the conductive thermal resistances of the corresponding layers of the three-layered walls. $D_{i,j}$ and $A_{i,j}$ are the thickness and area of the i^{th} element, j^{th} layer.

Once the heat fluxes through the chamber walls are determined, the heat flux from the source entered the chamber by convection, can be calculated using Eq. (3). The heat flux calculated by Eqs. (2) and (3) give a possibility to determine the heat source (Al plate) temperature (T_{pl}):

$$T_{pl} = T_{ch} + \frac{Q_{pl-ch}}{h_{pl}A_{pl}} \tag{5}$$

Using the so determined plate temperature, the heat flux $Q_{pl\text{-}wall}$ transferred through the back wall by conduction and to the ambient by convection can be calculated:

$$Q_{pl-wall} = \frac{T_{pl} - T_{amb}}{\frac{D_{8,3}}{k_{8,3}A_{8,3}} + \frac{D_{8,4}}{k_{8,4}A_{8,4}} + \frac{1}{h_{8,5}A_{8,5}}} \tag{6}$$

where:

$$\frac{D_{8,3(4)}}{k_{8,3(4)}A_{8,3(4)}} = \Theta_{8,3(4)} \tag{6.1}$$

are the conductive thermal resistances of the corresponding back wall layers for the conductive Al plate – back wall area;

(6.2) $$\frac{1}{h_{8,5}A_{8,5}} = \Theta_{8,5}$$

is the convective thermal resistance of the transition back wall - ambient air for the $Q_{pl\text{-}wall}$ flux; and T_{pl} is the Al plate temperature calculated by Eq. (5).

The thermal resistance of the transition Al plate - chamber air $\Theta_{pl\text{-}ch}$ is calculated as:

(6.3) $$\Theta_{pl-ch} = \frac{1}{h_{pl}A_{pl}}$$

Substituting the values of $Q_{pl\text{-}ch}$ and $Q_{pl\text{-}wall}$ calculated by Eqs. (3) and (6) in (1) the overall heat power of the source can be assessed.

The following calculation succession is used to determine the convective heat transfer coefficients over the flat plate (walls) surfaces $h_{i,j}$ used in Eqs. (2) and (4) to (6).

As a result of the air viscosity a boundary layer exists near the surface where the fluid velocity changes from the value in the free stream (far from the wall) to zero at the wall. The boundary layer is considered laminar for lower Reynolds numbers ($Re < 3.10^5$) and turbulent for higher ones ($Re > 3.10^6$). To determine if the airflow is laminar or turbulent the Reynolds number is calculated as:

(7) $$Re = \frac{Lv\rho}{\mu}$$

where: L – characteristic length; v – air flow velocity; ρ – air density; μ – dynamic air viscosity.

The Prandtl number is calculated using:

(8) $$Pr = \frac{c\mu}{k}$$

where c – specific heat of the air; k – thermal conductivity of the air.

For forced convection, the Nusselt number is generally a function of the Reynolds number and the Prandtl number. In case of a flat plate, uniformly heated over its entirety (isothermal plate), and blown by a laminar flow that is parallel to the axis, the average Nusselt number is calculated as:

(9) $$Nu = 0{,}664(Pr)^{\frac{1}{3}}(Re)^{\frac{1}{2}}$$

The heat transfer coefficients for the corresponding boundary layers are calculated:

(10) $$h = \frac{k}{L}Nu$$

Since air properties can vary significantly with temperature, a recommended approach is to use the film temperature T_f of the boundary layer, which is the average of the wall and free-stream temperatures. All air properties are determined for the specific temperature of the air boundary layer.

Calculations

Calculation of the heat transfer coefficients:

The Reynolds, Prandtl and Nusselt numbers and heat transfer coefficients were calculated using Eqs. (7) to (10) where L is the characteristic length for the corresponding wall area, v = 0.1 m/s - the air flow velocity and the air properties ρ, μ, c, and k are determined for the specific film temperatures (T_f) of the air boundary layers as follows:

T_f = 16°C (289 K) for the boundary layers outside the chamber walls;

T_f = 34°C (307 K) for the boundary layers inside the chamber walls;

T_f = 43.5°C (316.5 K) for the boundary layer near the plate.

The calculated Reynolds, Prandtl and Nusselt numbers and heat transfer coefficients for every transition are given in Table 1. Since $Re < 3.10^5$ for every transition the airflow is considered laminar.

Table 1.

Re	Pr	Nu	h [W/m^2.K]
943.69	0.697	18.09	$h_{1,1}$, $h_{2,1}$, $h_{3,1}$,$h_{4,1}$, $h_{5,1}$ = 3.19
1051.31	0.697	19.09	$h_{6,1}$ = 3.02
1018.65	0.697	18.79	$h_{7,1}$ = 3.07
948.67	0.697	18.13	h_{pl} = 3.18
1249.48	0.701	20.85	$h_{1,5}$, $h_{2,5}$, $h_{3,5}$, $h_{4,5}$, $h_{5,5}$ = 2.93
2239.02	0.701	27.91	$h_{6,5}$ = 2.19
1826.57	0.701	25.20	$h_{7,5}$ = 2.43

Calculation of the heat fluxes through the chamber walls

The following heat fluxes Q_i (i = 1÷7) through the chamber walls were calculated using Eq. (4), considering the chamber sizes, insulating layers thickness, the calculated heat transfer coefficients given in Table 1, and for T_{ch} = 35°C; T_{amb} = 15°C: Q_1 = 0.6675 W, Q_2 = 0.6675 W, Q_3 = 0.3614 W, Q_4 = 0.3913 W, Q_5 = 0.0939 W, Q_6 = 1.0689 W, Q_7 = 0.2806 W.

The total heat flow from the source (Al plate) entered the chamber air by convection was calculated using Eq. (3): $Q_{pl\text{-}ch}$ = 3.5311 W.

Substituting this value and the data: T_{ch} = 35°C; A_{pl} = 579.5 cm^2; h_{pl} = 3.18 W/m^2.K in Eq. (5) the plate temperature T_{pl} was calculated: T_{pl} = 54.17°C.

Using this value the heat flux $Q_{pl\text{-}wall}$ transferred from the plate through the back wall to the ambient is calculated using Eq. (6): $Q_{pl\text{-}wall}$ = 1.5969 W.

The overall heat power of the source is calculated by Eq. (1): $Q_{overall}$ = 5.128 W.

PSPICE model

A commonly accepted approach to describe the thermal parameters of the experimental chamber by an equivalent electrical circuit [10, 11] is applied. All non-electrical processes are described in terms of their electrical analogies as shown in Table 2.

Table 2.

Thermal parameters	Units	Analogous electrical parameters	Units
Heat, Q	W	Current, I	A
Temperature, T	K	Voltage, V	V
Thermal resistance, θ	K/W	Electrical resistance, R	Ω
Absolute zero temperature	0 K	Ground	0 V

An equivalent circuit is used to model the thermal processes going in the chamber in case of 20°C temperature difference between the chamber and ambient by means of the simulating program OrCAD PSPICE (free edition). The PSPICE produced model is shown on Fig 1.

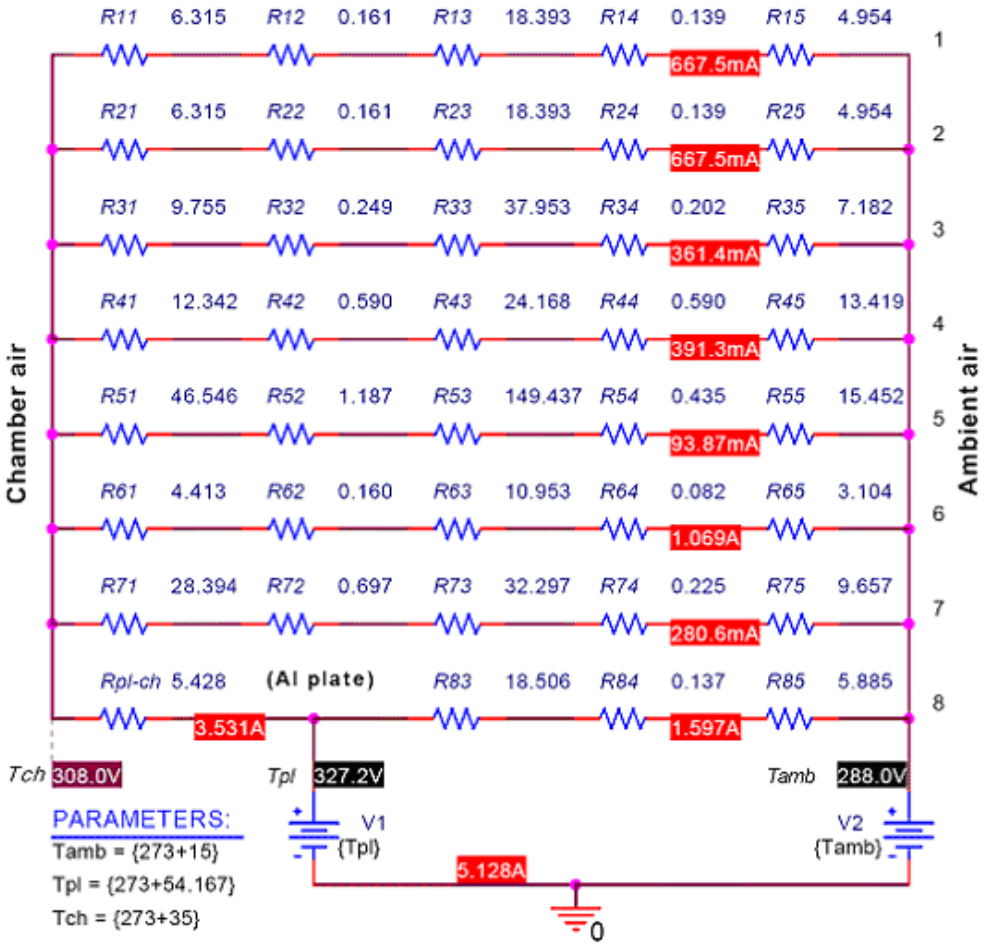


Fig. 1. Equivalent circuit of the plant chamber thermal parameters for steady state

The thermal resistances of all the chamber elements calculated using Eqs. (4.1), (4.2), (6.1), (6.2) and (6.3) are entered as electrical resistances and the heat fluxes and the steady state temperatures at different points are assessed.

At a next stage, this program is expected to be used for testing the time dependent behavior of the chamber. For this purpose, the thermal capacities of all the chamber elements will be calculated and entering these data the simulating program will give a possibility for a direct assessment of the chamber time constant by applying a voltage step across and measuring the system transient response time.

Results and Discussions

The total amount of heat that has to be removed to maintain steady state chamber temperature in the worst case, T_{ch} = 35°C, T_{amb} = 15°C, and in the absence of other heat loads, was assessed: $Q_{overall}$ = 5.128 W. The Al-plate temperature for this case is T_{pl} = 54.17°C.

A standard TEM module will be used to maintain the chamber temperature within the required limits. A practical limitation (of about 65°C) of the maximum admissible hot side temperature exists for all modules of such a type. The calculated hot plate temperature value is below this admissible level.

The upper wall is expected to be a potentially unstable component of the total thermal resistance of the chamber. At a next stage, a powered Light Unit will be placed over the top window. This unit would heat additionally the air in the space between the lamps and the external Plexiglas layer of the top window what would change considerably the heat transfer coefficient and the thermal resistance of the top wall respectively. This would require additional cooling in the lamp area. Calculating the radiated heat by the light source at this stage would require determination of the lamp operating temperature and air temperature in the lamp zone and recalculation of the heat transfer coefficients $h_{4,5}$ and $h_{5,5}$.

Conclusions

The final goal of the presented work is to make assessment the heat fluxes through the chamber walls in heating regime necessary to determine the type and number of Peltier modules at a next stage. Our calculations were based on the physical properties of the materials used in the commercially available insulated box to be served for a plant growth chamber. The presented work describes one of the operating temperature regimes in the plant chamber for the worst case – T_{amb} = 15ºC, T_{ch} = 35ºC, and without additional heat sources.

References:

1. Monje O., G. Bingham, J. Carman, W. Campbell, F. Salisbury, B. Eames, V. Sytchev, M. Levinskikh, and I. Podolsky. Canopy Photosynthesis and Transpiration in Microgravity: Gas Exchange Measurements aboard MIR, Adv. Space Res., Vol. 26(2), 2000, pp. 303-306.
2. Kostov P., T. Ivanova, I. Dandolov, S. Sapunova, I. Ilieva. Adaptive Environmental Control for Optimal Results during Plant Microgravity Experiments, Acta Astronautica, 51(1), 2002, pp. 213-220.
3. Bula R. J., R. W. Ignatius. Providing Controlled Environment for Plant Growth in Space, Proceedings of the International Symposium on Plant Production in Clased Ecosystems, Narita, Japan, August 26-29, 1996.
4. Morrow R. C., T. M. Crabb. Biomass Production System (BPS) Plant Growth Unit, Advances in Space Research, Volume 26, Number 2, 2000, pp. 289-298(10).
5. Hoehn A., J. Clawson, J. Freeman, J. Genova, K. Gifford, L. Stodieck. Thermal Design of a Spaceflight Plant Chamber Payload, SAE-paper 2003-01-2583, International Conference on Environmental Systems (ICES), July 2003, Vancouver, Canada.
6. Kryotherm Co., ЭЛЕМЕНТЫ ПЕЛЬТЬЕ, Статья № 3, online available from: http://peltier.narod.ru/index.html.
7. Tellurex Corp., An Introduction to Thermoelectrics, 2006, www.tellurex.com/.
8. Cengel Y. A. Heat Transfer: A Practical Approach, 2nd ed., McGraw-Hill, 2003, ISBN 0072458933.
9. Spang B. Correlations for Convective Heat Transfer, Presented at The Chemical Engineers' Resource Page, www.cheresources.com.
10. Chavez J., J. Ortega, J. Salazar, A. Turo, and J. Garcia. Spice model of thermoelectric elements including thermal effects, Proceedings of the Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2000, pp. 1019-1023.
11. Lineykin S., Sam Ben – Yaakov. Modeling and Analysis of Thermoelectric Modules, Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2005, 20th Annual IEEE, Vol. 3, pp. 2019-2023, ISBN: 0-7803-8975-1.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА БАЛАНСИРОВЪЧНИТЕ ОТКЛОНЕНИЯ НА АЕРОДИНАМИЧНИТЕ КОРМИЛА НА САМОЛЕТ СЪС СЪЧЛЕНЕНО КРИЛО В НАДЛЪЖНОТО ДВИЖЕНИЕ

Христиан Панайотов, Пламен Стоянов, Димо Зафиров

Технически университет – София, филиал Пловдив
e-mail: hristian@tu-plovdiv.bg

Ключови думи: *съчленено крило, аеродинамика, динамика на полета*

Резюме: *Съчленението крило е аеродинамична схема, която се характеризира с голям брой възможни компоновки на аеродинамичните кормила по предното и задното крило – елерони, задкрилки, кормила за височина и др. Настоящият доклад разглежда пресмятането на необходимите балансировъчни отклонения на аеродинамичните кормила в зависимост от компоновката и режимите на полета. Разгледани са някои нетрадиционни, в сравнение с конвенционалните летателни апарати, маневри като непосредствено управление на подемната сила.*

DETERMINATION OF THE TRIMMED FLIGHT CONTROL SURFACE DEFLECTIONS OF A JOINED-WING AIRCRAFT IN LONGITUDINAL MOVEMENT

Hristian Panayotov, Plamen Stoyanov, Dimo Zafirov

Technical University of Sofia – Plovdiv branch
e-mail: hristian@tu-plovdiv.bg

Key words: *joined-wing, aerodynamics, flight dynamics*

Abstract: *The joined-wing is an aerodynamic scheme, characterized by a variety of possible arrangements of the flight control surfaces, located on the front and rear wing – ailerons, flaps, elevators, flaperons etc. The present paper deals with the calculation of the required trimmed flight deflections of the control surfaces for different arrangements and flight regimes. Some untraditional maneuvers are reviewed, compared to conventional aircraft, such as direct lift control.*

1. Въведение

Съчленението крило, със своята аеродинамична схема, а именно съчленени, на определено местоположение, предно и задно крило, създава предпоставки за разполагането на сравнително по-голям брой и вид аеродинамични управляващи повърхности или накратко аеродинамични кормила. Например, по изходящия ръб и на предното, и на задното крило могат да бъдат използвани кормила за височина, елерони, задкрилки, а също така и техни комбинации – елевони, флаперони и др. За съчленението крило може да се въведе и термина [флапелерон] = [flap (задкрилка) + elevator (кормило за височина) + aileron (елерон)] [1]. Посредством тези нетрадиционни компоновки на аеродинамичните кормила могат да бъдат постигнати интересни, от гледна точка на динамиката на полета, маневри като непосрведствено управление на подемната сила при запазване на постоянен ъгъл на атака или постоянен ъгъл на тангаж. Освен това от голямо практическо значение е изчисляването на балансировъчните отклонения на кормилата по предното и задното крило за хоризонтален полет с определена скорост и ъгъл на атака. За разлика от конвенционалните летателни апарати с фиксирано крило, самолетите със съчленено крило могат да се балансират на една и съща скорост на полета при различни ъгли на атака и отклонения на кормилата за височина, за сметка на възникващата подемна сила от действието на кормилата като задкрилки. В настоящия доклад са определени балансировъчните отклонения за конкретен летателен апарат – летящ модел

със съчленено крило – JoWi-1. Аеродинамичните коефициенти и производни са изчислени с програмно осигуряване „Tornado”.

2. Математичен модел на надлъжното движение на самолет със съчленено крило

За описание на движението на летателен апарат със съчленено крило могат да се използват уравненията за движение на тяло с три степени на свобода известни от механиката, във форма удобна за определяне на кинематичните параметри на движението на самолет. За решаването на тези уравнения е необходимо да бъдат известни началните условия на движението, както и действащите на летателния апарат сили и моменти. За определяне на траекторията на самолета трябва да се прибавят и уравненията за изменение на траекторните му координати. В разгърнат вид уравненията за надлъжното движение имат вида [2]:

(1)

$$\frac{dV}{dt} = -\left[C_{xa0} + A\left(C_{ya0} + C_{ya}^{\alpha}\alpha + C_{ya}^{\delta_1}\delta_1 + C_{ya}^{\delta_2}\delta_2 + C_{ya}^{\delta_3}\delta_3 + C_{ya}^{\delta_4}\delta_4\right)^2\right]\frac{\rho V^2 S}{2m} + \\ + \frac{P}{m}\cos\alpha - g\sin\vartheta\cos\alpha$$

(2)

$$\frac{d\alpha}{dt} = \omega_z - \left(C_{ya0} + C_{ya}^{\alpha}\alpha + C_{ya}^{\delta_1}\delta_1 + C_{ya}^{\delta_2}\delta_2 + C_{ya}^{\delta_3}\delta_3 + C_{ya}^{\delta_4}\delta_4\right)\frac{\rho V S}{2m} - \\ - \frac{P}{mV}\sin\alpha + \frac{g}{V}\cos\vartheta\cos\alpha$$

(3)

$$\frac{d\omega_z}{dt} = \left(m_{z0} + m_z^{\alpha}\alpha + m_z^{\delta_1}\delta_1 + m_z^{\delta_2}\delta_2 + m_z^{\delta_3}\delta_3 + m_z^{\delta_4}\delta_4 + m_z^{\omega_z}\omega_z\right)\frac{\rho V^2 S b_g}{2I_z}$$

(4)

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \omega_z$$

(5)

$$\frac{dx_g}{dt} = V\cos(\vartheta - \alpha)$$

(6)

$$\frac{dy_g}{dt} = V\sin(\vartheta - \alpha)$$

където:
S – площ на крилото в план;
b_g – отстъп (разстоянието по ос Ox между едноименни точки от основните хорди на предното и задното крило);
V – скорост на самолета;
α – ъгъл на атака;
ω_z – ъглова скорост на въртене спрямо ос Oz на свързаната координатна система;
ϑ – ъгъл на тангаж;
C_{x0} – коефициент на пасивно съпротивление;
A – коефициент на индуктивност;
C_{ya}^{α} - производна на коефициента на подемна сила по ъгъла на атака;
$C_{ya}^{\delta_i}$ - производна на коефициента на подемна сила по ъгъла на отклонение на i-тата управляваща повърхност;

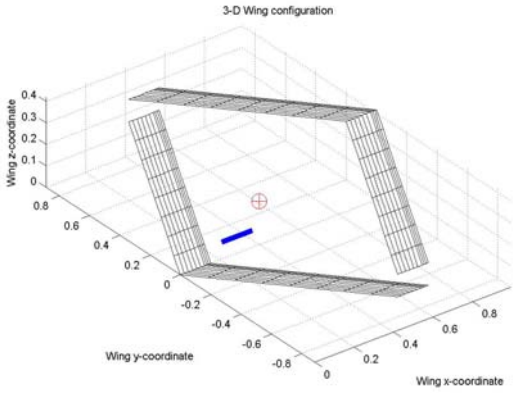
δ_i – ъгъл на отклонение на i-тата управляваща повърхност;
m_{z0} – коефициент на надлъжен момент при нулев ъгъл на атака;
$m_z^{\delta_i}$ - производна на коефициента на надлъжен момент по ъгъла на отклонение на i-тата управляваща повърхност;
$m_z^{\omega_z}$ - производна на коефициента на надлъжен демпфиращ момент;
P – тяга на самолета;
ρ – плътност на въздуха;
m – маса на самолета;
I_z – масов инерционен момент спрямо ос Oz.

3. Обект на изследването

Характеристиките на динамиката на полета са определени за летателен апарат, базиран на летящия модел JOWI-1 (фиг.1). Геометричните и масовите му характеристики са както следва:

- площ на крилото в план - S = 0.55 m^2;
- разпереност на крилото - l = 1.8 m;
- ъгъл на стреловидност на предното крило - $\chi_{пр}$ = 25° ;
- ъгъл на стреловидност на задното крило - $\chi_з$ = –25°;
- ъгъл на напречна V-образност на предното крило - $\psi_{пр}$ = 10°;
- ъгъл на напречна V-образност на задното крило - $\psi_з$ = –10° ;
- излента маса на модела - m = 7 kg;
- масов инерционен момент по ос OZ - I_z = 0.42 kg.m^2;
- отстъп на крилото по коренните хорди - b_g = 0.839 m.

Фиг. 1. Летящ модел JOWI-1



Фиг. 2. Модел изследван с TORNADO

Управлението на самолета се извършва посредством управляващи повърхности – по една на всяко полукрило (на предното и задното крило). Означени са с „1” – кормила на предното крило и „2” – кормила на задното крило. Кормилата на предното и задното крило съответно се отклоняват синхронно, положителната посока е „надолу”. За пресмятане на аеродинамичните производни е използвана програма TORNADO [3] базирана потенциални панелни методи (фиг. 2).

Аеродинамичните характеристики на JoWi-1 са както следва:

$$c_{x0} = 0.004;\ A = 0.05;\ c_{ya}^{\alpha} = 4.13; c_{ya}^{\delta_1} = 0.80; c_{ya}^{\delta_2} = 1.10; m_{z0} = 0; m_z^{\alpha} = -0.31; m_z^{\delta_1} = 0.24;$$
$$m_z^{\delta_2} = -0.42; m_z^{\omega_z} = -0.014.$$

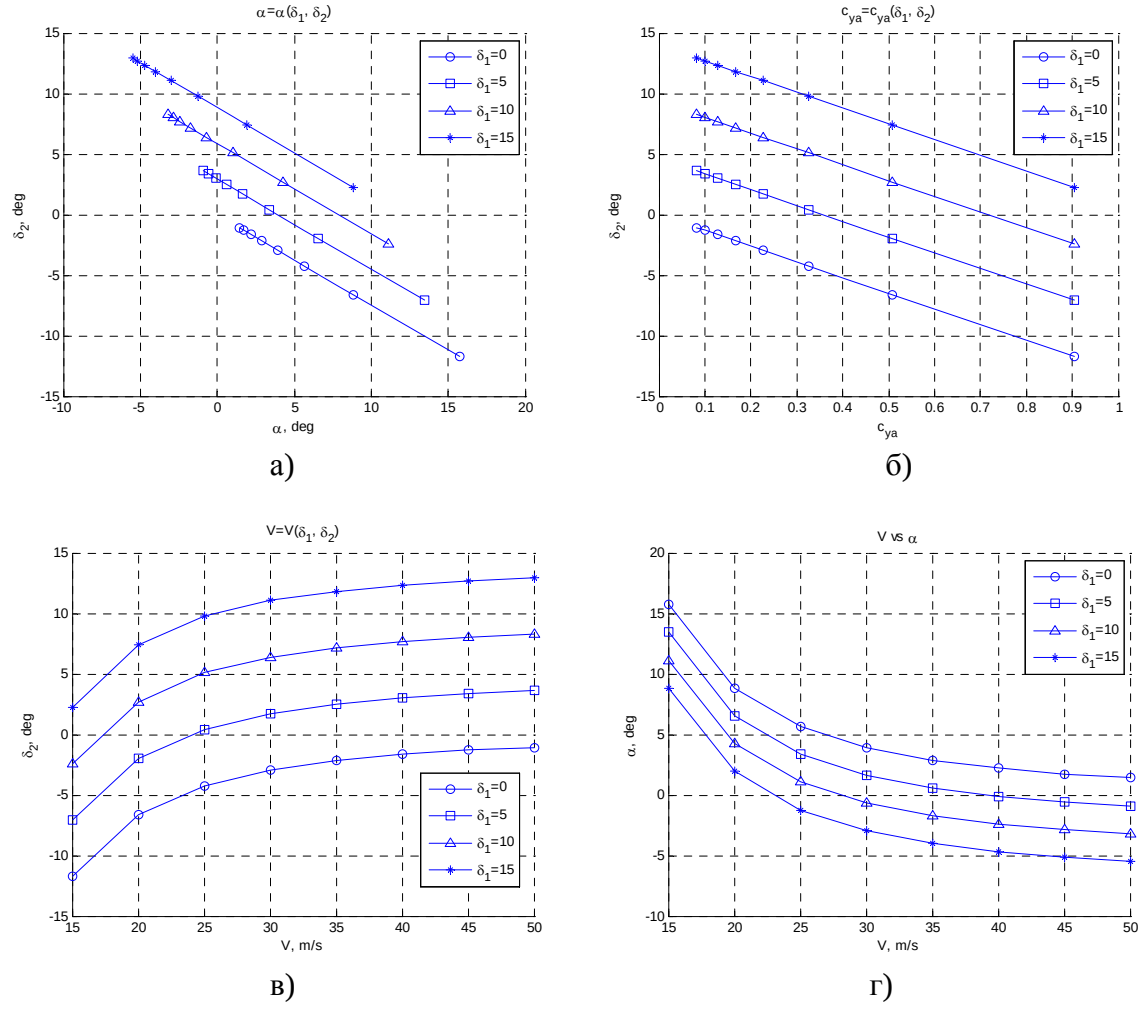
4. Резултати

Балансировъчните отклонения на описаните аеродинамични кормила, необходими за надлъжно балансиране на самолета със съчленено крило могат да се получат, ако в у-я (1)...(3) се положи:

(7)

$$\frac{dV}{dt} = 0; \quad \frac{d\vartheta}{dt} = \omega_z = 0; \quad \frac{d\alpha}{dt} = 0.$$

След направените приемания, задачата се свежда до решаване на система от две уравнения, където неизвестни са отклоненията на аеродинамичните кормила δ_1 (предно крило) и δ_2 (задно крило), а условията са нулев надлъжен момент на самолета, при осигуряване на потребните за хоризонтален полет коефициент на подемна сила и теглителна сила (тяга) на двигателя. На фиг. 3 са показани балансировъчните диаграми със съответните необходими балансировъчни отклонения на аеродинамичните кормила при различни ъгли на атака (фиг. 3а), коефициенти на подемна сила (фиг. 3б) и скорости на полета (фиг. 3в). От фиг. 3г можем да направим извода, че описаният летателен апарат със съчленено крило може да се балансира при една и съща скорост на полета при различни ъгли на атака при съответните отклонения на кормилата.

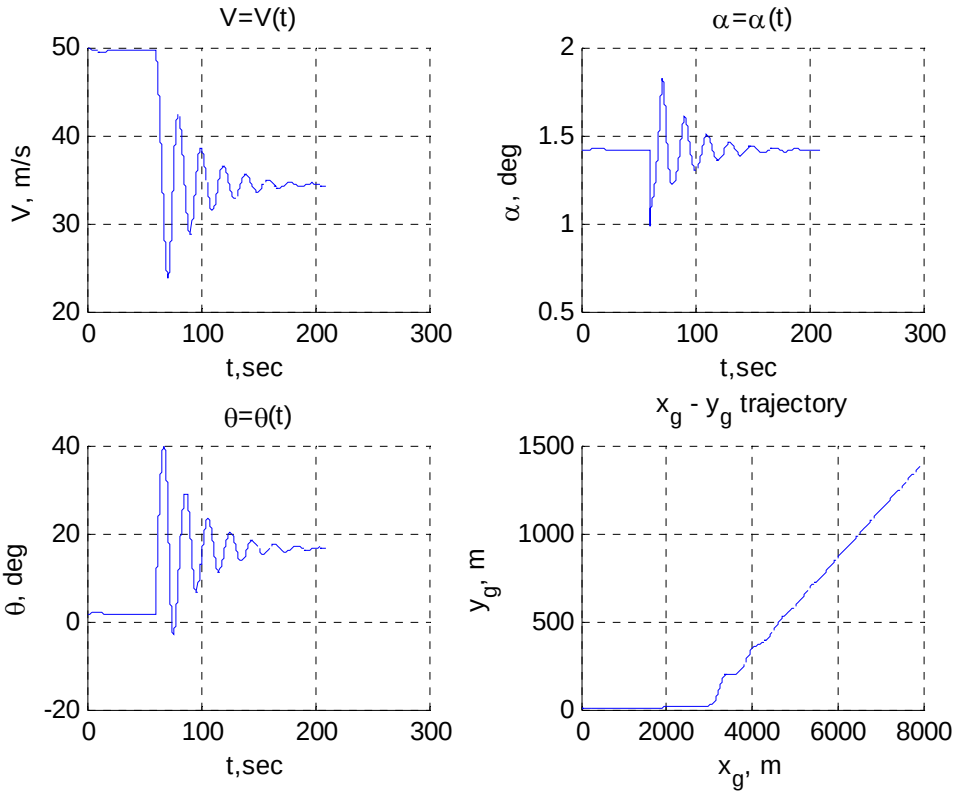


а) б) в) г)

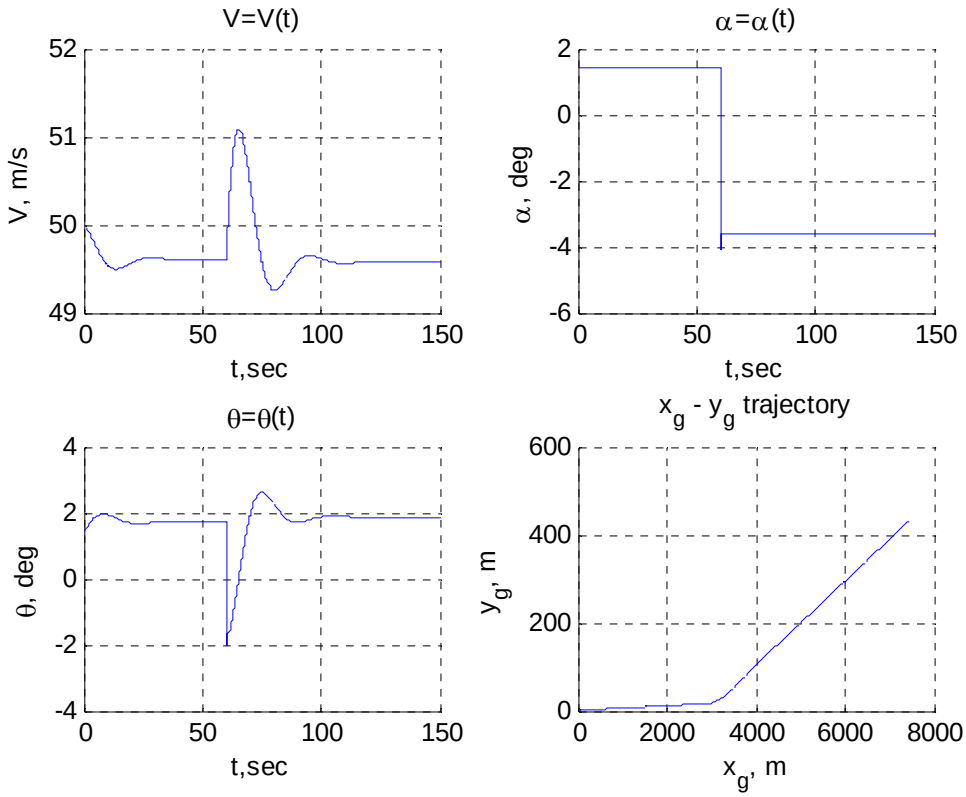
Фиг. 3. Балансировъчни диаграми

Интересно е да се анализират и някои нетрадиционни маневри за конвенционалните самолети – в конкретния случай непосредствено управление на подемната сила. Разгледани са два случая. При първия (фиг. 4) се запазва неизменен ъгъла на атака на самолета, а от установен хоризонтален полет се преминава в набор на височина, като прираста на подемна сила се осъществява само от отклонението на аеродинамичните кормила като задкрилки без да се изменя ъгъла на атака. Отклоненията на кормилата за непосредственото управление на подемната сила са подадени в момента t = 60 s и са: предно крило $\delta_1 = 3.07°$; задно крило $\delta_2 = 0.75°$. Във втория случай (фиг. 5) се цели запазване на постоянство на ъгъла на тангаж, т.е. самолетът от установен хоризонтален полет преминава в набор на височина като в този случай ъгълът на тангаж остава неизменен. Отклоненията и в този случай са дадени в момента

t = 60 s и са: предно крило $\delta_1 = 11{,}00°$; задно крило $\delta_2 = 9{,}15°$.



Фиг. 4. Непосредствено управление на подемната сила
при постоянен ъгъл на атака



Фиг. 5. Непосредствено управление на подемната сила
при постоянен ъгъл на тангаж

За сравнение при конвенционалните самолети наборът на восичона се осъществява посредством отлонение на кормилото за височина или хоризонталния стабилизатор, при което се създава надлъжен момент, който изменя ъгъла на атака и ъгъла на тангаж.

Заключение

Изчислени са балансировъчните отклонения на аеродинамичните кормила на летящ модел със съчленено крило JoWi-1 при различни скорости на полета и ескплоатационни ъгли на атака. По разработен математичен модел на надлъжното движение на самолет със съчленено крило са разгледани два вида маневри, получени при непосредствено управление на подемната сила. Получените резултати могат да се използват при моделирането на динамиката на полета на самолети със съчленено крило, както и при летателни експерименти като начални данни за надлъжната балансировка на летателния апарат.

Литература:

1. Зафиров Д.И. Маневри на самолети със съчленено крило, BulTrans-2009, ТУ-София, Созопол, 2009
2. Стоянов П.И. Изследване на динамичнчите характеристики на надлъжното движение на летателен апарат със съчленено крило при управляващи въздействия, Journal of the Technical University at Plovdiv, Vol. 14(2), 2009
3. www.redhammer.se/tornado/

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА АЕРОДИНАМИЧНИТЕ КОЕФИЦИЕНТИ И ПРОИЗВОДНИ НА САМОЛЕТ СЪС СЪЧЛЕНЕНО КРИЛО В НАДЛЪЖНОТО ДВИЖЕНИЕ

Христиан Панайотов, Пламен Стоянов, Димо Зафиров

Технически университет – София, филиал Пловдив
e-mail: hristian@tu-plovdiv.bg

Ключови думи: *съчленено крило, аеродинамика, динамика на полета*

Абстракт: *С цел изследване на динамиката на полета и смутеното надлъжно движение на самолет със съчленено крило са изчислени коефициентите и производните на аеродинамичните сили и моменти в равнината на симетрия. Определени са стойностите на изменението на аеродинамичните коефициенти при отклонение на аеродинамичните кормила, разположени по изходящия ръб на предното и задното крило - елерони, задкрилки, кормила за височина и др. Получените изчислени резултати са съпоставени с налични експериментални данни за самолет със съчленено крило, изследван в 3,6 m аеродинамична тръба на NASA.*

CALCULATION OF AERODYMANIC CHARACTERISTICS AND DERIVATIVES OF A JOINED-WING AIRCRAFT IN LONGITUDINAL MOVEMENT

Hristian Panayotov, Plamen Stoyanov, Dimo Zafirov

Technical University of Sofia – Plovdiv branch
e-mail: hristian@tu-plovdiv.bg

Key words: *joined-wing, aerodynamics, flight dynamics*

Abstract: *The aerodynamic characteristics and derivatives of a joined-wing aircraft in the symmetry plane have been calculated for the purpose of longitudinal movement flight dynamics analysis. The values of the aerodynamic coefficients have been calculated, changing the position of the different control surfaces at the trailing edge of the front and rear wings – ailerons, flaps, ruder, etc. The results have been compared with joined-wing experimental data obtained in 3,6 m NASA wind-tunnel.*

Въведение

Настоящата работа има за цел да покаже приложимостта на софтуера „Tornado” за определяне на коефициентите и производните на аеродинамичните сили и моменти в равнината на симетрия за летателни апарати по схема „Съчленено крило”. За целта изчислените с помощта на „Tornado” коефициенти на аеродинамичните сили и моменти са съпоставени с опитни резултати получени при изследване на модел в 3,6 m аеродинамична тръба на NASA.

„Tornado” е триизмерна програма базирана на метода на дискретните вихри. Тя дава възможност за пресмятане на коефициентите и производните на аеродинамичните сили и моменти спрямо ъгъла на атака, ъгъла на плъзгане, ъгловите скорости и отклоненията на различните видове кормила. Програмата е написана от Томас Мелин от катедрата по аеронавтика към Кралския Технологичен Институт в Канада. Тя е предназначена основно за употреба при предварително проектиране на летателни апарати, както и за обучение.

Обект на изследването

За оценка на резултатите получени с помощта на „Tornado” е направен дизайн базиран на данните за изследвания от NASA модел на летателен апарат със „Съчленено крило”. Модела е показан на фиг. 1. Изчисленията са направени при скорост от 120 m/s и ъгли на атака от -8° до +12° през 2°.

На всяко от полукрилата на предното и задното крило са разположени по две управляващи повърхности по изходящия ръб. Съответните управляващи повърхности на левите и десните полукрила се отклоняват симетрично и играят ролята на кормила за височина. Отклоненията на управляващите повърхности са както следва:

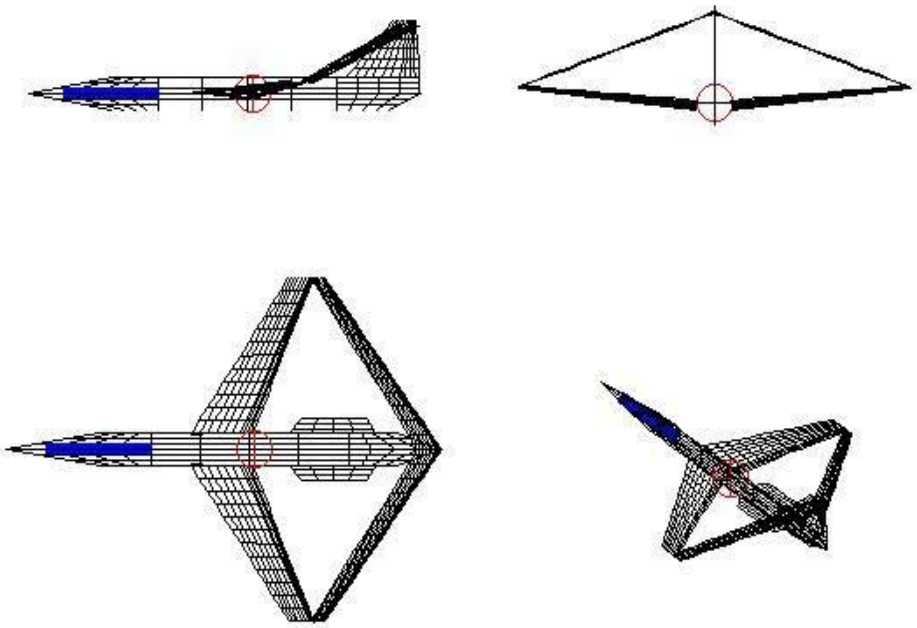
$\delta_{пвт}$ – ъгъл на отклонение на вътрешните (към тялото) кормила на предното крило,

$\delta_{пвн}$ – ъгъл на отклонение на външните кормила на предното крило,

$\delta_{звт}$ – ъгъл на отклонение на вътрешните кормила на задното крило,

$\delta_{звн}$ – ъгъл на отклонение на външните кормила на задното крило.

С цел да се елиминира грешката от моделирането на тялото на летателния апарат са пресметнати и коефициентите на подемната сила и надлъжния момент само на изолирано крило – предно + задно. Сравнителните резултати са дадени във фигури 2 до 8.



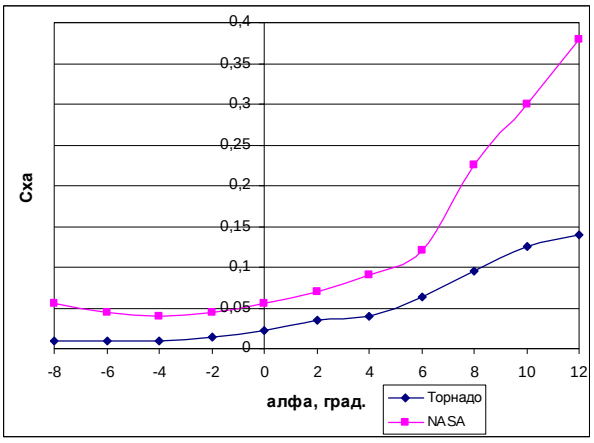
Фиг. 1. Модел на летателен апарат със съчленено крило в „Tornado”.

Геометричните характеристики на модела са както следва:

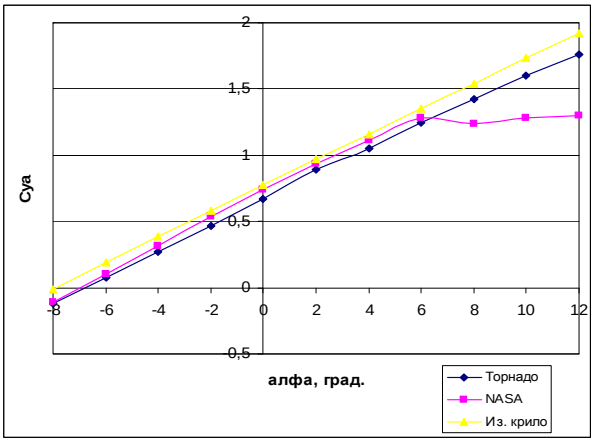
- разпереност l = 1,22 m;
- референтна площ S_{ref} = 0,199 m^2;
- референтна хорда b_{ref} = 0,166 m;
- площ на предното крило $S_{пр}$ = 0,199 m^2;
- стреловидност на предното крило по ¼ от хордата $\chi_{пр}$ = 30,5°;
- стеснение на предното крило $\eta_{пр}$ = 2,5;
- V-образност на предното крило $\psi_{пр}$ = 5°;
- ъгъл на поставяне на предното крило: +7,5°;
- усукване на предното крило: -2°;
- площ на задното крило $S_з$ = 0,087 m^2;
- стреловидност на задното крило по ¼ от хордата $\chi_з$ = -32°;
- стеснение на задното крило $\eta_з$ = 1,67;
- V-образност на задното крило $\psi_з$ = -20°;
- ъгъл на поставяне на задното крило: +3°;
- усукване на задното крило: +2°;
- разстояние от носа на самолета до водещия ръб на предното крило: 0,666 m;

- разстояние от носа на самолета до водещия ръб на задното крило: 1,540 m;
- разстояние от носа на самолета до центъра на масите: 0,941 m.

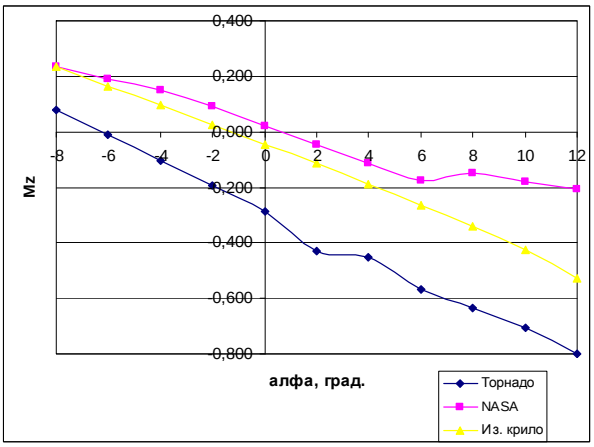
Експериментални резултати



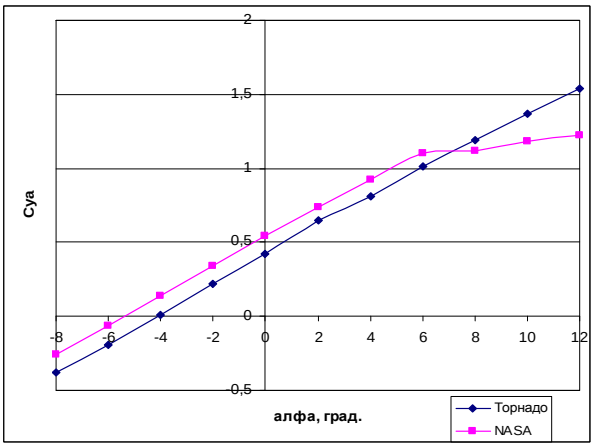
Фиг. 2. Зависимост на коефициента на силата на челно съпротивление от ъгъла на атака при $\delta_{пвт} = \delta_{пвн} = \delta_{звт} = \delta_{звн} = 0°$.



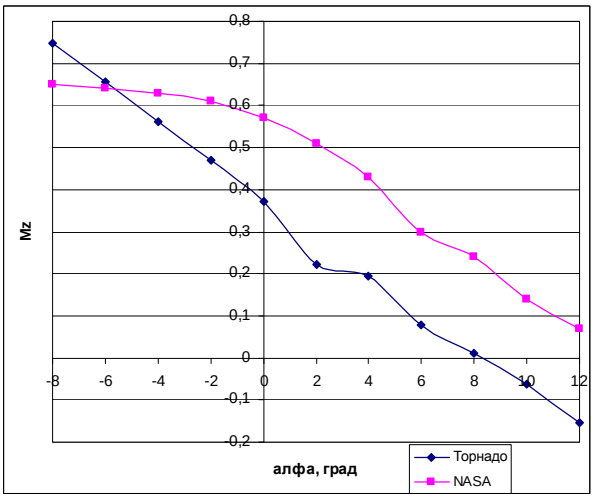
Фиг. 3. Зависимост на коефициента на подемната сила от ъгъла на атака при $\delta_{пвт} = \delta_{пвн} = \delta_{звт} = \delta_{звн} = 0°$.



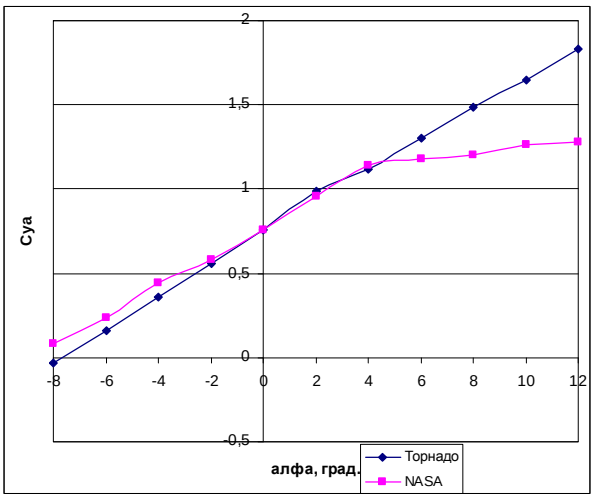
Фиг. 4. Зависимост на коефициента на надлъжния момент от ъгъла на атака при $\delta_{пвт} = \delta_{пвн} = \delta_{звт} = \delta_{звн} = 0°$.



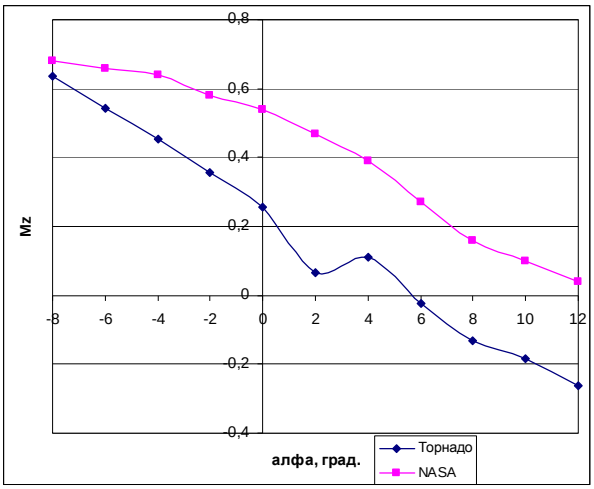
Фиг. 5. Зависимост на коефициента на подемната сила от ъгъла на атака при $\delta_{пвт} = \delta_{пвн} = 0°$, $\delta_{звт} = \delta_{звн} = -15°$.



Фиг. 6. Зависимост на коефициента на надлъжния момент от ъгъла на атака при $\delta_{пвт} = \delta_{пвн} = 0°$, $\delta_{звт} = \delta_{звн} = -15°$.



Фиг. 7. Зависимост на коефициента на подемната сила от ъгъла на атака при $\delta_{пвт} = 15°$, $\delta_{пвн} = 0°$, $\delta_{звт} = -15°$, $\delta_{звн} = 0°$.



Фиг. 8. Зависимост на коефициента на надлъжния момент от ъгъла на атака при $\delta_{пвт} = 15°$, $\delta_{пвн} = 0°$, $\delta_{звт} = -15°$, $\delta_{звн} = 0°$.

От направените сравнения на резултатите от числения и физическия експеримент могат да се направят следните изводи:

1. Коефициента на силата на челно съпротивление пресметнат с помощта на „Tornado" има по-малки стойности от тези получени при изпитания в аеродинамична тръба. Причината за това е замяната на тялото при моделиране в „Tornado" с перпендикулярно разположени плоски пластини и не отчитането на съпротивлението от триене.
2. „Tornado" дава много близки до експериментално получените стойност за коефициента на подемна сила, като разлики се получават при по-големите ъгли на атака, което се дължи на ограниченията на метода на дискретните вихри.
3. Производната на коефициента на надлъжния момент по ъгъла на атака получена чрез „Tornado" е сходна с тази от експерименталните данни. Това се вижда по наклона на кривите за коефициента на надлъжния момент. Самият коефициент има известна разлика с експериментално получения, която отново се дължи на моделирането на тялото с две плоски пластини, както и на по-голямата ефективност на кормилата моделирани с „Tornado", отколкото на физическия модел. Причината за това е не отчитането на точната геометрия на кормилата поради непълната информация за тях.

Заключение

Като цяло от направения анализ може да се заключи, че „Tornado" дава добри резултати за летателен апарат със „Съчленено крило" за целите на предварителното проектиране. При използването на тази програма е необходимо допълнително да се пресмята съпротивлението от триене с използването на други методи. Необходимо е да се правят корекции за коефициента на надлъжния момент създаван от тялото на летателния апарат.

Литература:

1. Smith S.C and R.K. Stonum. Experimental Aerodynamic Characteristics of a Joined-Wing Research Aircraft Configuration, NASA –TM-101083, April 1989
2. www.redhammer.se/tornado/

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

МОДЕЛИРАНЕ НА НАДЕЖДНОСТТА НА САМОЛЕТНА СИСТЕМА

Красин Георгиев, Маргарита Андонова

Технически университет – София
e-mail: gkrasin@aero.tu-sofia.bg, magi@aero.tu-sofia.bg

Ключови думи: *самолетна система, надеждност, допускания, симулации*

Резюме: *Изследва се влиянието на различни допускания върху оценката на надеждността на самолетна система. За целта е приведена методика за анализ на надеждността и е анализирана примерна самолетна система. Систематизирани са възможните допускания. Показано е, че резултатите от анализите могат да се различават на порядъци при различни допускания за характеристиките на отказите, режимите на ТО и причините за отказ на системата. Препоръчва се уточняването на критичните допускания да стане една от целите на т.нар. програма за надеждност на самолета.*

MODELLING THE RELIABILITY OF AN AIRCRAFT SYSTEM

Krasin Georgiev, Margarita Andonova

Technical University of Sofia - Department of Aeronautics
e-mail: gkrasin@aero.tu-sofia.bg, magi@o.tu-sofia.bg

Keywords: *aircraft systems, reliability, modelling assumptions, reliability simulation*

Abstract: *The effect of different assumptions in reliability modelling is studied. For the purpose, a methodology for reliability analysis is provided and an exemplary aircraft system is considered (Boeing 737 rudder control, before design improvements). Possible assumptions are listed and used for calculations of reliability characteristics. The results show that reliability characteristics have different order of magnitude at different assumptions for failure and maintenance characteristics and functional failure prerequisites. Setting clarification of critical assumptions as one of the goals defining aircraft reliability programs is recommended.*

Въведение

Резултатите от анализите на надеждността се използват в процеса на проектиране, при анализи на безопасността и риска при сертифициране на самолетите и при формиране на изискванията към техническото обслужване [1, 2]. Това определя важността на коректното изпълнение на надеждностните анализи. Цел на изследването е оценка на влиянието на различни допускания при моделиране на надеждността на самолетна система. Разследването на редица авиационни произшествия по технически причини е показало, че са настъпили събития, оценени като практически невъзможни, поради неотчитане на някои фактори, влияещи върху надеждността на засегнатата система [3, 4]. Познаването на влиянието на различни допускания върху оценката на надеждността ще позволи концентриране на усилията при провеждане на изпитания и анализ на опита от експлоатацията за уточняване на направените допускания.

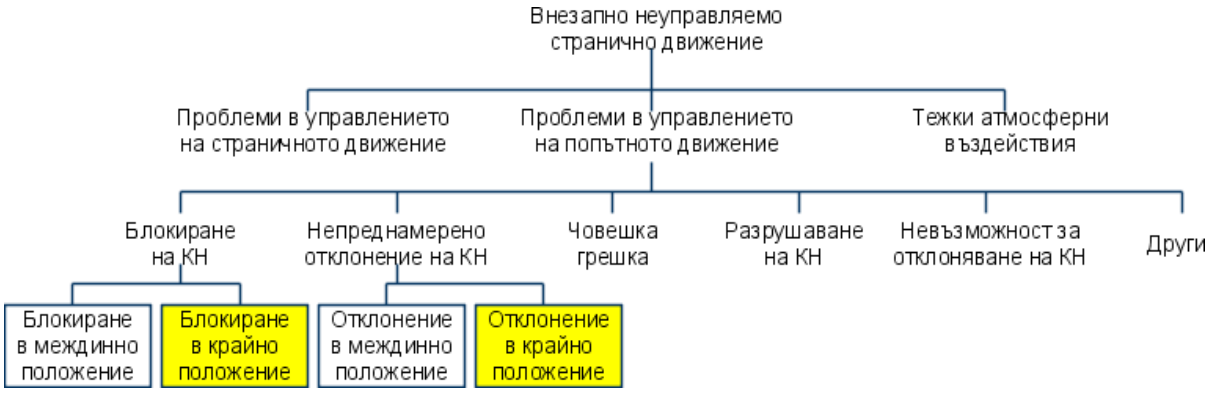
За илюстриране на анализите се използва реална самолетна система - системата за попътно управление на Boeing 737, преди въвеждането на конструктивни доработки. За интензивностите на отказите на компонентите, изграждащи системата, се ползват примерни стойности за високонадеждни елементи.

Методика за анализ на надеждността

За анализ на надеждността съществуват множество методи и техники, в зависимост от решаваните задачи и разполагаемата информация. Предложената методика позволява

използването на прости и утвърдени техники при определяне на обхвата на анализите и моделиране на системата с използване на разполагаемия експлоатационен опит.

Формулирането на обхвата на анализите се реализира посредством определяне на функционалните откази, които ще се моделират. За целта използваме главна логическа диаграма. При построяване на тази диаграма се започва с нежелано събитие и се привеждат възможните причини на различни йерархични нива. Примерна главна логическа диаграма за нежелано събитие „внезапно неуправляемо странично движение" е дадена на фиг. 1.



Фиг. 1. Главна логическа диаграма за "внезапно неуправляемо странично движение"

Ограничаваме се до системата за попътно управление. Разглеждаме събития с катастрофални последствия - застопоряване на кормилото за направление (КН) в крайно положение (блокиране или самоволно отклонение).

След като са определени функционалните откази, които ще бъдат обект на анализ, следва да се намерят причините на физическо ниво, които могат да ги предизвикат. Обикновено това са комбинации от различни видове откази, за изследването на които се строят дърво на отказите (Fault Tree) или блокова диаграма (Reliability Block Diagram).

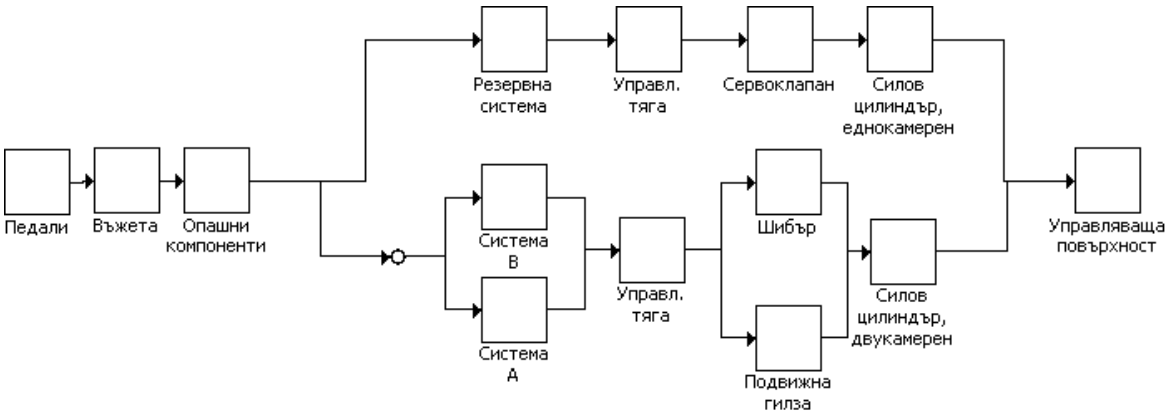
За идентифициране на видовете откази се използва систематична процедура, например анализ на вида и ефекта от отказите (FMEA), изследване на опасностите и работоспособността (HAZOP). При това се използват анализи на производителя, резултати от изпитания, опитът от проблеми при експлоатация и възникнали инциденти. За разглежданата система подобни анализи са правени в [5, 6].

Основни допускания при анализите

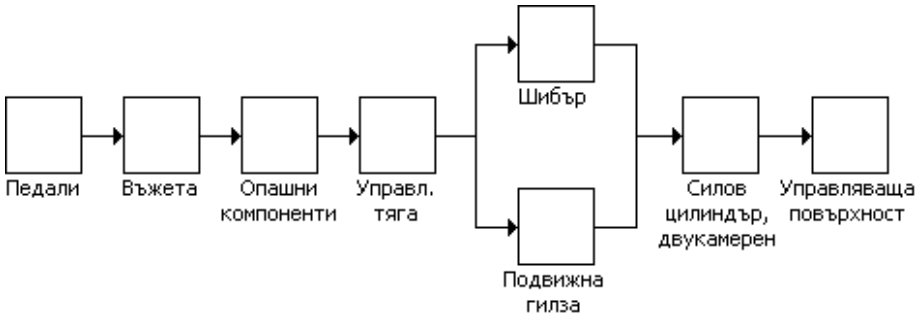
За илюстриране на влиянието на приетите допускания върху модела на системата използваме системата за попътно управление на Boeing 737 преди въвеждането на конструктивни доработки. Системата включва механизъм на педалите, въжета, компоненти в опашката, хидравлично задвижване и управляваща плоскост (кормило за направление - КН). Хидравличното задвижване се състои от две основни и една резервна хидравлични системи, двукамерен основен и резервен силови цилиндри, задвижващи връзки, управляващи сервоклапани, като за основната система сервоклапанът е с резервиране (подвижна гилза и шибър) [5]. Механичните елементи от системата могат да се разединят, разрушат или заклинят. Управляващата тяга или елементите на сервоклапана (гилза и шибър) могат да блокират, с което предизвикват самоволно отклонение на кормилото и блокиране на управлението. Може да има загуба на хидравлична енергия. При блокиране на подвижната гилза на сервоклапана и прекомерно преместване на шибъра може да се наблюдава реверс на кормилото (самоволно отклонение в посока, обратна на зададената, и застопоряване).

- Влияние на избора на функционални откази

Функционалните откази, които ще се анализират, влияят директно върху структурата на модела на системата. Променя се степента на резервиране. На фиг. 2 и на фиг. 3 е показана блокова диаграма на разглежданата система при два функционални отказа – „Невъзможност за отклоняване на КН" и „Застопоряване на КН в крайно положение", като вторият отказ има по-тежки последствия.



Фиг. 2. Модел при "Невъзможност за отклоняване на КН"



Фиг. 3. Модел при "Застопоряване на КН в крайно положение"

Ако за всички компоненти от системата се приеме интензивност на отказите $\lambda_i=1.10^{-9}$, тогава се получава $\lambda_{фиг.\ 2}=4.10^{-9}$, $\lambda_{фиг.\ 3}=6.10^{-9}$ за време T = 30000 h, т.е. за по-критичния отказ имаме по-голяма интензивност на отказите.

- Влияние на характеристиките на отказите и режимите на техническо обслужване (ТО)

За простота разглеждаме система от два паралелно свързани елемента. В примерната система това е сервоклапанът за управление на основния силов цилиндър. Клапанът се състои от корпус, в който са разположени подвижна гилза и шибър (фиг. 4).

Фиг. 4. Блокова диаграма и принципна схема на сервоклапан

Интензивност на отказите - постоянна или променлива във времето

Влияе върху сложността и времето за пресмятанията, върху възможността за използване на аналитични пресмятания или симулации.

Откриваемост на отказите

Явните откази се отстраняват веднага след приключване на полета. Скритите откази действат до възникване на отказ на системата или до провеждане на ТО със съответна дълбочина. Категоризирането на отказите като скрити или явни често изисква задълбочено познаване на системата или експерименти, с каквито не се разполага. Често категоризацията е затруднена.

Разглеждаме три варианта: скрит отказ и на двата компонента, само на единия и два явни отказа.

Режими на техническо обслужване (ТО)

При скритите откази периодичността на ТО определя вероятността за множествен отказ. При явните откази ТО определя вероятността за отказ и зависимостта ѝ от времето.

Разглеждаме три варианта: без коригиращо ТО, с коригиращо ТО при явен отказ и периодични проверки за скрит отказ с коригиращо ТО при необходимост. Ако за извършване на

пресмятанията се използва симулация, може да се отчете допълнително наличието или липсата на коригиране на скрит отказ при функционален отказ на системата.

Механизъм на отказите

В модела могат да бъдат отчетени различни явления, действителният ефект от които не е известен - въздействие на силно смущение в страничното движение, температурно въздействие върху шибъра при рязка промяна на височината или прегряване в хидравличната система и т.н. При това се променя структурата на модела и видовете откази, които го изграждат. Може да възникне отказ по обща причина или да има определена последователност от събития за възникване на отказ.

Разглеждаме два варианта: независимо блокиране на подвижната гилза и блокиране на шибъра с експоненциално разпределение с интензивност λ; блокиране на подвижната гилза с интензивност λ и последващо пренатягане на шибъра с постоянна вероятност P.

Числен експеримент и резултати

Изследва се влиянието на разгледаните допускания. Разглеждаме различни комбинации на скрити и явни откази с и без периодично обслужване при два различни механизма за възникване на функционален отказ. Механизъм А – два независими отказа с експоненциално разпределение (блокирала подвижна гилза и блокирал шибър) (табл. 1). Механизъм Б – след отказ на единия компонент със зададено разпределение (блокиране на гилзата) е възможен отказ на втория компонент със зададена фиксирана вероятност (пренатягане на шибъра) (табл. 2). При механизъм Б разглеждаме случаи на експоненциално разпределение и разпределение на Вейбул (съответно табл. 2а и табл. 2б).

При пресмятанията са използвани следните параметри:

λ_i=1e-5 1/h, интензивност на отказите при експоненциално разпределение

η=1e+5, β=3; 1,5, параметри, използвани при разпределение на Вейбул

μ=1 1/h, интензивност на възстановяване при явни откази (отчита времето за завършване на полета)

τ=3000 h, периодичност на проверките при скрити откази и периодични проверки

$P_{пренат.}$=1e-2, фиксирана вероятност за отказ (пренатягане) на единия компонент (шибъра) при механизъм Б за отказ

T=30000 h, време на работа (живот) на системата

Пресмятанията са изпълнени с използване на специализиран софтуер, позволяващ аналитични пресмятания за невъзстановяеми изделия [7, 8], симулации за възстановяеми [7] и някои аналитични пресмятания при възстановяеми изделия [8]. Формулите за изчисленията са дадени в [7, 8]. Резултатите от проведени симулации са отбелязани с ~. Използването на аналитични пресмятания при практически невероятни събития е с голямо предимство спрямо провеждането на симулации.

Таблица 1. Блокиране на подвижна гилза и блокиране на шибър с интензивности λ_i=1e-5 1/h

Неготовност Вероятност за отказ Интензивност на отказите	Явни откази	Скрити откази	Явен и скрит отказ
Без ТО	1e-10 6,0e-6 2e-10	6,7e-2 6,7e-2 4,1e-6	2,6e-6 4,0e-2 2,6e-6
Периодична проверка		2,2e-4 8,7e-3 2,9e-7	1,5e-7 4,4e-3 1,5e-7

Таблица 2. Блокиране на подвижна гилза и пренатягане на шибър с вероятност $P_{пренат.}$=1e-2. За гилзата:

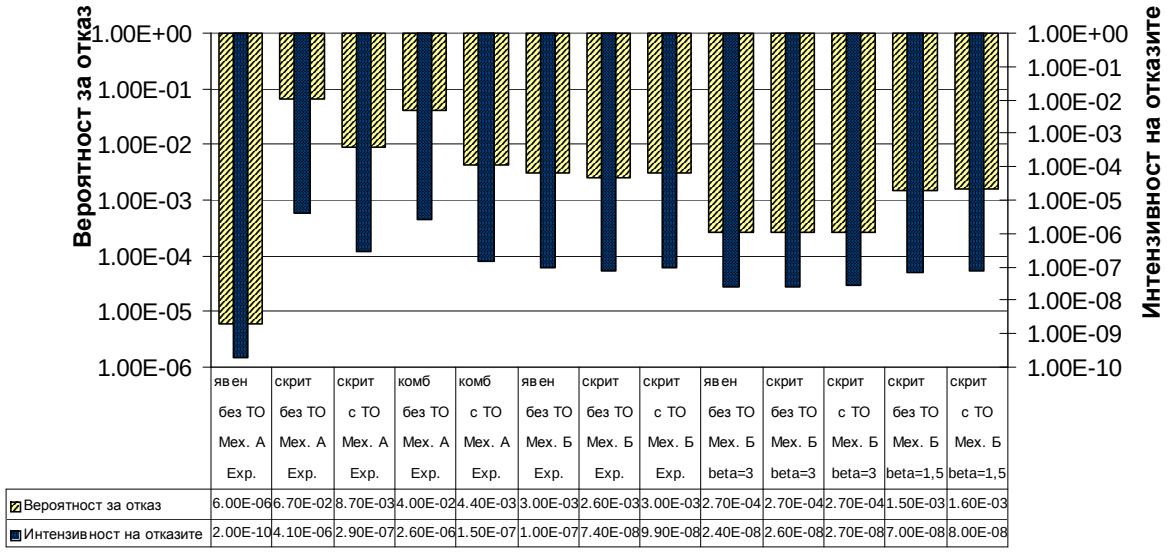
а) Експоненциално разпределение, λ=1e-5 1/h

Неготовност Вероятност за отказ Интензивност на отказите	Явни откази	Скрити откази
Без ТО	1e-7 3,0e-3 1e-7	2,6e-3 2,6e-3 7,4e-8
Периодична проверка		1,5e-4 3,0e-3 9,9e-8

б) Разпределение на Вейбул, η=1e+5 h

Неготовност Вероятност за отказ Интензивност на отказите	Явни откази β=3	Скрити откази β=3	Скрити откази β=1,5
Без ТО	~4,3e-8 ~2,7e-4 ~2,4e-8	2,7e-4 2,7e-4 2,6e-8	1,5e-3 1,5e-3 7,0e-8
Периодична проверка		7,3e-5 2,7e-4 2,7e-8	2,4e-4 1,6e-3 8,0e-8

Резултатите са представени графично на фиг. 5.



	явен без ТО Мех. А Exp.	скрит без ТО Мех. А Exp.	скрит с ТО Мех. А Exp.	комб без ТО Мех. А Exp.	комб с ТО Мех. А Exp.	явен без ТО Мех. Б Exp.	скрит без ТО Мех. Б Exp.	скрит с ТО Мех. Б Exp.	явен без ТО Мех. Б beta=3	скрит без ТО Мех. Б beta=3	скрит с ТО Мех. Б beta=3	скрит без ТО Мех. Б beta=1,5	скрит с ТО Мех. Б beta=1,5
Вероятност за отказ	6.00E-06	6.70E-02	8.70E-03	4.00E-02	4.40E-03	3.00E-03	2.60E-03	3.00E-03	2.70E-04	2.70E-04	2.70E-04	1.50E-03	1.60E-03
Интензивност на отказите	2.00E-10	4.10E-06	2.90E-07	2.60E-06	1.50E-07	1.00E-07	7.40E-08	9.90E-08	2.40E-08	2.60E-08	2.70E-08	7.00E-08	8.00E-08

Фиг. 5. Вероятност за отказ и интензивност на отказите при различни характеристики на отказите и режими на ТО

Заключение

Опитът от изследването на реална самолетна система позволява да се направят изводи за влиянието на различни допускания върху резултатите от пресмятания на характеристиките на надеждността:

- Точното дефиниране на анализираните функционални откази е от първостепенно значение, защото влияе върху структурата на модела.
- Резултатите от анализите могат да се различават на порядъци при различни допускания за характеристиките на отказите, режимите на ТО и причините за отказ на системата

Следователно при получаване на висока вероятност за отказ при определени допускания е необходимо да се направят допълнителни анализи или експерименти за отхвърлянето им или за установяване на конструктивен проблем. При невъзможност за обосновка на избора на определени допускания може да се направи вероятностна оценка на различните варианти и допусканията да се уточнят в процеса на експлоатация с натрупване на данни.

Уточняването на критичните допускания може да стане една от целите на т.нар. програма за надеждност на самолета.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани по договор №091ни022-04 от вътрешния конкурс за НИ в ТУ, София, за 2009 г.

Литература:

1. Stamatelatos M. Probabilistic Risk Assessment Procedures Guide for NASA Managers and Practitioners, NASA, 2002.
2. AMJ 25.1309 System Design and Analysis, Advisory Material Joint, 1994.
3. NTSB/AAR-99/01, Uncontrolled Descent and Collision With Terrain, USAir Flight 427, Boeing 737-300, 1999.
4. NTSB/AAR-00/03, In-flight Breakup Over the Atlantic Ocean, TWA Flight 800, Boeing 747-131, 2000.
5. FAA, B737 Flight Control System Critical Design Review Report, NTSB, Washington, D.C., 1995.
6. Георгиев К., М. Андонова. Изследване на характеристики на авиационни събития на базата на вероятностен анализ на риска, BulTrans-2009.
7. ReliaSoft, BlockSim 7, System Reliability and Maintainability Analysis Software Tool, ©1999-2008.
8. Isograph, FaultTree+ v11.2, Fault Tree Analysis, Event Tree Analysis, Markov Analysis, ©1986-2008.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

НЕИНВАЗИВЕН ВРЕМЕВИ МЕТОД ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА АРТЕРИАЛНО КРЪВНО НАЛЯГАНЕ ПРИ ВСЕКИ СЪРДЕЧЕН ЦИКЪЛ

Стоян Танев[1], Пламен Трендафилов[1], Петър Генов[1], Людмила Танева[2]

[1]Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
[2]Технически университет – София
e-mail: spsbyte@space.bas.bg; lusy_t@yahoo.com

Ключови думи: *Артериално кръвно налягане, пулсова вълна, електрокардиограма (ЕКГ)*

Абстракт: *Разгледани са най-широко разпространените методи за неинвазивно измерване на артериалното кръвно налягане. Предложен е нов неинвазивен метод за измерване на артериално кръвно налягане при всеки удар на сърцето, базиращ се на закъснението на пулсовата вълна спрямо ЕКГ, измерено в периферна точка на човешкото тяло.*

NON-INVASIVE METHOD FOR BLOOD PRESSURE MEASUREMENT WITH EACH HEART CYCLE

Stoyan Tanev[1], Plamen Trendafilov[1], Petar Genov[1], Ludmila Taneva[2]

[1]Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Technical University – Sofia
e-mail: spsbyte@space.bas.bg; lusy_t@yahoo.com

Keywords: *Arterial blood pressure, pulse wave, electrocardiogram (ECG)*

Abstract: *The most commonly used methods for non-invasive blood pressure measurements are explained with their advantages and disadvantages. The new method is based on measurement of the propagation time between the QRS complex of the ECG and the pulse wave in a peripheral point of the human body.*

Въведение

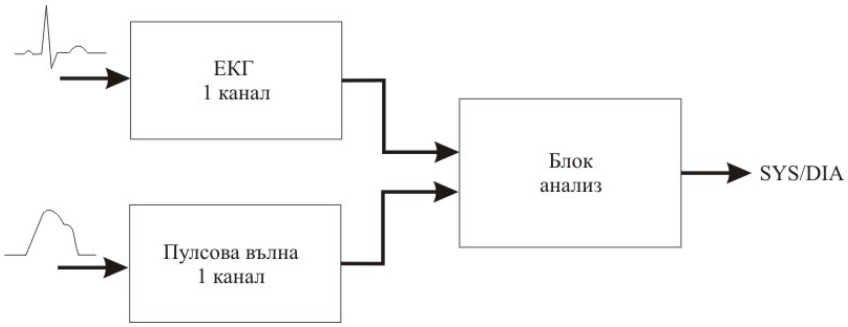
Артериалното кръвно налягане е един от най-важните витални параметри на живите топлокръвни организми, който е свързан пряко с тяхното съществуване. Това важи в пълна степен и за човека. Артериалното кръвно налягане (АКН) е налягането, което оказва кръвта върху стените на артериите. Различават се два типа налягане - систолично (налягането в периода на систола – съкращаване на камерите на сърдечния мускул) и диастолично (налягането по време на диастола – период на релаксациа на сърдечния мускул - постоянно налягане в системата). Нормалните стойности са: за систоличното – до 140 mmHg, за диастоличното – до 90 mmHg.

Най-често използваният в медицинската практика метод за измерване на АКН е методът на Коротков, базиращ се на регистриране на шумовете, породени от турболентността на кръвта при притискане и отпускане на кръвоносен съд с помощта на турникет. Друг метод, производен на описания по-горе, е осцилометричния метод (ОМ), който измерва кривата на пулса при преустановен кръвен поток и наличие на турникет и бавно отпускане до момента на възстановяване на нормалния кръвен поток през кръвоносния съд. Много често в клиничната практика се налага 24-часово мониториране на АКН с цел анализ на промяната на АКН в периода на 24-часовия физиологичен цикъл в нормалната среда за съществуване на индивида. За тази цел най-често използвания метод е осцилометричният, за реализирането на който, е

необходима помпа, турникет (маншон) и датчик за регистриране на налягането. Периодичното притискане на кръвоносните съдове стресира пациента подложен на това изследване. Възможно е да се появят и нетипични стойности породени от реакцията на вегитативната нервна система в следствие на стреса при напомпването на маншона и усещането за натиск. Друг недостатък е невъзможността да се измерва непрекъснато поради времеви ограничения свързани със самия метод на измерване.

Теория на метода

Разглежданият нов метод използва описаните по-горе два метода, но се базира на съвършено друг принцип и позволява относително просто и достоверно, непрекъснато (на всеки удар на сърцето) измерване за неограничен период от време. В основата на метода е измерването на времето за разпространение на вълна в затворена хидравлична система, каквато е човешката кръвоносна система. За реализиране на измерването, е необходимо регистриране на началния момент на генериране на вълната и нейното регистриране в отдалечена точка на системата (обикновено в крайниците, ръка, крак, или ухо), което позволява измерване на времето й за разпространение. Блоковата схема на такова устройство е показана на фиг.1



Фиг.1. - Блокова схема за времево измерване на АКН

Като начало за измерване на времевия интервал за разпространение на Пулсовата вълна (ПВ) се взема регистрирания R-зъбец на ЕКГ, който съответства на пълното съкращаване на камерите на сърцето. За край на интервала за разпространение "T_p" се взема максималната стойност на ПВ регистрирана в отдалечената точка на измерване. Особено важно е да се отбележи, че в момента на отчитане на $T_{pи}$ се провежда паралелно измерване с алтернативен метод, например "осцилометричен", който отчита систолично налягане по време на измерването. По този начин, измереният интервал се привързва към съответното налягане. Известна е зависимостта (1)

$$P = a.T_p + b \quad (1)$$

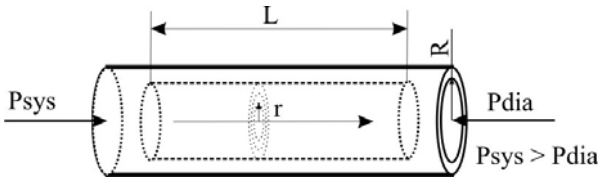
където P е измереното налягане, T_p – време за разпространение на пулсовата вълна, a и b – персонални коефициенти на индивида [2].

За даден индивид при известни коефициенти a и b лесно може да бъде определено налягането P след измерване на T_p. По голямо стойност на T_p отговаря на по-ниско налягане и обратно - по-кратко време на разпространение съответства на по-високо АКН. Определянето на коефициентите a и b става лесно след като се проведат две измервания на АКН в състояние на покой и след натоварване и се реши системата уравнения (2)

$$\begin{aligned} P_1 &= a.T_{p1} + b \\ P_2 &= a.T_{p2} + b \end{aligned} \quad (2)$$

Определянето на коефициентите a и b позволява определянето на систоличното кръвно налягане от равенство (1) за всеки сърдечен цикъл на изследвания индивид.

За определяне на диастоличното кръвно налягане използваме известния закон на Пуазейл (3) за определяне на обема течност, преминаващ през тръба с дадено сечение и скорост (фиг.2)



Фиг. 2. - Определяне на обема течност преминаващ през тръба с дадено сечение и скорост

(3) $$Q = \int_{r=0}^{r=R} dQ = \frac{\pi(Psys - Pdia)}{2\eta L}.R^4$$

където R е вътрешния радиус на съда, L – дължината на съда, η - вискозитет на кръвта и Q е обемния разход или поток [3].

От друга страна, за потока Q, като функция на скоростта и ъгъла спрямо перпендикуляра на сечението на съда, можем да запишем зависимостта (4):

(4) $$Q = A.v.\cos(\theta)$$

където A е сечението на съда, v е скоростта на кръвния поток и θ ъгъла заключен между перпендикуляра към сечението и посоката на кръвния поток. Приемаме θ = 0 градуса, при което (4) придобива вида (5):

(5) $$Q = A.v$$

От друга страна

(6) $$v = \frac{S}{t},$$

където S е пътя който изминава вълната т.е. дължината на съда, а t е времето за което вълната се появява в точката на измерване.
Заместваме в (5) v с (6) и получаваме:

(7) $$Q = A.\frac{S}{t} = A.\frac{L}{T_p}$$

От (3) и (5) получаваме зависимостта (8):

(8) $$A.\frac{L}{T_p} = \frac{\pi(Psys - Pdia)}{2\eta L}.R^4$$

За $Pdia$ от (8) получаваме:

(9) $$Pdia = Psys - A.\frac{L}{R^4 \pi T_p} 2\eta L$$

Ако измерването се извършва на един индивид и точката на измерване не се променя, то тогава $A.\frac{L}{R^4\pi}2\eta L$ не се променя в хода на измерванията и представлява диастоличен коефициент на индивида $\kappa_{dia} = A.\frac{L}{R^4\pi}2\eta L$, който може да се намери от зависимостта

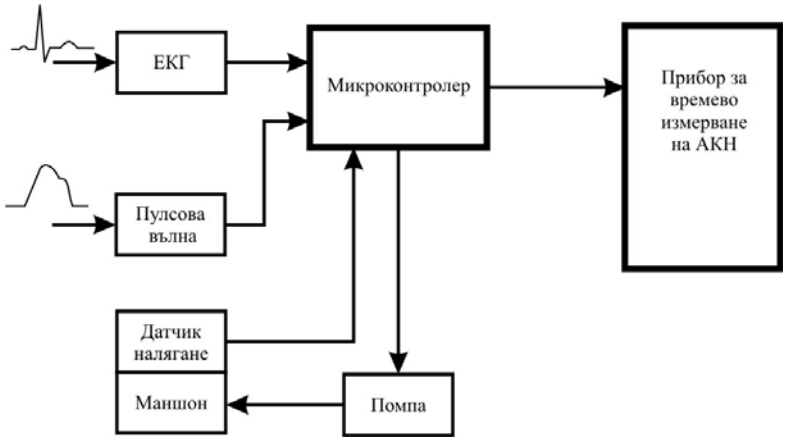
(10) $\kappa_{dia} = (Psys - Pdia).T_p$

Стойността на измереното диастолично налягане $Pdiaм$ се изчислява по формула :

(11) $$Pdiaм = (Psys - \frac{\kappa_{dia}}{T_p})$$

Изчислените стойности за систоличното и диастолично налягане могат да бъдат показани на графика в реално време или записвани на носител на информация, след което върху тях могат да бъдат прилагани различни допълнителни вторични обработки.

Създаването на прибор, работещ по описания по-горе времеви метод, изисква разработване на контролна станция за еднократно определяне на персоналните коефициенти на изследвания индивид по определена методика. Контролната станция представлява времеви регистратор на АКН, работещ съвместно с алтернативен регистратор на АКН, работещ по осцилометричен метод, която определя стойностите на коефициентите **a**, **b** и κ_{dia}. Блоковата схема на контролната станция е показана на фиг.3.



Фиг. 3. – Блокова схема на контролна станция

Сигналите от ЕКГ и пулсовата вълна постъпват на входовете на аналогово цифровия преобразувател на микроконтролера, който измерва времето на закъснение на ПВ в точката на измерване спрямо R-зъбеца на ЕКГ. Едновременно с това, се стартира измерване на АКН по осцилометричен метод и на базата на получените стойности за P_{sys} и P_{dia} по формули (1.2) и (1.11) се изчисляват персоналните коефициенти, които се зареждат в прибора за времево измерване на АКН.

Заключение

В заключение можем да отбележим че разгледания метод има следните съществени предимства:

- Осигурява непрекъснато измерване на АКН за всеки удар на сърцето.
- Не стресира пациента по време на измерването.
- Лесно може да бъде съвместен с пулс-оксиметър, което позволява едновременно мониториране на насищането на кръвта с кислород.
- Изключително полезен в случаите за дълговременно мониториране на пациенти в постоперативен период.
- Приложим в екстремни условия, като полети, военни действия и подводни дейности.

Литература:

1. D h a n j o o N G h i s t a, L i a n g Z h o n g, E d d i e Y. K. Ng and R u S a n. TanArterial Wave propagation and reflection at a bifurcation site.
2. US patent 5876348 Blood pressure monitoring apparatus, Yoshihiro Sugo, Takeshi Sohma, Hiromitsu Kasuya, Rie Tanaka, Tokyo, Japan
3. D o u g l a s C. Giancoli General physics. Prentis hall Inc. 1984

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ОТНОСНО ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ТУРБИНЕН ГЕНЕРАТОР ЗА ЗАХРАНВАНЕ НА НЯКОИ СИСТЕМИ ЗА БЛИЗКА РАДИОЛОКАЦИЯ

Петър Генов, Стоян Танев, Пламен Трендафилов

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

Ключови думи: *Турбинен генератор, близка радиолокация*

Абстракт: *Разгледани са режимите на работа на турбинен генератор по време на полет, осигуряващ захранване на система за близка радиолокация и възможностите да бъде използван като датчик за определяне на скоростта и траекторията на движение.*

ON THE USE OF TURBINE POWER-SUPPLY GENERATOR FOR A CLASS OF PROXIMITY RADIOLOCATION SYSTEMS

Petar Genov, Stoyan Tanev, Plamen Trendafilov

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

Keywords: *proximity radiolocation, turbine generator*

Abstract: *The paper describes the flight regimes of a turbine power-supply generator for proximity radiolocation systems. The advantages of the generator when as a sensor to determine the speed and stages of flight trajectory are considered.*

Системите за близка радиолокация /СБРЛ/ намират широко приложение за откриване на близкорозположени обекти /цели/.Определен клас такива системи работи на борда на носител, който се движи в атмосферата по балистична траектория, като негова цел е земната повърхност. В този случай за енергиен източник може да се използва турбинен алтернатор, който произвежда електроенергия от завъртане на турбина следствие на насрещния въздушен поток. Този вид захранване има някои предимства пред широко използваните литиеви батерии, от които най-съществени са работоспособност при ниски температури на околната среда /под минус 20˚C/ и практически неограничен срок за складово съхранение. В същото време турбинният алтернатор има работни характеристики, които от една страна дават нови предимства, а от друга страна водят до усложняване на системата.

На Фиг.1 е изобразена балистична траектория на движението на носителя. Прието е, че той излита под ъгъл към хоризонта θ с начална скорост v_0 , чиято хоризонтална компонента е v_{0X} , а вертикалната компонента е v_{0Y}. Без отчитане на аеродинамичното съпротивление са в сила зависимостите :

$v^2 = v_{0X}^2 + (v_{0Y} - gt)^2$ за $0 \le t \le T$,

$v^2 = v_{0X}^2 + g^2 (t - T)^2$ за $T \le t \le 2T$,

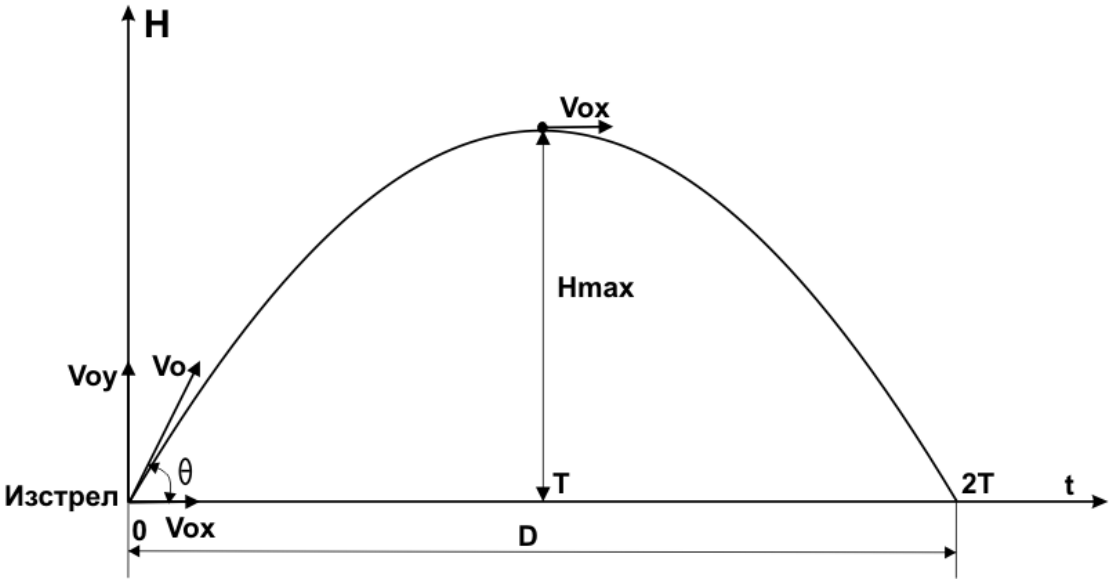
като

$v_{0X} = v_0 \cos\theta$, $v_{0Y} = v_0 \sin\theta$,

g - земно ускорение .

Моментът, в който носителят се намира в апогея на траекторията, е обозначен с

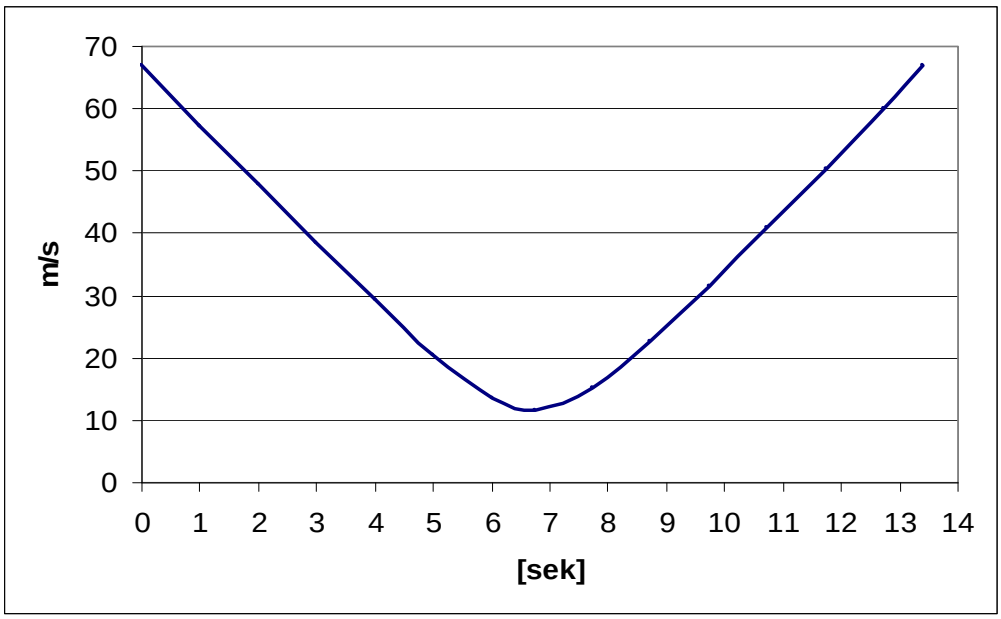
$T = (v_0 / g)\sin\theta$.



Фиг. 1

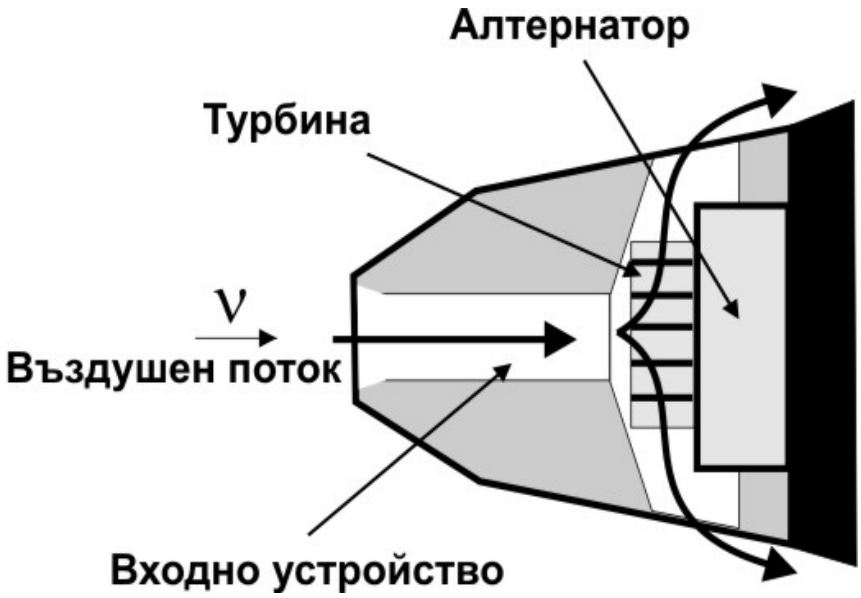
Реално /на практика/ е възможно v_0 да има стойности от няколко десетки метра в секунда до такива, които надвишават хиляда метра в секунда. Съответно θ може да има максимална стойност около 80˚, а минималната дори да е под 45˚. Следователно както v , така и $v_{min} = v_0 \cos\theta$, могат да приемат стойности, лежащи в твърде широки граници.

На Фиг. 2 е показана крива, изобразяваща зависимостта $\nu(t)$ при θ = 80˚ и v_0 = 67 m/s. Това е един граничен случай в практиката, когато v_{min} приема най-малка стойност.



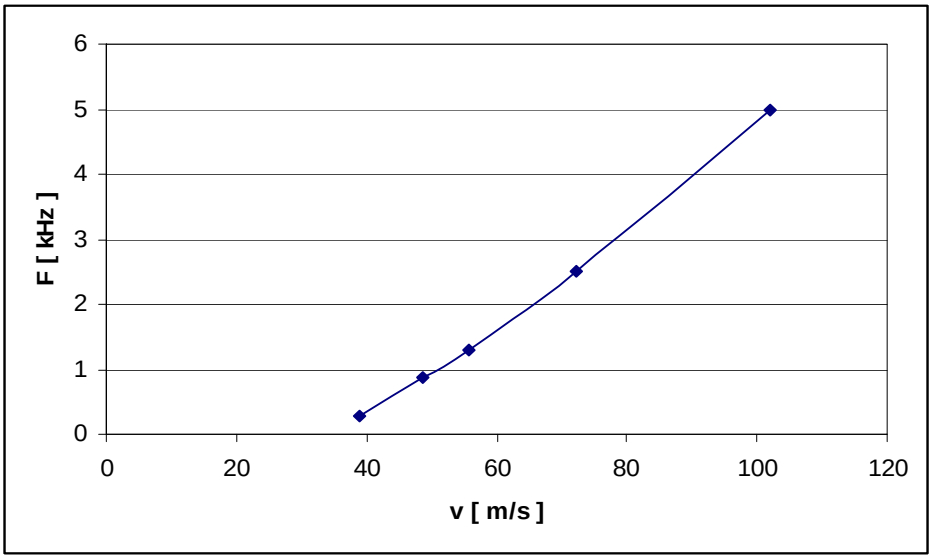
Фиг. 2

На Фиг.3 е представена структурната схема на обсъждания вид турбинен алтернатор.



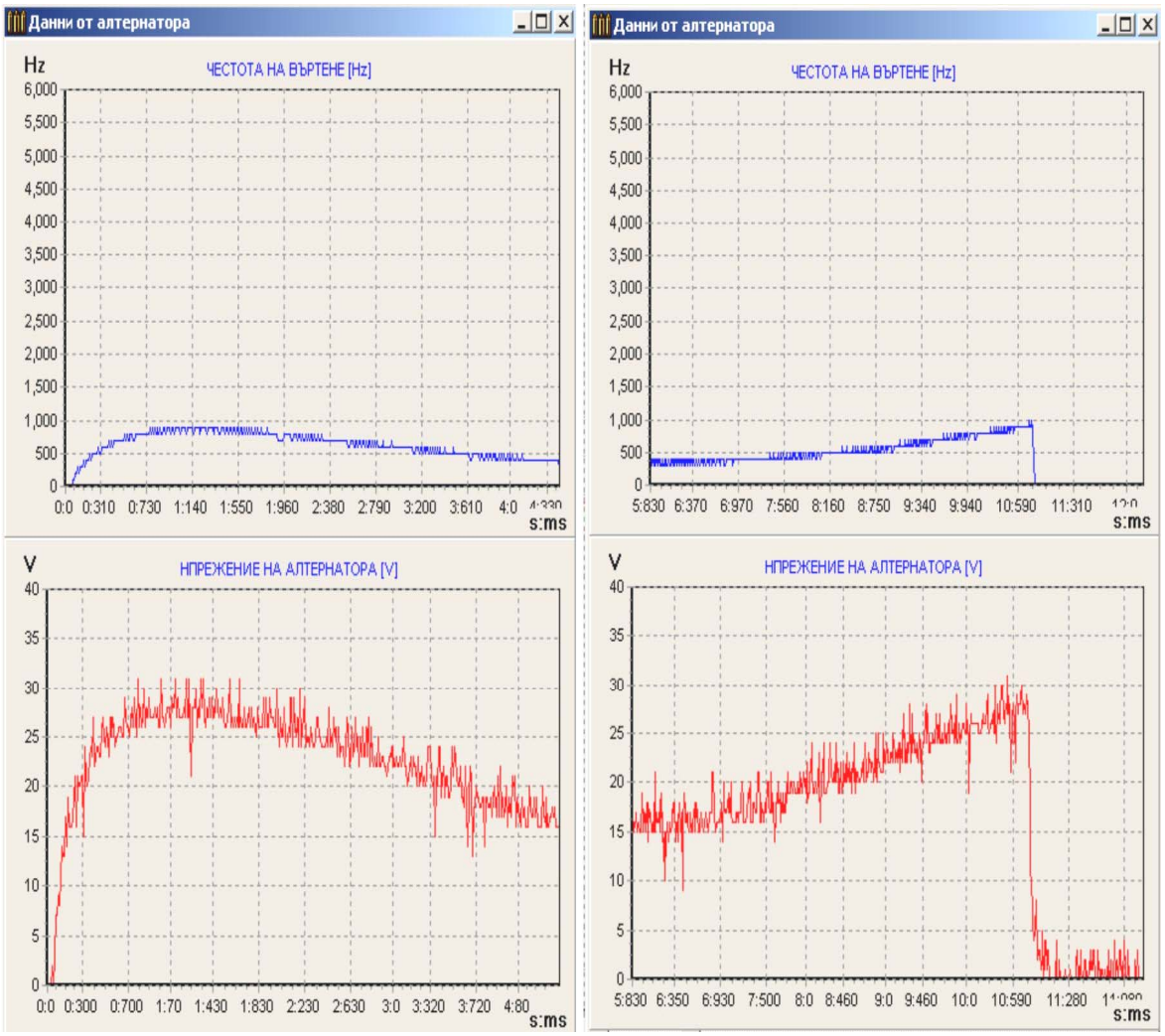
Фиг. 3

Турбината се завърта от преминалия през входното устройство въздушен поток. Принципно /съгласно закона на Фарадей/ при липса на насищане в магнитопровода алтернаторът генерира променливо електродвижещо напрежение, чиито амплитуда U и честота F са пропорционални на скоростта на въртене /оборотите/ на турбината. От своя страна въртенето на турбината зависи от скоростта на въздушния поток, т.е. от скоростта на движение на носителя. На Фиг. 4 е показана експериментално снета зависимост между скоростта на носителя и честотата на генерираното от реален турбинен алтернатор електродвижещо напрежение. Практическата линейност на F(v) от фигурата показва, че входното устройство и турбината в конкретния скоростен диапазон също се държат като почти линейни звена. С увеличаване на v следствие на характерни аеродинамични процеси, както входното устройство, така и турбината могат да се държат като нелинейни звена и F да започне по-слабо да зависи от v .



Фиг. 4

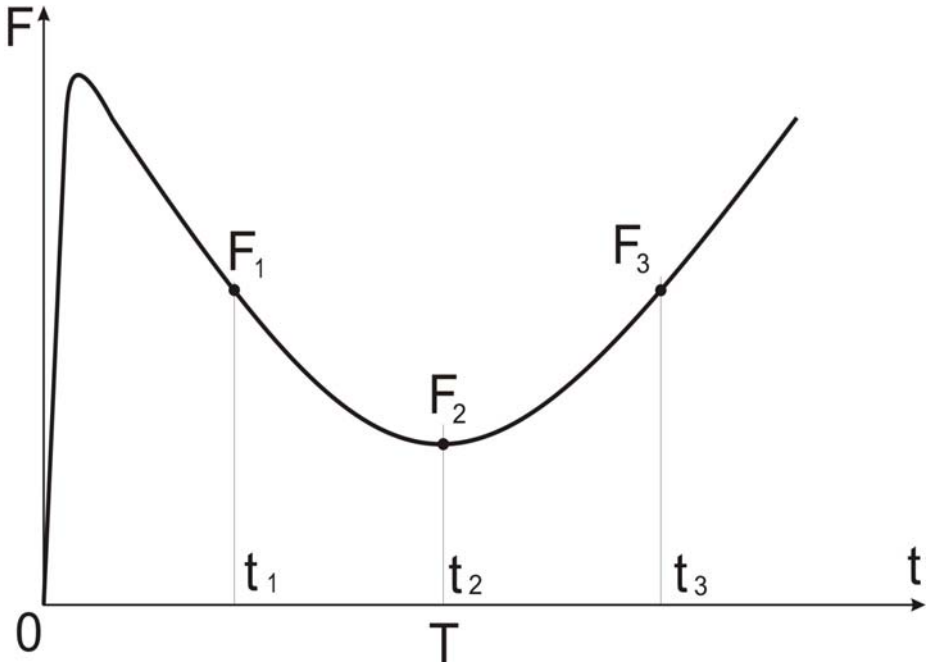
На Фиг. 5 е показан запис, направен при реален полет при $\theta = 45^{\circ}$ и $v_0 = 67$ m/s. Записът прекъсва в момента на включване на радиосензора.



Фиг. 5

Ясно е, че като източник на електроенергия алтернаторът се характеризира със силна зависимост от скоростта на носителя. Така в определени условия той може да не е в състояние да осигури номинално захранване на СБРЛ, при което основният консуматор на енергия – радиосензорът няма да може да работи. Това може да се случи преди всичко около апогея на траекторията при големи стойности на θ . Тъй като радиосензорът трябва задължително да работи в близост до целта, липсата на захранване в указаната област на траекторията не е фатално. Нещо повече – по съображения за електромагнитна защита се препоръчва радиосензорът да се включва едва в непосредствена близост до целта. Все пак, т.к. други звена от структурата на СБРЛ е нужно да работят по време на целия полет, трябва да се вземат съответни хардуерни и софтуерни мерки за осигуряване на нормалното действие на системата при условие, че захранващото напрежение падне под номиналната стойност или дори изчезне.

Осигуряването на включването на радиосензора колкото е възможно по-близо до целта е важна задача, която системата обикновено трябва да реши. Това може да стане ако по някакъв начин системата успее да оцени кога носителят наближава края на траекторията. Принципно има два подхода : 1). Да се открие моментът на преминаване през апогея и по измереното време $t_2 = T$ да се предвиди кога ще настъпи търсената близост ; 2). Да се измери честотата F_1 на генерираното захранващо напрежение след определен временен интервал t_1 от началото на полета и след непрекъснато следене на F да се предвиди кога ще настъпи търсената близост. На Фиг.6 върху една примерна траекторна зависимост F(t) са илюстрирани двата подхода. При първия подход времето за включване на радиосензора $t_3 = t_{VRF} = (1+ m) t_2$, а при втория t_{VRF} съответства на $F_3 = k F_1$. Числата m и k се избират по целесъобразност.



Фиг. 6

Първият подход изисква използване на микроконтролер и обезателно спазване на условието работата на алтернатора да не прекъсва по цялата траектория. Както бе установено, последното не винаги е изпълнимо. Освен това при малки стойности на θ билото на траекторията е почти плоско и намирането на T чрез оценка на F(t) става с недостатъчна точност. По втория подход задачата може да се реши както аналогово, така и цифрово. Освен това той работи и при наличие на прекъсване на захранването, възможно при работа с малки начални скорости на носителя и по-големи стойности на ъгъла на излитане.

Изводи:

1. Като източник на електроенергия алтернаторът се характеризира със силна зависимост от скоростта на носителя и трябва да се вземат съответни хардуерни и софтуерни мерки за осигуряване на нормалното действие на системата при условие, че захранващото напрежение падне под номиналната стойност или дори изчезне.
2. Турбинният алтернатор осигурява захранване на системата едва след като скоростта на носителя премине някаква прагова стойност и това дава по-голяма сигурност на функционирането й .
3. Турбинният алтернатор е добър информационен източник за промените на скоростта на носителя и може успешно да се използва за откриване на близост до края на траекторията.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЧОВЕКА КАТО УПРАВЛЯВАЩА СИСТЕМА В СРЕДА НА ВИРТУАЛНА РЕАЛНОСТ

Петър Гецов, Зоя Хубенова, Вилям Попов

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: *director@space.bas.bg*; *zhubenov @space.bas.bg, wpopov@abv.bg*

Ключови думи: *ментален модел,човек, система за управление, виртуална реалност*

Резюме*: В статията се анализира човека като управляваща система с интелект, която се характеризира с наличието на ментален модел, за който се приема, че е когнитивен, интерфейсен модул в основната верига на управлението. Целта е да се изследва динамиката на менталните човешки модели и смисловата трансформация на информацията. Като средство за решаване на тези проблеми, се предлага технологията на виртуалната реалност, основана на потапянето на човек в изкуствения (виртуален) свят и взаимодействието му с обектите и персонажите на този свят. Предложена е примерна архитектура на комплекс за изследване на човек-оператор в среда на виртуалната реалност.*

STUDY OF MAN AS A CONTROL SYSTEM IN VIRTUAL REALITY

Petar Getsov, Zoya Hubenova, William Popov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: director@space.bas.bg; zhubenov @space.bas.bg, wpopov@abv.bg

Keywords: *mental models, man, control system, information, virtual reality*

Abstract: *The article analyzes man as an intelligent control system, which is distinguished by the existence of a mental model assumed to be a cognitive interface module within the main control sequence. The aim is to explore the dynamics of human mental models and notional transformation of information. As a means to solve these problems, virtual reality technology is proposed, based on man's absorption in an artificial (virtual) world, as well as his interaction with objects and characters in this world. The proposed architecture is a complex study of man–operator in virtual reality.*

1. Въведение

Предлаганото от нас изследване се основава на съвременното разбиране за анализ и моделиране на човек като част от ергатична система (ЕС). На основата на дългогодишен опит и изследвания дефинираме човека като сложна многопластова динамична система с интелект, която се характеризира наличието на ментален модел (ММ), който приемаме за когнитивен, интерфейсен модул в основната верига на управлението и който абстрактно може да бъде определен като логико-времева (темпорална)-алгоритмична структура [1]. Тази структура е информационна среда, в която се формират динамични, алгоритмични модели на обектите на управление и алгоритмите на управление. Процесът на формиране на менталните модели в съзнанието на човека се основават на способността му за обучение. В пространството на ММ се дефинира понятието "ментална дълбочина" h, която се управлява в зависимост от външната сложност на ситуацията, корелираща със степента на автоматизъм при изпълнение на определен алгоритъм и със скалата "съзнание – подсъзнание" или "съзнателно – автоматизирано" [14].

В системологичен аспект човекът като управляваща система може да се разгледа като сложна йерархично организирана система за управление на три нива: механика, управление, интелект. Механиката и управлението са по своята функционална същност изпълнителната подсистема. В нашата изследване основен обект е интелектът, представен в предлагания концептуален модел основно от менталния модел.

В изследванията върху работата на човешкия мозък се обръща внимание върху това, че разумният човек се справя с непознати ситуации и взема рационални решения, защото може да извлича нови знания от наличния опит и обмисля последиците от тези решения. Хората обработват не само точни, предварително дефинирани данни, но и непълна, противоречива информация, която често няма числов израз. Това означава, че човек ежедневно решава задачи от неструктуриран тип, които нямат алгоритмично решение; величините, с които се оперира не могат да се зададат в числова форма; решението им изисква обработка на информация, която е неоднозначна и динамично се променя; целите на задачата не могат да се изразят чрез точна целева функция. Интелектът на човека е сложен биологичен феномен и не се свежда единствено до решаване на задачи (структурирани или неструктурирани). Но при настоящето ниво на познание и инструментариум не всички видове човешки разсъждения са добре изучени и съответно, е невъзможно да бъдат моделирани, като например, интелектуалните функции творчество, интуиция, въображение.

2. Ментален модел и ментален опит

Менталният модел е термин, достатъчно известен в когнитивната психология (Johnson-Laird, Rasmussen J., Nguyen-Xuan A. и др.) и обикновено се използва за обозначаване на спонтанно формиращи се структури на субективния опит [3,4,5,9]. ММ са често слабо осъзнати, трудно вербализуеми, а знанията съдържащи се в тях са контекстно опосредствани и се извличат непосредствено в процеса на взаимодействие с обекта. В модела комплексно и взаимосвързано се съхранява информация за управлението на обекта, параметрите на ситуацията при това взаимодействие и наличните средства. ММ по своята същност са „репрезентиращи обекти, позволяващи да правим умозаключения и прогнози за явленията, да вземаме решения за необходими действия и контрол за тяхното изпълнение, и което е най-важното да преживяваме събитията, в които ние не участваме" [7]. Johnson-Laird (1983) предлага типизация на ММ, като разлика между „физически" модели, репрезентиращи предметния свят и „концептуални" модели, репрезентиращи по-абстрактни форми. „Хората възприемат външния свят по пътя на преработката на информация с помощта на пред-съществуващи ментални конструкции, осигуряващи разбирането на заобикалящия ни свят и решаването на възникващите проблеми" (Д. Норд, 1997): „Идеите и идеологиите формират субективните ментални конструкции, с помощта на които индивидите интерпретират обкръжаващия ни свят и правят избор". Близки твърдения може да се намерят и при Bruce Edmonds – на база на технически прийоми близки до генетичното програмиране, той създава имитационно описание на поведението на агента, което включва популацията на вътрешния модел на агента и описващ обкръжаващата го среда [8].

Други специалисти твърдят, че в дълговременната памет на човека се съхранява огромен обем информация, като достъпа до нея е възможен при определени условия. Понякога се казва, че ММ – това са картата на местността (живота), през който вървим (Tony Buzan**)**. Тя е съставена в миналото и ние се ръководим от нея. Тези мисловни образи се съхраняват в паметта и стават база за следващи, като се създава верига от асоциации [12].

За всеки човек информацията се трансформира в мисловни форми, възникващи в съзнанието му – в неговата репрезентативна система или в неговата картина на света, която заменя неговия реален свят. Основополагащият тезис в случая е, че информацията не е от цифри, букви, картина, фото и пр., а мисловни форми, предизвикани от тези знаци и символи, които по същество са подбудители или стимули, или тригери придобивани (или не придобивани) в течение на живота.

Когато мислим за това, че виждаме, чуваме и усещаме, ние пресъздаваме картини, звуци и усещания вътре в себе си. Ние отново преживяваме информацията в онази сензорна форма, в която първоначално сме я възприели. Мисленето е очевидно и банално действие и ние почти никога не мислим за него (рис. 1).

Ние използваме едни и същи неврологични пътища за вътрешна репрезентация на опита и за непосредственото му преживяване. Едни и същи неврони генерират електрохимични заряди, които могат да бъдат измерени. Мисълта има непосредствена физическа проява, мозъкът и тялото

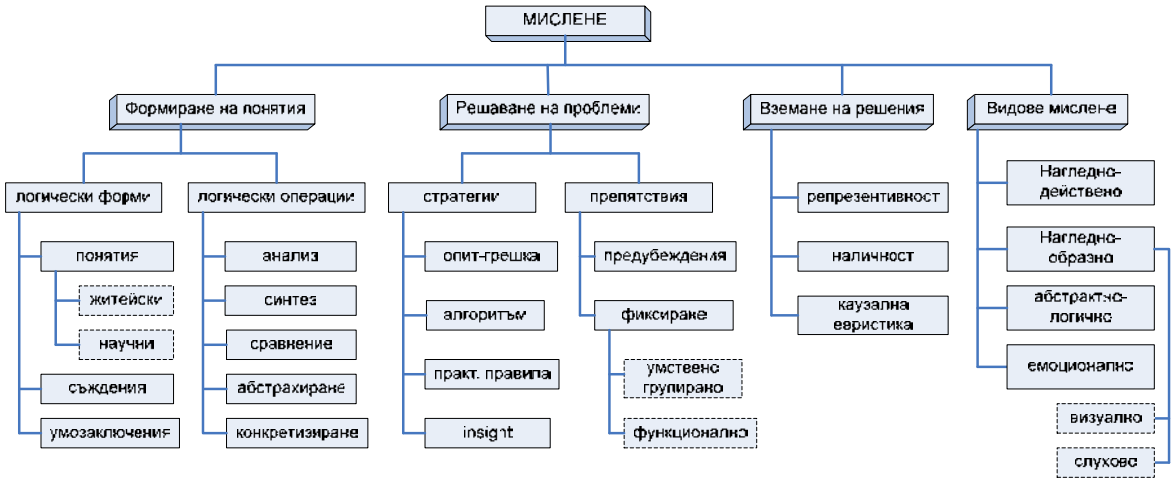


Рис. 1. Основни характеристики и закономерности на мисленето

са една система. Ние използваме своите сетивни органи с външен метод, за да възприемем света, и с вътрешен метод, за да "репрезентираме" (представим) преживяванията на самите себе си. Методите за получаване, запазване и кодиране на информацията в съзнанието – картинки, звукове, усещания, миризми и вкусове, са известни като репрезентативни системи, като се делят на визуални, аудиални и кинестетични [2].

3. Ментален модел на човека като управляваща система

Фундаментална особеност на човека като управляваща система е наличието на мисловен интерфейс, чрез който човекът извършва сензорни, когнитивни и моторни дейности. Този интерфейс, наречен ментален модел, абстрактно може да бъде определен като логическа, времева и алгоритмична структура, съхраняваща моделите на обекти на управление, алгоритми на управление, влияние на външни въздействия и с възможност за генериране на нови знания. ММ представляват своеобразни филтри, чрез които ние виждаме света и са обединяващо звено между начините/способите на мислене и действията:

- Човек има собствена уникална картина за света, която се отразява в неговото съзнание във вид на ментални модели, сформирани на основата на минал опит;
- Човек интерпретира света съгласно своите ММ, като за потвърждение на тези интерпретации са му нужни определени знания във вид на факти и причинно-следствени връзки;
- Знанията не идват на готово от вън, а се „конструират" от човека, избирателно от общия поток информация, която не противоречи на неговите ММ;
- С помощта на знанията човек надстроява, реконструира своите ММ, които за него играят роля на мисловни карти (синтез на знания);
- Менталните модели са нужни на човек да действа, а знанията (като „строителен материал" за ММ) са необходими той да действа ефективно;
- Ако човек престане да действа ефективно, то или ММ е неадекватен на новите условия, или са нужни нови знания;
- Изменението на способите на мислене – това са изменения на непродуктивните ММ;
- Знанията, в т.ч. и новите, могат да бъдат както стимул, така и спирачка по пътя на изменение на мисленето.

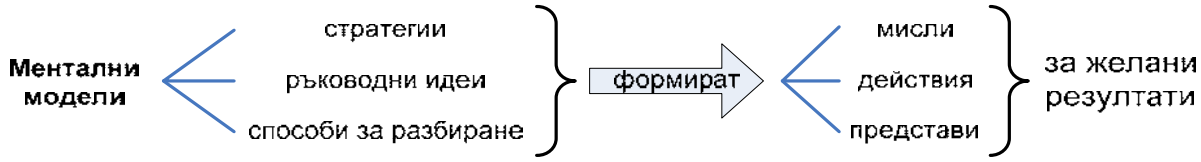


Рис. 2. Ментални модели

Менталните модели са представите на отделния човек за обекта и неговите свойства. Под въздействието на някакъв стимул на мисленето (*метафори*, *аналогии*, *идеи*, постановки на *задачи*, *въпроси*) се активизират нейроните на мозъка и възникват асоциации (въображаеми *образи*, *картини*). Благодарение на асоциациите се формират понятия на различно ниво (концепти – изходни понятия, конструкти – базови понятия), които след това се структурират, създавайки продукти на мисленето (умствена дейност, разум), за решаване на задачата.

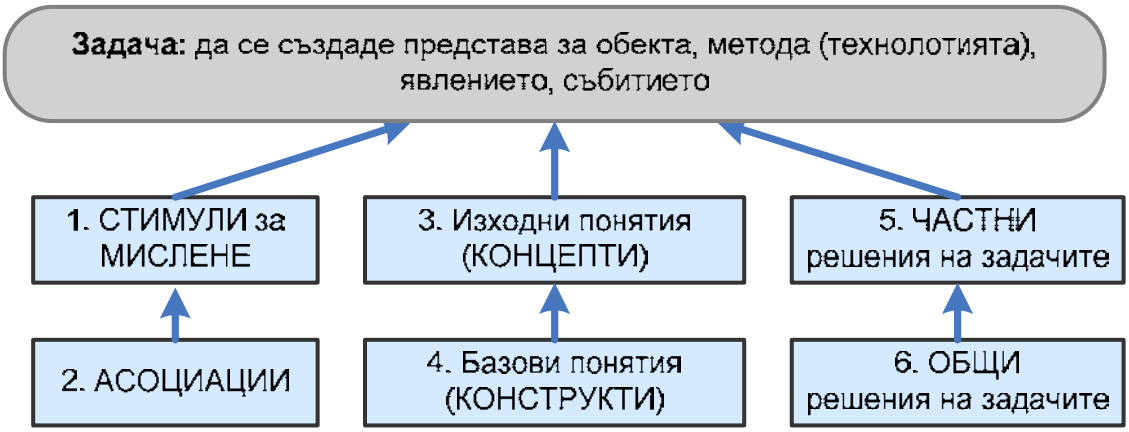


Рис. 3. Структурна на ментални модели

В качеството на стимули на мислене могат да се приемат поставянето на цели и задачи, разнообразни *метафори и аналогии*, идеи и въпроси. Основен инструмент е метафората. В резултат на въздействие върху мозъка стимулите на мислене активизират невроните, като възникват мисли-асоциации в вид на въображаеми *образи и картини*, създавайки материал за формиране на понятия. „Конструкта" е първоначално понятие, представящо някаква страна на обекта на изучаване (управление), или негови части, свойства, характеристики. „Концепта" е обозначение или наименование на присвоените мисли, обединяващи редица конструкти, което създава нов смисъл – ново базово понятие.

Мисловните форми това са елементи на репрезентативната система - съвкупност от менталния опит, който се състои от слой реален (възприет) опит и слой от ментални постройки /построения/ форми на различни нива - въображаем опит. Нашето поведение възниква вследствие на смес от вътрешни и външни преживявания. Във всеки момент от времето нашето внимание се съсредоточава върху различни части от нашия опит. Реалният опит това е възприемането на сигнали от органите на чувства – визуални, аудиални, кинестетични, тактилни, обонятелни, вкусови в разни съчетания и пропорции за всеки индивид и за всеки случай. Реалният опит винаги се съпровожда от емоционални съставляващи, които към дадения момент могат да бъдат предизвикани от съчетание на различни настроения, подбуди, потребности и пр.

Ментални форми (построения) са такива съчетания от елементи на реалния опит, които не са усетени чрез сетивата, но се считат за възможни – т.е. въображение. Ако трябва да се определи най-общо същността на въображението, то това е познавателен психичен процес, който се състои в създаване на нови психични продукти въз основа на преобразуването на словесно-образния, словесно-понятийния и емоционалния опит на човек [10].

Преоценявайки своите ММ се учим от своя опит – придобитият опит ни променя. Обучението е като обратна връзка – действаме и усвояваме реакциите от своите действия и вземаме решение, които инициират нови действия. Ученето означава да вземаш решения и съобразяваш действията си в резултат на обратната връзка (ОВ): усилваща ОВ – колкото повече действия, толкова е по-силна е реакцията на тях, което повишава количеството на новите решения; управляваща ОВ – отстраняване на разрива между действително и желано.

ММ това е орязаната действителност – картината на света за човека, заменя неговият реален свят. Идеята е в създаването чрез програмни средства на най-подходяща структура на света (обекта на управление), организирана на различни нива и сектори, с помощта на които човек ще усвоява различни схеми на мислене, приложени към субективния му опит (например фото, видео, аудио, т.е елементи от реалния опит) и реалното взаимодействие за дадения сектор. Идеята е да се моделират две нива:

Ниво 1- моделиране на обективния свят с реално взаимодействие на обектите от реалния свят;

Ниво 2 – моделиране на съзнанието, моделиращо предметния свят с възможностите на виртуалната реалност (ВР), т.е. да имитира репрезентативна система на човек.

Целта е да се изследва динамиката на менталните човешки модели и смисловата трансформация на информацията. Всяка работа с информация преминава редица задължителни стадии: въведение, обработка и оценка. В тази връзка се отделят три информационни системи на активност на човешкия мозък: водеща (вкарване на информацията), предпочитана (представяне на информацията в съзнанието) и референтна (оценка на информацията). Всяка от изброените системи може да бъде представена визуално, аудиално и кинестично.

За да се репрезентира информацията, първо трябва да бъде получена. Всеки човек има предпочитани средства за получаване на информация. Съвършената памет би съдържала пълен набор от картини, звукове, усещания, миризми и вкусове на първоначалното преживяване, но за да я възстановим, се обръщаме само към една част на този набор

4. Виртуални решения

Един от средствата за решаване на тези проблеми е технологията на виртуалната реалност, основана на потапянето на човек в изкуствения (виртуален) свят и взаимодействието му с обекти и персонажите на този свят, което би довело до съществено повишаване на ефективността при функциониране на човекомашинните системи. Понятието «виртуалност» носи фундаментален характер в дейността на човека, понеже засяга нивото на възприятие и преработка на информация от човек в процеса на познанието.

Виртуалната реалност (ВР) е сбор от информационни технологии, основани на интерактивен човекомашинен интерфейс, оказващ на сензорната система на човека въздействие, което заменя или допълва действието на естествените раздразнители така, че му се създава илюзията за взаимодействие със средата, пораждаща изкуствените дразнители. Тя е на пътя на абсолютния интерфейс между човека и машината. Имитационните модели на сложните технически системи изискват изключително мощни изчислителни средства и са основна сфера на приложение на суперкомпютрите. До сега взаимодействието между човека и компютъра (имитационен модел) като правило, е имал знаков (езиков) характер. В тренажорите, напротив – взаимодействието между модела и оператора основно носи сензорен характер. Парадоксално, но виртуалната реалност се оказва по-примитивно ниво на комуникация – втората сигнална система (езика) отстъпва място на рецепторния контакт. Теоретично ВР е абсолютния интерфейс между човека и компютъра, който използва почти всички системи за взаимодействие с външния свят: зрителни, слухови, тактилни, гравитационии и т.н. Интензивността на потока информация през този интерфейс се приближава към интензивността на потока информация през нашите органи на чувствата.

За разлика от компютърното моделиране системите за ВР са многофункционални и работят в реално време. На едно и съща машина могат да се построят ВР, предназначени за съвършено различни цели. Вътре във виртуалния свят може да се моделират не само реални обекти, но и взаимовръзките им, както и да се обединяват с реални връзки, несъществуващи в реалния свят.

Устройството на мозъка на човек е такова, че практически всяко понятие е свързано с някакъв зрителен образ. При търсене на концептуални решения на всяка задача, мисловният процес се осъществява именно на ниво образи, а не на ниво точни изчисления. Ако се разтовари паметта и се предостави на човека възможност да манипулира тези (с «реално» изобразени) образи, търсенето на решения ще става много по-бързо, а самите решения ще са навярно по-малко стандартни.

5. Архитектура и функции и цели на изследователски комплекс

На рис.4 е показана архитектурата на комплекс за изследване на човек-оператор в среда на ВР със основни компоненти:

- система за обработка на информацията и управление - изчислително ядро;
- средства за формиране на обстановка на ВР, включващи: шлем (очила) ВР, осигуряващи стереоскопично 3-мерно изображение на виртуалната сцена и следене на погледа; електронни ръкавици, осигуряващи усещания за допир, съпротивление, тежест на обектите, определяне на положението на ръката в пространството; акустична система, създава обемни акустични ефекти; платформа, създаваща ефект на пространствено движение, ускорение, въртене;

- система за формиране на изображение и звук, която осигурява разчет и управление на външната среда при натоварване във ВР посредством 3-мерна графика и стереоскопичен звук;
- система за формиране на тактилни усещания, която да осигурява подготовка и формиране на усещания при допир, съпротивление и др.;
- система за управление на задвижването на платформата, която осигурява формиране на пространственото положение, движение, въртене;
- система за управление на комплекса от инженер-програмист: подготовка на сеансите за изследване, управление и обработка на резултатите;
- система за подготовка, управление и обработка на резултатите от контрола на психофизиологичното състояние на човека-оператор (ЧО), медицински контрол и от лекар-психолог;
- телеметрия, осигуряваща предаване на данни от реалните прибори и средства ВР в системата за обработка на информацията и управление;
- система от датчици и средства за въвеждане на медико-биологична информация (датчиците осигуряват снемане на информация от ЧО, а чрез средствата за въвеждане на медико-биологичната информация се въздейства на Ч с определени дразнители с цел оценка на реакциите и управление на състоянието му;
- система за предаване на данни, която включва компресиране, възстановяване и контрол на предаваните данни и средства за генериране на външни въздействия;
- специализирани средства за медицински контрол и диагностика, които осигуряват предварителна обработка на резултатите и предаването на информацията в системата за обработка и управление.

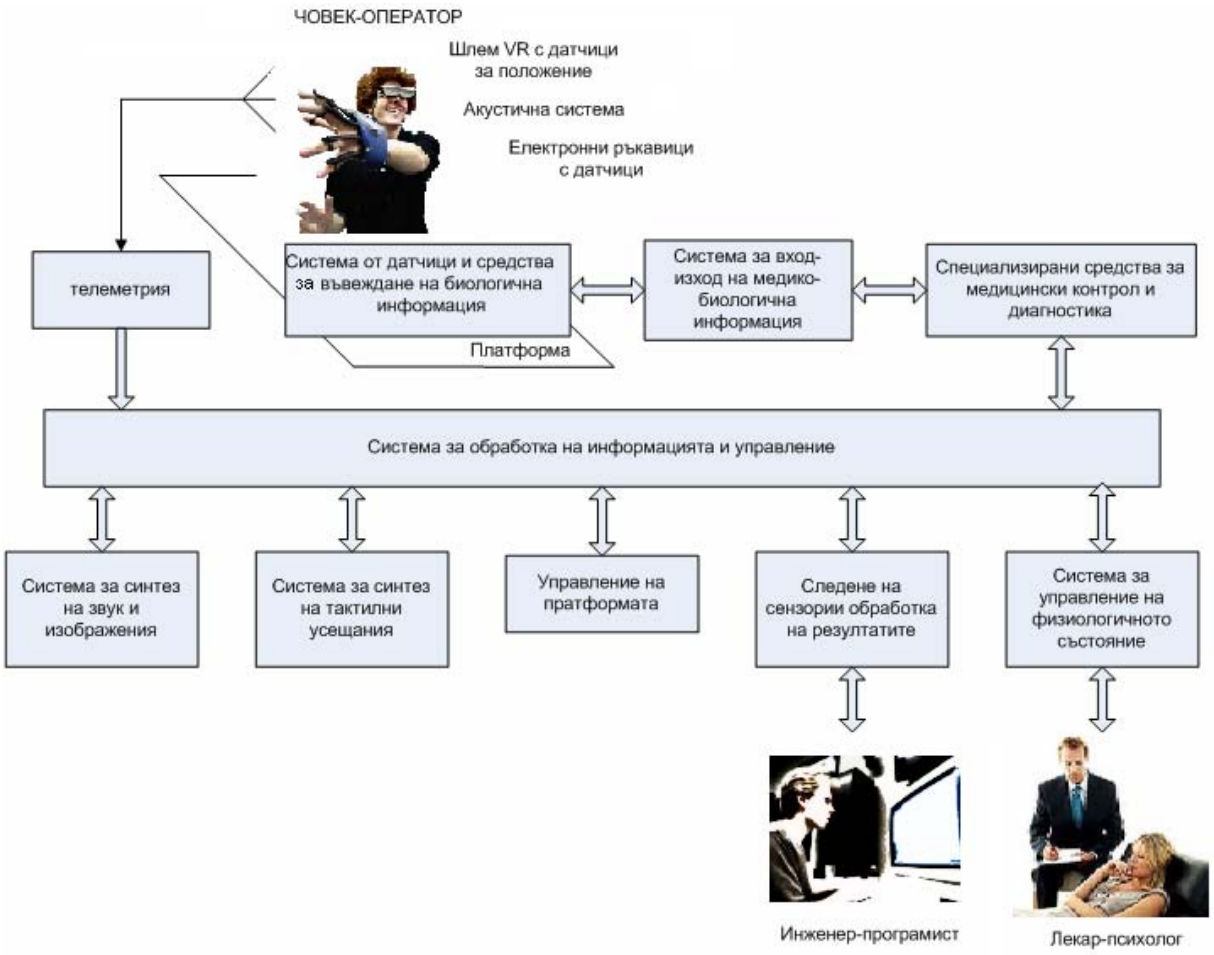


Рис. 4. Архитектурата на комплекса за изследване на човек-оператор в среда на виртуална реалност

Биологичния контрол на ЧО и мониторинга на неговото състояние ще се осъществява от специализирани средства и системи: електроенцефалография, ЕКГ, електромиограма и др.

Използването на интерактивно управление при синтеза на виртуална среда, задавана от специалист, би имала следните цели: създаване на типови и извънредни ситуации и комплексна оценка на реакциите на оператора; намиране на индивидуални методики за адаптация на ЧО в различни ситуации; управление на психофизиологичното натоварване в процеса на изследването; повишаване ефективността на работа на оператора със системите и приборите в различни режими. С използването на медикобиологичните средства пред лекарят-експерт се поставят цели като: оценка и анализ на психофизиологичните свойства на ЧО; въздействие на ЧО и оценка и анализ на резултатите; управление на състоянието на ЧО.

Основната цел на комплекса е да се покажат такива механизми, посредством които е възможно да се изследва човека като управляващо звено за получаване и регистриране на системни показатели, интерактивни към различни видове негови дейности. Теоретична база за разработването на такъв комплекс е концепцията за системния подход при моделиране на човек като управляваща система, елементите на която (физиологични, поведенчески и психични) взаимодействат една с друга в рамките на една организация, целта на която е съхранение на хомеостазата (тонуса).

Дейността (управлението) се разглежда като системообразуващ фактор, обединяващ поведенческите и психофизиологични подсистеми в една система, насочена за достигане поставените пред оператора резултати. Основна цел на експеримента е в определянето на данните на подсистемите, изясняване на механизмите на взаимодействието им и създаването на концепция за човека и неговите управляващи функции.

Дейността на човека като управляваща система се организира чрез средствата на ВР и е свързана с управлението на технически обект в динамично изменяща се среда. В качеството си на модел се предвижда да се използва задача за вземане на решение, свързана с търсене и унищожаване на цел в условия на ограничено време. За качествен показател за изпълнение на задачата се приема времето. На *първия етап* основна цел на експеримента е демонстриране на индивидуалните стратегии на ЧО и последващо тяхно управление на информационно ниво (информационно управление се състои в препоръчване на ЧО на тактически и стратегически решения). Формира се база данни за информационните параметри на дейността и поведението му. На *втория етап* се прави оценка на психофизиологичното състояние на ЧО и се търсят закономерности между параметрите на дейността и психофизиологичните и поведенчески показатели, с цел получаване на причинно-следствени отношения и интегрални показатели.

6. Заключение

В тази връзка формализацията, моделирането и изследването на човека в ергатичните системи (ЕС) се оказва важен интердисциплинарен научен проблем, изискващ използване на теорията и методите на много клонове от науката: кибернетика, психология (теория на когнитивните процеси, инженерна психология и др.), физиология, ергономия, математика (размити множества, математическа лингвистика, полумарковски процеси и др.), системен анализ, биомеханика, компютърни науки и т.н.

Ето защо от изключителен интерес е фундаменталното познаване на особеностите и възможностите на човека като управляващо звено. Сега на дневен ред е създаването на теория, алгоритмични и компютърни модели на човека като управляваща система, а мотивите за това са:

- Такива модели са по-адекватни на човешката дейност и специфичност и са по-лесно формализуеми.
- Само на тяхна основа могат да се синтезират хибридни системи за управление, в които част от човешките функции се предават на машината. Едновременно с това следва да се отчита и неизбежният факт, че създадените от човека технологически устройства не могат да се самообновяват, саморазвиват и адаптират към постоянните промени на действителонстта и изискат контрол от човека!
- Такива модели могат да служат за по–адекватна диагностика на грешките на оператора, неговата степен на обученост (квалификация) и създаване на по–адекватни методи за тестване и подбор на оператори за конкретни дейности.
- По–голямата сложност предлага повече алтернативи за избор, повече степени на свобода за действие. Това наличие на повече параметри в модела (по–висока многомерност на пространството на състоянието) води до възможност за по–адекватно моделиране на някои много важни особености и качества на човека като управляваща система: адаптивност, обучаемост и самообучаемост, самонастойка и дори развитие.

Литература:

1. Гецов П., В. Попов, Кр. Стоянов. “Параметричен модел на човека като управляваща система. Параметричен модел на човешка дейност”, 30 години организирани космически изследвания в България (сборник с доклади), И-т за космически изследвания–БАН, София 2000 г., 259-261.
2. Герчева Г. Когнитивна психологията основни проблеми на когнитивната психология, (http://shmoksy.com/Books/Docs/PsyKognitive.doc)
3. Джонсон-Лэрд Ф. Процедурная семантика и психология значения //НЗЛ. - Вып. XXIII. - М.: Прогресс, 1988. - С. 234-257.
4. Нгуен-Ксуан А. Ментальные модели физических явлений, связанные с повседневной жизнью (http://practicalthinking.narod.ru/)
5. Ришар Ж.Ф. Ментальная активность. Понимание, рассуждение, нахождение решений. - М.: Институт психологии РАН, 1998.
6. Шадриков В. Ментальное развитие человека, Аспект Пресс, 2007 г., с.288
7. Bower G.H., D.J. Morrow. Mental Models in Narrative Comprehension //Science - 1990 - Vol. 247.
8. Edmonds B. and E. Norling, (2007) Integrating Learning and Inference in Multi-Agent Systems Using Cognitive Context . In Antunes, L. and Takadama, K. (Eds.) Multi-Agent-Based Simulation VII, 4442: (http://cfpm.org/cpmrep159.html
9. Johnson-Laird P.N. Mental Models //Foundations of Cognitive Science. - Cambridge (Mass.); London: MIT press, 1989.
10. Kalisz R. On representatives as a class of illocutionary acts //Contrastive Pragmatics. - Pragmatics & beyond NS. - Amsterdam;
11. Rasmussen J.„Mental models and the control of action in complex environments”, Mental Models and Human-Computer Interaction 1, D. Ackerman and M. J.Tauber (Editors), Elsevier Science Publishers B.V.(North-Holland),1990.
12. Tony Buzan. The Mind Map Book (Fully Illustrated Edition) Philadelphia: John Benjamins Publ. Co., 1989.
13. Meyer M. From logic to rhetoric. - Pragmatics & Beyond 7:3. - Amsterdam; Philadelphia: Benjamins, 1986.
14. Vassileva T., W. Popov. “Algorithmic model of human as a ruling system”, WDS`03 Proceedings of contributed papers, part I, Mathematics and Computer sciences, Charles University, Prage, 2003, 243-247.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

METHOD FOR POSITIONING OF EXECUTIVE OPERATING ORGANS OF A SPECTROPHOTOMETER FOR RESEARCH OF THE ATMOSPHERIC OZONE

Ivan Hristov

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

Keywords: *method for positioning*

Abstract: *High positioning precision, independent on rotation direction when using a classic elemental basis, repair suitability and easy operation is of special interest.*

A principle for precise positioning of the executive operating bodies with an electromechanical feed-back is implemented.

МЕТОД ЗА ПОЗИЦИОНИРАНЕ НА ИЗПЪЛНИТЕЛНИ РАБОТНИ ОРГАНИ НА СПЕКТРОФОТОМЕТЪР ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА АТМОСФЕРНИЯ ОЗОН

Иван Христов

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: zhekovz@yahoo.com

Ключови думи: *метод за позициониране*

Абстракт: *Особен интерес представлява проблемът за висока точност на позициониране, независимо от посоката на въртене, при използване на класическа елементарна база, ремонтно-пригодност и лесна експлоатация. Реализиран е принцип за точно позициониране на изпълнителните работни органи с обратна електро-механична връзка.*

Introduction

The development of the satellite spectrophotometer necessitated the development of reliable and precise constructive decisions for the setting of a reading start or final decision of the executive element and its intermittent observation, feed-back between initial and an executive unit for the control of the positioning precision not only at the moment, but after a long exploitation, simplicity of execution, repletion and reliability of the results.

Its work is highly reliable. The implementation is possible with simple parts and is electrically adaptable with a microprocessor system and the leading motor. Various applicable schemes can be created with different precision of work which depends on the preliminary relation in the mechanic transmission. Depending on the wearing out with time, the principle allows it to be read by the microprocessor system in order to keep the necessary precision. A system with such feed-back can work with one- and two-direction circular motion.

The principle relies on the use of construction relations between the initial and final parts and the gearing relation of the mechanic transmission between them. It is made by two disks with one frontal slot each, which fit together immovably to the corresponding initial and final part and an optron in the infrared part of the specter. They are installed at a proper place in the construction for an easy tuning of the system; they do not need additional activity during operation in the practice at this moment. The schemes of two versions are presented: one is for unidirectional movement and the other – for two-direction circular motion within the range of ±0º…360º.

The variants are created for scanning spectral device with a diffraction grating which makes return circular motion from the arm of the cylindrical cog within the range of 9 revolutions. The

principal scheme of the first variant is presented on Fig. 1 and it contains the following elements: a control block 1, supply 2 of the electric motor M, a photo raster transformer 4, a block for synchronization 3 with a link to the micro processing system mp, executing unit 5 including a cylindrical cog and an arm with a spring 13, rotating around an axis through point 0, in the plane of the diffraction grating 8. The source of radiation 6, diaphragm 7 and photo-electronic multiplier 9 form the spectral part of the device for analyzing of the solution in the gutter 14. It is moved by a mechanical gearing 10 cl=10, and a disc with a frontal slot 11 is immovably attached to each of the axes and the disks do not touch each other but they rotate in opposite directions. An optron 12 is attached immovably in the zone at a minimum distance and it works in the infrared part of the optical specter.

Operation:

The electromotor M is moved in the direction for initial fixing of the diffraction grating. In a certain moment of rotation of the disks 11, their slots stand in a straight line between the elements of the optron 12 and a single impulse is generated which stops the rotation of the electromotor M. The system is ready to work. At the start, an initial impulse is given through the slots of the disks 11 and the optron 12 and then the counting of the impulses is made by a photo-raster transformer 4 and the rotation of the arm 5 is synchronized with the diffraction grating 8. There is data in the micro processing system мр which values are apt for spectral analyses which correspond to a certain number of impulses from a photo-raster transformer 4. the system is fixed, the radiation intensity is measured and the process continues without the initial fixing. This is one of the working procedures, i.e. step by step and certain data for the analysis is collected. In another working procedure of constant scanning, the process is not interrupted and data is constantly written in the memory of мр for the results of the radiation intensity or their corresponding length of the specter.

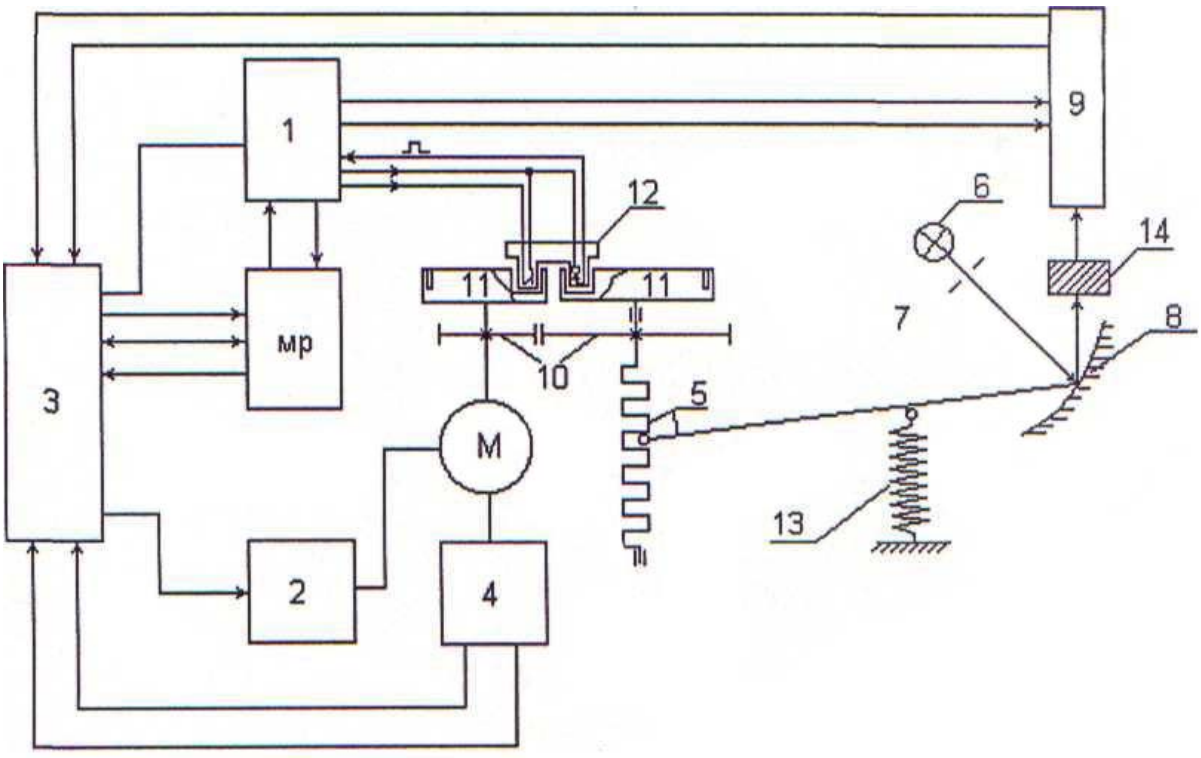


Fig. 1. Functional scheme of a scanning system for precise positioning with an electromechanical feed-back

The second version is created for carrying out a task for automatic management and positioning in two directions for circular rotation within the range ±0º…360º. The principle scheme is presented in Fig. 2 and it contains the following parts: a control block for the operator 1, micro processor system, a block for synchronization 3, photo-raster transformer 4, a leading electromotor M, three-stage mechanic transmission 5 with a general transmission relation 1:5400, including a cylinder gearing, planetary reducer and worm gear. Two disks with frontal slots, which do not come into contact with each other, are attached to the axle of the electromotor M and the worm gear. An immobile optron, working in the infrared range 6H2144(MK203) is installed in the area with a minimum distance.

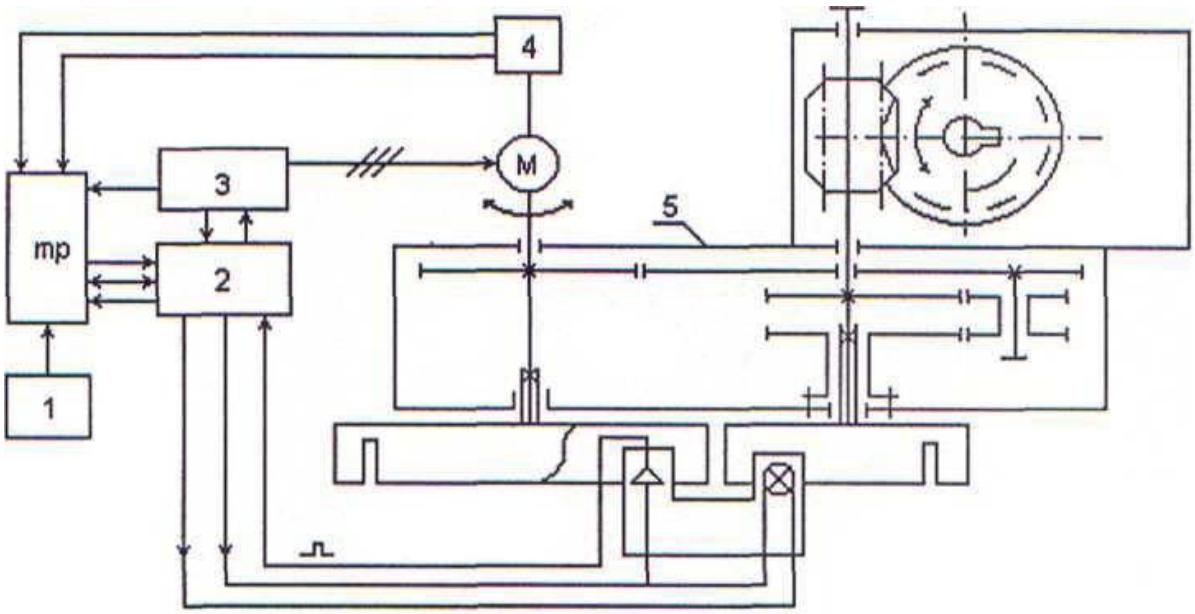


Fig. 2. Functional scheme for automatic control for precise positioning with an electromechanical feed-back

The transmission relation between the two axles is selected in a way that when the worm gear makes one full revolution 360º, the two slots stand in one line between the disks' axes and a single impulse is registered. It secures an initial nullification of the system according to certain criteria. The next task is positioning and it is made by the micro processor system on the basis of data from the raster transformer.

References:

1. Мардиросян Г., С. Стоянов. Анализ на съществуващи методи и средства за изследване общото съдържание на атмосферен озон и неговото вертикално разпределение. Годишник на Технически университет, Варна, 2001, с. 910 – 915.
2. Стоянов С. Математичен модел на оптичен тракт на оптико-електронен уред. Сб. доклади от Юбилейна научна сесия „100 години от полета на братя Райт", том 2. НВУ „В. Левски". Факултет Авиационен, Долна Митрополия, 2003, с. 244 – 248.
3. Стоянов С. Корекция на спектралната ширина на процепите на спектрофотометър при прецизни електрични измервания. Сб. научни трудове, част II, НВУ "В. Левски", факултет "Артилерия, ПВО и КИС", Шумен 2003, с. 260-264.
4. Стоянов С. Метод за пресмятане на спектрофотометър с дифракционна решетка за изследване на атмосферния озон. Научна сесия на НВУ „В. Левски", Факултет Артилерия, ПВО и КИС, Шумен, 2009 (под печат).
5. Getsov P., G. Mardirossian, S. Stoyanov, Zh. Zhekov. Satellite Method for Atmospheric Ozone Measurement. II International Symposium of Ecologists of the Republic of Montenegro. Kotor, Montenegro, September 2006, p. 1–6.
6. Mardirossian G., S. Stoyanov, A. Manev. Method for Research of the Ozone Content by Means of Absorption Ozonometer. SENS 2008. Fourth Scientific Confer. with International Participation SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY, Varna, 2008, p. 206–208.

Session 3

Remote Sensing and Geoinformation Systems

Chairman: Sen. Res. Eugenia Roumenina
Secretary: Res. Fell. Vanya Naydenova

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ATMOSPHERIC PROFILES AND STABILITY INDICES RETRIEVED USING REMOTE SENSING

Magda Bozhkova

Aerospace Monitoring Center
e-mail: magdasvbo@abv.bg

АТМОСФЕРНИ ПРОФИЛИ И ИНДЕКСИ ЗА УСТОЙЧИВОСТ, ПОЛУЧЕНИ ЧРЕЗ ДИСТАНЦИОННИ МЕТОДИ И СРЕДСТВА

Магда Божкова

Център за аерокосмическо наблюдение
e-mail: magdasvbo@abv.bg

Key words: *atmospheric profiles, K-index, Lifted index, Total totals*

Abstract: *A new source of information for monitoring the atmospheric stability is now available thanks to remote sensing. MODIS data provide information for temperature profile, dew point profile, K-index, Lifted index and Total totals. In Bulgaria these data are available up to eight times for 24 hours in 5x5 km grid in real time in Aerospace Monitoring Center. This allows a better understanding of the processes in the atmosphere in non-frontal cases. The three stability indices help for analyses and now-casting for quickly developing cloud systems, especially Cumulonimbus and probability of thunderstorm activity as well. This kind of information is of a great use in airports, moreover that, so far, all the airports in Bulgaria used data from the only atmospheric sounding in Sofia in 12 UTC or model atmospheric profiles.*

Introduction

Nowadays detailed study of the atmosphere requires different sources of information. Satellites tend to become more and more important in providing data, moreover that for many cases and regions of interest these are the only available data. When we use satellite data we always should consider the temporal and spatial resolution. The algorithm MOD07 – "Atmospheric Profiles", established by NASA MODIS Science Team provides data for the profiles of the temperature and the dew point, as well as for three stability indices: Lifted Index, K-index and Total Totals in real time.

A first attempt for using this data into operational work is presented in this report. An effort is made for detailed analysis of all three indices together. Special attention is paid to night images, which are more important for now-casting and forecasts, especially when it is about non-frontal processes with developing of Cumulonimbus and probability of thunderstorm activity summer-time. The limitation of MOD07 is that it works in "clear sky", which means that at least five of twenty-five 1km pixels must be considered cloudless by another algorithm of MODIS Atmosphere – MOD35 – "Cloud Mask". All the analysis can be made for the region that is in the geographical coverage of the receiving station, but with respect of the territory of Bulgaria.

Theoretical background

Stability indices

Using stability indices in everyday work is very appropriate in study of the moment statement of the stratification Instability is a critical factor in severe weather development. Severe weather stability indices can be a useful tool when applied correctly to a given convective weather situation. However, great care should be used when applying these empirical indices because they simply cannot be applied to every weather situation and must always be applied in conjunction with other parameters. A number of indices are tied to specific pressure levels which may (or may not) be

representative of a particular convective weather situation. Soundings must be looked at as a whole. Stations at high elevations make some indices irrelevant. Local adaptations must be made at such. It also should be considered that sometimes the upper air sounding itself may not even be representative of the overall synoptic situation. Severe weather indices only indicate the *potential* for convection. There must still be sufficient forcing for upward motion to release the instability before thunderstorms can develop (http://www.crh.noaa.gov/crh/?n=tsp10-sevwea-stab).

Meteorologists use stability indices to quickly assess the susceptibility of the atmosphere to severe weather. Stability indices are a measure of the atmospheric static stability (Ackerman and Knox). Below are presented some of the indices that now can be studied better thanks to the information received from satellites.

Lifted Index (LI)

Lifted Index is one of the most often used indices and has proved useful role in detecting the likelihood of severe thunderstorms. By definition it is a difference between the external temperature (T_{500}) and the internal temperature (Tp_{500}) at level 500 hPa:

(1) $$LI = T_{500} - Tp_{500}.$$

The main interpretation of the values is according to whether they are positive or negative. In general positive LI indicates stability and negative – instability. There are some specifics presented in table 1. Another classification is presented in table 2.

Table 1. Classification of LI and associated weather,
(http://www.engineering.uiowa.edu/~hmet/Handouts/Indices-1.pdf)

Lifted Index [ºC]	Associated weather
> 2	No convective activity
0 to 2	Shower probable, isolated thunderstorms possible
-2 to 0	Thunderstorms probable.
-4 to -2	Severe thunderstorms possible
< -4	Severe thunderstorms probable, tornadoes possible

Table 2. Classification of LI and atmospheric instability
(Galway 1956, http://www.crh.noaa.gov/crh/?n=tsp10-sevwea-stab)

Lifted Index [ºC]	Stability
0 to 3	Stable. Weak convection possible with strong lifting or forcing mechanism
0 to -3	Marginally unstable
-3 to -6	Moderately unstable
-6 to -9	Very unstable
< -9	Extremely unstable

Interpretation of values that are close to zero, but positive is the most difficult. Those are exactly the values that could be essential for development of non-frontal Cb clouds and severe thunderstorms.

K-index (KI)

A very precise index is K-index (KI). By definition (2) it is calculated from T_{850}, T_{500} and T_{700}, that are the temperatures and Td_{850} and Td_{700}, that are the dew point for each level:

(2) $$KI = (T_{850} - T_{500}) + Td_{850} - (T_{700} - Td_{700}).$$

KI is a measure of the potential for development of thunderstorms, based on two parameters (temperature and dew point) at three isobar levels all together (850 hPa, 700 hPa and 500 hPa). This is the index used most often for assessment in non-frontal cases. It is not recommended for forecasting of very severe thunderstorms. A classification of its values is presented in table 3.

Table 3. Classification of KI and thunderstorm probability
(http://www.engineering.uiowa.edu/~hmet/Handouts/Indices-1.pdf)

K-index [ºC]	Thunderstorm Probability
< 15	0%
21 to 25	< 20%
26 to 30	20-40 %
31 to 35	40-60%
36 to 40	60-80%
> 40	> 90%

Total Totals Index (TT)

Total Totals Index consists of two components: Vertical Totals (VT) and Cross Totals (CT). VT represents static stability between 850 mb and 500 mb. The CT includes the 850 mb dew point. As a result (formula 3), TT accounts for both static stability and 850 mb moisture. However, TT would be unrepresentative in situations where the low-level moisture resides below the 850 mb level. If a significant capping inversion is present, convection will be inhibited even with a high TT.

$VT = T_{850} - T_{500}$,

$CT = Td_{850} - T_{500}$,

(3) $TT = VT + CT = T_{850} + Td_{850} - 2T_{500.}$

Compared to KI, in Total Totals, dew point is calculated at one level only. A classification of TT and the associated weather is presented in table 4. One more classification is presented in table 5.

Table 4. Classification of TT and associated weather
(http://www.engineering.uiowa.edu/~hmet/Handouts/Indices-1.pdf)

Total Totals Index [ºC]	Associate weather
44 to 45	Isolated to few moderate thunderstorms
46 to 47	Scattered moderate, a few heavy thunderstorms
48 to 49	Scattered moderate, a few heavy and isolated severe thunderstorms
50 to 51	Scattered heavy, a few severe thunderstorms, isolated tornadoes
52 to 55	Scattered to numerous heavy, a few scattered severe thunderstorms, a few tornadoes
> 56	Numerous heavy, scattered severe thunderstorms, scattered tornadoes

Table 5. Classification of TT and thunderstorm chances
(Miller 1972, http://www.crh.noaa.gov/crh/?n=tsp10-sevwea-stab)

Total Totals [ºC]	Thunderstorm chances
45 to 50	Thunderstorms possible
50 to 55	Thunderstorms more likely (some severe)
55 to 60	Severe thunderstorms likely

The above classifications of the three indices are from American references and the values are based on climate and empirical specifications there. One classification in Europe goes that the development of thunderstorms can be described by values TT>45 ºC or KI>24 ºC for 00 GMT and for 12 GMT - TT>46 ºC or KI> 22ºC. Moreover that there are an additional condition:

(4) $LI = (LI_{500} + LI_{600} + LI_{700})/3 < 3.0$,

where LI is taken at levels 500 hPa, 600 hPa and 700 hPa so the instability of lower levels is taken into consideration (http://www.westwind.ch/w_0sok.php).

MODIS and MOD07

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) is the 36-channel spectroradiometer onboard Terra and Aqua satellites from NASA's Earth Observation System. Some of the main advantages of MODIS are the biggest number of spectral channels, the spectral interval 0.4 – 14.4 μm, as well as the three available spatial resolutions (250, 500 and 1000 m), wide field of view, 24-hours of operation (http://modis.gsfc.nasa.gov/).

Based on the full set of data from these satellites NASA MODIS Science Team established algorithms gathered in three packs Atmosphere, Land and Ocean. Each product contains a set of data and processing methods. The final product is usually a mean of visualization and analysis of a great number of parameters that characterize the atmosphere, the land cover and the water. In this report is presented the algorithm MOD07 - "Atmospheric profiles". The atmospheric profile algorithm is a statistical regression with the option for a subsequent non-linear physical retrieval. The operational retrieval algorithm requires that at least 5 of the 25 pixels in a 5x5 field-of-view area be assigned a 95% or greater confidence of clear by the cloud mask (Menzel *et al.,* 2002; Seeman *et al.,* 2006).

MOD07 provides data for temperature and dew point for 20 levels from 5 to 1000 hPa.

A computationally efficient method for determining temperature and moisture profiles from satellite sounding measurements uses previously determined statistical relationships between observed (or modeled) radiances and the corresponding atmospheric profiles. The input data in the algorithm is historical and the method is statistical. There is no unique solution for the detailed vertical profile of temperature or an absorbing constituent because (a) the outgoing radiances arise from relatively deep layers of the atmosphere, (b) the radiances observed within various spectral channels

come from overlapping layers of the atmosphere and are not vertically independent of each other, and (c) measurements of outgoing radiance possess errors.

The main disadvantage in MOD07 is that it does not describe quite well small scale specifics in the stratification of temperature and especially in the humidity (Menzel *et al*., 2002). That can be seen in Fig. 1. In the cases with significant changes in the vertical structure of the humidity (e.g. inflow of dry air at higher levels) the profiles of MOD07 does not represent correctly the situation.

Used data

Data sources used in this report are Aerospace Monitoring Center, Agency Hail Suppression and internet based archives. Complete analyses are made for August 2008 and summer time 2009. Special cases are presented.

Analysis and results

The specifics in the profiles are presented in Fig. 1. Examples for good correlation and a bad correlation are chosen. Chosen dates are 6 and 17 August 2008 and the graphics are built on the complete sets of data (till 100 hPa). On 6 August 2008 the profiles of temperature (T) and dew point (Td) retrieved by MOD07 and the atmospheric sounding (TEMP http://weather.uwyo.edu, http://www.westwind.ch/w_0sok.php) have a very good correlation. The profiles are smooth, without big vertical changes. As an example of the opposite is 17 August 2008. There are big differences especially in the profiles of the dew point. Stability indices are interesting to be studied together. Moreover a combination of these three indices is not often made in Bulgaria. So far in our country was available an only sounding in Sofia 1200 UTC. This sounding is not representative for the whole country and, for example, the airports in Varna and Bourgas had to use soundings from Bucharest or Istanbul or model data. This now can be changed using satellite data in real time, both day and night.

A nice example for LI at the territory of the country is 18.08.2008. It was chosen after a detailed analysis of the precipitation over Bulgaria. MODIS data are presented in Fig. 2. Values of LI below zero are mapped in red and mark the areas with unstable atmosphere. At 13:40 local time MODIS registers atmospheric instability mainly over East Bulgaria. During the following night, 18 vs. 19, the east regions of the country are at the periphery of a low pressure system, whose centre is over Ukraine. The atmospheric front, that passes, in a combination with the instability earlier at the day, contributes the development of clouds and leads to precipitation and thunderstorms. Rain rates at several stations are: Varna - 18.5 mm, Silistra – 13 mm, Shabla – 3.3 mm, Sliven – 2.8 mm. According to MODIS data at 13:40 local time in Varna, LI= -2.02 °C, which is an indicator for moderate instability (table 1 and 2) and low probability of thunderstorms. Such situations actually develop later. At the same time (Fig. 2) at the region of Stara Zagora LI= -0.56 °C. This value also indicates instability, but with lower thunderstorm probability and there is no precipitation there.

The development of the cloud system over the night is shown in Fig. 3.

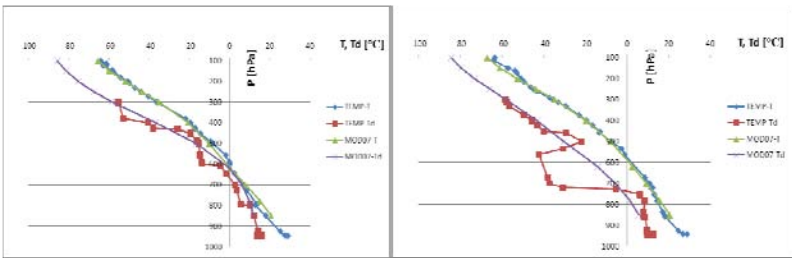


Fig. 1. Profiles of the temperature and the dew point - 6.08.2008 (left) and 17.08.2008 (right)

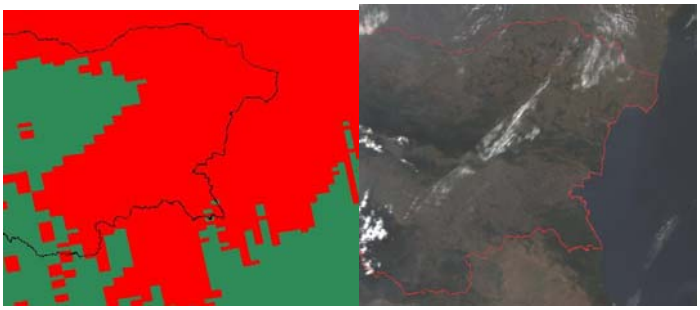


Fig. 2. 18.08.2008, 13:40 local time, Lifted index (left), LI<0 (red), LI>0 (green), satellite image (right)

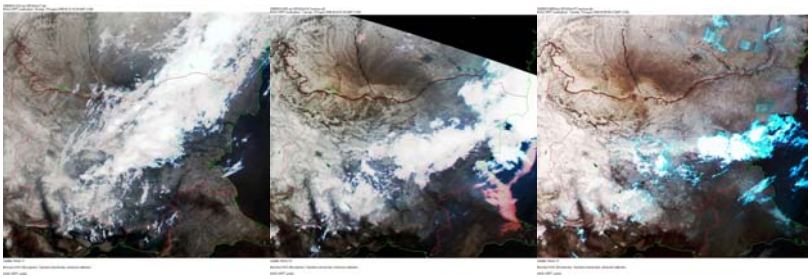


Fig. 3. Satellite images left to right: 18.08.2008- 22:16, 19.08.2008 - 03:51 and 06:59, local time

A new method should be developed for operational work with the night indices. The values from the night are not even close to those that were described in tables 1-5. This is mainly because of the temperature fall close to the land surface. For this reason it is very appropriate to monitor the trend of the indices, not the values themselves. When there are significant changes towards instability, it is usually followed by thunderstorms and precipitation. In case with not so significant changes cloud development is observed, but without rain. Monitoring of the processes for longer than 24 hours period is useful in frontal system forecasts.

For study of the non-frontal development of cloud systems is chosen 30.06.2009 for Sofia. In table 6 are presented the data from MOD07 and the atmospheric sounding.

Table 6. Stability indices from MOD07 for 30.06.2009

Date	Time [local]	LI [°C]	KI [°C]	TT [°C]
30.06.2009	03:00	7.70	20.00	41.13
30.06.2009	12:21	-0.62	33.99	53.84
30.06.2009	23:28	3.43	31.57	46.71

The values from sounding at same day at 15:00 local time are: LI = -1.53 °C, KI = 38.40 °C, TT = 51.40 °C. By comparing these data it can easily be seen the trend of the indices. The precipitation in Sofia for 30.06.2009 is 3 mm. For two of the periods in table 6 are made maps of the three indices. Instability regions can be easily defined. The colour table (table 7) is made according to the definitions of the indices (Tables 1-5). The maps are presented in Figs. 4 and 5. In the early hours on 30.06.2009 (Fig. 4) attention should be paid to West Bulgaria. The values of the indices there show more instable atmosphere, compared to the other regions of the country. On the maps in Fig. 5 the areas with higher instability are: Plovdiv-Pazardzhik, Razgrad-Turgovishte and by the rivers Strouma and Mesta. On the satellite image from 12:21 local time the beginning of developing of convective processes can be observed. In Fig. 6 afternoon satellite images from NOAA on 30.06.2009 are presented. By comparing these images can be seen the development of thunderstorms.

Table 7. Colour table for figures 4 and 5

LI		**KI**		**TT**	
Value	Colour	Value	Colour	Value	Colour
-10 to -6	red	15 to 20	blue	20 to 40	light green
-6 to -3	orange	20 to 25	light green	40 to 44	green
-3 to 0	yellow	25 to 30	green	44 to 47	yellow
0 to 3	green	30 to 35	yellow	47 to 50	orange
3 to 6	light green	35 to 40	red	50 to 60	red
6 to 9	light blue				
9 to 20	blue				
Other values - white					

The minimum of KI and TT (maximum of LI, respectively) in the region of Silistra-Dobrich in Fig. 7, presents the most stable atmosphere over Bulgaria at that moment. This stability is obvious in Fig. 9 as well – the cloud free area in North-East Bulgaria. On that date in Sofia is registered 3 mm rain accumulated for 6 hours till 21:00 GMT. There was thunderstorm activity. The data from Agency Hail Suppression, available in Aerospace Monitoring Center, register precipitation in a lot of stations, in many of them the precipitation is very intensive, e.g. in Rakovski the precipitation is 20 mm from 15:00 to 18:00 local time.

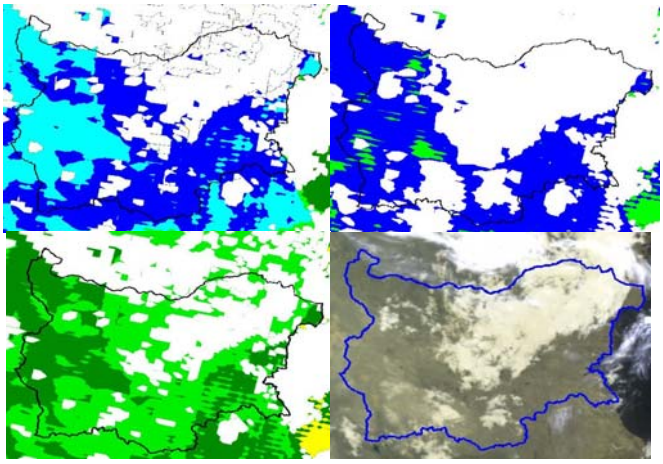


Fig. 4. Maps of indices 30.06.2009, 03:00, up: LI (left) and KI (right), down: TT (left) and satellite image (right)

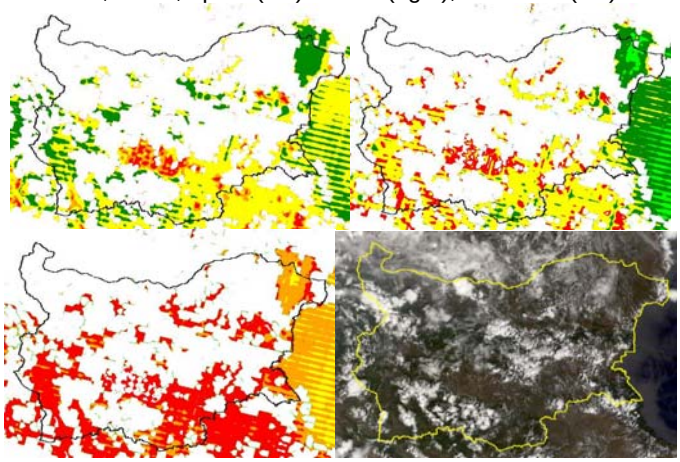


Fig. 5. Maps of indices 30.06.2009, 12:21,up: LI (left) and KI (right), down: TT (left) and satellite image (right)

Fig. 6. Satellite images from NOAA - 30.06.2009, 13:49 (left) and 15:06 (right), local time

Perspectives and conclusions

Nowadays remote sensing is a powerful instrument for monitoring and research of our planet. Satellite data contributes the development of Meteorology in both science and operational work.

The main perspectives in the usage of MOD07 can be summarized as follows:

1. implementing all the data from MOD07 into operational Meteorology in Bulgaria;
2. improving now-casting and short term forecasts;
3. applications in Climatology, Ecology, Hydrology, etc.

The present report was made with three main goals:

1. to present the new source of information in Bulgaria – MODIS system
2. to present the achievements of MOD07 – “Atmospheric profiles” and the available data
3. to suggest analysis of combined use of stability indices LI, KI and TT.

The research that has been made includes data from the MODIS station in Sofia and from internet archives and has shown a good correlation between the stability indices and the development

of cloud systems and thunderstorm activity. The analysis and results are satisfying and are just a first attempt in the usage of MOD07. The author hopes that the future work over these data will be of a great help of a variety of user of information from Aerospace Monitoring Center.

Acknowledgements

I would like to thank Dipl. Eng. Antoaneta Frantzova, PhD, for the chance to work on the new Bulgarian method for study of the atmosphere.

References:

1. A c k e r m a n and K n o x: Meteorology: Understanding the atmosphere, http://profhorn.meteor.wisc.edu/wxwise/AckermanKnox/chap11/TW_Index.html
2. G a l w a y, 1956: Severe weather stability indices, http://www.crh.noaa.gov/crh/?n=tsp10-sevwea-stab
3. M e n z e l W. P., S. W. S e e m a n n, J. L i, L. E. G u m l e y, 2002: MODIS atmospheric profile retrieval algorithm theoretical basis document, *University of Wisconsin-Madison*
4. M i l l e r, 1972: Severe weather stability indices, http://www.crh.noaa.gov/crh/?n=tsp10-sevwea-stab
5. S e e m a n n S. W., J. L i, W. P. M e n z e l, and L. E. G u m l e y, 2003: Operational retrieval of atmospheric temperature, moisture, and ozone form MODIS infrared radiance. *J. Appl. Meteor*., **42**, 1072-1091
6. S e e m a n n S. W., E. E. B o r b a s, J. L i, W. P. M e n z e l, and L. E. G u m l e y, 2006: MODIS atmospheric profile retrieval algorithm theoretical basis document, *University of Wisconsin-Madison,* http://modis.gsfc.nasa.gov
7. http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html
8. http://www.westwind.ch/w_0sok.php

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

LAND USE DYNAMICS OF AREAS THREATENED WITH FLOODS USING OBJECT-ORIENTED CLASSIFICATION OF VERY HIGH RESOLUTION IMAGERY

Eugenia Roumenina[1], Vassil Vassilev[1], Vanya Naydenova[1], Georgi Jelev[1], Petar Dimitrov[1], Kalin Ruskov[2]

[1]*Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences*
e-mail: roumenina@space.bas.bg, vassilev_vas@yahoo.com, vnaydenova@gmail.com, g_jelev@abv.bg, petarkirilov@mail.bg
[2]*Eurosense EOOD*
e-mail: kalin.ruskov@eurosense.bg

Key words: *object-oriented classification, land use, flood, IKONOS, QuickBird*

Abstract: *This paper presents the results from a conducted research on assessment of land use dynamics of areas threatened by floods, using geoinformational technologies. The studied area is the Town of Novi Iskur, Municipality of Sofia, Bulgaria, where in June 2005, the Iskur river suffered severe flooding as a result of intensive rainfall. Land use maps before and after the flooding were composed for the purpose. Object-oriented classification based on very high resolution satellite images from IKONOS and QuickBird was used. The overall accuracy assessment of the classifications is above 80%. Map and change detection matrix for 2008 compared to 2002 was composed. The effect of the flooding was greatest for the crop field class, which has decreased from 47% in 2002 to 1% in 2008. After the flooding the prevailing part of it was changed to meadows and pastures.*

ДИНАМИКА НА ЗЕМЕПОЛЗВАНЕТО В РАЙОНИ, ЗАСТРАШЕНИ ОТ НАВОДНЕНИЯ ЧРЕЗ ОБЕКТНО-ОРИЕНТИРАНА КЛАСИФИКАЦИЯ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ СЪС СВРЪХВИСОКА ПРОСТРАНСТВЕНА РАЗДЕЛИТЕЛНА СПОСОБНОСТ

Евгения Руменина[1], Васил Василев[1], Ваня Найденова[1], Георги Желев[1], Петър Димитров[1], Калин Русков[2]

[1]*Институт за космически изследвания – Българска академия на науките*
e-mail: roumenina@space.bas.bg, vassilev_vas@yahoo.com, vnaydenova@gmail.com, g_jelev@abv.bg, petarkirilov@mail.bg
[2]*Евросенс ЕООД*
e-mail: kalin.ruskov@eurosense.bg

Ключови думи: *обектно-ориентирана класификация, земеползване, наводнения, IKONOS, QuickBird*

Резюме: *В настоящия доклад са представени резултатите от проведено изследване свързано с оценка на динамиката на земепозването за райони застрашени от наводнения с използване на геоинформационни технологии. Изследването е извършено в района на град Нови Искър, Столична община, където през юни 2005 г. след обилни валежи, р. Искър наводни значителни територии. За целта са съставени карти на земеползването преди и след наводнението като е използвана обектно-ориентирана класификация на изображения с много висока пространсвена разделителна способност от IKONOS и QuickBird. Точността на класификациите е над 80%. Съставена е карта и матрица на измененията на площите на земното покритие за 2008 г. спрямо 2002 г. Наводнението се е отразило най-силно върху класа ниви, който е намалял от 47% през 2002 г. на 1% през 2008 г. По-голямата част от тях са преминали в ливади и пасища след наводнението.*

Introduction

An increasing attention on hazard of floods has been paid in the past few decades. Remote sensing techniques for monitoring rivers are introduced for solving that issue (Smith, 1997; Sanyal and Lu, 2004). One of the primary causes of flooding is land use/land cover change. In the same time

investigating of this hazard helps to provide useful solutions on minimizing the damages regarding territories threatened by floods. Part of these efforts is pointed out to conversion of land usage after flood events. Using temporal series of satellite images provide opportunity for composing land use thematic maps for change detection.

Change detection has had various applications within land use and land cover analysis. However, there are different approaches in applying this type of analysis. The change detection algorithms are divided into two categories: image-to-image comparison or map to map comparison. The map to map comparison is preferred as it can detect a full matrix of land-use/land-cover changes, while the first one is generally accurate, but it lacks detailed information on how various land-use/land-cover categories change (Yang and Lo, 2002).

The most commonly used automatic classification approach is to classify each image pixel as an independent observation regardless of its spatial context. Unfortunately, this is fraught with the limitations imposed by pixel-based image analysis. The general approach to symbolic identification is to compare two classifications pixel by pixel, although it generally results in low change detection accuracy (Singh, 1989).

Much attention has recently been shifted to the development of more advanced classification algorithms, including neural network, contextual, object-oriented, and knowledge-based classification approaches (Stuckens et al., 2000; Thomas et al., 2003; Zhang and Foody, 2001; Zhang and Wang, 2003). The shift towards object-orientation is driven by the limitations of the pixel in addressing the issues of location, scale, neighbourhood and distance (Strobl and Blaschke, 2001). Moreover image texture has been recognized as an important source of information for both the manual and automatic processing of remotely sensed images (Jensen, 2005).

In many parts of Bulgaria the environmental conditions in combination with the poor condition of the hydro-technical installations may cause flooding. The flooding in June 2005 in the Town of Novi Iskur, Metropolitan municipality, proved this. Using this event as a case study the main objective in the present work is to develop a spatial model for assessment of the land use/land cover changes resulting from the flooding created by intensive rainfalls. The following issues should be resolved for this purpose:

- Identifying areas threatened with floods using satellite images;
- Conducting digital image processing on the images acquired before, at the time of and after the flood;
- Assessing the condition of the land use/land cover before, at the time of and after the flooding and calculating the affected area.

Study area

The study area is located in the lowest, northern part of Sofia hollow and covers the floodplain of the Iskur River and adjacent slopes on which the Town of Novi Iskur is located. The territory is characterized by marshes, due to high underground waters.

The climate of the region regarding the precipitation rate is analyzed based on the data gathered at the NIMH-BAS rain-gauge station at Kourilo, Town of Novi Iskur, for the period of 1949-2005. The precipitation rate is characterized by spring-summer maximum with highest values in June (Figure 1a). The lowest rainfalls are recorded in August. The distribution of the maximum 24-hour precipitation for 2005 is characterized with two peaks – June and August (Figure 1b). On 07.VI.2005 in the NIMH-BAS rain-gauge station at Kourilo, Town of Novi Iskur, a maximum 24-hour precipitation for the month is recorded (Figure 1b), when rainfall of 62 mm (l/m²) poured out.

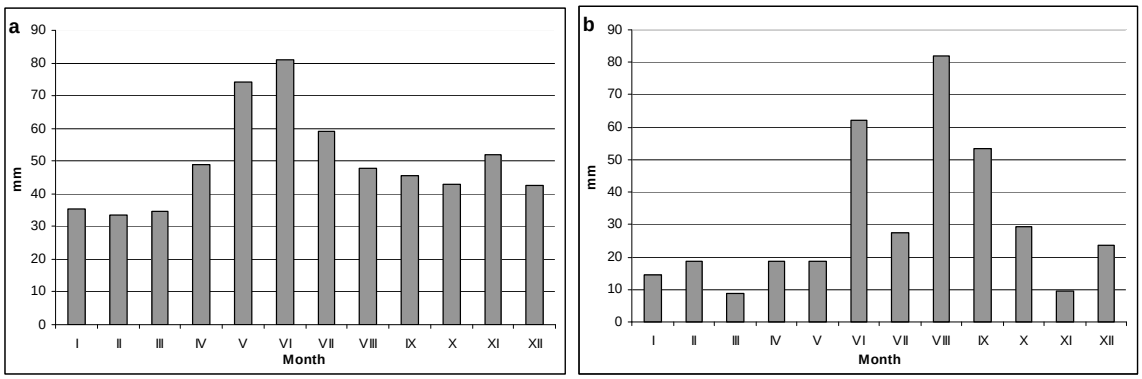


Fig. 1. Precipitation data for Kourilo rain-gauge station: (a) Average monthly amounts of precipitation for 1949-2005; (b) Monthly distribution of the maximal 24 hour precipitation for 2005.

Methods and results

The proposed approach for land use dynamics assessment in regions threatened by floods includes five major stages (Figure 2). Their accomplishment is conducted using geo-informational technologies, including remote sensing data processing and geographical informational systems (GIS) (Lillesand, 2000), and (Burrough, 1996).

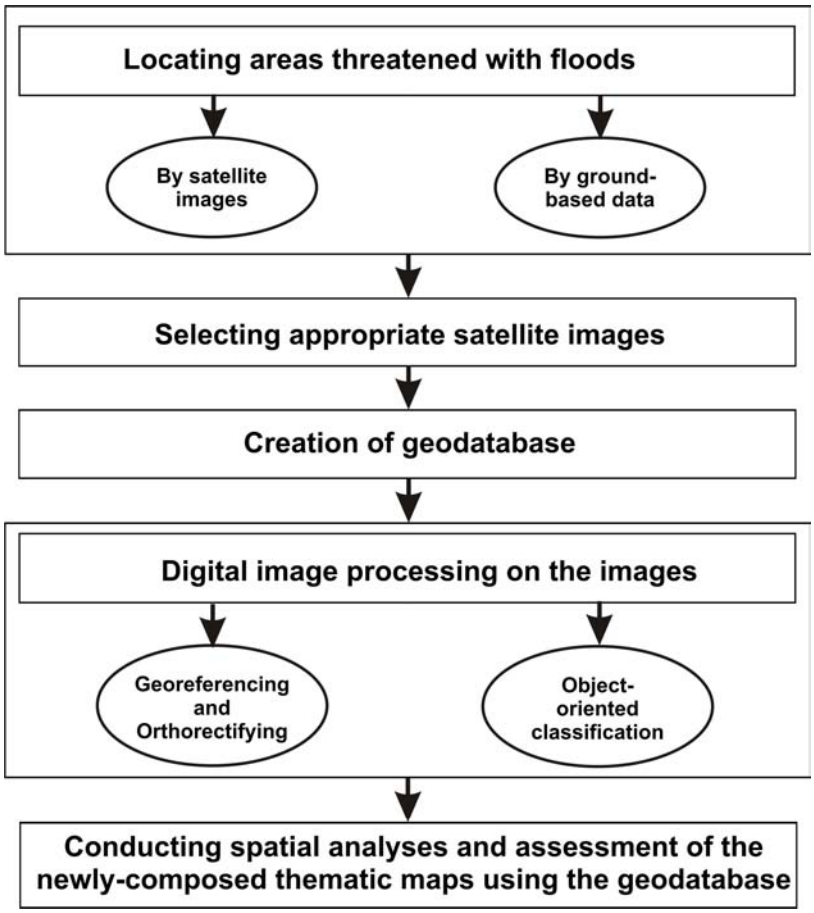


Fig. 2. Flow chart of the study

1. Identification of the areas threatened with floods

The location of the areas threatened with floods is determined using satellite images and ground-based data. Depending on the scale and characteristics of the flood, satellite images with different spatial resolution are used. The necessity of having information with high spatial and temporal resolution requires the use of various satellite sensors. The territory threatened by flooding in the first level is detected using low resolution satellite images from the spectroradiometer MODIS on the satellites Terra and Aqua (Figure 3), downloaded free of charge from MODIS Rapid Response System. On the images acquired in the period 09.06 - 26.06.2005 was identified the location of the flooded area – the floodplain of the Iskur river, Town of Novi Iskur, Metropolitan Municipality. In the first few days the flooded area is not identified on the satellite images due to dense cloud cover.

2. Selecting appropriate satellite images

For selecting appropriate satellite images and conducting assessment for change detection of land use/land cover in the most damaged part of the flooded area, the following criteria were used:

- Spatial resolution not less than 5 m;
- Minimal number of the spectral bands in the following wavelength diapason: 0.6-0.7 μm and 0.8-0.9 (0.8-1.1) μm; it is also recommended to have one band in the 0.5-0.6 μm spectral diapason;
- The images to be georeferenced and orthorectified;
- The temporal resolution to be from 1 to 3 years before and after the flood;
- To be acquired in the same season.

The chosen satellite images are presented in Table 1.

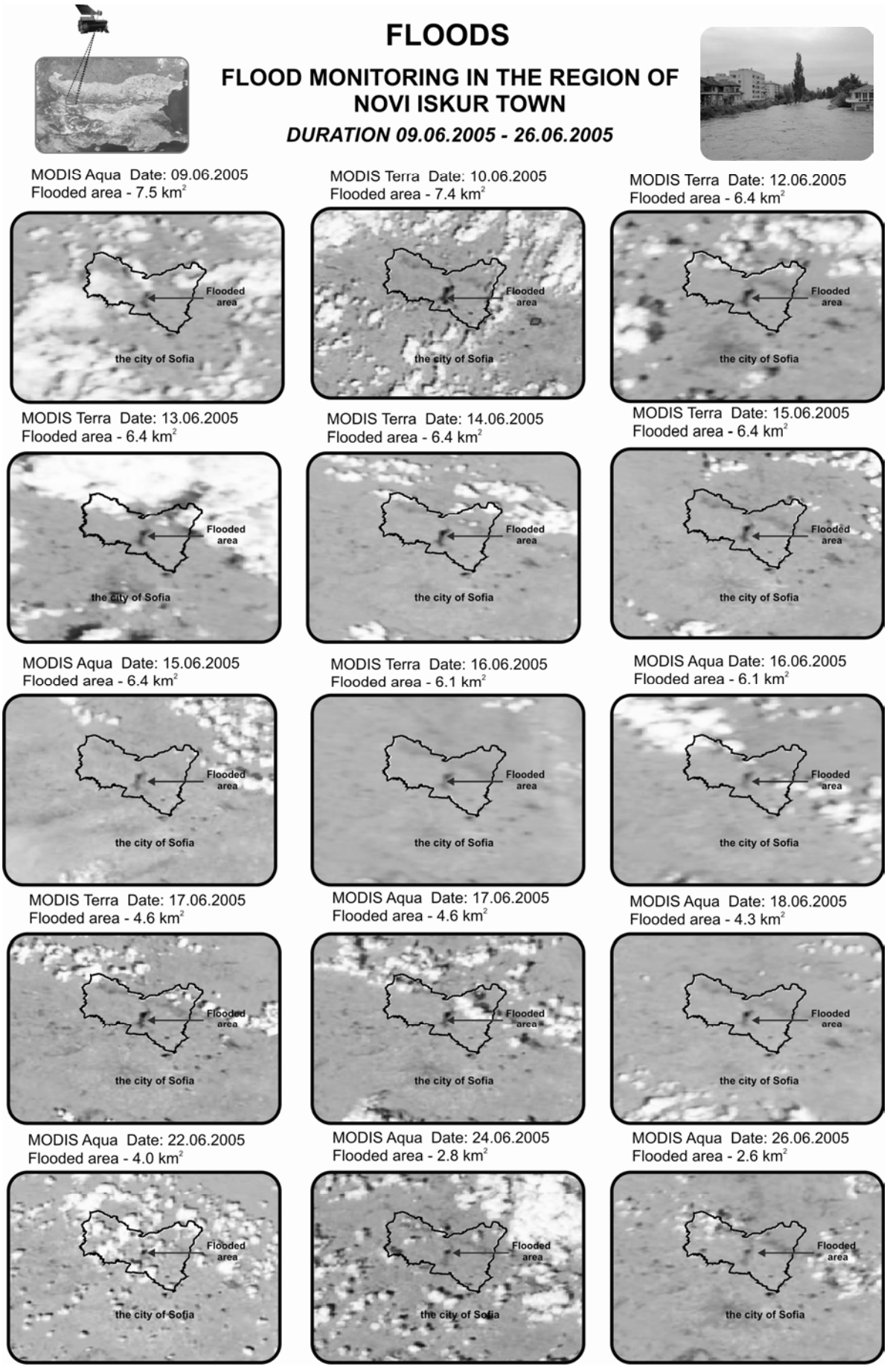


Fig. 3. Locating floods using spectroradiometer MODIS on the satellites Terra and Aqua

Table 1. Used images

Sensor	Acquisition Date	Spatial Resolution (m)	Spectral Resolution (nm)
QuickBird Panchromatic	07.03.2007 31.05.2008	0.60 m	450–900 nm
QuickBird Spectral	07.03.2007 31.05.2008	2.44 m	450–520 nm (blue), 520–600 nm (green), 630–690 nm (red), 760–900 nm (near IR)
IKONOS Panchromatic	03.07.2002 16.06.2005	1 m	526–929 nm
IKONOS Spectral	03.07.2002 16.06.2005	4 m	445–516 nm (blue), 506–595 nm (green), 632–698 nm (red), 757–853 nm (near IR)
Coloured aerial photos	20.06.2006	0.50 m	-

3. Creation of geodatabase

The thematic geodatabase created for the present study in the Town of Novi Iskur is distributed in two major datasets – raster and feature. The Geographical Informational System (GIS) created for the Novi Iskur aerospace test site, with integrated geodatabase composed of large-scale aerospace and ground-based data for landscape-ecological planning of land use was used. It also contains: climate, relief, geology, soil, vegetation and land use/land cover data. The geodatabase includes also archive aerial and satellite images for the period 1940–2009. The composed file geodatabase for the Novi Iskur GIS contains 6 feature datasets with 27 feature classes, 1 raster catalogue with 385 images, 51 raster datasets, 14 tables, 6 stand-alone feature classes and the relevant topological and relationship classes.

4. Digital image processing

The preliminary processing and interpretation on the satellite images is conducted in GIS with the purpose of deriving land cover thematic layers for the studied territory. These layers are used for composing a map and change detection matrix for the land use/land cover classes after the flood in 2005. Since very high resolution satellite images acquired in various years are used it is necessary to be georeferenced and orthorectified preliminary. Digital Elevation Model (DEM) with 40-meter cell size and Rational Polynomial Coefficients (RPC) geometric correction model in ERDAS IMAGINE were used for orthorectifying the images. Ground control points selected from orthophoto images with resolution of 0.5 m were used to adjust the RPC values. The RPC model uses cubic polynomials for transformation from ground surface coordinates to image coordinates (Figure 4).

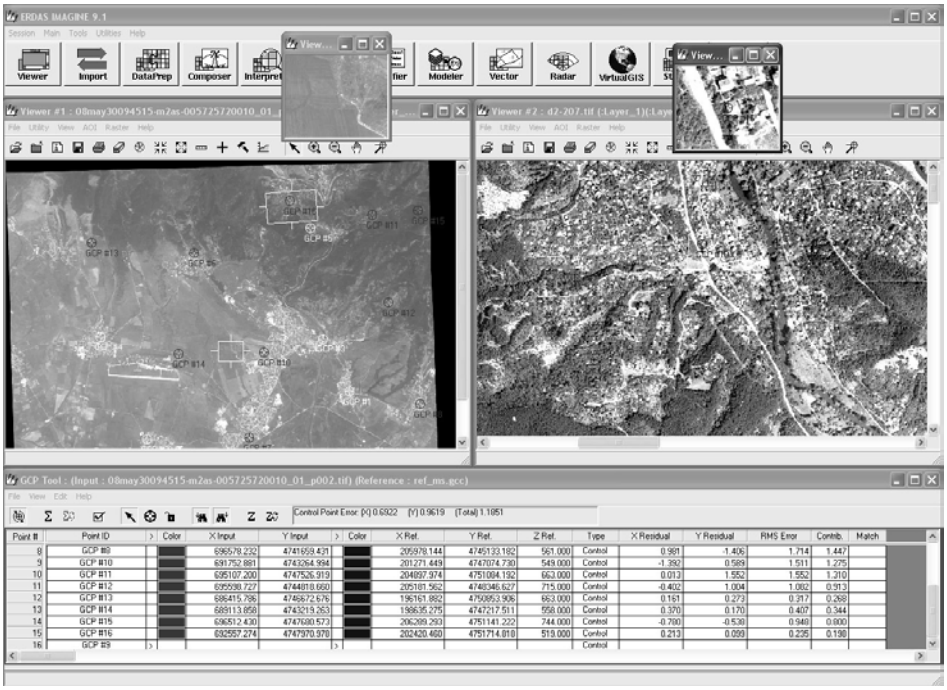


Fig. 4. Orthorectifying and georeferencing of the images

The identification of the different land cover classes on the satellite images was conducted using object-oriented classification software product Feature Analyst 4.2 for ArcGIS. For classifying the chosen satellite images (Table 1) from QuickBird and IKONOS the following options available in the software were chosen: Input Representation field Manhattan, Pattern width 5, Aggregate area 25 pixels, Approach 1, wall to wall selected. The panchromatic image was used as texture and reflectance and the multispectral one only as reflectance. For better accuracy in identifying the training samples, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) image was used. Depending on the land cover condition and their appearance the following classes are identified: three classes of crop fields, three classes of natural meadows, pastures, forest and scrub vegetation, water bodies and roads. The accuracy assessment of the classification of the satellite image, acquired in 2008 is conducted based on field check with preliminary selected routes.

Accuracy Assessment tool in ERDAS Imagine software was used for the accuracy assessment of the three object-oriented classifications. Over 100 randomly distributed reference points were generated for that purpose.

The accuracy assessment report for the object-oriented classification on the IKONOS image acquired in 03.07.2002 shows overall classification accuracy of 80.26% and overall Kappa statistics of 0.7669. From 76 randomly distributed reference points throughout the image, 61 points are correct. According to the reference data table from the error matrix, it can be concluded that there are some problems regarding the accurate extraction of the classes “Meadow 3”, “Crop 2” and “Meadow 2”. The particular problems are as follows: 1) Class “Meadow 3” is mixed with the “Crop 3” class and this is reflected on the accuracy totals table where 50% producer accuracy is observed; 2) Class “Crop 2” is mixed with the “Crop 3” class which can be explained with the difficulties in the discrimination between the three agricultural classes. The producers’ accuracy of the “Crop 2” class is 66.67%. The “Meadow 2” class is considered as the most difficult class for extraction from the IKONOS image because it has some mixtures with both other classes: “Crop 3” and “Meadow 1”. This conclusion can easily be seen in the accuracy totals table, where the class “Meadow 2” has producer’s accuracy of just 35.61%. There are two other classes that experience some accuracy assessment problems for that classification. These classes are “Trees” and “Crop 3” which have users’ accuracy of less that 70%. The classes “Pastures” and “Water” have both producers’ and users’ accuracy of 100%.

The accuracy assessment report for the classification on the QuickBird image, acquired on 07.03.2007 shows overall classification accuracy of 80.60% and overall Kappa statistics of 0.7543. According to the error matrix table of the accuracy report, it can be concluded that the classification process has some difficulties regarding the “Meadow 2” class, which is mixed with the “Meadow 1” and “Crop 2” classes. This conclusion is evident from the accuracy totals table, where this class has producers’ accuracy of just 33.33%. The “Water” class has 100% accuracy and this can be explained with the excellent extraction of this class from the Feature Analyst software and also with the fact that the water bodies have only 4 reference points in total for that classification.

The accuracy assessment report for the classification on the QuickBird image, acquired on 31.05.2008 shows overall classification accuracy of 91.75% and overall Kappa statistics of 0.8693. From 97 reference points in the image, 89 are correct and represent the real distribution of the classes throughout the studied territory. According to the error matrix table of the accuracy report, it can be concluded that this classification has some inaccuracies’ regarding the “Meadow 1” class, which is mixed with the “Meadow 2” class and this is reflected on the error matrix table. This classification is the most accurate from the three classifications made. The reason for that could be the acquisition date of the image, in particular the growth stage and the condition of the meadows and crops, which makes interpretation of the image more easy compared to the other two images.

Despite using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and ground-based data to separate between different growths stages of the classes “Meadows” and “Crops”, it is still very difficult to receive a 100% accuracy assessment report. Having in mind that we analyze three images, each from different time of the year and growth stage, we consider that this study will be useful for future research in this field.

5. *Conducting spatial analyses and assessment of the newly-composed thematic maps using the geodatabase.*

The border of the flooded areas and the level of dryness are evaluated using visual computer-aided interpretation on very high resolution IKONOS image, acquired on 16.06.2005. A notable part from the territory of Novi Iskur was affected by the flooding - 10.6% of the territory was flooded, and the prevailing part of it has already partially dried (Figure 5).

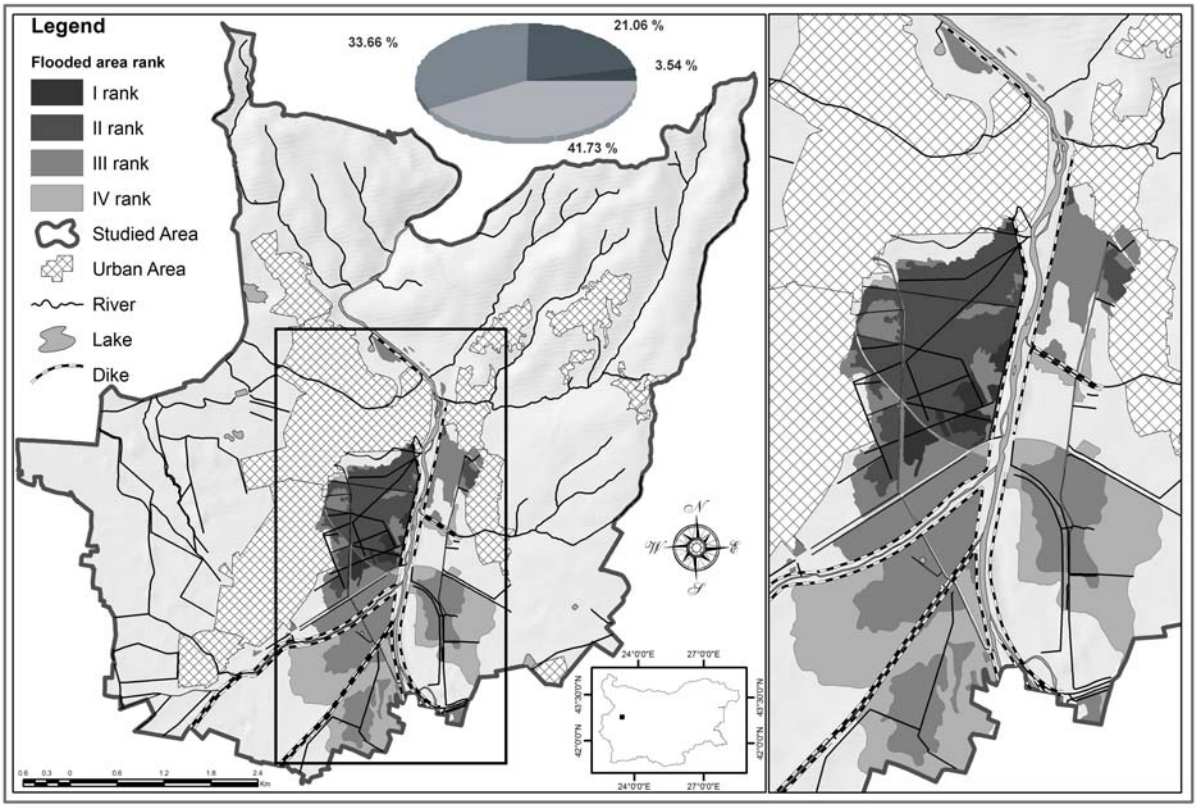


Fig. 5. Map and diagram of the flooded areas and the level of dryness

For assessing land cover change caused by the flooding, difference map were created using the vector layers from the object-oriented classification of 2002 and 2008 images. A simplified difference map showing changed and unchanged territories between 2002 and 2008 is shown in Figure 6. Change detection matrix for the same years is also presented (Table 2), showing the change occurred from one class to another.

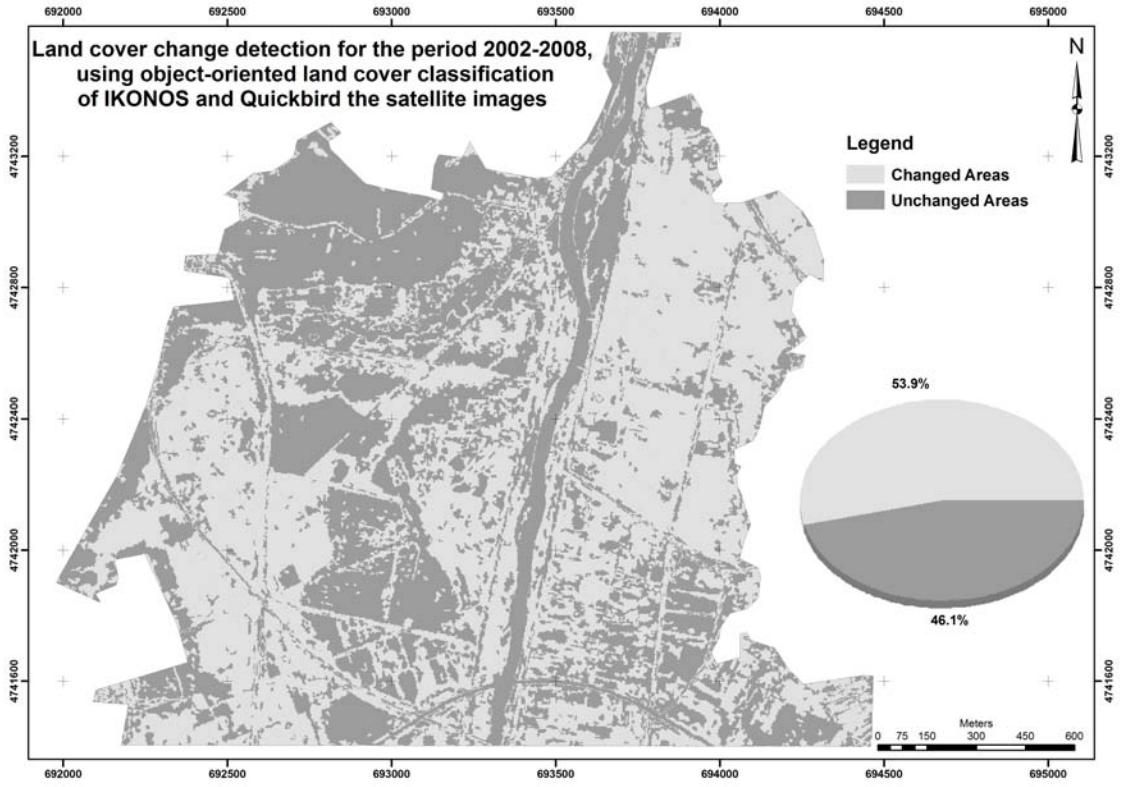


Fig. 6. Map of changed and unchanged areas for the period 2002-2008

Table 2. Change matrix of the land cover areas (%) for 2008 compared to 2002

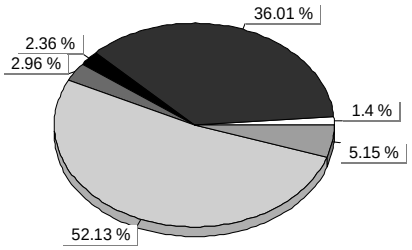
Land cover classes		2008			Total
		Crop	Meadow/ Pastures	Other	
2002	**Crop**	**0.47%**	40.76%	5.44%	46.67%
	Meadows/Pastures	0.49%	**38.69%**	3.85%	43.03%
	Other	0.12%	3.28%	**6.90%**	10.30%
Total		1.08%	82.73%	16.18%	100.00%

The studied territory appears labile as far as land use is concerned. In 2008 53.9% of the study area is changed (Figure 6) with biggest shares for the class agricultural land. The arable land affected by the flood is abandoned and it is occupied mostly by meadows and pastures. The meadows/pastures land for 2002 is 43.03%, while in 2008 it occupies 82.73% from the territory (Table 2). This conclusion was confirmed from the conducted field check.

Land use categories, affected by the flood are defined for registering the damages and their percent shares are calculated using the created geodatabase (Table 3). The most affected classes are crop fields and natural meadows, respectively 52% and 36% from the flooded areas. The least affected class is forest and shrub vegetation of the territory. As a result from the flood, parts of the irrigation equipment was damaged and flooded - mainly dikes and two channels.

Table 3. Land use categories for the Town of Novi Iskur affected by the flood in 2005.

Land use categories	Area (%)
Crop fields	52.13%
Meadows	36.01%
Transport and infrastructure	5.15%
Pastures	2.96%
Urban area	2.36%
Water bodies	1.40%



Conclusion

The effect from the flooding has biggest reflection on the crop class. In the recent years the usage of the territory for agricultural purposes has decreased.

The use of very high resolution (VHR) satellite images integrated in GIS allows for regular monitoring of the land use/land cover change to be conducted.

Acknowledgment

The study is implemented within the framework of scientific-research contract NZ – No.1507/05 (Development of Methodical Fundamentals of Landscape-Ecological Planning Using Geoinformation Technologies, 2005-2009) and Contract N-НИК-003/07 (Establishment of a Scientific-Information Complex for Aerospace Test Sites on the Territory of the Republic of Bulgaria, 2007-2008) concluded between the Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences and the Scientific Research Fund at the Bulgarian Ministry of Education and Science.

The GIS software used for the presented study (ArcGIS 9.2 with ArcInfo license) was granted by ESRI Inc. in 2007 under the ESRI Conservation Program and SCGIS Scholarship Program.

The authors V.Vassilev, V. Naydenova and P. Dimitrov are participants in a project of the Bulgarian Ministry of Education and Science under the Human Resource Development Operational Programme funded by the ESF, Contract BG051PO001/07/3.3-02/63/170608, entitled *Enhancing the qualification and retaining a young scholar' team in the field of aerospace technologies as a prerequisite for monitoring and preservation of environment and prevention of damages caused by natural disasters*, 2008-2010.

References:

1. Burrough, A. (1996) Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press, Oxford. 210 p.
2. Jensen, J.R., 2005. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, third ed. Prentice-Hall, New York.
3. Lillesand T., R. Kilfer (2000) Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons, 721. Principles of Geoinformatics, Ed. By Tikounov, V. (2004), ACADEMA, Moscow, vol. 1, 345, vol. 2, 477 (in Russian).
4. Sanyal, J. and X. X. Lu. 2004. Application of Remote Sensing in Flood Management with Special Reference to Monsoon Asia: A Review. Natural Hazards 33: 283–301
5. Singh, A. 1989. Digital change detection techniques using remotely sensed data. International Journal of Remote Sensing, 10, 989–1003.
6. Smith, L.C., 1997. Satellite remote sensing of river inundation area, stage, and discharge: a review. Hydrological processes, vol. 11, 1427-1439
7. Strobl, J. and Blaschke, T. 2001. What's wrong with pixels? Some recent developments: interfacing remote sensing and GIS. In Geo-Informations-Systeme, Heft 6/2001, pp. 12–17.
8. Stuckens, J., Coppin, P. R., Bauer, M. E. 2000. Integrating contextual information with per-pixel classification for improved land cover classification. Remote Sensing of Environment, 71, 282–296.
9. Thomas, N., Hendrix, C., Congalton, R. G. 2003. A comparison of urban mapping methods using high resolution digital imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 69, 963–972.
10. Yang, X., Lo, C.P., 2002. Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area. International Journal of Remote Sensing 23 (9), 1775–1798.
11. Zhang, J., Foody, G. M. 2001. Fully-fuzzy supervised classification of suburban land cover from remotely sensed imagery: Statistical neural network approaches. International Journal of Remote Sensing, 22, 615–628.
12. Zhang, Q. and Wang, J. 2003. A rule-based urban land use inferring method for fine-resolution multispectral imagery. Canadian Journal of Remote Sensing, 29, 1–13. Smith, L. C. 1997. Satellite remote sensing of river inundation area, stage, and discharge: a review. Hydrological processes, vol.11, 1427-1439
13. http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

REQUIREMENTS FOR THE PARAMETERS OF IMAGING SPECTROMETERS ARISING FROM THE USED PREPROCESSING METHODS

Valentin Atanassov, Georgi Jelev, Lubomira Kraleva

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences,
e-mail: vatanassov@space.bas.bg, gjelev@space.bas.bg, lkraleva@abv.bg

Key words: *imaging spectrometer, spectral data, preliminary processing, requirements for imaging spectrometer characteristics.*

Abstract: *The paper presents one approach used to determine the requirements for the parameters of imaging spectrometers, obtained as a result of preliminary data processing. It considers the various types of non-uniformities in acquired spectral data, the factors influencing their formation and the respective correction methods used during preliminary processing. The results from preliminary processing depend greatly on the systems' characteristics, too. Using this approach, a number of requirements for the image spectrometric systems imposed by the design and construction process of such type of devices have been determined.*

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПАРАМЕТРИТЕ НА ВИДЕОСПЕКТРОМЕТРИЧНИ СИСТЕМИ, ПРОИЗТИЧАЩИ ОТ ИЗПОЛЗВАНИТЕ МЕТОДИ НА ПРЕДВАРИТЕЛНА ОБРАБОТКА

Валентин Атанасов, Георги Желев, Любомира Кралева

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: vatanassov@space.bas.bg, gjelev@space.bas.bg, lkraleva@abv.bg

Ключови думи: *видеоспектрометри, спектрални данни, предварителна обработка, изисквания към характеристики на видеоспектрометри.*

Резюме: *В работата е представен един подход за определяне на изисквания към параметрите на видеоспектрометричните системи, изведени в процеса на предварителна обработка на спектрални данни. Разгледани са различните типове неоднородност в получаваните спектрални данни, факторите които влияят за формирането им и съответните методи за корекция, използвани при предварителната обработка. Резултатите от предварителната обработка са в зависимост до голяма степен и от характеристиките на самите системи. Използвайки този подход са определени редица изисквания към параметрите на видеоспектрометричните системи при разработване и конструиране на тези прибори.*

1. Introduction

Remote sensing of the Earth from Space occupies an exclusively important place in the development of modern science and technologies. The application scope of remotely sensed spectral data and images is expanding continuously to involve new areas, such as ecological monitoring of endangered areas, monitoring of the global changes of natural resources and the environment, climate changes etc. The conclusion may be drawn that spectral images make it possible to map with unprecedented accuracy biophysical and biochemical changes in the Earth's surface and atmosphere status.

Imaging spectrometers are a relatively new remote sensing instrument which, during the recent decades, ranked among the top instruments used in these studies. This high ranking is due to the numerous advantages they offer to remote sensing, the most important of which are: complexity of obtained spectral data, i. e. ability to form spectral data in a great number of continuous spectral channels, fast spectral data acquisition rate, high spectral and spatial resolution etc.

But, alongside with these convincing advantages, the data obtained thereby are subject to numerous non-uniformity effects and noises caused by the instruments' operation and data formation principles, the parameters of data-containing storage, the atmospheric conditions under which the data were acquired, the detector's operation mode (usually, a CCD matrix) and the control electronics, the data conversion and storage systems etc. [1,2]. Each case in which non-uniformity has appeared in acquired data requires the adoption and application of an appropriate strategy for preliminary processing of the acquired spectral data. Therefore, the vast information potential of spectral images may be used in subsequent scientific and practical applications only following an appropriate preliminary processing of the initially acquired spectral data.

2. Preliminary processing methods and requirements for imaging spectrometers

In Imaging spectrometers using the principle of light flow dispersion and pushbroom type of scanning, spectral data for each image line with width of one pixel are obtained simultaneously; thus, the whole image is built line by line to make the entire image (Fig.1). The radiation passing through the input slit and corresponding to one line (with width of one pixel) from the surface of the examined object then falls onto a dispersing element, which decomposes it spectrally. The points along the length of the input slit corresponding to one line of the examined object's image are displayed as spectral lines in the imaging spectrometer's spectral plane (Fig.2). They may be recorded by a matrix detector (usually, a CCD matrix). The whole process is repeated after the platform on which the imaging spectrometer is located moves forward along the carrier's track to a distance equal to one spatial resolution element

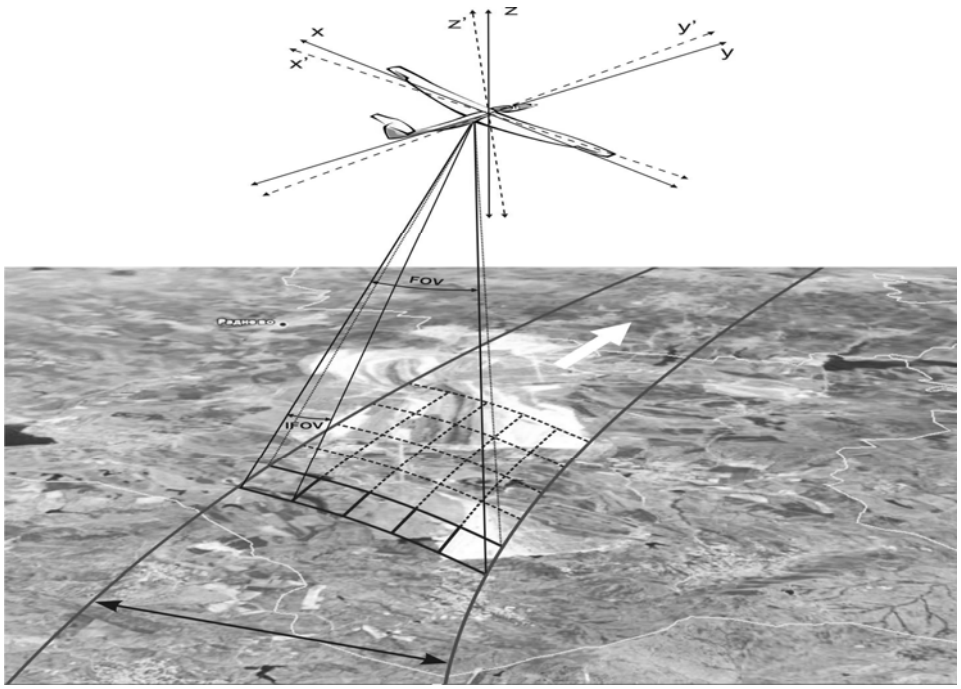


Fig.1. Observation geometry

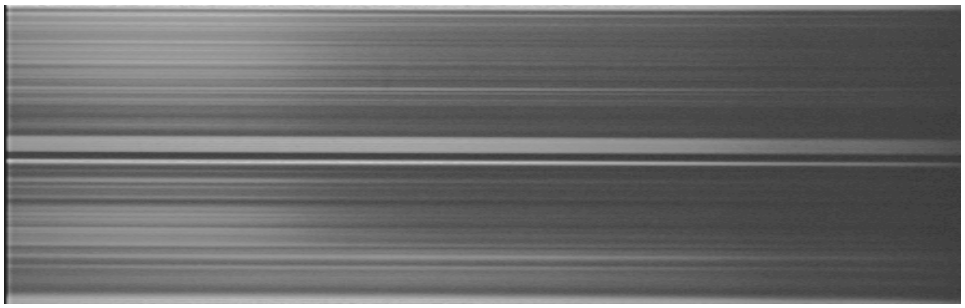


Fig.2. Spectral data for one line of the spectral image

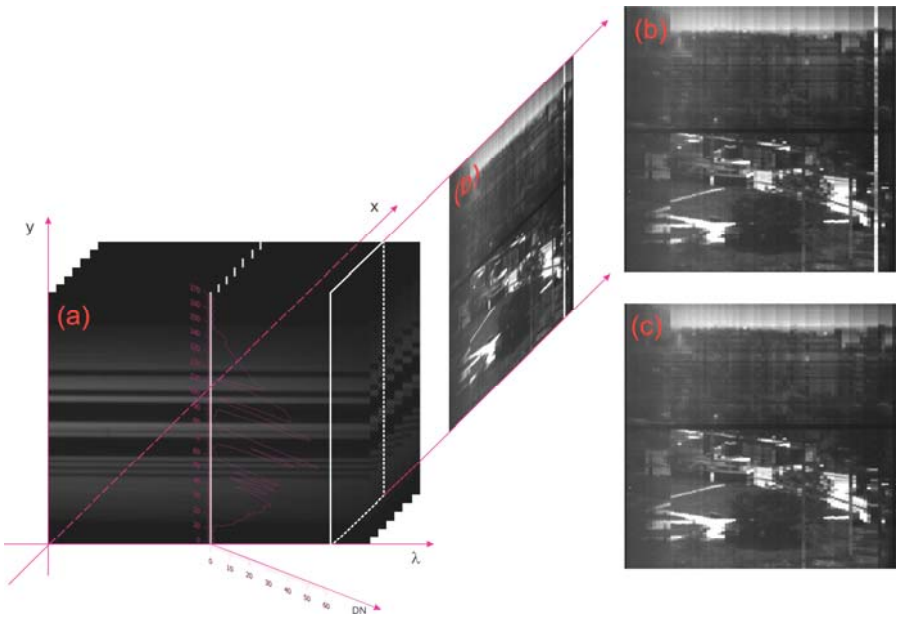


Fig.3. Spectral data forming the so-called "spectral cube" (a), spectral images (b,c).

While conventional images have two coordinate axes, x and y, spectral images also have a third coordinate axis, λ. Thus, the so-called "spectral cube" is formed, in which each plane perpendicular to the spectral axis λ constitutes a spectral image for a definite electromagnetic spectrum wavelength band (Fig.3). Therefore, the spectral image is not built at once, but in series, through a scanning process, as a result of which it is subject to a greater extent to the additional destructive influences of the conditions under which the image is built and which form the image's non-uniformity.

Generally, these non-uniformity effects may be expressed in: missed individual pixels and/or lines in the acquired data resulting from the available bad pixels in the used detector, reading errors, electronics failures, spatial and spectral direction irregularities caused by the generation of the so-called keystone and smile effects induced by the optics etc.

Spectrometric data require correction in the three major aspects – spatial, spectral, and radiometric.

2.1. Spatial non-uniformity

It should be noted that the effects of spatial non-uniformity are manifested to a greater extent by airborne imaging spectrometers, whose platforms are more unstable, so, these instruments are designed to feature greater spatial resolution.

The real imaging spectrometers of the pushbroom type are affected by various effects of spatial non-homogeneity, such as loss of individual pixels, lines or columns, generation of the so-called keystone and smile effects induced by the optics, point spread function non-uniformity etc.

During the correction of spatial non-uniformity, the image within a given pixel must be restored, which is made by choosing an appropriate restoration strategy. The most common image restoration methods are: nearest neighbour resampling, linear interpolation, bilinear interpolation, triangulation method. They have been examined thoroughly and their application for various specific cases is described in literature [3,4].

The chosen restoration method depends on the type of the examined image, as classified by parameters, such as sensor location height, sensor resolution, details of the examined object, whereas the results are nor always unambiguous. Therefore, in studying restoration methods, a somewhat different approach should be applied during the subsequent preprocessing procedures whereas the methods applied on images shall be assessed depending on the correlation links between the elements within the image itself.

Another line along which further studies will proceed is related with the fact that the impact of these methods on the accuracy in the spectral and radiometric aspect has not been paid sufficient attention. Additional studies are needed to assess the impact of spatial restoration methods on the spatial accuracy of spectral images in the spectral and radiometric aspect. For instance, one spatial pixel shift of 0.5 pixels within the image may result in errors of the order of up to 10% in the spectral aspect [5].

To provide for the used restoration methods' effectiveness (least squares mean [LSM] ≤ 2%), the procedures should be performed within a distance of a couple of pixels (≤ 3 pixels), which imposes the following requirements**:**

- to the platforms' stability – deviation between 0.1° and 0.5°;
- to the carrier's velocity – overlapping between 0.1 and 0.3 pixels;
- to the detector's quality – reduction of the number of bad pixels and the size of bad areas, improvement of the uniformity of pixels' response;
- to the control electronics.

2.2. Spectral non-uniformity

The spectral non-uniformity of the instrument's response is determined by the instrument's uniform response over the entire spectral range; usually, it is described by the width (normally, FWHM) (Fig.3) and position (central wavelength λ_n) (Fig.4) of the spectral channels. Therefore, the introduced spectral non-uniformity in the data (axis λ in the spectral cube) is the result of errors in the width and position of the individual channels. It may be caused by the instrument's operation conditions, temperature, pressure, as well as by the stability of the characteristics of the instrument itself.

The instrument's spectral response function is determined in laboratory conditions during the calibration process. The spectral response function is used to describe the instrument's response to input impact – monochrome light [6]. In most cases, the spectral function may be approximated by a Gaussian model or polynomial approximation (Fig.4).

Requirements for reduction of spectral data non-uniformity:

- strict requirements for the instrument's design;
- laboratory calibration;
- envisaging of appropriate procedures for on-board calibration;
- choosing appropriate algorithms for correction of SRF non-uniformities.

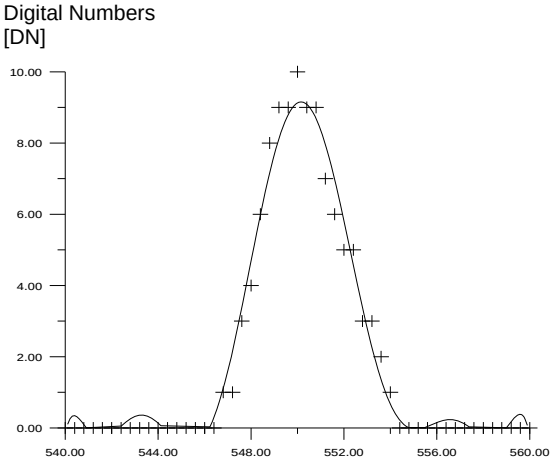


Fig. 3. Spectral response function for the 550nm channel (polynomial approximation) of a videospectrometer ($\Delta\lambda_{in}$1.65nm)

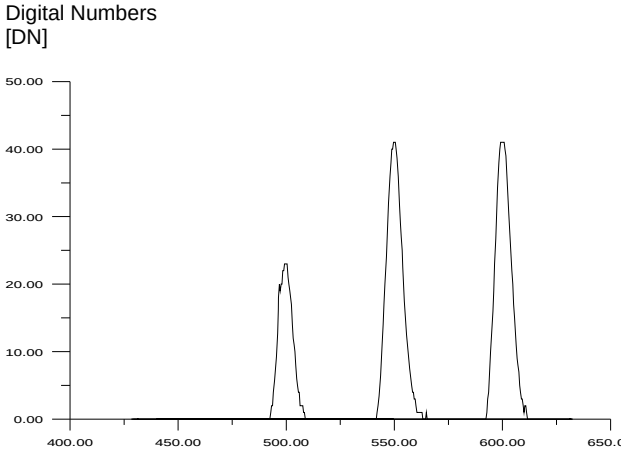


Fig. 4. Determination of the spectral range. Instrument's response to input impacts with central wavelengths λ_0 of 500nm, 550nm and 600nm

It should be noted that the correlation links between the elements along the spectral axis are manifested better.

2.3 Radiometric non-uniformity

Radiometric non-uniformities in these systems are generated by the same above-described **factors**, which determine spatial and spectral non-uniformity:

- the conditions under which the image was acquired: changes in the scene's illumination, atmospheric conditions, observation geometry etc.
- stability of the instrument's response characteristics.

Corrections:

- accounting for the seasonal position of the Sun with respect to the Earth;
- accounting for the distance between the Sun and the Earth.
- accounting for the spectral distribution of solar radiation energy.

Thus, the acquired data are normalized depending on the Sun's illumination conditions.

Another radiometric correction involves transforming the acquired values measured in digital numbers (DN) to represent them in absolute units W/(m^2.sr.nm). This correction is required to make

data comparable when reflected radiation has been measured at different times by different instruments.

Requirements:

- detectors: constructed and calibrated in laboratory conductions and featuring linear dependence of the response function on incident spectral radiation;
- stability of the characteristics, so that this linear dependence may be preserved during the experiment's performance;
- envisaged on-board calibration procedures with appropriate hardware;
- The achievement of high spectral and spatial resolution with this type of instruments is also related with the sensors' operation under the conditions of low energy levels of the radiation collected at the sensor's input. The sensors' operation in such modes results in generation of radiometric non-uniformities. Several approaches are available to reduce such radiometric non-uniformities:
- the first of them, naturally, consists in technological improvement of the sensors themselves, improvement of quantum efficiency, reduction of the number of bad pixels, improvement of the pixels' response uniformity;
- another, quite often used approach consists in improvement of sensor integration time, for instance, from x10 μs to x10 ms, whereas the restriction imposed here originates from the instrument's spatial resolution and the carrier's movement velocity, so that the overlaid image be not greater than 0.1 to 0,3 pixels of the examined scene;
- apart from the above restriction, this method also imposes a restriction originating from the dark current levels, which increase with increase of integration time, and the saturation effects in some individual image pixels [7] resulting in the so-called fuzzy image areas whose size should not exceed several pixels;
- the use of TDI instruments, in which sensitivity is increased by summing up several image lines, however, at the expense of resolution.

3. Conclusions

1. The available non-uniformities in acquired spectral data require the application of appropriate preliminary processing of such data. Preliminary processing is a mandatory procedure, if such data will be used for further processing and analysis.

The application of preliminary processing reduces greatly and in certain cases eliminates completely non-uniformity effects on spectral data, which results in increasing the efficiency/cost factor of spectrometric data use.

2. It should be noted that preliminary processing cannot compensate the omissions or inaccuracies made during the instrument's construction. Therefore, based on the performed analysis during preliminary processing, requirements for the specific parameters of spectrometric systems under construction are formulated which should be satisfied.

References:

1. A t a n a s s o v V, L. K r a l e v a, G. J e l e v. Noise and Uncertainties in Remote Sensing Spectrometric Measurements. Third Scientific Conference with International Participation, "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS'2007" 27-29 June 2007, Varna, Bulgaria. Conference Proceedings, pp.170 – 174. (in bulg.)
2. N I e k e, J., et all. Uniformity of Imaging Spectrometry Data Products IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, VOL. 46, NO. 10, OCTOBER 2008 1
3. S c h l ä p f e r, D., et all. Effects of geo-atmospheric preprocessing on imaging spectroscopy data. Quality and methods. Remote Sensing Laboratories (RSL), 2002, Department of Geography, University of Zurich, CH-8057 Zurich, Switzerland
4. S c h l ä p f e r, D., N i e k e J. and I t t e n K.I.. Spatial PSF Non-Uniformity Effects In Airborne Pushbroom Imaging Spectrometry Data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 45(2):458-468. 2007.
5. S c h l ä p f e r, D., S c h a e p m a n M., and S t r o b l P. Impact of Spatial Resampling Methods on the Radiometric Accuracy of Airborne Imaging Spectrometer Data. 5th Int. Airb. Rem. Sens. Conference and Exhibition, VERIDIAN, San Francisco, pp. 8.
6. A t a n a s s o v, V., et all. Hyperspectral Imaging Spectrometer as a Power Tool for Ecological Monitoring. Journal of Balkan Ecology, vol.4, № 2, 2001. pp. 168 – 170.
7. A t a n a s s o v, V., G. J e l e v. Algorithm for Dark Current Characterization of Imaging Spectrometer. Aerospace Research in Bulgaria, vol. 19, 2006. pp.77-83.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ACCURACY ASSESSMENT OF AN OBJECT-ORIENTED CLASSIFICATION FOR TRANSPORT AND INDUSTRIAL INFRASTRUCTURE, RESIDENTIAL BUILDINGS, AND WATER BODIES BASED ON A QUICKBIRD IMAGE

Vassil Vassilev

Bulgarian Academy of Sciences - Space Research Institute
e-mail: vassilev_vas@yahoo.com

Key words: *Quickbird; Image analysis; Large scale cartography; Urban planning: Feature Analyst*

Abstract: *A methodology for cartography and accuracy assessment of an object-oriented classification for three different Land use classes based on extraction of thematic information from very high resolution multi spectral Quickbird image acquired on 31.05.2008 is presented in this paper. The proposed methodology includes several work stages and it has been applied on a highly fragmented urban and agricultural land of the Novi Iskur Region, Municipality of Sofia, Bulgaria. The area studied is slightly above 130 km^2. A land use classification scheme for the area studied was created for the three classes: transport and industrial infrastructure, residential buildings and water bodies, depending on the differences in their spectral reflectance and texture. Automatic identification of the land use classes based on the multi spectral image was applied using the Feature Analyst 4.2. Extension Tool of ArcGIS software. Their accuracy assessment was calculated using ERDAS Imagine software which shows overall accuracy of 94%. Upon evaluating the distribution of these classes it can be concluded that the area features agriculture-orientated development. A large scale land use map is composed bases on the final result. The methodology developed offers an opportunity for quick and objective extraction of thematic information from multi spectral images to support urban planning of a relatively large territory. This allows to take adequate planning decisions and to conduct a regional policy which ensures sustainable development of the environment.*

ОЦЕНКА НА ТОЧНОСТТА НА ОБЕКТНО-ОРИЕНТИРАНА КЛАСИФИКАЦИЯ ЗА КЛАСОВЕТЕ ТРАНСПОРТНА И ИНДУСТРИАЛНА ИНФРАСТРУКТУРА, ЖИЛИЩНИ СГРАДИ И ВОДНИ ОБЕКТИ ПО МНОГОКАНАЛНО ИЗОБРАЖЕНИЕ НА QUICKBIRD

Васил Василев

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

Ключови думи: *QuickBird; Анализ на изображения; Едромащабно картографиране; Градско планиране; Обектно-ориентирана класификация*

Резюме: *В доклада е представена методика за картографиране и оценка на точността на обектно-ориентирана класификация на три различни класове земеползване чрез извличане на тематична информация от изображение със свръх висока пространствена разделителна способностна от QuickBird, заснето на 31.05.2008г. Предложената методика включва няколко работни етапа и е апробирана върху силно фрагментирана градска и земеделска територия за район Нови Искър, Столична община, България. Изследваната територия е малко над 130 км^2. Създадена е класификационна схема за три класа земеползване: транспортна и индустриална инфраструктура, жилищни сгради и водни обекти, в засисимост от техните отражателни и текстурни различия. Приложено е автоматично идентифициране на класовете земеползване върху многоканално изображение чрез Feature Analyst 4.2. Extension Tool в ГИС. Тяхната оценка на точността е изчислена чрез ERDAS Imagine, който показва обща точност от 94%. След анализа на разпределението на тези класове може да се направи заключението, че територията има аграрна ориентация. Въз основа на резултата от изследването е изготвена едромащабна карта на земеползването. Предложената методика дава възможност за бързо и обективно извличане на тематична информация от*

многоканални изображения с цел подпомагане на градското планиране на относително голяма територия. Това позволява да се вземат правилните решения при планирането и да се проведе правилна регионална политика, която да осигури устойчивото развитие на природата.

I. Introduction

Urban environment is one of the most challenging areas for remote sensing analysis due to the high spatial and spectral diversity of surface materials, and spectral confusions among different land-use/cover types and the large number of mixed pixels [Lu and Weng, 2006]. Improvement of the accuracy of urban land-use/cover classifications is very important and different approaches have been proposed to solve the mixed-pixel problem in traditional per-pixel classifiers, including development of object-oriented [Thomas et al., 2003] and object-based [Baatz and Schape, 2000; Definiens Imaging, 2002] classifications.

A methodology for cartography and accuracy assessment of an object-oriented classification for the distribution of three very informative land use classes on an urban territory based on extraction of thematic information from very high resolution multi spectral image is presented in this paper. A land use classification scheme was created for the three classes: transport and industrial infrastructure, residential homes and water bodies, depending on the differences in their spectral reflectance and texture. The methodology is an attempt to combine the capabilities of Automatic identification of the land use classes in the Feature Analyst 4.2. Extension Tool of ArcGIS software and accuracy assessment tool in ERDAS Imagine software. It was shown that such approach enables to perform accurate and objective analysis of the territory that could be useful for regional policy, construction processes and the conservation of water resources. Such assessment of the territory is one of the main criteria used in the landscape and urban planning to control and take decisions on sustainable development of urban territories and for its relationship with ecological and environmental issues as well.

II. Methodology

The proposed methodology includes several work stages: 1) Selection of an appropriate satellite image; 2) Selection of methodology for assessing the distribution of the three selected land use classes on the territory using the information gathered in the geodatabase; 3) Selection of a method for automatic land use identification on the multi spectral satellite image; 4) Conducting land use classifications and evaluating its accuracy; 5) Accomplishment of Visual computer aided interpretation of the classified satellite image; 6) Conducting a field check of the results; 7) Composing a large scale land use map on the base of land use classification for the three classes and 8) Importing the results in the geodatabase.

III. Results and Discussion

The methodology has been applied on a highly fragmented urban and agricultural territory of Novi Iskar, municipality of Sofia, Bulgaria. A multispectral Quickbird image acquired on 31.05.2008 has been chosen. Additionally, a panchromatic image was used to increase the visual interpretation with its 0.61 meters spatial resolution compared with the 2.44 meters spatial resolution of the multi spectral image. Digital Elevation Model (DEM) with 40-meter cell size and Rational Polynomial Coefficients (RPC) geometric correction model in ERDAS IMAGINE were used for orthorectifying the QuickBird image (from Digital Globe). Ground control points selected from orthophoto images with 0.5 meter resolution were used for adjusting the RPC coefficient values. The RPC model uses cubic polynomials for transformation from ground surface coordinates to image coordinates.

A land use classification scheme for the studied area was created using the information in the geodatabase including shape files, ground truth data and initial visual interpretation of the image. For this purpose the first field check was conducted, ground control points (GCP) were taken with GPS for some typical training sets for the studied land use classes, and test regions were evaluated as area of interest for the object-oriented classification using the Feature Analyst Extension Tool in ArcGIS.

Automatic identification of the land use classes on the multispectral image were selected using visual interpretation and ground truth data gathered in previous stages of the work process. The training sets for the object-oriented classification were digitalized using a visual interpretation of the image in different band combinations, as well as in-situ information. Visual interpretation of the image was also used to identify the differenced of the land use classes in hue, shape, size, structure, texture, shade, associations between them as the most common combinations of bands was 4, 3 and 2 and 3, 2 and 1. The panchromatic image was used to support the visual interpretation of the multispectral image. Two to five training sets were digitalized for each class in ArcGIS software. For the class

Residential homes the training sets were much more than for the other two classes because of the specifics of the land use class and the need of a large group of training examples. In this paper ArcGIS FEATURE ANALYST 4.2. tool extension was used to conduct object-oriented classification on the territory. The key benefits of this ArcGIS extension are that it allows selection of a learning model for the classification. A hierarchical learning for adaptive feature extraction to identify objects in complex and cluttered scenes iteratively improves classification. This ArcGIS extension also provide the possibility for extraction of wall-to-wall features and has the necessary image processing tools for vector and raster conversion.

The land use classification was made using different options available in the ArcGIS FEATURE ANALYST 4.2. extension tool. The tool extension gives an opportunity to select feature selector depending on the features you are trying to classify, as well as to select the type of band data to use (reflectance, texture, elevation or discrete class values). The Input presentation option provides additional information about the area surrounding the rooftop.

A large scale land use map is composed on the base of land use object-oriented classification (Fig. 1) as follows: Residential homes, Transport and industrial infrastructure, and Water bodies. The statistical method Majority from Focal statistic in ArcGIS 9.2 software was applied with the purpose of additional cleaning of the mixed pixels on the map.

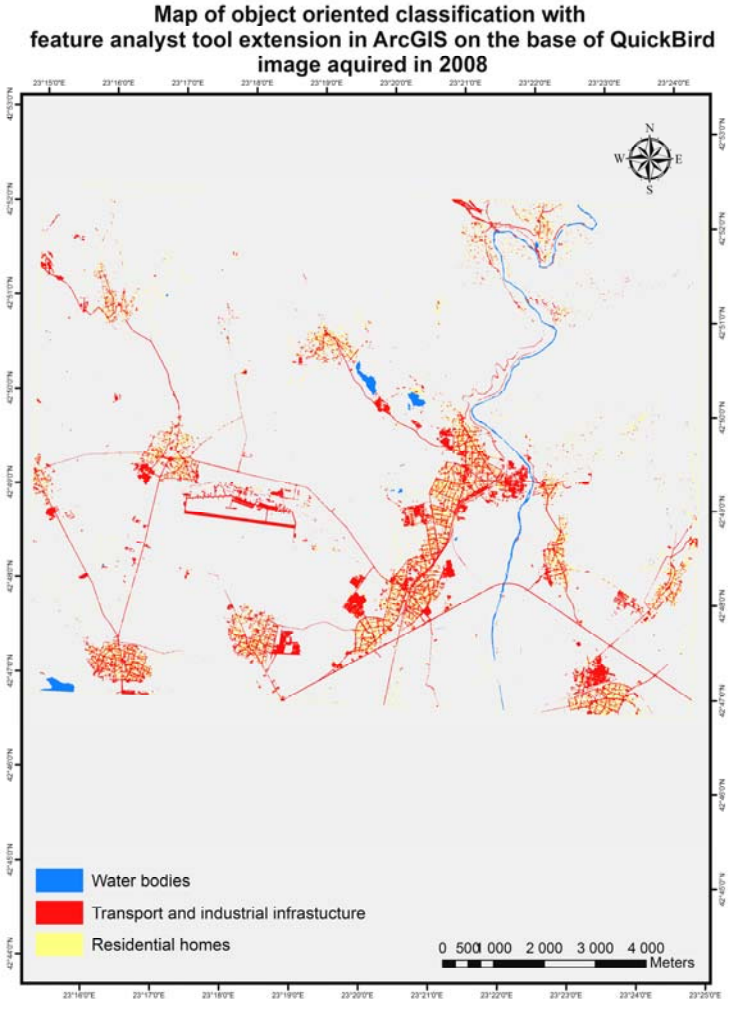


Fig. 1.

The accuracy assessment of the resulted classification was done using ERDAS Imagine software. The land use classification was converted in image (img.) file and after that imported in ERDAS Imagine for calculating it's accuracy by using accuracy assessment option. Two hundred 200 randomly distributed points on the image were used. Some of the points were positioned in the edge of the area of interest, so these points were left out of the actual points which accuracy was evaluated. This is one of the downsides of choosing the randomly distributed points, but using that option the subjective factor of

placing the points yourself was eliminated. Therefore, the actual points used were 188. The accuracy report shows overall accuracy of 94.15% and Overall Kappa Statistics of 0.9335. The Water bodies' class shows producer and users' accuracy of 100%, while Residential homes class show producer accuracy of 100% and users' accuracy of 87.50%. The class that has been appointed as the difficult one for determining is Transport and industrial infrastructure with producer accuracy of 83.33% and users' accuracy of 87.50%. A Visual computer aided interpretation of the classification was performed and some specific areas were appointed for a field check to evaluate their difficulty in the classification process.

A field check (Fig.2) of the results was conducted in order to compare the accomplished results from the accuracy report with the actual situation on the field. The purpose of the field check was to get the real picture of the quality of the work and to evaluate the methodology presented in this paper. It can be concluded that the class Water bodies is the most accurate class from the three classes studied. This can be explained with the fact that water by itself can easily be distinguished by spectral and textural analysis. The other two land use classes, Residential homes and Transport and industrial infrastructure are more difficult to accurately be separated by spectral and even texture analysis. This can be explained for the Residential homes class by the types of roofs that the different buildings have, for example, residential and cottages in the forested area that are build-up with very different in structure and origin materials and with one- and two-storied buildings with courtyards and farmyards that are predominated. The class Transport and industrial infrastructure, on the other hand, has even more complicated problem. There are different ground surfaces from paved roads, cabbie roads to black roads, and the industrial buildings have also very different roofs from bricks to laminated iron and etc. This makes very difficult to recognize them as one single class in the classification process. However, despite the difficulties that were encountered, overall it was established from the field checks that all land use classes were well distinguished and represent the real distribution of the classes in the study area. Finally, the thematic data obtained have been integrated into the geodatabase.

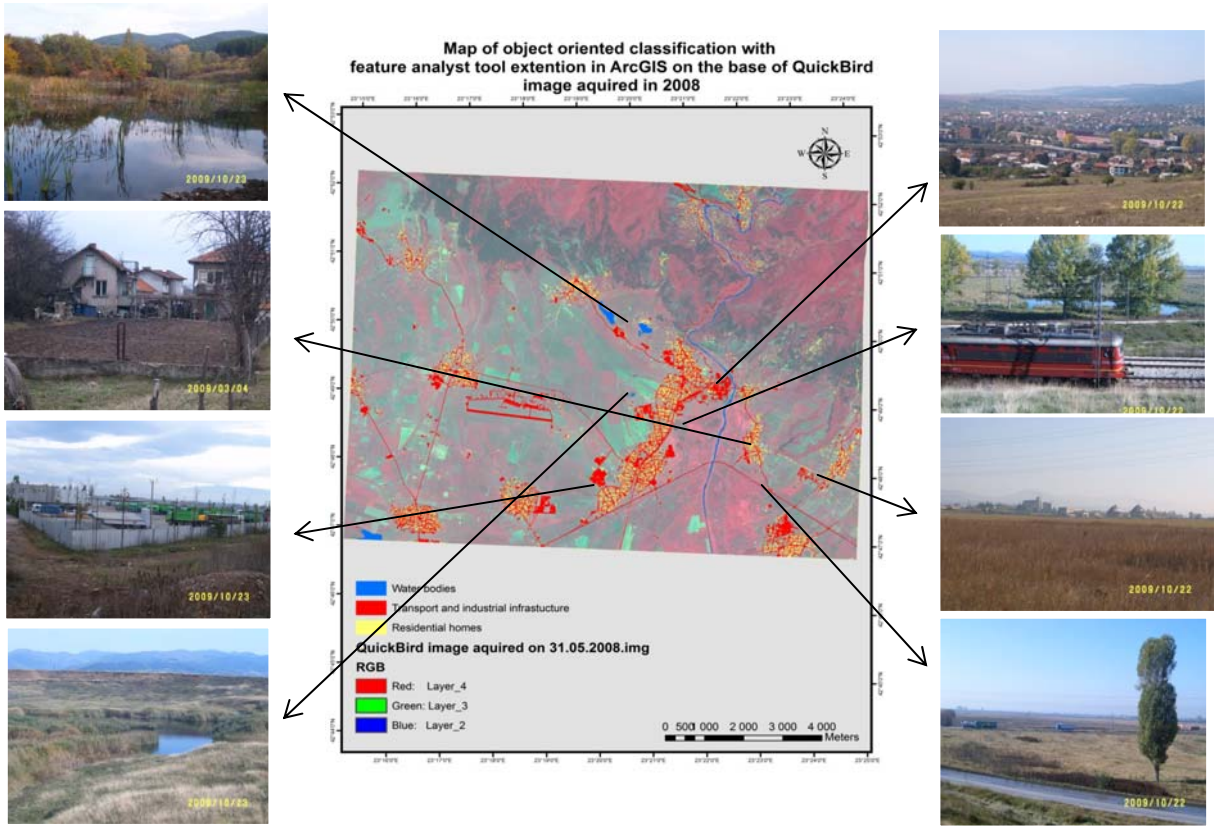


Fig. 2.

The methodology developed proposes an opportunity for quick and objective extraction of thematic information from multi spectral images in order to assess the urban planning and the congestion of buildings at a specific area, using satellite images. This allows to take the right decisions

in planning, and to conduct a regional policy which ensures a sustainable development of the environment.

Acknowledgment

The study is implemented within the framework of scientific-research contract NZ-No.1507/05 concluded between the SRI-BAS and the Scientific Research Fund at the Bulgarian Ministry of Education and Science.

The author is a participant in the project “Enhancing the qualification and retaining a young scholar' team in the field of aerospace technologies as a prerequisite for monitoring and preservation of enviroment and prevention of damages caused by natural disasters”, contract No. BG051PO001/07/3.3-02/63/170608, funded by the Scientific Research Fund at the Bulgarian Ministry of Education under the Human Resource Development Operational Programme, 2008-2010.

References:

1. L u D., Q. W e n g. 2006. Use of impervious surface in urban land-use classification. Remote Sensing of Environment, 102: 146-160.
2. T h o m a s N., C. H e n d r i x, R. G. C o n g a l t o n. 2003. A comparison of urban mapping methods using high-resolution digital imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 69, 963-972.
3. B a a t z M., A. S c h a p e. 2000. Multiresolution segmentation - an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In Strobl, J., T. Baschke and G. Griesebner (Eds.). Angewandte Geographische Informationsverarbeitung, Wichmann-Verlag: Heidelberg, 12-23.
4. Definiens Imaging. 2002. eCognition version 3 object oriented image analysis. Munich, Germany: Definiens Imaging GmbH.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

SPATIAL AND TEMPORAL DYNAMICS OF THE MORPHOMETRIC PARAMETERS AND LAND COVER USING REMOTE SENSING METHODS AND GIS

Vanya Naydenova

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: vnaydenova@gmail.com

Key words: *land cover dynamics, digital elevation model, morphomertry, remote sensing, visual interpretation*

Abstract: *Analysis of the spatial and temporal dynamics of the morphometric parameters and land cover is conducted using archive and modern aerial photos. Two digital elevation models are created and the change of the slopes and aspects is studied. To assess land cover dynamics a computer-aided visual interpretation for 1940, 1966 and 2006 is conducted. A change matrix is composed as a result of which it was found that 73% of the study area land cover has been changed.*

ПРОСТРАНСТВЕНА И ВРЕМЕВА ДИНАМИКА НА МОРФОМЕТРИЧНИТЕ ПАРАМЕТРИ И ЗЕМНОТО ПОКРИТИЕ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА ДИСТАНЦИОННИ МЕТОДИ И ГИС

Ваня Найденова

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: vnaydenova@gmail.com

Ключови думи: *динамика на земното покритие, цифров модел на релефа, морфометрия, дистанционни изследвания, визуална интерпретация*

Резюме: *Извършен е анализ на пространствената и времева динамика на морфометричните параметри и земното покритие на базата на архивни и съвременни аерофотоснимки. Съставени са 2 цифрови модела на релефа, като е проследено изменението на наклоните и експозициите на склоновете. За динамиката на земното покритие е извършено компютърно подпомогната визуална интерпретация за три времеви периода – 1940, 1966 и 2006 г. Съставена е матрица на изменението в резултат на което се установи, че 73% от изучаваната територия е претърпяла изменение на земното покритие.*

Introduction

The integration of RS and GIS technology is invaluable for study various resource management problems including land use and landscape changes (Gautam et al., 2002). Most studies follow the process of the change of the spatial and temporal characteristics land-use, playing major role in the assessment from the consequences from the urbanization on the environment. (Deng et al., 2009; Xiao et al., 2006; Li and Yeh, 2004; Weng, 2001; Ji et al., 2001). Human activity is a major force in affecting spatial and temporal changes in land use, but the landscape structure often constrains the use of land (Verburg and Chen, 2000). The satellite images with medium and high spatial resolution allow large-scale studies on small areas to be conducted, providing with detailed land use information (Baskent et al., 2007). The change of morphometric parameters and land use has a significant effect on the natural processes of a given territory. Few studies assess the land-use/land-cover change and its relationship to the slope degree and soil type (Zhao et al., 2006). According to them the slope degree and soil type appears as stable discriminating parameters, which might constrain land use and their use in the analysis enhance the prediction of landscape dynamics. The availability of remote sensing data with high spatial and temporal resolution as well as the development of GIS technologies

and the possibilities for spatial analyses which they provide give us the opportunity to obtain land cover information, fast and unbiased, for various years.

Location of the study area

The site Delino Gumno is located in the Kutina drainage basin, northwest from Kutina village. In administrative aspect the Delino Gumno drainage basin belongs to Novi Iskur region, Metropolitan Municipality and its area is 7.9 ha (Fig. 1). The study of this drainage basin is of interest to us, because natural formations of the rock pyramids type are located on its territory, which are seriously affected as a result of human impact. These natural formations have smaller sizes than the Kutina pyramids and they are not announced for a natural landmark. The rock pyramids in Delino Gumno are described for a first time in the work of Popov (1957), according to which they have reached 4.5 m.

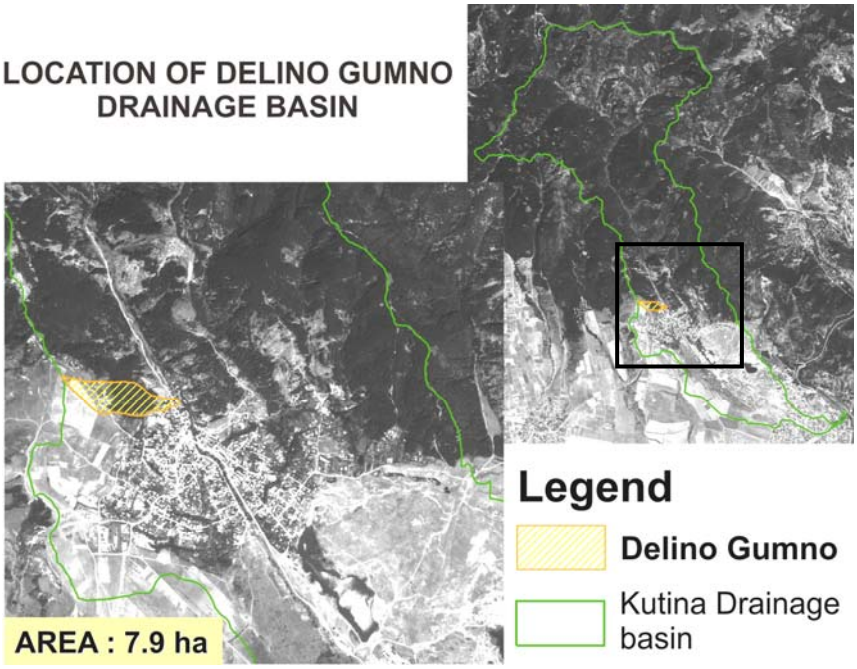


Fig. 1. Location of the study area

Fig. 2. Rock pyramids

The purpose of the presented paper was to study the change of the morphometric parameters and the spatial land cover dynamics of Delino Gumno drainage basin over 68-year period of time (1940-2008).

Structural scheme of the study

The structural scheme of the study includes 6 stages:
1. Preliminary examination of the study area;

2. Assessment of the input information and choosing appropriate years to study the land cover's dynamics and the change of morphometric parameters;
3. Generation of digital elevation models and derivative morphometric parameters – slope and aspect for 1963 and 1989;
4. Conductance of computer-aided visual interpretation of the aerial photos and panchromatic satellite images – 1940, 1966 and 2006;
5. Conductance of several field checks of the interpretation results;
6. Assessment of the land cover dynamics and creation of land cover change maps;
The spatial analyses for the study area are conducted using data from the geodatabase of the created *Kutina* GIS (Naydenova V., E. Roumenina, 2009).

Results and discussion

Two digital elevation models for the study area are composed using large-scale topographic maps (1:5000) for 1963 and 1989. The altitude of the study area varies from 605 to 693 m. The greatest percentage has the territories with altitude higher than 680 m, which are situated in the upper part of the drainage basin. Significant changes are not observed in the histogram distribution of the relief for both years. The composed digital elevation models are used for generating of derived morphometric parameters such as slope and aspect, and comparative analysis of their change is accomplished. The plain and slightly hill territories with slope 0-7^{o} predominate in the upper part of the basin, which percentage share is almost 50%. The territories with slope over 45^{o} are located mainly in the middle part of the studied basin and their percentage is the smallest. This is due to the fact that the middle and lower part of Delino Gumno drainage basin is strongly segmented by the active erosional processes. In 1989 a slight increase of the territories with slope 3-7^{o} and 7-12^{o} is observed, respectively from 17.8% and 12.8% (for 1963) to 20.7% and 13.5% (for 1989) This increase has happened on account of the territories with slope 0-3^{o} (from 28.3% to 25.6%) and 45-60^{o} (from 1.8% to 1.6%). Territories with slope over 60^{o} appeared in 1989, but their area is insignificant (0.04%).
Regarding the aspect considerable changes are not observed. With highest percentage are the areas with SE, E and S aspect. According to the percentage ratio, an increase of the territories with SE aspect is shown (from 31.9 to 35%) on account of the decrease of these with NE and E aspect, respectively from 10.5% to 8.8% and from 19.3% to 19%. With smallest area are territories with NE and SW aspect, and such with W aspect are not observed. Almost 12% of the study area is flat and its percentage has not been changed during this period.

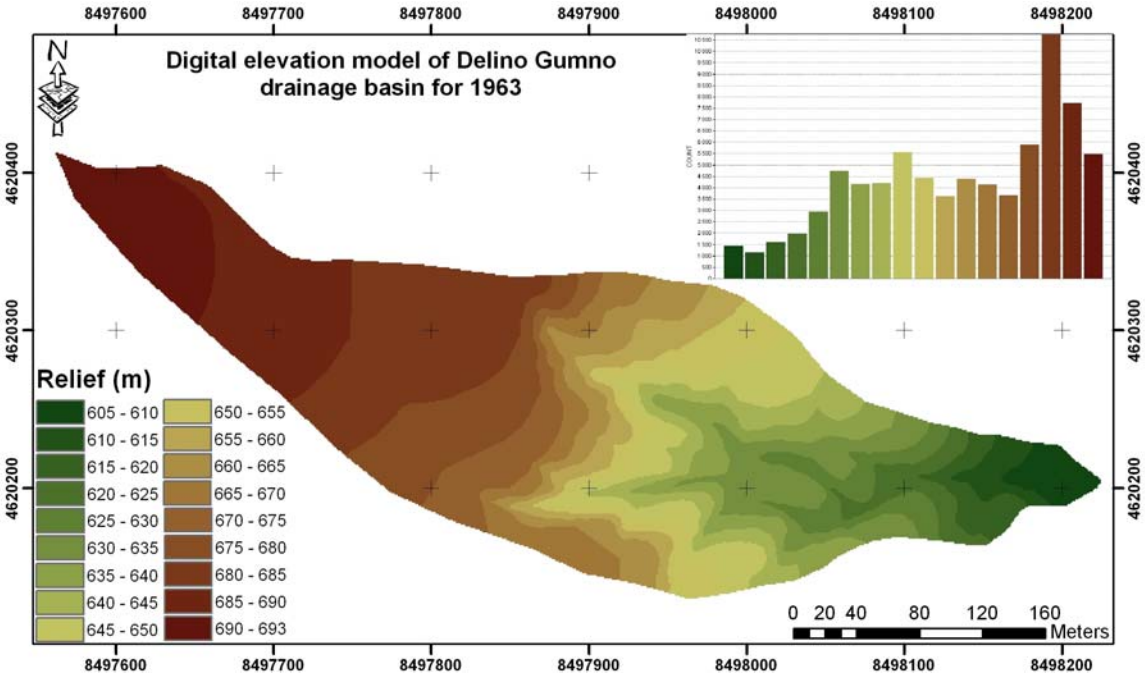


Fig. 3. Digital elevation model for 1963

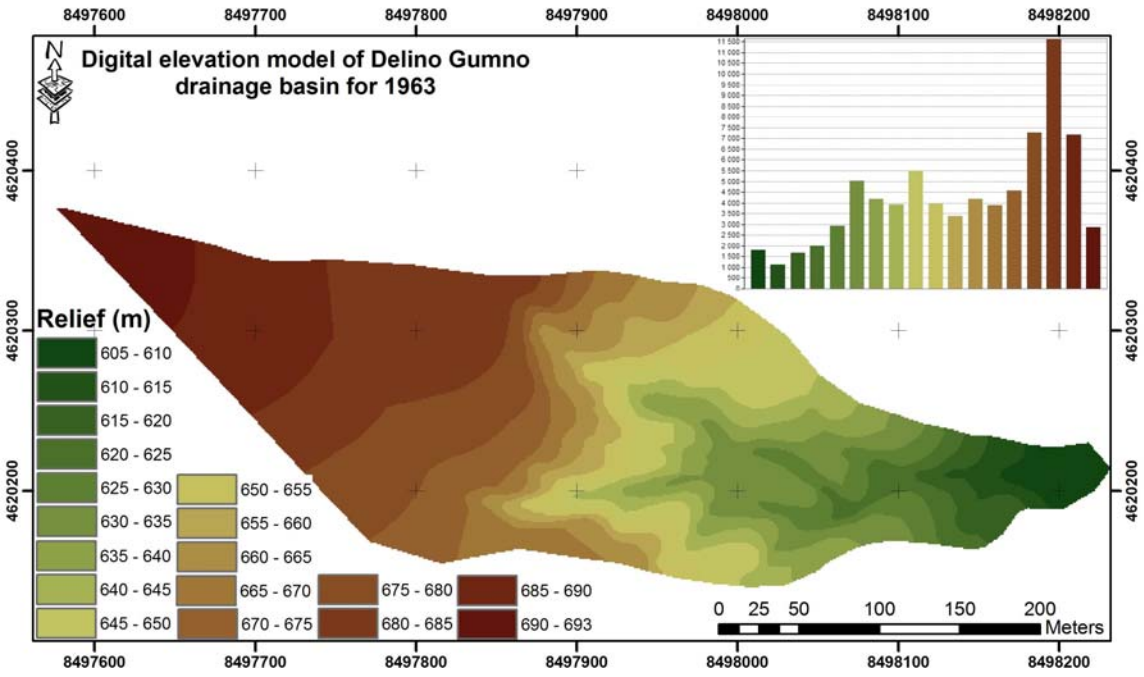


Fig. 4. Digital elevation model for 1989

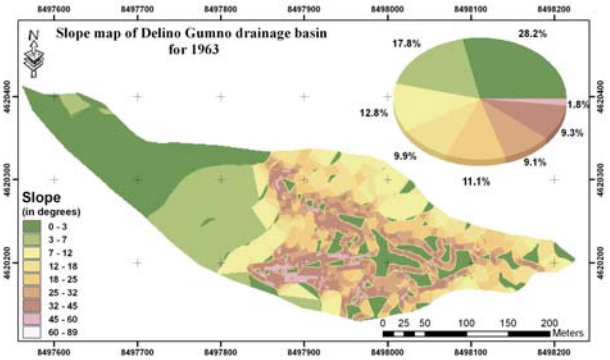


Fig. 5 Map and diagram of the actual slopes for 1963

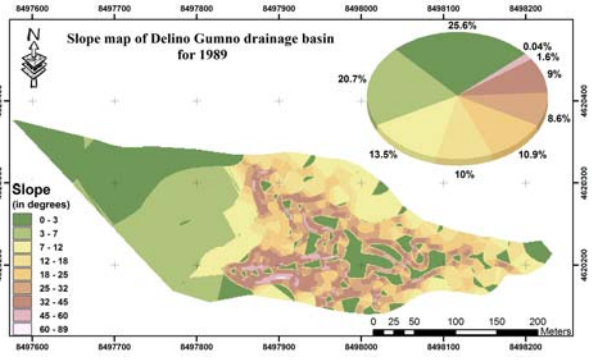


Fig. 6 Map and diagram of the actual slopes for 1989

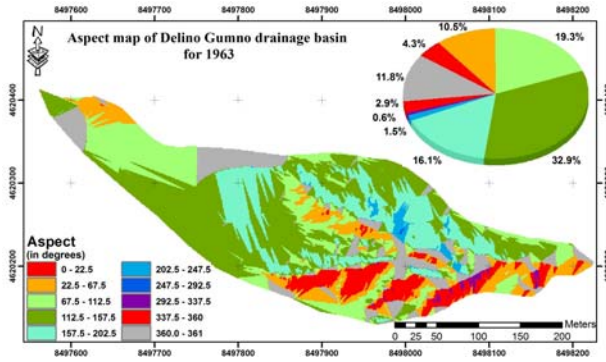


Fig. 7. Map and diagram of the aspect values for 1963

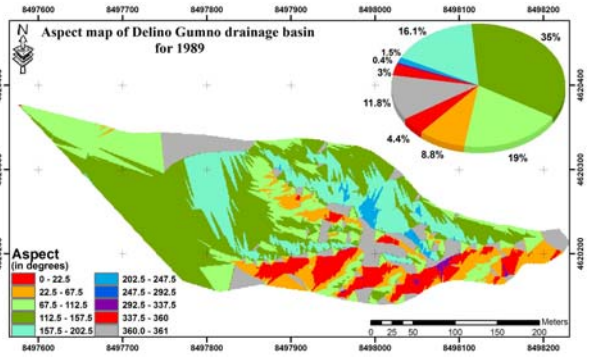


Fig. 8. Map and diagram of the aspect values for 1989

As a result from the conducted analyses it was established that in 1940 the Delino Gumno drainage basin was coved mainly by barren land with scarce vegetation (56.1%) and arable land (31.3%), whereas the percentage of forest areas was insignificant (0.3%) and urban areas were not observed (Fig. 9). An increase of the area covered by arable land with 10% was observed in 1966 and a significant part of the territory is forested by deciduous species (33.8%), which was occurred on the account of the decrease of the barren lands with scarce vegetation (Fig. 10). Nowadays, the study area is characterized with high percentage of the forest – 39% deciduous and 12.7% coniferous

forests (Fig. 11). The area of the barren land with scarce vegetation has decreased to 3.4%, and several new land cover classes have appeared – urban areas, roads and perennial crops.

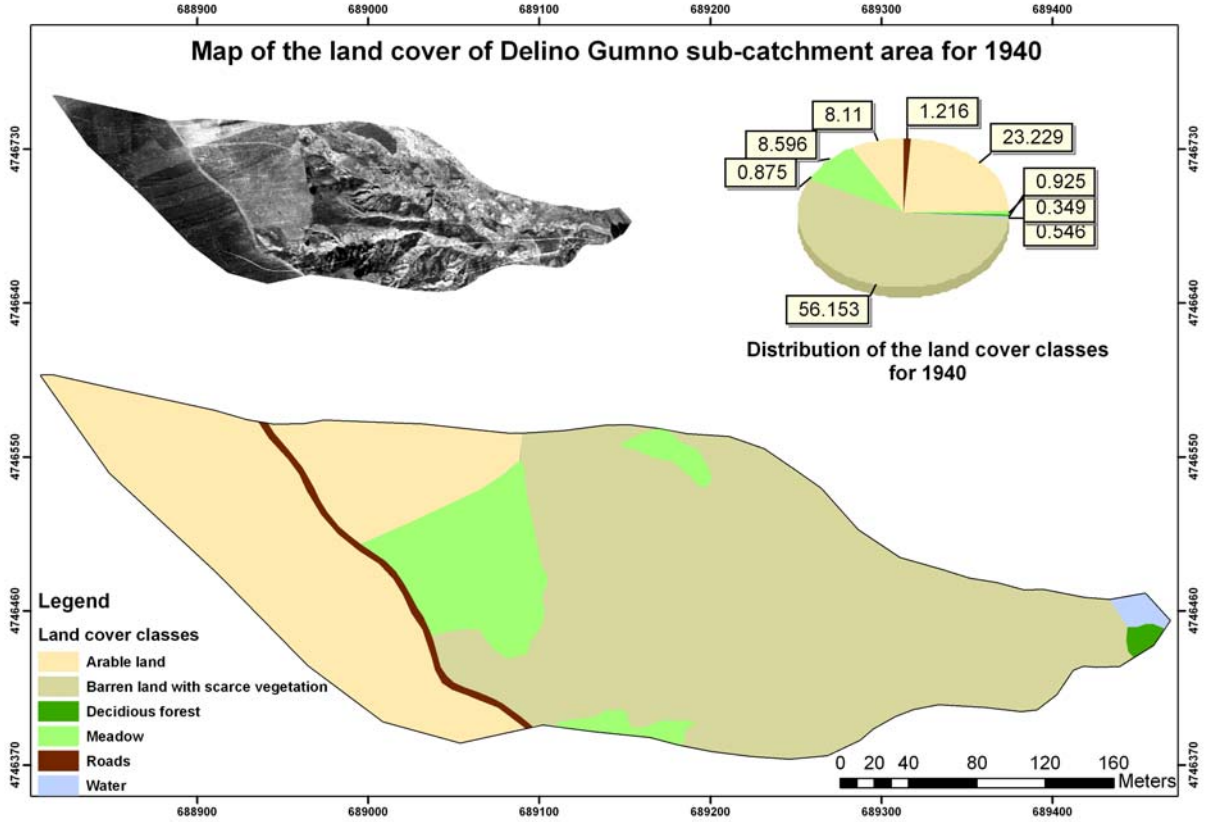


Fig. 9 Map and diagram of the land cover classes for 1940

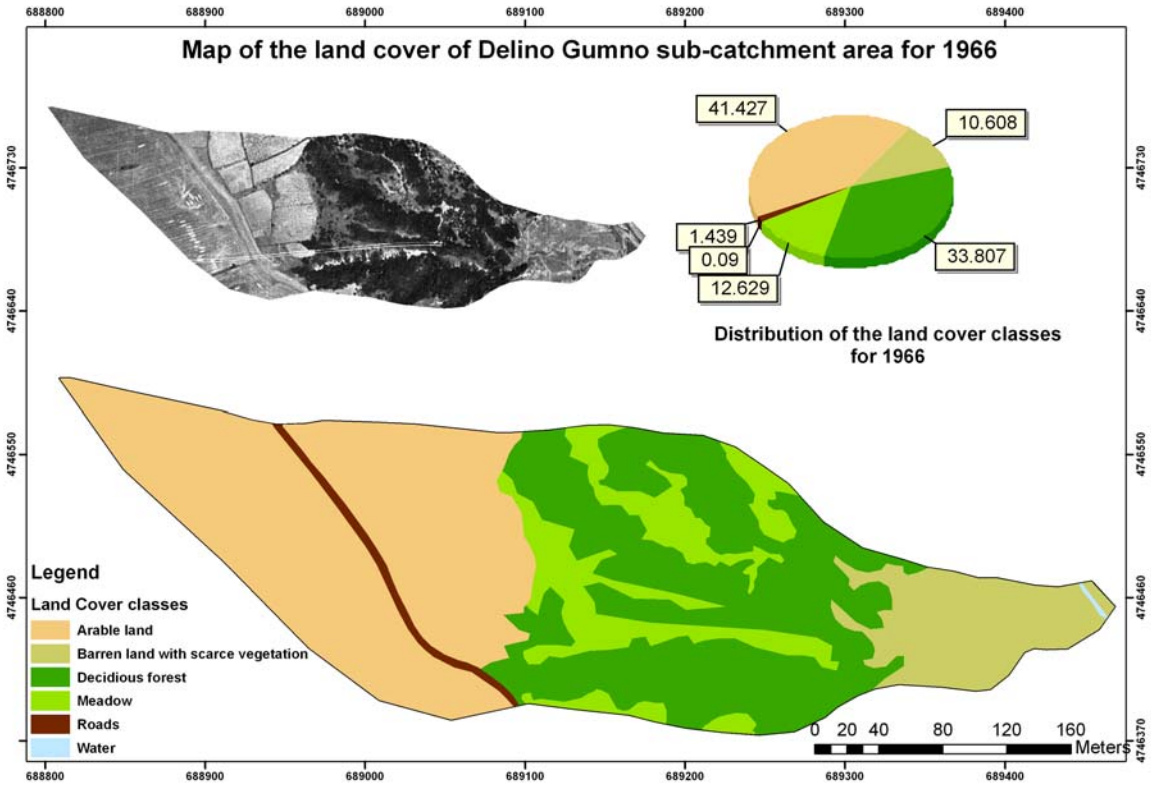


Fig. 10 Map and diagram of the land cover classes for 1966

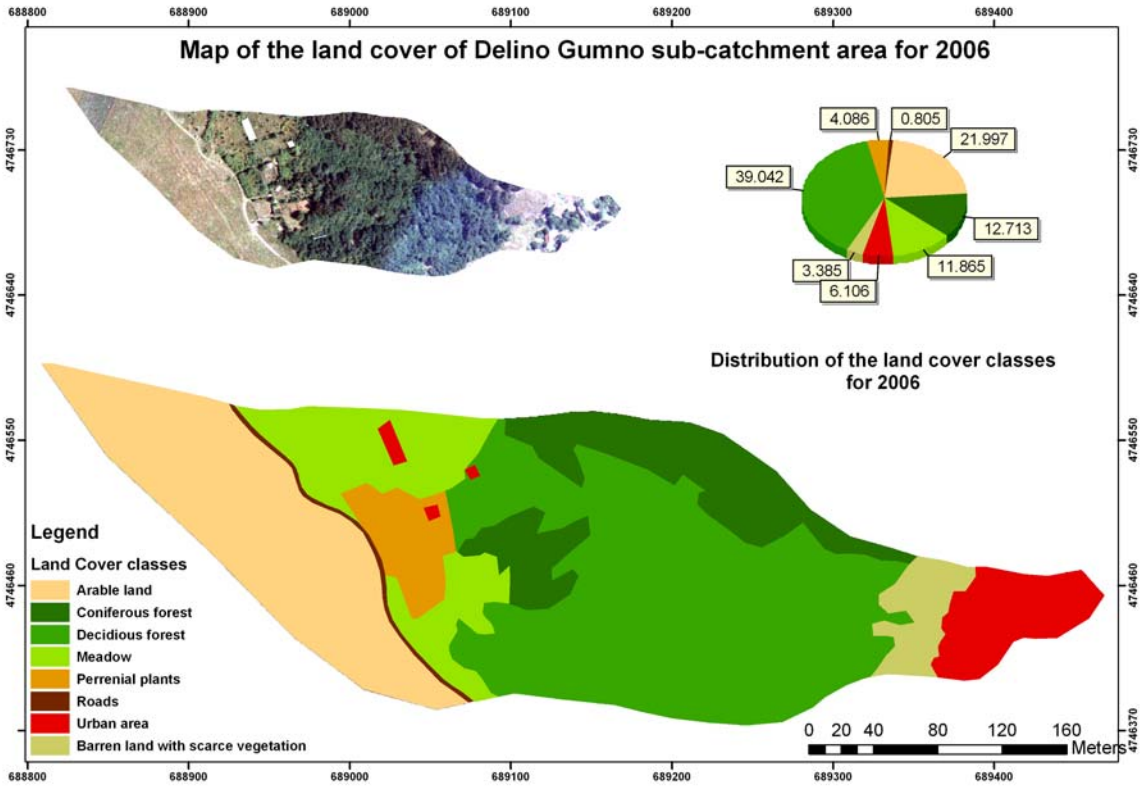


Fig. 11 Map and diagram of the land cover classes for 2006

Conclusions

Difference map and a change matrix for the period 1940 -2006 are created for assessment of the land cover change (Fig. 12, Table 2). The greatest changes are observed in the arable lands and the

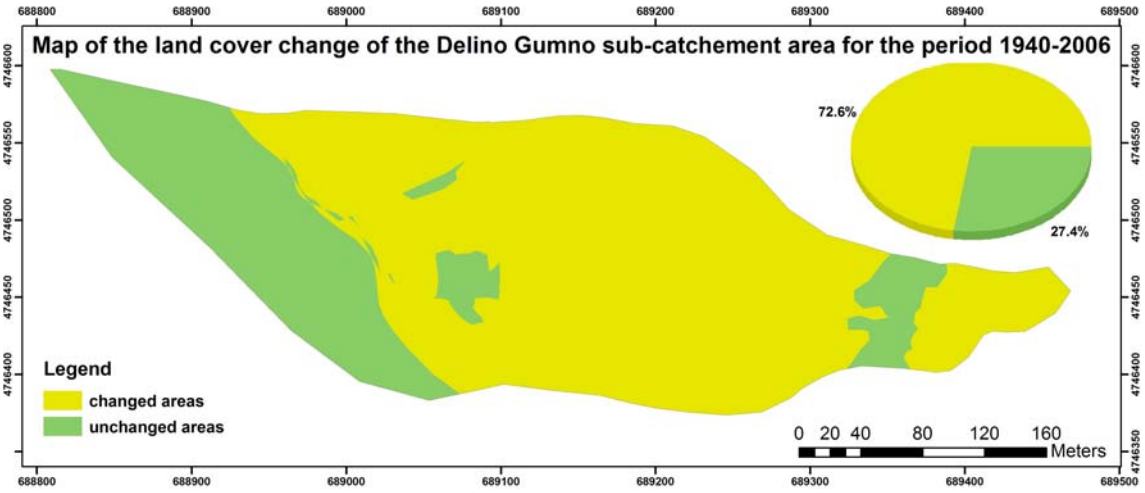


Fig. 12 Map and diagram of the change of the land cover classes for the period 1940-2006

Table 2. Change matrix of the area of land cover classes (in %) for 2006 compared to 1940

Land cover classes		2006								Total
		Arable land	Barren land with scarce vegetation	Coniferous forest	Decidious forest	Meadow	Perrenial plants	Roads	Urban area	
1940	Arable land	21.81			0.08	8.11	0.52	0.60	0.30	31.43
	Barren land with scarce vegetation		3.36	10.93	35.99	0.95	0.10		4.72	56.06
	Decidious forest								0.35	0.35
	Meadow	0.05		1.82	2.84	2.09	3.41	0.06	0.15	10.42
	Roads	0.20			0.07	0.74	0.06	0.15		1.22
	Water								0.52	0.52
Total		22.06	3.36	12.75	38.98	11.89	4.10	0.81	6.04	100.00

barren lands with scarce vegetation. Most of the arable lands remain unchanged in 2006, and the rest of them have transferred in meadows. The most significant changes have occurred in the class Barren land with scarce vegetation, where only 3.4% of them have remained unchanged and the rest has turned into deciduous forest, coniferous forest and urban area.

Acknowledgement

The study is implemented within the framework of scientific-research contract NZ – No.1507/05 and Contract N-НИК-003/07 concluded between the Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences and the Scientific Research Fund at the Ministry of Education and Science. We would like to thank Eurosence Ltd. for the aerial photos from 2006, provided free of charge. The GIS software used for the presented study (ArcGIS 9.2 with ArcInfo license) was granted by ESRI Inc. in 2007 under the ESRI Conservation Program and SCGIS Scholarship Program. The terrain studies were conducted together with assistant Georgi Kanev (University of Sofia). Res. Fell. Vanya Naydenova, PhD student is beneficiary of a project of the Bulgarian Ministry of Education and Science under the Human Resource Development Operational Programme funded by the ESF, Contract BG051PO001/07/3.3-02/63/170608.

References:

1. G a u t a m P. A., E. L. W e b b and A. E i u m n o h. GIS assessment of land use-land cover changes associated with community forestry implementation in the Middle Hills of Nepal. Mountain Res. Dev. 22 (1), 2002, pp. 63–69.
2. D e n g J. S., K. W a n g, Y. H o n g, J i a G. Q i. Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. Landscape and Urban Planning, 92, 2009, pp. 187–198.
3. X i a o J. Y., Y. J. S h e n, J. F. G e, R. T a t e i s h i, C. Y. T a n g, Y. Q. L i a n g, et al. Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing. Landscape and Urban Planning, 75, 2006, pp. 69–80.
4. L i X., A. Y e h. Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS. Landscape and Urban Planning 69, 2004, pp 335–354.
5. W e n g Q. A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. Int. J. Remote Sens. 22, 2001, 1999–2014.
6. J i C.Y., Q. H. L i u, D.F. S u n, S. W a n g, P. L i n, X.W. L i, et al. Monitoring urban expansion with remote sensing in China. Int. J. Remote Sens. 22, 2001, pp 1441–1455.
7. V e r b u r g P.H., Y.Q. C h e n. Multiscale characterization of land-use patterns in China. Ecosystem 3, 2000, pp 369– 385.
8. B a s k e n t, E. Z., A. I. K a d I o g u l l a r i. Spatial and temporal dynamics of land use pattern in Turkey:A case study in Inegöl, Landscape and Urban Planning 81, 2007, pp 316–327.
9. Z h a o W., H. G u l i n c k, G. L i u, Q. Y a n g, Y. Z h u, B. F u, Q. Z h a n g, L. C h e n. Temporal change in land use and its relationship to slope degree and soil type in a small catchment on the Loess Plateau of China, Catena, Elsevier, 65, 2006, pp 41–48.
10. P o p o v V., Wonderful Corners of Our Fatherland, Science and Art, Sofia, 1957, pp 129-133 (in Bulgarian)
11. N a y d e n o v a V., E. R o u m e n i n a. Monitoring the Mining Effect at Drainage Level Using Geoinformation Technologies. Central European Journal of Geosciences. Vol. 1, Number 3, September 2009. Publisher Versita, Warsaw, 2009, pp 318-339, http://www.versita.com/science/geosciences/cejg/

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКА НА СЛЕДИ ОТ ПОЖАРИ В РИЛА ПЛАНИНА ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА СПЕКТРАЛНИ ИНДЕКСИ ПО ДАННИ ОТ LANDSAT

Петър Димитров, Александър Гиков

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: petarkirilov@mail.bg, gikov@mail.space.bas.bg

Ключови думи: *горски пожари, NDVI, NBR, Landsat, Рила планина*

Абстракт: *Чрез сравнение на спектралните индекси NDVI и NBR, извлечени от последователни Landsat изображения преди и след пожари, е направена идентификация и картографиране на няколко горски пожара в Рила планина, разразили се през лятото на 2000 г. За целта са използвани части от сцени, заснети със сензора ETM+ от 1999, 2000, 2001 г. и от сензора TM от 2007 г. В рамките на пожарището при х. Мальовица, следствие от най-значимия пожар, е направен опит чрез градиране на разликата на индекса NBR преди и след пожара да се класифицира пожарището по степен на поражение. Резултатите са представени в серия карти на северозападния дял на Рила планина и детайл за района над х. Мальовица. Обработка на Landsat изображения за извличане на индекса NBR и оценка на опожарени територии чрез него се прави за първи път в България. Анализът на резултатите показва, че NBR превъзхожда NDVI по отношение пригодността за идентификация на следи от пожари и възможностите за класифициране на пораженията в тях.*

IDENTIFICATION AND ASSESMENT OF FIRE SCARS IN THE RILA MOUNTAIN USING SPECTRAL INDICES OF LANDSAT DATA

Peter Dimitrov, Alexander Gikov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: petarkirilov@mail.bg, gikov@mail.space.bas.bg

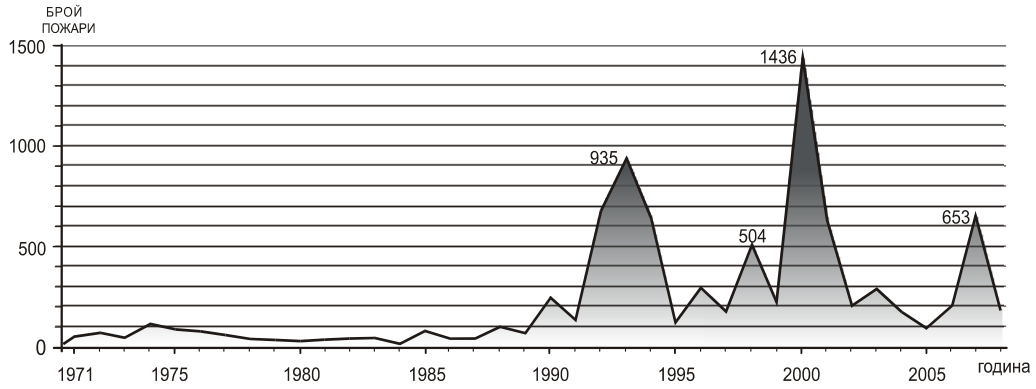
Keywords: *wild fires scar, NDVI, NBR, Landsat, Rila Mountain*

Abstract: *The scars and effects of several wild fires which occurred in the summer of 2000 in the Rila Mountain are identified and mapped, comparing the NDVI and NBR spectral indices, calculated from Landsat pre- and post-fire images. The used images were three ETM+ scenes from 1999, 2000 and 2001 and one TM scene from 2007. Attempt is made to classify by fire severity the most significant burned area near the Malyovitsa hut. The difference between pre- and post-fire NBR is used. The results are presented in series of maps of Northwestern Rila Mountain and a detail of the Malyovitsa hut area. This work presents for the first time an assessment of burned areas by NBR index in Bulgarian conditions. The analysis shows that NBR performs better than NDVI in identifying fire scars and accessing fire severity.*

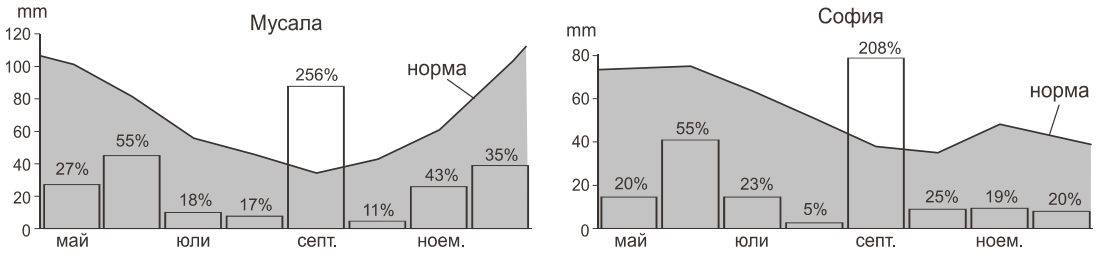
Въведение

Пожарите са важен фактор за развитието на ландшафтите в Рила планина, което се подсказва от редица исторически сведения. Антропогенно предизвиканите пожари са били обичайни в миналото [1, 2, 3], а през последните десетилетия влиянието на този фактор се засилва поради по-честата проява на екстремални метеорологични обстановки. По данни на Главна дирекция "Пожарна безопасност и спасяване" [4] през лятото на 2000 г. се отбелязва абсолютния максимум на горските пожари в България за целия период на водене на статистиката (фиг.1.). Като основна причина за това може да се изтъкне метеорологичната обстановка през лятото на 2000 г., когато на много места в страната се наблюдават дълги периоди със задържане на максималните температури над 30^{o}C и оскъдни валежи [5]. От фиг.2. се вижда, че в станциите София и Мусала през месеците юли и август сумата на валежите е била неколкократно по-малка от установената норма, което довежда до силно изсушаване на подстилащата повърхнина и увеличаване на риска от пожари. Наистина през септември сумата

на валежите превишава нормата повече от два пъти, но това се дължи на проливни валежи, концентрирани само в 2 дни от месеца. Такива валежи се оттичат бързо, а не проникват в почвата. В резултат на тези, благоприятстващи пожарите условия, през лятото на 2000 г. възникват няколко големи пожара в горския и субалпийския пояс, които са обект на изследване в този доклад.



Фиг. 1. Горски пожари за периода 1971 - 2008 г. [4]



Фиг. 2. Сума на валежите през периода май-декември 2000 г. и месечната им норма (1961-1990 г.)

Изследването на последиците от пожарите върху природните системи е свързано с различни научни и практически задачи. Проследяването на историята и режима на пирогенните нарушения в даден район ни дава информация за морфологията и еволюцията на ландшафтите и позволява да проследим сукцесионните процеси в растителността [6, 7]. От друга страна установяването на степента на поражение върху растителността и почвата, непосредствено след бедствието, е в основата на планирането на възстановителни мероприятия [8]. Събирането на такава информация често изисква своевременна и скъпоструваща теренна работа, за което в България липсват ресурси. Поради тази причина все по-често приложение ще намират дистанционните методи.

Благодарение на съдържащата се в тях спектрална информация, сателитните изображения от типа на Landsat дават възможност да се разпознаят и картографират територии, засегнати от пожари в регионален мащаб. Въпреки средната пространствена разделителна способност те позволяват сравнително точно да се очертаят периметрите на пожарите. Достъпът до архивни сателитни изображения, както и непрекъснатото получаване на нови данни позволява при необходимост да се натрупа архив от подобни карти, чрез които да се проследи историята на нарушенията, предизвикани от пожари в даден район, а също и процесите на възстановяване. Освен това спектралната информация от Landsat предлага възможност за използване на индекси, които са чувствителни към конкретни особености на подстилащата повърхност и по този начин улесняват извличането на информация от изображенията.

За изследването на ефекта от пожарите чрез дистанционни данни се използват различни методи, като широко приложение намира спектралният индекс **NDVI** (Normalized difference vegetation index), а в последно време и индексът **NBR** (Normalized burn ratio). **Целта** на доклада е да се проучат възможностите за идентификация на територии, пострадали от горски пожари и за оценка на пораженията от тях чрез използване на спектралните индекси NDVI и NBR, извлечени от Landsat изображения, както и да се направи оценка на всеки от индексите по отношение на пригодността им.

Спектрални индекси за изследване на последици от горски пожари

Както е известно различните типове земни повърхности притежават специфични отражателни характеристики. Поради това данните, получени в някои диапазони на спектъра

могат да носят значителна информация за конкретния обект, който изучаваме. Така например за идентификация на растителността особено полезни са каналите в червената и близката инфрачервена област, докато за анализ на влажността на почвите – каналите в средната инфрачервена зона. Горските пожари (както и тези, засягащи храстови или тревни съобщества) водят до значителни промени в отражението, поради намаляване на проективното покритие на зелената растителност, премахване на мъртвата подстилка, промяна в цвета на почвата и съдържанието на влага в нея. За оценка на тези промени е била изпробвана приложимостта на различни спектрални канали, отношения на два спектрални канала, индекси или други трансформации [9]. В настоящия доклад са разгледани само двата най-често прилагани спектрални индекса- NDVI и NBR.

Вегетационните индекси, като NDVI намират приложение както за оценка на пораженията от пожари [10], така и за проследяване на възстановяването на растителността след тях. За пресмятането на NDVI се използва следното отношение:

(band 4- band 3)/(band4+ band3),

където с band 4 и band 3 се означават съответните Landsat TM/ETM+ канали в близкия инфрачервен и червения диапазон. Използването на този индекс е обосновано поради чувствителността му към състоянието на растителността, която претърпява значителни промени при пожар.

Значително по-често обаче пораженията от пожари се оценяват чрез индексът NBR [11], който е съставен така, че да е максимално чувствителен към цялостните промени в спектралните отражателни характеристики, причинени от пожар [12]. Неговата формула е следната:

(band 4- band 7)/(band4+ band7),

където с band4 и band7 са означени съответните Landsat TM/ETM+ канали в близкия инфрачервен и средния инфрачервен диапазон.

Както се вижда двата горни индекса са почти аналогични с изключение на това, че при NBR червеният канал е заменен от средния инфрачервен. Предимствата на NBR по отношение на изучаването на опожарени територии се дължат на използването на 4-ти и 7-ми канал, за които е установено, че претърпяват най-големи изменения в стойностите на отражението след пожар [11]. Отражението в близкия инфрачервен канал се определя от количеството на растителност, поради което то силно намалява след нейното унищожаването. Средният инфрачервен канал (band 7) на Landsat се намира в диапазона на силно поглъщане от водата (2,08 – 2,35 μm). При наличието на влажна почва и свежа растителност отражението в този канал е слабо. След загиването на растенията и намаляването на влагата в почвата в резултат на пожара то силно нараства. Подобно на NDVI стойностите на NBR също варират от -1 до 1. Покритите с растителност райони имат стойности по-големи от нула, докато районите с гола почва или скали имат стойности по-малки от нула. Пожарищата се отличават със силно отрицателни стойности.

Освен, че позволява контрастно да се представи периметърът на даден пожар, индексът NBR е информативен за пространствените различия на ефектите от пожара. Установено е, че съществува значителна корелация между NBR и комплексен индекс за пораженията върху почвата и растителността, основан на наземни данни [13,14]. Следователно NBR може да се използва за надеждна оценка на степента на нарушенията в различните участъци на пожарището, като колкото по-ниски са стойностите му, толкова по-големи са пораженията.

Използвани изображения и обработка на данните

За картографирането на опожарените територии в Рила са използвани три сцени от Landsat ETM+: 1 ноември 1999 г.; 3 ноември 2000 г.; 5 октомври 2001 г.; и една от Landsat TM: 28 септември 2007 г. Подборът на сцените е във връзка с няколкото големи пожара в Рила в края на лятото на 2000 г. С цел да се изследва непосредствения ефект от тези пожари бе избрано изображение от есента на същата година. Поради необходимостта от сравнимост базовото изображение от 1999 година беше избрано също през есента, но за съжаление то е със значителен процент на облачната покривка. Все пак районите на пожарите са в ясната част от сцената. За проследяване на промените и възстановяването на засегнатите райони бяха използвани и две по-късни изображения – от 2001 и 2007 г. от същия сезон.

За всяка от четирите дати бяха изчислени индексите NDVI и NBR, като са използвани суровите стойности (DN). Тези индексни изображения бяха използвани при по-нататъшния анализ. Предишни изследвания са показали, че подхода на регистриране на промените (change detection) позволява най-прецизно да се оцени влиянието на конкретно явление, включително на пожарите върху земната повърхност. Поради това засегнатите територии в Рила са идентифицирани чрез разликата в стойностите на индексите преди и след пожар, които разлики

бяха означени съответно като dNDVI и dNBR. Така за всеки индекс бяха получени по три изображения на разликата съответно за 2000, 2001 и 2007 спрямо изходното състояние от 1999 г.

Освен това пожарището при х. Мальовица беше разгледано отделно с цел да се използват вариациите в стойностите на NBR за установяване на районите пострадали най-силно от пожара. Върху изображението на dNBR за 2001 г. е наложен периметърът на пожара, векторизиран предварително по Quickbird. Стойностите в засегнатата територия са степенувани в четири класа, съответстващи на различните степени на поражение на растителността и почвата. Получената карта е оценена визуално, чрез сравнение с изображение Quikbird и по лични наблюдения.

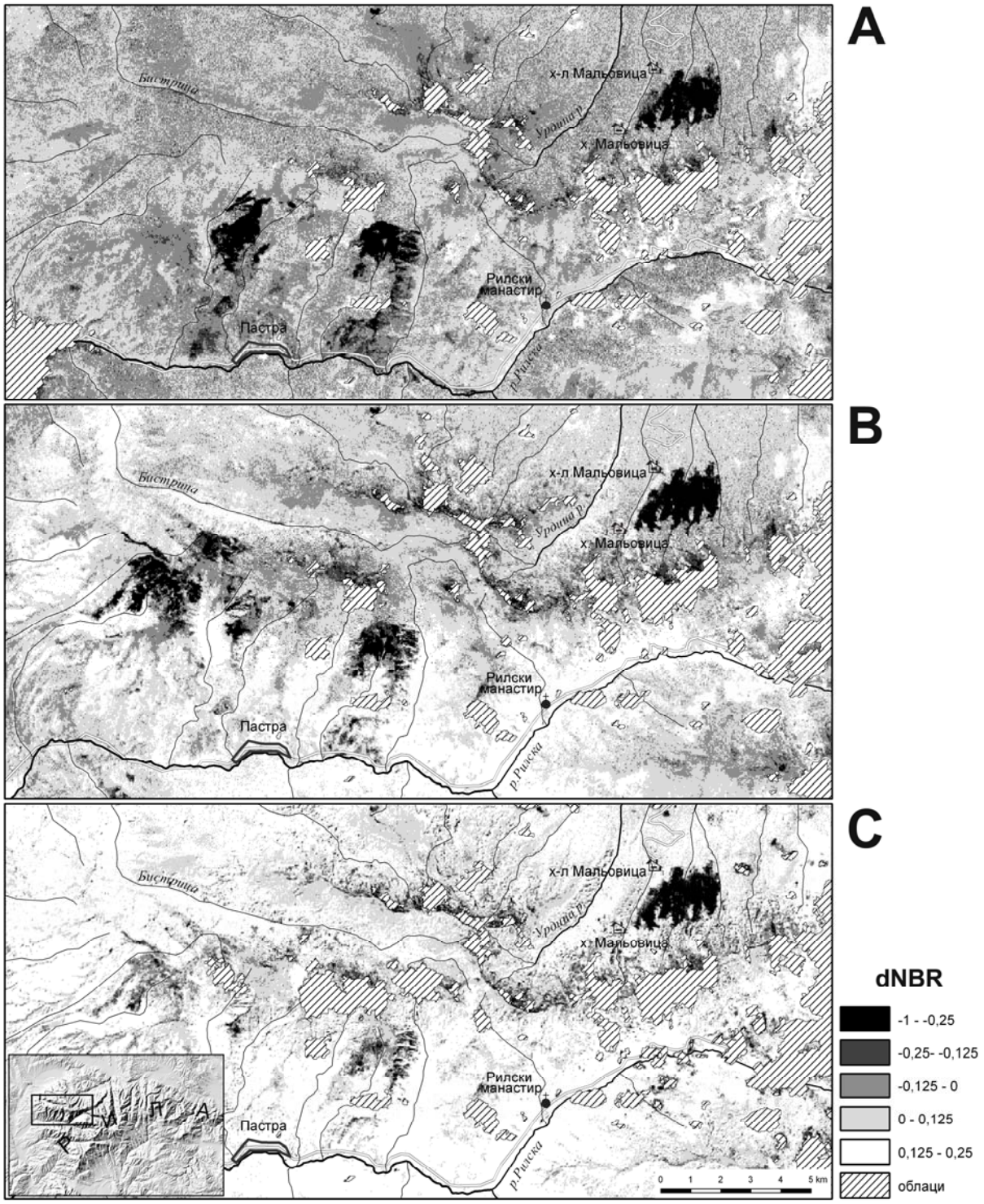
Идентификация на следите от пожари в Рила

На фиг. 3 са представени разликите в индекса NBR (dNBR), а на фиг. 4 за индекса NDVI (dNDVI) на част от Рила, изчислени по сцени от 2000, 2001 и 2007 г. Като база за сравнение е използвана Landsat ETM+ сцена от есента на 1999 г. За да може да се сравняват двата индекса директно, както и тяхното изменение във времето е приложена една и съща скала за визуализация. Когато между двете сравнявани години няма значителна промяна в земното покритие стойностите на dNDVI и dNBR са около нула. Такъв е случая с по-голямата част от територията на Рила, заета от гори, алпийски пасища и скали. Единствено фенологичните разлики могат да доведат до различия в стойностите на индексите между две години, поради което трябва да се използват изображения от един и същи сезон. От друга страна положителните и отрицателните стойности на dNDVI и dNBR показват, че е настъпила промяна спрямо изходното състояние, като в първия случай съответния индекс е нараснал, а във втория е намалял. При нормални условия в горските и високопланински ландшафти не би трябвало да се наблюдава значимо нарастване или намаление, дори в рамките на няколко години. Нарастването на индекса NDVI през 2007 г. (Фиг. 4 С) вероятно се дължи на по-ранната дата на изображението от тази година и е свързано с по-активна вегетация на растителността. За разлика от тях в селскостопанските територии може да има значителни промени поради по голямата динамика на земното покритие при този тип земеползване. В горските територии рязкото намаляване на индексите в рамките на една година (фиг.3 и 4) се дължи на явление със стихиен характер, например пожар, при което растителността е силно увредена или напълно унищожена.

Трите черни петна на фиг.3 А илюстрират трите най-значителни пожара от лятото на 2000 г. в Северозападна Рила, идентифицирани с индекса NBR. Тъй като използваното изображение е заснето само два месеца след пожарите техните следи се открояват ясно. При двата пожара над с. Пастра, които са засегнали предимно високопланински пасища, тревната растителност не е могла да се възстанови в есенния период след пожара. Една година след това (Фиг. 3 В) промените не личат толкова добре, тъй като през пролетта и лятото на 2001 върху пожарището е започнала да се развива тревна растителност. Същевременно западно от тези две пожарища се виждат следите от нов пожар от 2001 г. С течение на времето следите от тези пожари се заличават и на изображението на разликите в индекса NBR за 2007 към 1999 г. (фиг.3 С) те почти не личат. В същото време следите от големия пожар при х. Мальовица все още се открояват ясно. Причината е замяната на първоначалната клекова растителност. След загиването на клека в следствие на пожара на негово място се развива тревна растителност, която има значително по-ниски стойности на индекса NBR. Настъпилите промени в растителността са коренни и дългосрочни, което влияе и на отражателните характеристики.

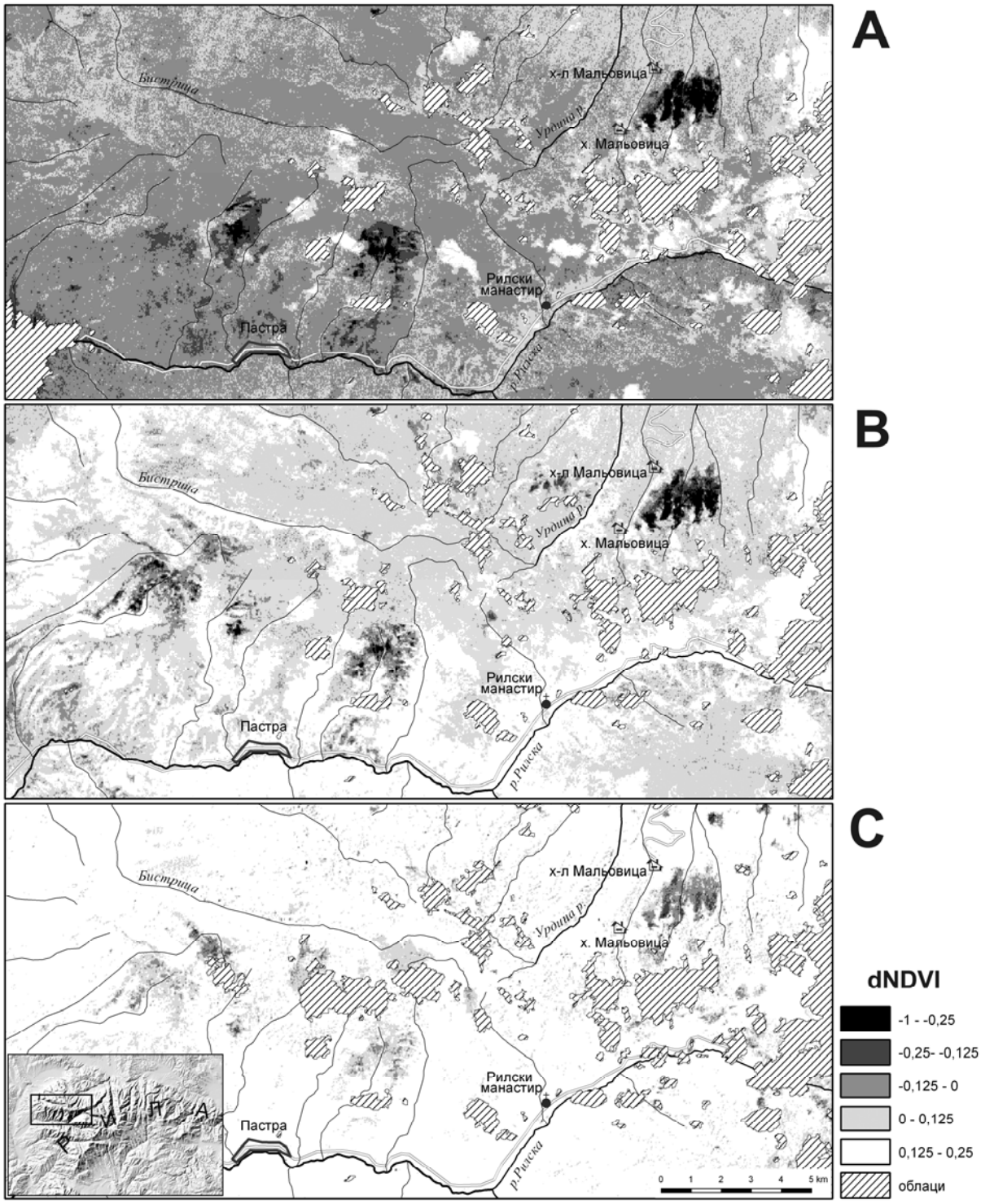
Сходни промени могат да се проследят на изображенията на разликата на NDVI (Фиг. 4). Прави впечатление обаче не толкова контрастното представяне на опожарените площи, което се дължи на по-малките разлики в стойностите на този индекс преди и след пожар. Това може да се обясни с по-малката чувствителност на NDVI към други промени в следствие от пожара, например намаляване на влагата в растенията и почвата.

Идентификацията и анализът на пожарищата, като тип земно покритие чрез спектрални данни от Landsat има две основни ограничения. Първото е свързано с грешки в интерпретацията на изображенията на dNDVI и dNBR, когато като пожарища се идентифицират райони, в които промяната в стойностите на индексите се дължи на друг фактор. Например наличието на облаци или сняг в една от сцените ще причини разлики в стойностите на индексите между двете сравнявани години. За да се акцентира само на промените в земното покритие може да се използва маска на облачната и снежната покривка. По-сложен е въпросът с влиянието на сенките хвърляни от облаците, защото те трудно могат да бъдат маскирани автоматично.



Фиг. 3. Карти на разликите в индекса NBR (фрагмент на Северозападна Рила):
A – 1 ноември 1999 г. – 3 ноември 2000 г.; **B** – 1 ноември 1999 г. – 5 октомври 2001 г.;
C – 1 ноември 1999 г. – 28 септември 2007 г.

Вторият проблем е свързан със сенките, причинени от релефа в планинските територии, които не позволяват да се регистрират промени в слабо осветените стръмни долинни склонове. Сцените от Landsat се заснемат преди обед, когато слънцето свети от югоизток, затова при есенните и зимните сцени стръмните северозападни склонове са засенчени. Този ефект беше наблюдаван за пожара при х. Мальовица, където използваното първоначално изображение от 3 ноември 2000 г. (височина на слънцето 30,5^{O}) не даде добри резултати в западната част на пожарището, защото стръмният северозападен склон на рида Ръждавица е засенчен. Когато се използва изображението от 2001 г., заснето един месец по-рано (височина на слънцето 40^{O}) се



Фиг. 4. Карти на разликите в индекса NDVI (фрагмент на Северозападна Рила):
A – 1 ноември 1999 г. – 3 ноември 2000 г.; **B** – 1 ноември 1999 г. – 5 октомври 2001 г.;
C – 1 ноември 1999 г. – 28 септември 2007 г.

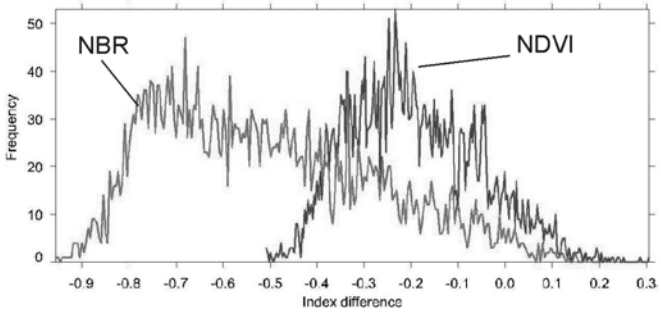
очертава много по-ясно засегнатата от пожара територия в западния край. Следователно за предпочитане е да се използват изображения с по-високо положение на Слънцето.

Определяне на степента на поражение

Установено е, че NBR има по-голям динамичен обхват в сравнение с другите индекси за типа земно покритие представлявано от пожарищата [6]. Това е причина и за разликата в контрастността между фигури 3 и 4. Следователно NBR позволява по-плавно да се представят различията в този тип земно покритие, тоест степента на пораженията. Това се потвърждава от направеното сравнение на хистограмите на стойностите на dNDVI и dNBR в рамките на

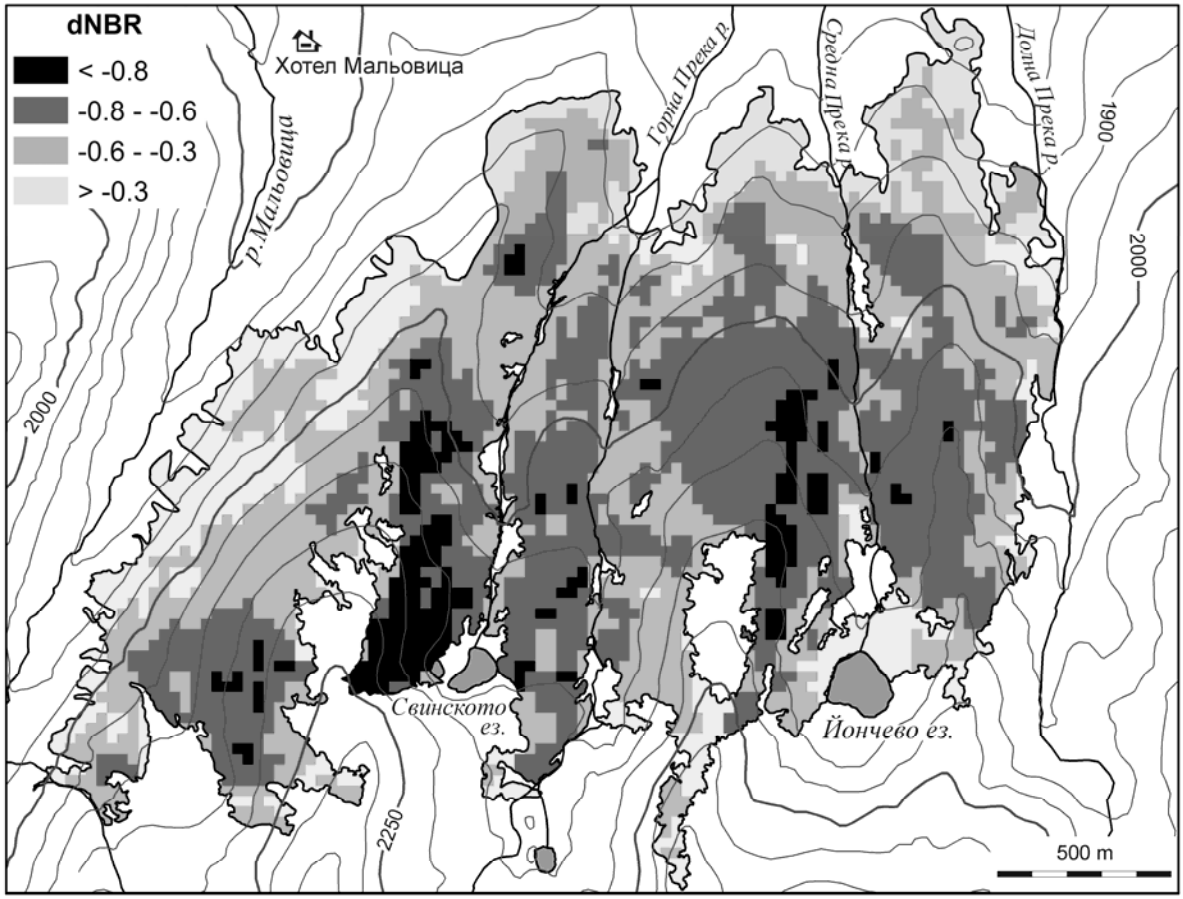
пожарището при х. Мальовица (Фиг.5). Както се вижда dNBR варира в по-широки граници и следователно ефекта от пожара може да се диференцира по-точно.

Картата на Фиг. 6 е изготвена на базата на dNBR за 2001 г., като стойностите на индекса са групирани в четири класа. Визуалната оценка не дава възможност да се оцени количествено нейната точност, но сравнението с изображение Quickbird, както и наблюденията и събрания снимков материал от теренната работа показват, че местата с особено силни поражения съвпадат с тези в които индекса има най-ниска стойност. Това е източният склон на рида Ръждавица близо до Свинското езеро и някои по-стръмни участъци на двата долинни склона на Средна Прека река. В тези места е налице пълно изгаряне на клековата растителности и дори на чимовия хоризонт на почвата.



Фиг. 5. Хистограми на dNDVI и dNBR (2001-1999 г.) за пожарището при х. Мальовица.

Районите, където е била засегната тревна растителност (при Йончевото езеро), както и тези, където има отделни петна от оцелели растения имат по-високи стойности на индекса. Това особено добре личи в северната периферия, където пожарът е обхванал горната граница на гората. Тук храстовият етаж е изгорял, но короните на дърветата са останали незасегнати. Наличието на вегетираща растителност води до по-високи стойности на dNBR в тази част.



Фиг. 6. Карта на изменението на стойностите на NBR (2001 спрямо 1999 г.) за пожара при х. Мальовица. Скалата индикира районите с най-голямо намаление на индекса и съответно най-големи поражения в черно, а в по-светли тонове са по-слабо засегнатите райони. Външният контур на пожара е очертан по VHR изображение от Quick Bird.

След теренна верификация използваните условни класове могат да бъдат приведени към конкретни категории, например слаби, средни и силни поражения. Тези категории трябва

да са унифицирани и да се основават на количествени критерии, например процент на смъртността при растенията или дълбочина на промените в почвата.

Заключение

Спектралните данни от Landsat и по-специално каналите в инфрачервения диапазон са един от основните източници на информация за картографиране и изучаване на засегнати от пожар територии. Те често допълват информацията получена от аероснимки или други сензори с висока пространствена разделителна способност, а там където такива липсват са единствената алтернатива. Предимство при използването на спектрални индекси е лесната, стандартизирана обработка на изображенията, при която се получава по-прецизна информация в сравнение с визуалното дешифриране или автоматичните класификации. Освен това резултатите от този анализ са сравними във времето и между различни географски райони.

Индексът NBR има предимство по отношение на динамичния обхват в сравнение с NDVI, което позволява разграничаване на различни степени на поражение. Практическото използване на този метод в бъдеще обаче изисква теренна верификация и изготвяне на единни критерии за степента на поражения при горски пожари.

Спектралните индекси от типа на NBR дават възможност количествено да се оценят, при това в пространствен аспект, промените в ландшафтите предизвикани от пожари. На тази основа могат да се изследват различни процеси и взаимовръзки, като например дали се наблюдава зависимост между степента на поражение от пожара и топографията, изложението на склона, условията на овлажнение, типа на растителността и т.н. Това би помогнало да се оцени влиянието на тези фактори върху интензивността и поведението на пожарите. Друга потенциална област на приложение е връзката между степента на нарушенията и разнообразието на видовете и тяхното възстановяване след пожара [14].

Благодарности

Представеният доклад е част от дейностите предвидени по Договор с МОН по ОП “РЧР” № BG051PO001/07/3.3-02/63/170608 с цел подпомагане на младите учени.Част от използваните Landsat изображения са осигурени със средства от договор с МОН НИК-03/2007 ”Изграждане на научно-информационен комплекс за аерокосмически полигони на територията на Р България”

Литература:

1. Радков, И. 1961. Екологическа класификация на горите в Рила планина. С. Земиздат.
2. Русакова- Анастасова В. 1986. Карта на съвременната алпийска и субалпийска растителност в Рила. Фитология, т.31.
3. Бондев, И. 1991. Растителността на България. С. Унив. Изд. „Климент Охридски”
4. http://www.nspbzn.mvr.bg/Sprav_informacia/Statistika/default.htm
5. http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdoselect.cmd?datasetabbv=GSOD&countryabbv=&georegionabbv=
6. Viedma, O., J. Meliá, D. Segarra, and J. García-Haro. (1997). Modeling Rates of Ecosystem Recovery after Fires by Using Landsat TM Data. *Remote Sensing of Environment* 61:383-398
7. Röder, A., J. Hill, B. Duguy, J. A. Alloza, R. Vallejo. (2008). Using long time series of Landsat data to monitor fire events and post-fire dynamics and identify driving factors. A case study in the Ayora region (eastern Spain). *Remote Sensing of Environment* 112 259–273
8. BAER. (2003). Soil Burn Severity Definitions and Mapping Guidelines - Draft. Annette Parsons. April 22, 2003. Burned area emergency rehabilitation (BAER)
9. Epting, J., D. Verbyla, B. Sorbel. (2005). Evaluation of remotely sensed indices for assessing burn severity in interior Alaska using Landsat TM and ETM+. Remote Sensing of Environment 96 328 – 339
10. Lee, B., S. Y. Kim, J. Chung, P. S. Park. (2008). Estimation of fire severity by use of Landsat TM images and its relevance to vegetation and topography in the 2000 Samcheok forest fire. *J For Res* 13:197–204
11. Miller, J. D., S. R. 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
12. Boer, M. M., C. Macfarlane, J. Norris, R. J. Sadler, J. Wallace, P. F. 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
13. Key, C. H. and N. C. Benson. (1999). Measuring and remote sensing of burn severity: the CBI and NBR. Poster abstract. In L. F. Neuenschwander and K. C. Ryan (Eds.), *Proceedings Joint Fire Science Conference and Workshop*, Vol. II, Boise, ID, 15- 17 June 1999. University of Idaho and International Association of Wildland Fire. 284 pp.
14. Wimberly, M. C., M. J. Reilly. (2007) . Assessment of fire severity and species diversity in the southern Appalachians using Landsat TM and ETM+ imagery. *Remote Sensing of Environment* 108 189–197

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ГЕОИНФОРМАЦИОННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ОЦЕНКА НА ЩЕТИТЕ И ПОСЛЕДИЦИТЕ ОТ ГОЛЕМИЯ ПОЖАР В РАЙОНА НА Х.МАЛЬОВИЦА, РИЛА ПЛАНИНА

Александър Гиков, Петър Димитров

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: gikov@mail.space.bas.bg, petarkirilov@mail.bg,

Ключови думи: *горски пожари, Рила планина, МКФ-6*

Абстракт: *Чрез картографиране и анализ на промените в земното покритие в района на големия пожар при х. Мальовица са представени измененията, настъпили след пожара за 20 годишен период. За целта са използвани аероснимки от 1988 г. и сателитно изображение от QuickBird 2 от 2007 г. Допълнително са обработени и 5 кадъра, заснети с камерата МКФ-6 през 1977 г. С цел цифрова орторектификация, за първи път в България е направен опит да се дефинира модела на камерата МКФ-6 и да се въведе в софтуерния пакет LPS.*

За картографиране на земното покритие е използвана широкоразпространената номенклатура на CORINE Land Cover, но на четвърто ниво. Площта, засегната в различна степен по време на пожара от 2000 г., в план възлиза общо на 363 ha. Поради планинския релеф реалната площ на повърхността е малко по-голяма 397 ha. Във връзка с естествените процеси на възстановяване в бъдеще може да се очаква, че монолитният ареал на пожарището (3341 по CLC) ще се диференцира на няколко други типове земно покритие.

APPLYING GEOINFORMATION TECHNOLOGIES TO ASSESS THE DAMAGES AND EFFECTS OF THE GREAT FIRE IN THE AREA OF THE MALYOVITSA HUT, RILA MOUNTAIN

Alexander Gikov, Peter Dimitrov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gikov@mail.space.bas.bg, petarkirilov@mail.bg,

Keywords: *wild fires, Rila Mountain, camera MKF-6*

Abstract: *Changes after the big fire of 2000 near the Malyovitsa hut in the Rila mountain are presented by analyzing and mapping land cover changes over a twenty-year period. Aero photos of 1988 and a Quick-Bird 2 satellite image of 2007 are used. Additionally, 5 frames from the MKF-6 multispectral camera of 1977 are processed. In order to orthorectify the images, an attempt is made to define the MKF-6 camera model and use it for the first time in Bulgaria in the LPS software package.*

In mapping land cover, the fourth level of CORINE Land Cover (CLC) classification system is used. The area affected to some degree by the fire amounts to 363 ha (planimetric area). The actual surface area is somewhat larger - 397 ha, because of the rugged terrain. As a result of the natural regeneration processes, disintegration of fire scar (class 3341 according to CLC) to several other land cover types may be expected in future.

Въведение

През сухото и горещо лято на 2000 г. в България са регистрирани близо 1500 горски пожара, което е рекорд според статистическите данни на Главна дирекция "Пожарна безопасност и спасяване" на МВР [1]. Повечето от тези пожари са в равнинната и нископланинска част на страната, където температурите са много високи. От пожари обаче не са пощадени и високопланинските части. Само в Рила през август 2000 г. има няколко пожара. Най-значителният от тях е този, обхванал клековия субалпийски пояс в близост до х. Мальовица. В резултат на него една значителна територия променя значително земното си

покритие. Въпреки значимостта на проблема, досега няма научни разработки за площно картографиране на промените, а са разгледани само някои геоморфоложки въпроси, свързани с ефекта от пожара [2].

Цел на доклада е да се картографират и анализират промените в земното покритие в участък на северния макросклон на Рила планина между реките Мальовица и Долна Прека река за 20 годишен период. За тази цел са използвани самолетни и сателитни снимки, обхващащи този период, с пространствена разделителна способност не по-голяма от 1 метър.

История на пожара

По сведения от бюлетина на ситуационния център към Постоянната комисия за защита на населението при бедствия, аварии и катастрофи при Министерски съвет пожарът над х.Мальовица възниква на 23 август 2000 г [3]. Не може със сигурност да се каже каква е причината, дали се дължи на небрежност или е плод на зла умисъл, но със сигурност се знае, че метеорологичната обстановка е благоприятствала появата на пожари.

Лятото на 2000 г е много сухо и горещо. През юни валежите в станциите София и Мусала са едва на половина от нормата. Те още намаляват през следващите месеци, като в станция Мусала за месец юли те са 18%, а през август едва 17% от нормата. В станция София те са съответно 23% и 5%. През месец август най-високата температура е отбелязана точно на 23-ти – станция Черни връх (най-близка като височина станция аналог – 2286 m н.в.) 19^{o}C, на Мусала (2925) 16,4^{o}C, а в София 37,1^{o}C [4]. Трябва да се отбележи, че това не е единичен горещ ден, а максимумът на неколкодневен горещ период. Пикът в максималните температури идва в резултат на постоянното им увеличаване, започнало от 17 август. Ако се приеме, че вертикалният температурен градиент на 23-ти във високопланинската зона е бил 0,4^{o}C на 100 m, то на височина около 1900 – 2000 m температурата е превишавала 20^{o}C. Всичко това показва, че рискът от възникване на пожари е бил висок.

Пожарът започва на 23 август 2000 г. след обед в недостъпен район над х. Мальовица. Отначало в гасенето участват само 10 служители на лесничействата и 20 местни жители. В следващите дни се включват пожарникари, екипи на Гражданска защита и военнослужещи, като постепенно общият брой на огнеборците на 27-ми август достига 470 души. Поради планинския терен автомобилите на пожарната не могат да достигнат до пожара. От 24-ти в гасенето участва и хеликоптер на ВВС МИ-17, а в отделни дни от пожара помагат и 2-3 селскостопански самолета. Чрез изсичане на просеки е постигнато ограничаване на разпространението на пожара. На 27-ми огнището е локализирано, но на следващия ден пожарът се възобновява. Постепенно пожарът е овладян. Остават три огнища, които се доизгасяват и наблюдават, броят на огнеборците се редуцира до 150 души. На 30 август е обявено, че пожарът е загасен. На 1-ви септември обаче излиза много силен вятър, който възобновява пожара. В следващите дни вятърът значително намалява и в бюлетина на ситуационния център от 4-ти септември се казва, че на територията на страната няма действащи пожари [3].

Етапи на работа

Осигуряване на изображения с много висока разделителна способност. В секция „Дистанционни изследвания на Земята" при ИКИ-БАН има архивни аерснимки на района, отразяващи състоянието на земното покритие преди пожара от 2000 г. Във връзка с изпълнението на договор с фонд Научни изследвания за развитие на научна инфраструктура „НИК-03/2007" всички хартиени снимки и по-голямата част от негативите в архива бяха сканирани и каталогизирани. Не разполагахме с изображение, заснето след пожара. Затова беше закупена част от сцена от QuickBird 2 със средства по същия договор. Изображението е много качествено, без никакви облаци, с дълбочината на цвета11 бита, заснето на 16 август 2007 г. Предпочетен е „Bundle" формат.

В секцията разполагаме с архивни материали, заснети с многозоналната камера МКФ-6. За района на Рила планина това е една тясна ивица (3,5 km), заснета на 20 октомври 1977 г. Сканирането е извършено на А3 скенер Microtek ScanMaker 9800XL с резолюция 1600 dpi. Сканирани са негативите на първите 4 канала – дължини на вълната 0,48 μm (син канал), 0,54 μm (зелен), 0,60 μm (жълт) и 0,66 μm (червен) [5]. Негативът на пети канал е дефектен, а шести въобще липсва и за съжаление нямахме възможност да го използваме.

Ивицата с цветни снимки е тясна и най-южните части от пожарището попадат извън нея. Затова решихме като базови изображения, отразяващи земното покритие преди пожара, да се ползват чернобели снимките от 1988 г., които се намират в архива на секцията. Във ВТС – Троян на високоточен фотограметричен скенер са сканирани два кадъра директно от негатива с резолюция 16 микрона (1588 dpi). Сканирането на негатива е с цел да се постигнат добри параметри при вътрешното ориентиране, тъй като хартиените контактни копия не отговарят на строгите изисквания на цифровата фотограметрия.

Синтезиране на цветни изображения от МКФ-6. Камерата МКФ-6 всъщност се състои от шест камери, обединени в общ синхронизиран агрегат. Всяка от шестте камери снима на чернобяла лента в определена част от спектъра. За да се получат цветни изображения е необходимо де се извърши операция по интегриране на каналите в един файл (layer stacking). Между спектрозоналните изображения на всеки един от каналите няма никаква взаимна ориентация(за разлика от спектралните канали на QuickBird).Затова за да се направят цветни синтезирани изображения чрез адитивния способ първо трябва да се извърши привързване на кадрите един към друг. Първоначалният план беше да се използват деветте кръстчета, запечатани във всеки кадър, но се оказа че те не са достатъчни и се наблюдаваше разместване на цветовете. Ръчното разпознаване на допълнителни точки отнема много време. За да може да се използват около 200 точки е извършено автоматично търсене и разпознаване на точки. След приложение на полином от 2-ри порядък се получиха кристално ясни изображения в реални цветове при RGB комбинация 4-2-1. Трети канал (0,60 μm) също има дефекти – малки петна, получени при надписване на кадрите на филма. По тази причина и поради факта, че изображенията ще се използват само за визуална интерпретация, решихме да се откажем от използването на трети канал.

Орторектификация. Важен въпрос за правилното георефериране на изображенията е набавянето на земни контролни точки (GCP). За прецизна орторектификация е необходимо да се използват точки, чиято грешка е по-малка от размера на пиксела. Затова за орторектификация на снимки с резолюция под 1 m не може да се използват точки, снети от едромащабни карти, чиято точност е значително по-лоша.

При орторектификацията на самолетните и сателитни снимки са използвани точки, чиито координати са снети с едночестотен GPS приемник Magellan Mobile Mapper 6. Този апарат, макар и от по-евтините модели, има възможност за запис на сурови данни (RINEX), с чиято помощ при последваща обработка (post-processing) е възможно значително да се подобри точността. Процедира се като приемникът се поставя неподвижно и се записват RINEX данни през 30 секунди обикновено в продължение на 15 минути. С цел проверка на точността на някои важни опорни точки са направени по 2-3 измервания. Резултатите показват, че при открит хоризонт (на било) и сигнал от 8-10 спътника, след последваща обработка точността е в рамките на половин метър. Считаме, че тази точност е достатъчна и отговаря напълно на целите на цялостното изследване.

Обикновено за земни контролни точки (GCP) при орторектификация се използват антропогенни обекти. Те имат геометрични форми и ясни ръбове и ъгли, които лесно се разпознават на изображенията. В планината обаче такива обекти са рядкост и по-често те са разположени в долините. Троговите долини в Рила обикновено са много дълбоки и GPS приемникът улавя сигнала само на 4-5 сателита, което значително намалява точността. На билото се хваща сигнала на 8-10 сателита и точността е много по-добра, но няма подходящи обекти, които да бъдат използвани за земни контролни точки. За да се получи едно сравнително равномерно разпределение на тези точки, сме използвали и природни образувания, които ясно се разпознават на снимките. Например скален блок, разположен в езеро, близо до брега. При размер 1,5x1,5 m той се изобразява на снимките като малка светла точка на тъмен фон – водната повърхност. Близостта до брега улеснява достъпа до него. По време на теренната работа през лятото на 2009 г. са събрани 20 земни контролни точки, които са използвани при орторектификацията на аеро-космическите изображения. За корекция по време на последващата обработка е използвана перманентната станция SOFI, отдалечена на около 34-35 km. Данните са свободно достъпни в интернет [6].

Орторектификация на QuickBird изображение. Моделът на сензора QuickBird 2 е дефиниран в софтуерния пакет ERDAS Imagine. При използване рационалните полиномиални коефициенти (RPC file,) може да се постигне висока прецизност дори при ограничен брой опорни точки [7]. Въпреки това, с оглед планинския характер на релефа са използвани общо 15 точки – 9, като земни контролни точки (GCP) и 6, като точки за проверка на точността (check points). Разпознаването на точките е направено на панхроматичния канал с резолюция 60 cm, след което референтните точки са запазени като файл и приложени за спектралните канали с резолюция 2,4 m. Орторектификацията е извършена като единичен кадър, а за цифров модел на релефа е използван DEM с размер на клетката 30 m. Като референтна координатна система е зададена UTM зона 34.

В табл.1. са показани резултатите при орторектификацията на QuickBird изображението. Вижда се, че грешката при опорните точки е в рамките на 1-2 m, а при точките за контрол на точността малко по-голяма – до 2,5 m. Това вероятно се дължи на факта, че за такива точки са използвани по-малко надеждни точки – в дълбоката долина на р.Мальовица или с по-големи разлики между различните измервания. Все пак по-важно е да се направи прецизна орторектификация, отколкото да се получат малки статистически стойности на грешката.

Считаме, че постигнатата точност на орторектификацията е напълно приемлива за планинска територия с разчленен релеф.

Табл.1. Орторектификация на QuickBird изображението

Изображение	Мерна единица	Опорни точки (GCP) - 9 бр.			Точки за проверка (Check points) -6 бр.		
		x residual	y residual	RMSE	x residual	y residual	RMSE
QuickBird панхроматичен канал 0,6 m	пиксели	1.66	1.86	2.50	2.90	2.60	3.90
	m	1.00	1.12	1.50	1.74	1.56	2.34
QuickBird спектрални канали 2,4 m	пиксели	0.43	0.86	0.96	0.70	0.88	1.12
	m	1.04	2.06	2.30	1.67	2.11	2.69

Орторектификация на аероснимки от рамкова камера. Екипът има известен опит при обработка на аероснимки [8], затова те са обработени чрез съвместно снопово-блоково изравнение при триангулацията. Заснемането е извършено на 8 юли 1988 г. с камера Wild RC-10 с фокусно разстояние 152,77 mm и размер на кадъра 23 x 23 cm. При височина на полета 7,6 -7,9 km всеки кадър обхваща площ приблизително 75-80 km^2 (квадрат с размер 8,6-8,9 km). Изследваният район е със значително по-малък обхват и изцяло се изобразява на два кадъра (стерео двойка), които са подложени на обработка. За тази цел е създаден малък фотограметричен блок, включващ двата кадъра (фиг.1). Не разполагаме с калибровъчните данни за тази камера, затова вътрешното ориентиране е направено с параметри по „default" – четирите рамкови марки са разположена на по 106 mm по ***x*** и по ***y*** от главната точка. Въпреки това, резултатите от вътрешното ориентиране са много добри – средноквадратичната грешка е едва 0,15 пиксела (или 2,45 микрона) за единия кадър и 0,16 пиксела (или 2,59 микрона) за другия. По всяка вероятност това се дължи на сканирането на негатива на високоточния скенер във ВТС.

Фиг. 1. Разположение на опорните и точките за проверка на точността на аероснимките от рамковата камера Wild Rc-C-10

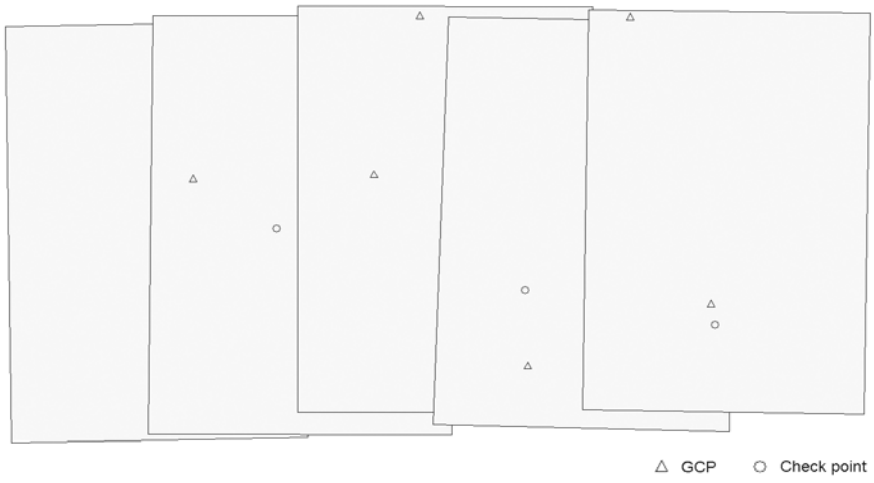
При аеротриангулацията са използвани 9 опорни точки (GCP), 8 точки за проверка на точността (Check points) и значително повече свързващи точки (TP) за взаимна ориентация на двата кадъра – 105. Резултатите от блоковата триангулация на аероснимките са показани в табл.2. Сумарната средна грешка е малка – под един метър (0,76 m). Стойността на грешката по ***z*** е значително по-голяма (7,6 m), но целта е създаването на ортофотоплан, а не извличане на цифров модел на терена от стерео двойката.

Табл.2. Резултати от блоковата триангулация на аероснимките

Изображения	Средно-квадратична грешка (m)	Опорни точки (GCP)				Точки за проверка (Check points) .				Свързващи точки (TP)
		брой	средна грешка (m)			брой	средна грешка (m)			
			x	y	z		x	y	z	брой
чернобели снимки 1988 г. камера - Wild RC-10	0.76	9	0.9	2	7.6	8	0.7	0.9	6.7	105
цветни снимки 1977 г. камера - МКФ-6	1.88	6	2.8	1.7	9.7	3	3.5	4.0	1.9	152

Орторектификация на аероснимки от МКФ-6. Работата с кадрите от МКФ-6 беше значително по-сложна. Първо защото това не е стандартна фотограметрична камера, за която

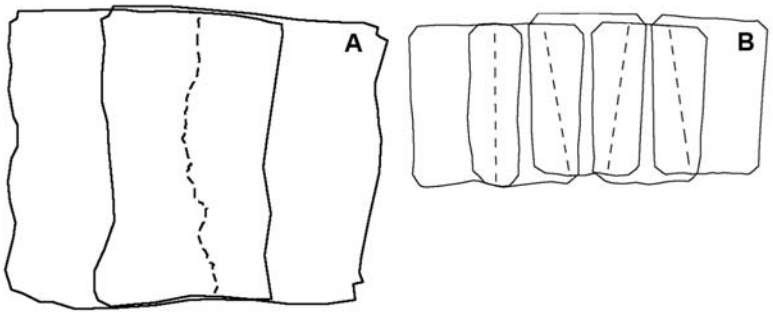
има готов или поне приблизителен модел в софтуера LPS. Второ защото дори в литературата сведенията за нея са оскъдни. В публикациите [5, 9] отпреди трийсет години се посочва само размера на кадрите (55 x 81 mm) и фокусното разстояние на обектива – 125 mm, без данни за десети и стотни от милиметъра. Това е поради факта, че всъщност камерата се състои от 6 обектива и е възможно помежду им да има минимални различия – до 5 μm [9]. Понеже не е рамкова камера, няма и рамкови марки. Пробвахме за такива да ползваме деветте кръстчета, чието предназначение е напасването на каналите при аналоговото синтезиране на цветни изображения. Не открихме и никакви данни за отстоянието на кръстчетата от главната точка. Затова решихме да получим тези данни по емпиричен път. Направихме измервания на тези параметри на няколко сканирани кадъра и след това с осреднените стойности създадохме модел на МКФ-6 в LPS като вариант на метрична камера. Резултатите от вътрешното ориентиране не са толкова добри като на черно-белите снимки – грешката варира от 0,87 до 2,2 пиксела. Причината е че при синтеза на каналите сме използвали и полином от 2-ра степен. Това променя първоначалната геометрия на негатива, но в противен случай образът би бил раздвоен, което е по-лош вариант. Тези стойности на грешките при вътрешното ориентиране са приемливи за нашите цели.



Фиг. 2. Разположение на опорните и точките за проверка на точността на аероснимките от камера МКФ-6

Основен проблем при работата с МКФ е, че кадърът е много малък и тесен. Затова трудно се разпознават както опорни точки, така и свързващи точки. В добавка, при конкретното летене не е изпълнено изискването при заснемане на фотограметричен блок съседните кадри да се застъпват 60%, а те се припокриват само 50%. Това не позволява използването на функцията за автоматично генериране на свързващи точки, което от своя страна многократно увеличава времето за обработка на МКФ кадрите. Затова всичките 152 свързващи точки са разпознати ръчно. Средната грешка на опорните точки от триангулацията по ***x*** е 2,8 m, по ***y*** 1,7 m, а по ***z*** значително по-голяма – 9,7 m (Табл.2). Грешките от точките за проверка са малко по-големи. Като цяло резултатите от триангулацията на петте кадъра от МКФ-6 са по-лоши от тези от RC-10, но предназначението им не е да бъдат използвани като изображения за дешифриране, а само да подпомогнат интерпретацията на снимките от 1988 г.

Мозайкиране. За да се съединят отделните кадри в едно цяло ортоизображение е необходимо да се извърши мозайкиране. Свързващите шевове за кадрите от МКФ-6 са прокарани автоматично като е използван алгоритъма „most nadir seamline", а между двата кадъра от 1988 г. шевът е прокаран по Горна Прека река (Фиг.3). За да не си личат местата на свързване са използвани функциите за цветови баланс чрез изравняване по хистограми и постепенно преливане (feather-ing). Изходните ортофото планове са в координатна проекция UTM зона 34, а размерът на пиксела е редуциран от 0,67 m (за RC-10) и 0,69 m (за МКФ-6) на 1 m.



Фиг. 3. С пунктир са представени линиите на шевовете на свързване при мозайкиране на кадрите от 1988 г – **A** и 1977 г – **B**

Pan-sharpening. Тази техника на сливане на изображения с различна пространствена разделителна способност е известна и с други термини като, *merge* и *fusion*, а в руската литература и като *синергизъм* [10]. Тя придоби особена популярност в последното десетилетие

и се ползва като стандартна при обработка на сателитни изображения с много висока разделителна способност. Причината е, че за да се пести обем, повечето сензори не снимат във всички канали с най-високата възможна резолюция, а само в един – панхроматичен канал. Размерът на пиксела в този канал често е четири пъти по-малък от този на пикселите в спектралните канали или някакъв размер, който е кратен на размера в спектралните канали. Това се прави с цел да се намали огромното количество информация, което е необходимо за записване и предаване на данните към наземната станция. След преобразуването (sharpening) се получава цветно изображение, което притежава високата детайлност на панхроматичния канал. Съществуват редица методи за преобразуване и сливане: на Главните компоненти, Multiplicative, трансформация на Brovey, IHS, HPF и други [11].

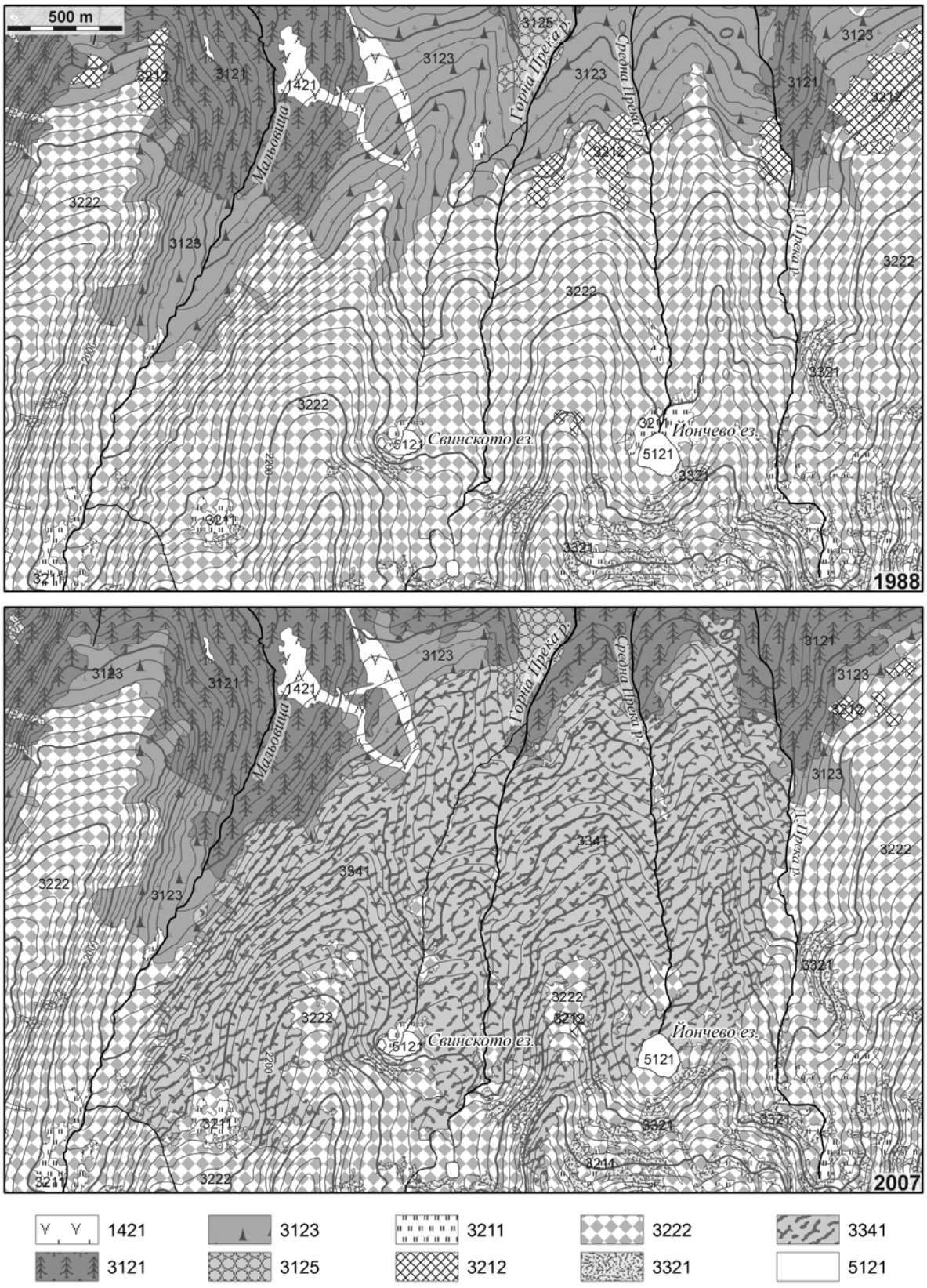
Тъй като изображението от QuickBird е поръчано като "Bundle" продукт, след извършване на орторектификация е направен „*Pan-sharpening*" на панхроматичния със спектралните канали. Въз основа на направените опити се установи, че най-добри резултати се получават при използване на алгоритъма Gram-Schmidt Spectral Sharpening в софтуера ENVI 4.6. Причината е защото има разработени конкретни модели за sharpening за основните VHR сензори - QuickBird, IKONOS, IRS 1, SPOT 5. В резултат е създадено изображение с 4 канала и пространствена резолюция 0,6 m, което в следващия етап е ползвано за визуална интерпретация.

Освен на изображения с различна резолюция, взети синхронно, sharpening е възможно да се прилага и на разновременни изображения. Такава обработка вече е извършвана в института във връзка с изпълнение на научни задачи в района на Разложката котловина [8]. Важно условие е двете изображения да са прецизно орторектифицирани. За да се получат добри резултати е желателно те да са заснети в една година и един сезон. Това важи с по-голяма сила за териториите, заети със селскостопански земи. В две последователни години една и съща нива може да изглежда по различен начин на аерокосмическо изображение, което би обезсмислило провеждането на sharpening. В планинските територии тези промени през годините не са така изявени, но пречка може да се окаже закриването на някои части от облаци, което е често явление в планините. В най-високите части през различните години се наблюдава различна скорост на стопяване на снежните преспи през лятото. От една страна това се дължи на различия в температурния режим през лятото на отделните години, а от друга поради неравномерното натрупване на снега през зимата. В зависимост от посоката и силата на ветровете е възможно значително преместване на снежните маси.

За да доближим максимално двете изображения, предназначени за визуално дешифриране, опитахме да оцветим чернобялата снимка от 1988 г. За този период преди пожара единственият източник на спектрална информация, който е достъпен за нас са Landsat сцените, свободно достъпни на уеб-сайтовете, управлявани от Американската геоложка служба USGS [12, 13]. Единствената лятна относително безоблачна сцена на района (Path184, Row31) от същата година (29 юли 1988 г.) има няколко малки облаци около главното било. Първоначално беше направен опит да се направи мозайка от няколко летни сцени. Разликите в големината на снежните преспи обаче се оказаха непреодолимо препятствие

За оцветяване на чернобелите аероснимки е използвана Landsat сцена, заснета на 17 август 1986 г. Очевидно разпределението и размерът на преспите през август 1986 г. са били сходни с тези през юли 1988 г. При обработката (sharpening) отново е използван алгоритъмът на Gram-Schmidt в ENVI, като са изпробвани различни модели: за QuickBird, Ikonos, включително и за Landsat 7. Последният обаче е разработен за sharpening на спектралните канали на сензора ETM+ с панхроматичния му канал, с размер на пиксела 15 m. Вероятно затова по-добри резултати се получаваха при използване на модела за Ikonos. Разликата в размера на пиксела при спектралните канали (30 m) и панхроматичния (1 m) е твърде голяма. Затова резолюцията на финалното изображение е редуцирана до 3 m – приблизително каквато е резолюцията на спектралните канали на QuickBird.

Интерпретация и картографиране. Интерпретацията на обработените изображения е направена визуално. За картографирането на земното покритие е използвана широко разпространената номенклатура на CORINE Land cover. Тъй като използваните изображения са с много висока пространствена резолюция може да се постигне значително по-голяма детайлност. Затова взехме решение да използваме четвърто ниво на номенклатурата, разработена от международен екип [14]. Освен високата резолюция на снимките, друга важна причина е, че един от основните типове земно покритие в субалпийския пояс на Рила, този с плътна покривка от клек (*Pinus mugo*), при използване на трето ниво се картографира като клас 322 – (Moors and heathland), който обединява различни като произход съобщества с ниска растителност [15]. На четвърто ниво клекът е отделен в самостоятелен клас – 3222 "Dwarf pine" [14]. На фиг. 4 са представени резултатите от визуалното дешифриране на земното



Фиг. 4. Карти на земното покритие през 1988 и 2007 г.

Кодове на класовете земно покритие по CORINE Land cover четвърто ниво: **1421** – спортни съоръжения (ски писти); **3121** – иглолистни гори с непрекъснато покритие; **3123** – иглолистни гори с прекъснато покритие (преходна зона); **3125** – горска култура от иглолистни видове; **3211** – естествени тревни площи без дървета и храсти; **3212** – естествени тревни площи с дървета и храсти; **3222** – клек; **3321** – голи скали (предимно сипеи); **3341** – опожарени територии; **5121** – естествени водни тела (глациални езера)

Табл. 3. Планиметрични полщи на типовете земно покритие на изследвания район през 1988 и 2007 г.

описание	код	1988 г.		2007 г.	
		ha	%	ha	%
Спортни съоръжения	1421	11,4	0,9	11,5	0,9
Иглолистни гори с непрекъснато покритие	3121	148,4	11,8	239,9	19,2
Иглолистни гори с прекъснато покритие	3123	205,0	16,4	78,6	6,3
Горска култура от иглолистни видове	3125	10,1	0,8	10,1	0,8
Естествени тревни площи без дървета и храсти	3211	36,7	2,9	31,6	2,5
Естествени тревни площи с дървета и храсти	3212	37,8	3,0	3,2	0,3
Клек	3222	738,6	59,0	450,2	35,9
Голи скали	3321	61,0	4,9	60,9	4,9
Естествени водни тела	5121	3,8	0,3	3,8	0,3
Опожарени територии	3341	0,0		362,9	29,0

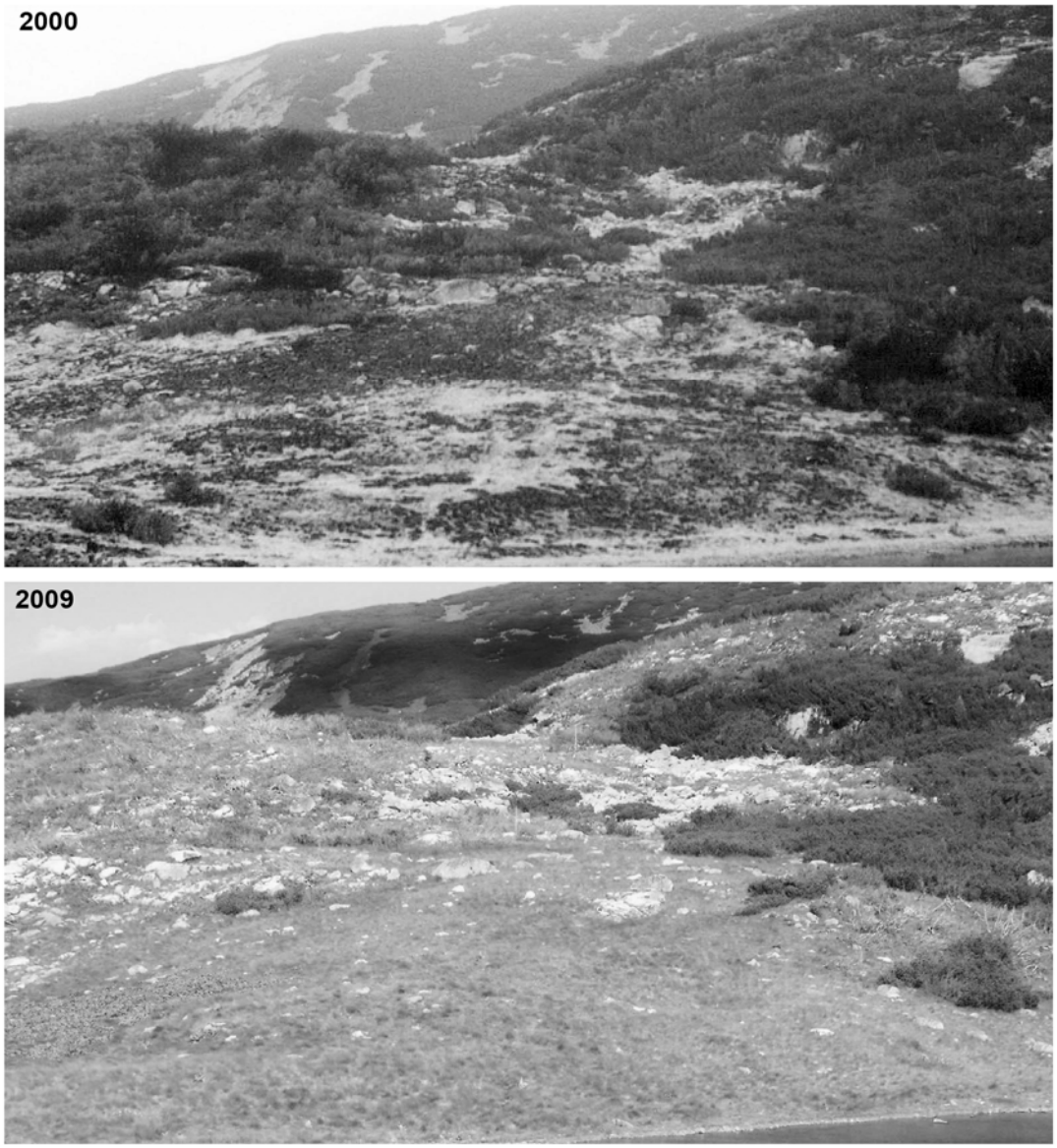
покритие за 1988 и 2007 г. На картата на земното покритие през 1988 г. клас 3341 опожарени площи въобще не съществува. Общата площ на пожарището възлиза на 363 ha в план. Поради планинския характер на територията реалната площ на повърхността е с десетина процента по-голяма или 397 ha. В следствие на пожара от август 2000 г. огромна част от клас 3222 (клек) се трансформира в 3341. В значително по-малка степен са засегнати клас 3121 (иглолистни гори с непрекъснато покритие) и клас 3123 (иглолистни гори с прекъснато покритие). Интересно е да се отбележи, че едновременно с промените, причинени от пожара, се забелязват и промени, дължащи се на естественото развитие на растителната покривка. Част от площите, заети през 1988 г. от клас 3123 са се трансформирали през 2007 г. в клас 3121, т.е. разновременните снимки са запечатали момент от процеса на превръщане на преходната зона в горска, който е във връзка с повишаването на горната граница на гората. Ако се направи сравнителен анализ на площите преди и след пожара (табл.3) се вижда, че площите, покрити с клек са намалели от 59% на 36% - т.е. с 23% и това се дължи на пожара – който заема 29% от площта на изследваната територия през 2007 г.

Развитие на високопланинските комплекси и възстановяване на растителната покривка след пожара

По време на пожара не е имало еднакво и равномерно изгаряне навсякъде. В някои участъци при пожара освен клекът е изгорял и хумусният хоризонт на почвата, понеже планинските почви съдържат значително количество слабо разложени органични остатъци, които са представлявали гориво по време на пожара. На тези места в последствие почвата е била подложена на значителна ерозия и там възстановяването на растителността е затруднено. На други места въздействието на огъня е било значително по-слабо. В долината на Горна прека река под Свинското езеро например има запазени „острови" с оцелял клек. Там поради слабия наклон реката тече бавно и образува мочурливи участъци. Вероятно влагата е възпрепятствала разпространението на огъня. Такива острови служат като центрове на разпространение на растителността.

Тревната растителност като по-гъвкава и лесно възобновима още на следващата година започва възстановяването си. Въз основа на теренните наблюдения може да се каже, че тя вече напълно е възстановила ареала си и на терен дори не може да се установи до къде е стигнал пожара в тревните участъци (фиг.5). Наблюдава се обаче значителна промяна на видовия състав. В огромни площи от бившето пожарище широко разпространение е намерила теснолистната върбовка (*Epilobium angustifolium L*). Тя е характерен пионерен вид, заемащ бързо опожарени площи в бореалната зона. Изобилното и разпространение след пожар е причина за името на английски (fireweed), което би могло да се преведе като пожарен бурен.

В по-ниските части, в близост до горната граница на гората, са се появили други пионерни видове. Особено изобилно разпространение в долината под Йончево езеро е придобила ивата (*Salix caprea L*). Други дървесни видове, заели нови площи след пожара, са брезата (*Betula pendula Roth*) и трепетликата (*Populus tremula L*), но тяхното участие в новите съобщества е значително по-спорадично, отколкото на ивата. След пожара на отделни места се срещат още малина (*Rubus idaeus L*), офика (*Sorbus aucuparia L*) и други видове. Не се забелязва обаче възстановяване на формацията на черната боровинка (*Vaccinium myrtillus L*), която е типичен подлес под клека (*Pinus mugo Turra*). Още по-бавно може да се очаква че ще протича възстановяването на самия клек.



Фиг. 5. Поглед към източния бряг на Йончево езеро през 2000 г и 2009. Следите от пожара в тревните площи са напълно заличени. Въпреки че на горната снимка в клека може да се отделят места със по-голяма степен на обгаряне (тъмно сиво) и такива със по-слаба (по-светло сиво) на долната снимка през 2009 г. се вижда, че цялата клекова покривка е изсъхнала и се изобразява в светло сиво.

Заключение

По пътя на своето естествено развитие растителната покривка в бъдеще постепенно ще се възстанови. Във високопланинските комплекси обаче това възстановяване продължава значително по-дълго време, отколкото в по-ниските пояси. Особено бавно може да се очаква този процес да протича при възстановяването на клековата покривка. Може да се прогнозира, че за пълното възстановяване ще са необходими стотици години. Именно затова екологичното значение на пожара от 2000 г. е голямо и неговите последици ще бъдат осезаеми и в бъдеще. От гледна точка на типът земно покритие, в бъдеще цялостният ареал на клас 3341 с опожарена територия ще се диференцира и тя ще се заема от класовете 3211, 3212 и 3321. В по-ниските части клас 3121 ще разширява ареала си.

На базата на опита, натрупан по време на обработката на изображенията, може да се направи следният извод. По-голямата част от времето (приблизително 80%) беше изразходвано за работа със старите аналогови материали. Този факт е красноречив за сериозния напредък в областта на дистанционните изследвания при използването на цифрови изображения.

Литература:

1. Web страница на главна Главна дирекция "Пожарна безопасност и спасяване" на МВР с адрес: http://www.nspbzn.mvr.bg/Sprav_informacia/Statistika/default.htm
2. Кънев. Г. Антропогенно и пирогенно въздействие върху релефа в района на туристически комплекс „Мальовица". В: Сб. Док. Международна научна сесия „50 години Географски институт при БАН". София. ноември 2000 г. с. 456-464
3. Web страница с архив на съобщения до средствата за масово осведомяване – бюлетин на ситуационния център към Постоянната комисия за защита на населението при бедствия, аварии и катастрофи при Министерски съвет: http://212.122.160.99/old/bg/gis/press_archive
4. Web страница за он-лайн климатични данни на NCDC с адрес: http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdoselect.cmd?datasetabbv=GSOD&countryabbv=&georegionabbv=
5. Книжников, Ю.Ф. Многозоналная аэрокосмическая съемка как метод изучения природных ресурсов. В: Космическая съемка и тематическое картографирование. М. 1980. с.5-9
6. Web страница на проекта Hemus Neet://www.hemus-net.org/
7. ERDAS Imagine Tour Guides - Leica Geosystems Geospatial Imaging. 2006
8. Гиков, А., К. Стефанов - Използване на аероснимки за картографиране на ландшафтите в планински територии. Сб. От втора научна конференция с международно участие СЕНС 2006. 14-16 юни 2006 г., Варна
9. Новаковский, Б. А. Фотограмметрические и картографические особенности кадровых космических снимков Земли (на примере орбиталной съемки многозоналной камерой МКФ-6). Исследование Земли из космоса. №2. 1981. с. 92-96
10. Книжников, Ю. Ф., В.И. Кравцова, О.В. Тутубалина. Аэрокосмические методы географических исследований. М. Академия. 2004.
11. ERDAS Imagine Field Guide - Leica Geosystems Geospatial Imaging. 2005
12. Web страница на USGS Global Visualization Viewer: http://glovis.usgs.gov/
13. Web страница Earth Explorer: http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/
14. Feranec, J., Otahel, J. 1998. Final version of the 4th level CORINE land cover classes at scale 1:50 000 (Task 4.2). Technical Report. EEA Phare Topic Link on Land Cover. Bratislava (Institute of Geography, SAS)
15. Heymann, Y., Steenmans, Ch., Croisille, G., Bossard, M. 1994. CORINE Land Cover. Technical Guide. Luxembourg (Office for Official Publications of European Communities).

Благодарности

Представеният доклад е част от дейностите, предвидени по Договор с МОН по ОП "РЧР" № BG051PO001/07/3.3-02/63/170608 с цел подпомагане на младите учени.

Осигуряването на използваните изображения е със средства от договор с МОН НИК-03/2007 "Изграждане на научно-информационен комплекс за аерокосмически полигони на територията на Р България"

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОЖАРА ОКОЛО ВРЪХ АРИЗМАНИЦА, РИЛА ПЛАНИНА, ЧРЕЗ САТЕЛИТНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ С РАЗЛИЧНА РАЗДЕЛИТЕЛНА СПОСОБНОСТ

Александър Гиков

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: gikov@mail.space.bas.bg

Ключови думи: *Горски пожари, дистанционни методи, Рила планина*

Резюме: *Разгледани са възможностите на съвременните сателитни сензори за наблюдение и картографиране на пожарите. Представени са RGB комбинации с псевдоцветове за най-добра визуализация. За картографиране на пожарището при връх Аризманица и оценка на щетите са обработени изображения от Landsat-5, Landsat-7, ASTER и KOMPSAT-2. В ГИС среда е очертан контурът на пожарището и е изчислена неговата площ. В план тя е 130 ha, а като повърхност 151 ha.*

STUDY OF THE WILDFIRE NEAR ARIZMANITSA PEAK, RILA MOUNTAIN, BY SATELLITE IMAGERY WITH DIFFERENT RESOLUTION

Alexander Gikov

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

Keywords: *Wildfire, Remote sensing, Rila Mountain*

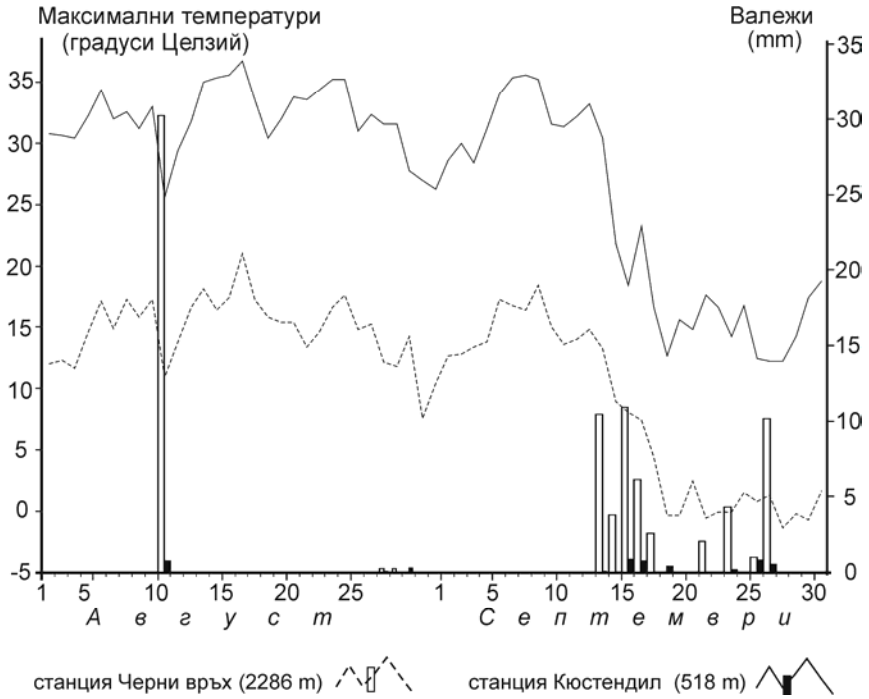
Abstract: *The potentials of current satellite sensors for observing and mapping of fires are considered. RGB combinations with pseudocolors for best visualization of bands are shown. To map and assess the area of the fire-scar around Arizmanitsa peak, images of Landsat-5, Landsat-7, ASTER and KOMPSAT-2 are used. In GIS environment the fire-scar is delineated. Both plan area (130 ha) and surface area (151 ha) are calculated.*

Въведение

Горските пожари са елемент от естественото развитие на ландшафтите и важна част от сукцесионната смяна на растителната му покривка. Въпреки това те са крайно нежелано явление за територията на България. Статистическите данни на Главна дирекция "Пожарна безопасност и спасяване" [1] показват, че до 1990 г. годишно са регистрирани до 100 горски пожара. След това се наблюдава съществено увеличаване, както на броят на пожарите, така и на площта, засегната от тях. В отделни сухи години са отбелязани пикове в техния брой: 1993 г. – 935, а през 2000 г. – 1436. През същата година имаше и няколко пожара на територията на Национален парк Рила, като най-големият по значение и площ (близо 400 ха) е в района на х.Мальовица през септември 2000 г. Последният голям пожар в Рила беше в началото на септември 2008 г.

Пожарът започва на 3-ти септември 2008 г. следобед по южния склон на връх Аризманица над летовището Бодрост. Метеорологичната обстановка в края на лятото допринася за лесното възникване и разпространение на горски пожари. От фиг.1 се вижда, че след кратко слабо захлаждане около 1-ви септември през първата половина на септември времето продължава да е с летни стойности на дневните температури. Същевременно за повече от един месец (11 август – 14 септември) времето се задържа сухо, почти без валежи. Това довежда до увеличаване на риска от възникване и разпространение на пожари.

Счита се, че вероятно пожарът е причинен от мълния, която е подпалила сухата трева под Аризманица. Парковата охрана първоначално локализира огъня, но в последствие поради



Фиг. 1. Максимални температури и валежи през август и септември 2008 г. в станции Черни връх и Кюстендил [2]

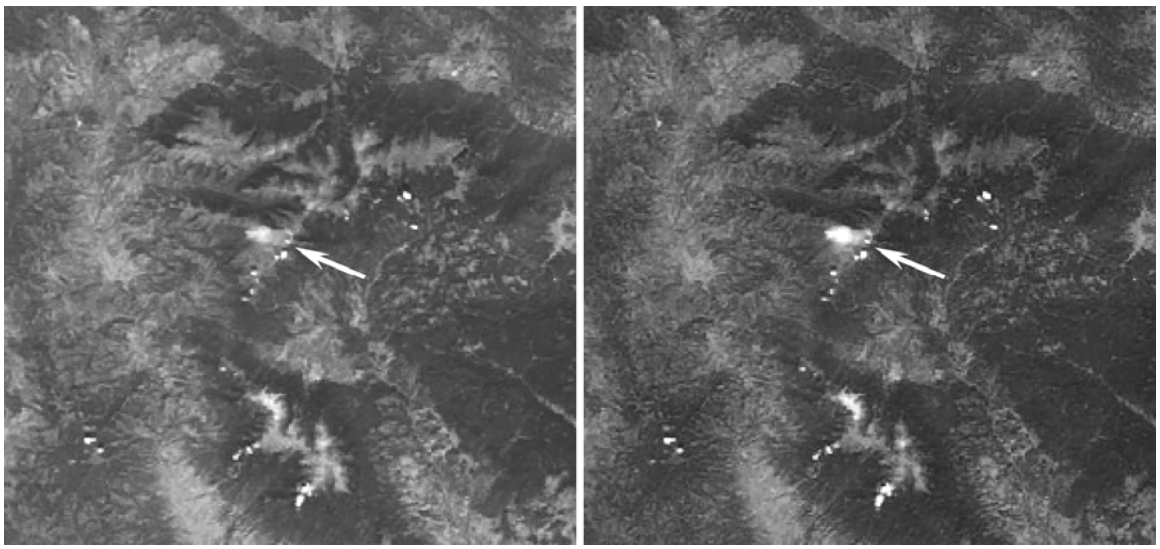
силния вятър пожарът се разраства до около 70 ha. За да не се разшири още са инсталирани моторни помпи, черпещи вода от двата потока, намиращи се на запад и на изток от огнището на пожара. Чрез дълги неколкостотин метра шлангове водата се изпомпва при фронта на пожара. На четвъртия ден от пожара с булдозер е направена минерализована ивица близо до билото, в която чимът и тревата са отстранени. Целта е да се ограничи пожара и най-вече да не се прехвърли през билото на север в посока Рилския манастир.

Релефът в района на пожара е много стръмен и недостъпен за противопожарните коли. На 8 септември в гасенето се включват и два самолета Bombardier 415 с френски екипаж. Този специализиран за борба с горски пожари самолет носи 6 тона вода, които се изсипват само за няколко секунди. След два дни те са сменени от два испански самолета. Заедно с гасенето от въздуха в борбата с огъня участват и над 250 човека на земята. Постепенно пожарът е овладян на изток, север и юг и усилията са насочени към ограничаване на фронта на запад към Карталско дере, където има млади иглолистни насаждения и опасността от преминаване на пожара от низов във върхов е голяма. На 10 септември вечерта пожарът е ограничен и от 11-ти се счита за потушен. Поради опасност вятърът да го разпали отново е организирано наблюдение.

Сателитни средства за наблюдение на горските пожари

В световен мащаб дистанционните методи се наложиха като надежден инструмент за идентификацията им и оценка на щетите от тях. Понастоящем в орбита оперират различни, както по пространствена резолюция сензори, така и с различна спектрална разделителна способност. Съществува обратно пропорционална връзка между времевата и пространствената разделителна способност. Колкото по-голяма е пространствената, толкова по-малка е времевата.

MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) е ключов инструмент на борда на сателита Terra, изстрелян в орбита от НАСА през 1999 г. През 2002 г. е пуснат на орбита и сателитът Aqua, който също носи такъв сензор. Той работи в 36 канала в диапазона от 0,4 μm to 14,4 μm. Пространствената резолюция е от 250 m до 1 km – 2 канала с 250 m, 5 канала с 500 m и 29 канала с 1 km. Те са проектирани за провеждане на глобално наблюдение на динамичните изменения, включително на облачната покривка, радиационния баланс, процесите, протичащи в океаните, на сушата и в ниските слоеве на атмосферата. Ширината на сканираната ивица е 2330 km [3]. Това позволява всяка точка на Земята да се заснеме по два пъти на ден – веднъж през деня и веднъж през нощта. Траекторията на придвижване на Terra в осветената част от планетата е с посока север – юг, а на Aqua обратното – от юг на север. Над територията на България Terra обикновено минава преди обед, Aqua малко по-късто в ранния следобед.



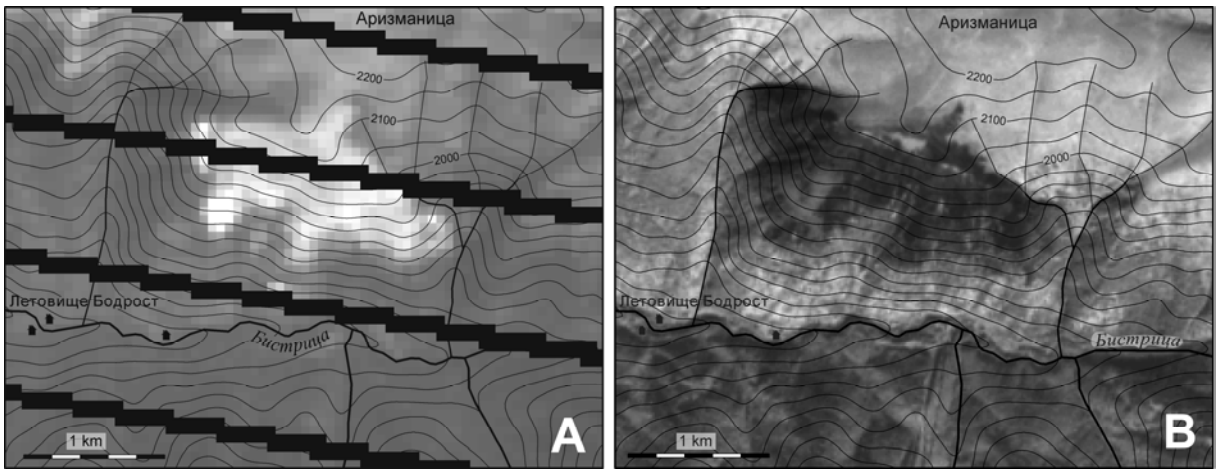
Фиг. 2. Фрагмент от MODIS изображение от 8 септември 2008 г. Снимките обхващат долината на р. Струма на запад, долината на р. Места на изток, Рила планина на север и Пирин планина на юг. В центъра с бяла стрелка е посочен димът, който се издига над пожара при Аризманица. На лявата снимка в зелената зона на спектъра (Канал 4 – 459 - 479 nm) той се забелязва по-трудно, докато на дясната в синята област (канал 3 – 545 - 565 nm) димът се отличава ясно.

Данните от MODIS се използват за идентифициране на горски пожари чрез отчитане на термалните аномалии. В интернет има различни сайтове, представящи карти на пожарите в глобален или регионален мащаб. В тях пожарите са обозначени с точки, явяващи се център на пиксел с размер 1 km и се отнасят за някакъв период от време – 8-10 дена, месец. От сайта с обработени данни на MODIS [4] могат да се изтеглят свободно продуктите MYD14 и MYD14A1. Те представляват класифицирани и георефериран растерни слоеве в hdf формат, в които пикселите с размер и стойност 7,8 и 9 представят горски пожари. Увеличаването на цифрата показва нарастване на интензитета на пожара. Малко по-детайлни изображения с резолюция 250 m в близко до реално време са достъпни от подсайтовете на MODIS Rapid Response System [5]. Територията на България изцяло се включва в квадрат 3_03 – Южна Европа [6]. Южната част на страната може да се открие също в AERONET_Thessaloniki Subsets [7]. На изображенията с резолюция 250 m в реални и псевдоцветове (RGB 7-2-1) пожарите се разпознават по техните димни шлейфове. Данните могат да се изтеглят в GeoTIFF format, така че лесно се интегрират в ГИС.

Поради облачната покривка над Рила, на изображенията от MODIS през първите 3 дни пожарът не се забелязва. На изображението в реални цветове, заснето от сателита Terra преди обед на 6-ти септември ясно се вижда пушекът над пожара и димния шлейф, ориентиран на югозапад. На следобедното изображение има облачност над билото на планината, но димният шлейф е по-голям и стига до долината на р.Струма. В следващите дни пожарът не се идентифицира ясно поради облачността с изключение на сцената от 8 септември 2008 г. (фиг.2).

Приоритетно MODIS данните са предназначени за глобален мониторинг и обикновено не се използват за оценка и картографиране на опожарените площи, а само за тяхната идентификация. Затова се използват сателитни изображения с по-висока пространствена разделителна способност.

Изображенията от американския ресурсен сателит **Landsat** имат пространствена разделителна способност 30 m на повечето си канали. Тази резолюция позволява на изображенията от Landsat да се отделят няколко степени на поражения от пожара. Понастоящем оперират два спътника – Landsat 5 и Landsat 7. Първият носи сензорът TM, състоящ се от 6 канала с резолюция 30 m и един термичен с размер на пиксела 120 m. Вторият е оборудван с подобрения инструмент ETM+, при който термичният канал е с резолюция 60 m. Освен това има панхроматичен канал с резолюция 15 m. За съжаление на 31 май 2003 коректорът на сканираните линии (Scan Line Corrector (SLC) дефектира. В резултат получаваните изображения имат клиновидни ивици без данни, които се разширяват към периферията на сцената. Това пречи, както на визуалното интерпретиране на изображенията, така и на автоматичната им класификация. По тази причина беше решено Landsat данните да бъдат пуснати за безплатно теглене през интернет [8, 9]. Сега вече и архивните изображения от по-старите мисии на Landsat 1-5 са достъпни през уеб сайтовете на USGS Global Visualization Viewer [10] и Earth Explorer [11].



Фиг. 3. Пожарът при Аризманица върху изображения със средна разделителна способност.

А – Пожарът заснет от Landsat – 7 на 6 септември 2008 г. Поради високата температура пожарът при визуализация на термичния шести канал се изобразява като ярко петно. Черните диагонални ивици се дължат на дефекта на сензора ETM+ след 31 май 2003 г.

В – същият район, заснет от ASTER месец и половина след загасването на пожара (24.10.2008). Следите от него се виждат като тъмни петна в трети канал (780-860 nm) на подсистемата VNIR поради значително намаленото отражение след пожара в тази спектрална зона.

При времева резолюция от 16 дни шансът да се открие изображение от Landsat без облаци (които са често явление за планинските територии) не е голям За щастие в един от дните, когато не е имало облаци над Рила (6 септември) има заснета сцена. За съжаление тя е от повредения сензор ETM+на Landsat 7. Въпреки това на нея пожарът ясно се забелязва. При използване на RGB комбинация от каналите във видимата част на спектъра 3-2-1 се вижда белият пушек над долината на река Благоевградска Бистрица. Инструментът ETM+ има термичен канал с резолюция 60 m. Той може да се използва за идентификация на горещите места самостоятелно в чернобяло изображение (фиг.3-А) или в комбинация с други канали за получаване на изображение в псевдоцветове. Особено удачна е комбинацията на каналите 6-5-3 RGB, в която термичният канал е визуализиран като червен, пети канал в БИЧ зона като зелен, а трети канал от видимата червена зона като син. Поради използването на термалния канал като червен може ясно да се види и картографира площта (тя се изобразява в ярко червено) на активните в момента огнища на огъня.

В web сайтовете на USGS Global Visualization Viewer [10] и Earth Explorer [11] няма налични сцени от Landsat-5 за района от 2008 г., на които да се разпознава пожарът. При визуализация на сцената от 13 юни 2009 г. в RGB комбинация 4-5-7 следите от пожара се изобразяват в светло синьо и се забелязват ясно. Причината е, че в резултат на унищожаването на вегетиращата растителност отражението в четвърти канал значително е намаляло, а в седми се е увеличило. Поради голямата чувствителност към промените след пожар тези два канала участват в изчисляването на индекса NBR (Normalized burn ratio) [12].

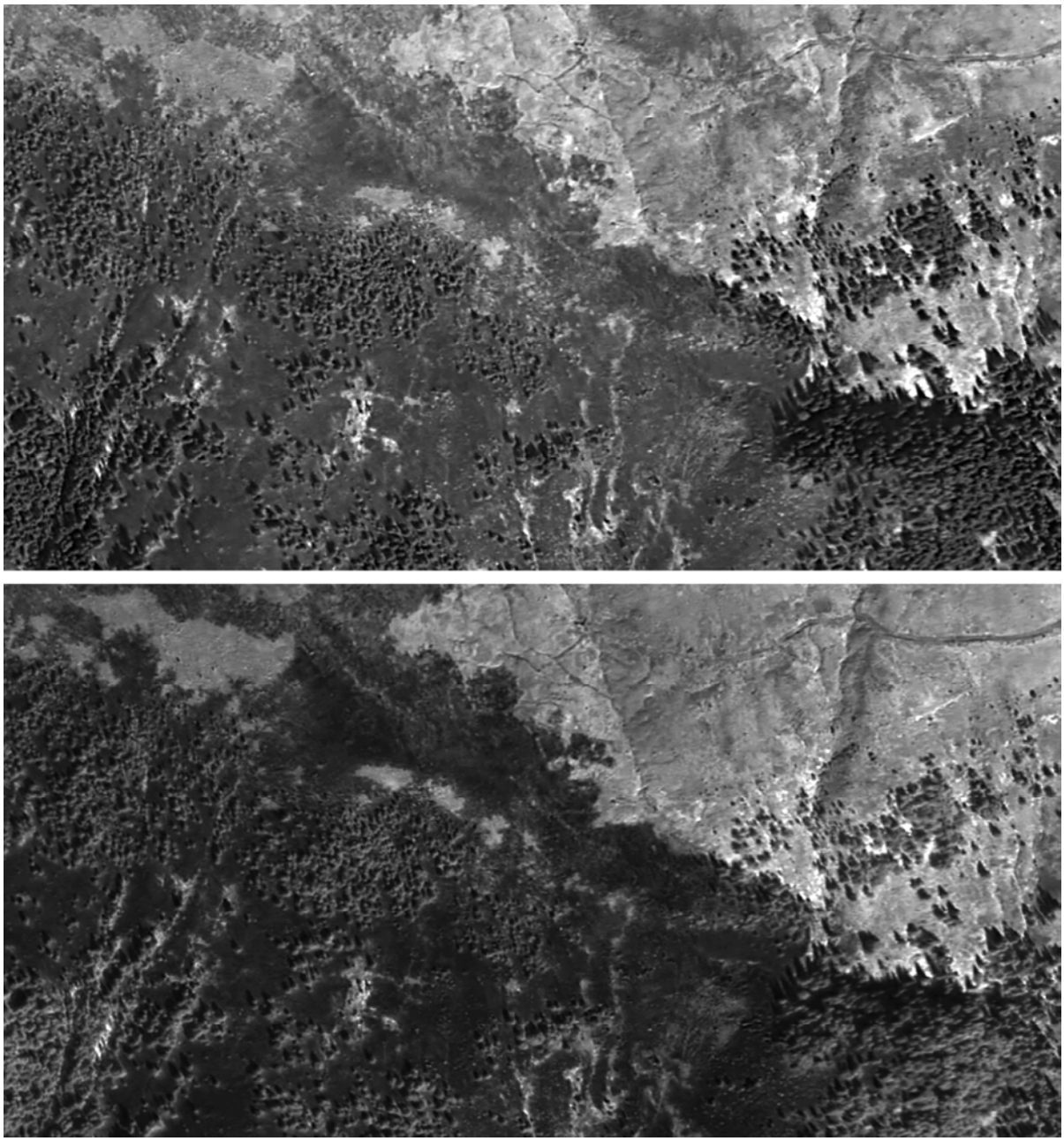
Инструментът **ASTER** (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) също е монтиран на борда на сателита Terra, заедно MODIS. ASTER осигурява изображения с по-висока резолюция в 14 канала, ранжирани от видимата зона до топлинната инфрачервена част на спектъра. Той се състои от три отделни подсистеми. Всяка от тях е предназначена за различна спектрална зона и има различна резолюция. Трите подсистеми на ASTER са очуствени в следните области: видимата и близката инфрачервена (VNIR), средната инфрачервена (SWIR) и топлинната инфрачервена (TIR). Първата има пространствена резолюция 15 m, втората 30 m, а третата 90 m [13]. През май 2008 г сензорът SWIR аварира и сцените, заснети през лятото на 2008 г са без информация в тази спектрална зона.

За разлика от продуктите на MODIS, тези на ASTER не се предлагат безплатно по интернет. Цената им обаче е много ниска. Единична сцена с размер 60/60 km струва само 80 USD (+ 5 USD такса за цялата поръчка), ако се изтегли от ftp сървър.

За определяне на площта, засегната от пожара са използвани две изображения от ASTER. Първото е архивно изображение, заснето на 21 август 2008 г., а второто е направено на 24 октомври същата година в резултат на изпълнение на поръчка за заснемане на територията след пожара (фиг.3-В). Преди тази дата бяха заснети още две сцени, но значителната облачност не позволява да се наблюдава изследваната район. Обработени са само трите канала във видимата и близката инфрачервена зона (VNIR) с резолюция 15 m. Орторектификацията е извършена като единичен кадър с използване на RPC файл и опорни

точки със софтуера ENVI 4.6. Броят на опорните точки е 15. Точността им варира между 1 и 5-6 метра. Използвани са както точки, чиито координати са снети на терен с GPS приемник, така и точки, извлечени от ортоизображения с голяма точност. За цифров модел на релефа е използван DEM с размер на пиксела 30 m.

Двете ASTER изображения са визуализирани в RGB комбинация 3-2-1. При нея вегетиращата здрава растителност се изобразява в червено, а пожарището в тъмно сиво. Пространствената разделителна способност позволява да се отделят места вътре в пожарището, в които има здрави дървета. Те се изобразяват в червено и лесно се разпознават. При тази комбинация се разпознава и част от минерализованата ивица, изградена за ограничаване на разпространението на пожара. Ако не бяхме намерили изображение за района с много висока резолюция, тези ASTER сцени щяха да са основните изображения за оценка и картографиране на пожара.



Фиг. 4. Фрагмент от KOMPSAT-2 изображението в североизточната част на пожара с резолюция 1 m. Отгоре е каналът в червената зона (630-690 nm), а отдолу – в близката инфрачервена зона (760-900 nm). Следите от пожара се виждат много по-ясно на долната снимка. Причината е, че в следствие на пожара отражението в близката инфрачервена зона (където растителността силно отразява) е намаляло значително. На горната снимка контрастът е по-малък, защото растителността обикновено поглъща значителна част от радиацията в червената зона на спектъра. Благодарение на високата резолюция ясно се разпознават короните на отделните дървета. На долната снимка те се виждат като по-светли петна, което показва, че те са оцелели след пожара.

При проучването на сателитните архивни изображения с много висока разделителна способност за района на пожара се оказа, че единствените налични сцени са от корейския сателит **KOMPSAT-2**. Той е изведен в орбита (височина 685 km) на 28 юли 2006 г. Сензорът има един панхроматичен канал и четири спектрални канала между 450-900 nm, работещи едновременно. Пространствената резолюция е подобна на тази на популярния IKONOS – 1 m на панхроматичния канал и 4 m на спектралните канали [14]. Дълбочината на цвета при спектралните канали е 8 бита, докато при IKONOS тя е 11 бита, което понякога помага да се подобри контрастът в засенчените участъци.

В архива има две сцени, заснети през есента след пожара. Първата е от 6 ноември, а втората от 11 ноември 2008 г. На изображението от 6 ноември има тънка снежна покривка, която би усложнила визуалната интерпретация. След 5 дни тя се е стопила и затова втората сцена е предпочетена. Сцената от 11 ноември е заснета в 10:40, когато височината на слънцето е била под 30^{o}. Това означава, че всички склонове със северозападно изложение и наклон 30 и повече градуса са в сянка. Тя е поръчана в bundle формат

Обработката е направена със софтуера ENVI 4.6. Извършени са следните операции: синтезиране на спектралните канали (Layer stacking), pan-sharpening с панхроматичния канал и орторектификация. Обикновено се препоръчва първо да се извърши орторектификация и после pan-sharpening, особено ако панхроматичния канал не съвпада добре със спектралните канали. Опорните точки, които се използват за орторектификация на панхроматичния канал, не могат точно да се разпознаят върху спектралните канали поради по-малката резолюция, а с този софтуер не може те да се запишат като ASCII файл и после да се приложат за спектралните канали. Причината е, че образните координати се записват само с броя пиксели по *x* и по *y*, а панхроматичния канал съдържа четири пъти повече пиксели и в двете направления.

За сливането (pan-sharpening) на панхроматичния със спектралните канали е приложен моделът на Gram-Schmidt. След това е извършена орторектификация, като са използвани опорни точки и RPC файлът на панхроматичния канал. Първоначално са използвани 7 опорни точки, извлечени от по-стари ортоизображения.

Прецизната орторектификация е извършена с ENVI 4.6, цифров модел на релефа с клетка 30 m, с използване на RPC файла на панхроматичния канал и 8 опорни точки, които са засечени на терен през лятото на 2009 г. За получаването им е използван едночестотен GPS приемник Magellan Mobile Mapper 6. Този модел има възможност за запис на сурови данни (RINEX), които се подлагат на последваща обработка (post-processing), при която точността се подобрява значително. С оглед планинския релеф, 8 опорни точки не са достатъчно за получаване на добри резултати при орторектификация на цялата сцена, но основната част – 6 точки, са разположени около пожарището. Така се осигурява, че районът при пожара е обработен достатъчно коректно. Броят на опорните точки се ограничи от значителните сенки, които не позволиха да се разпознаят обекти, разположени в дълбоката долина на р. Рилска, чиито координати са взети за обработка на други изображения.

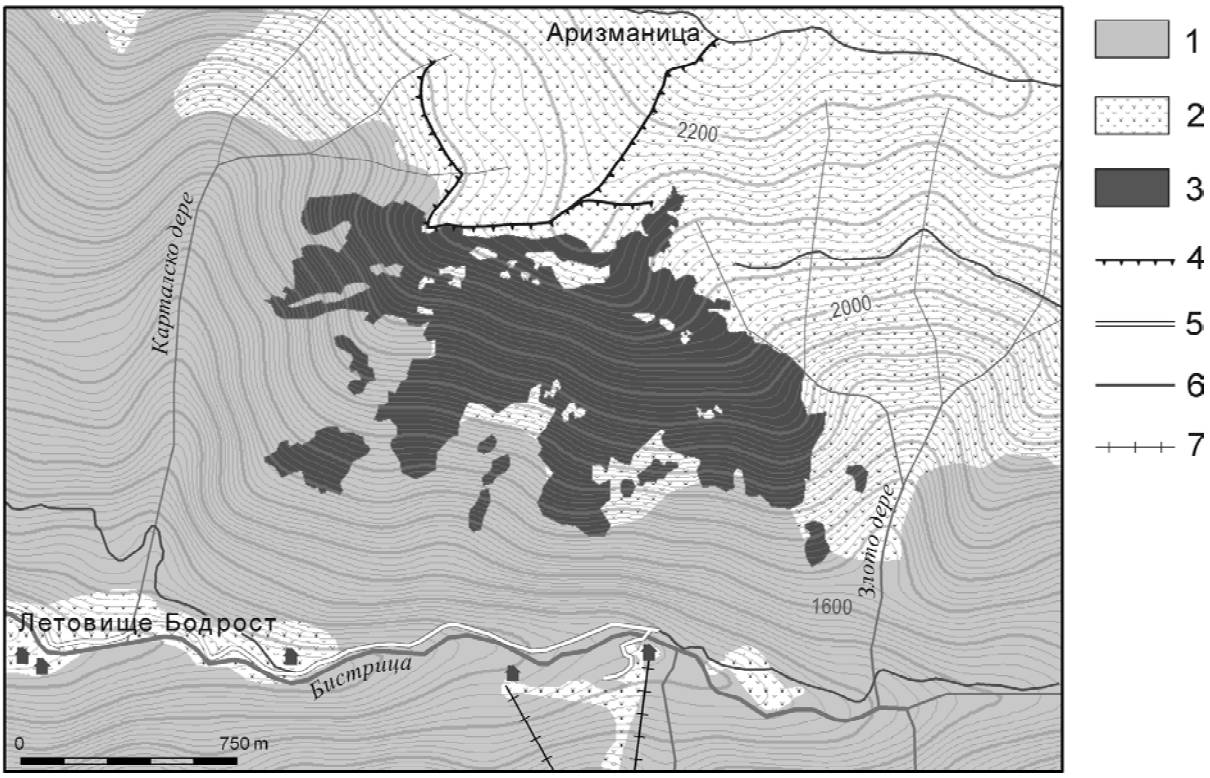
Картографиране и оценка на опожарената площ

Оконтуряването на опожарените площи е извършено в ГИС среда. Най-голямо значение за прокарването на точната граница на разпространение на пожара разбира се има изображението с резолюция 1 m от KOMPSAT-2, тъй като върху него се различават повече детайли. Заедно с предимства то има и недостатъци. Поради ниската височина на слънцето склоновете със западно и особено северозападно изложение на Карталско дере са в сянка. Това не позволява да се определи вярно дали територията е засегната от пожари или не. Освен това, поради факта, че в огромната си част пожарът е бил низов, изгорели са тревната и храстовата растителност, но короните на дърветата не са повредени. Именно короните на дървета се виждат на изображението и така, съдейки само по еднометровата снимка, може да се допусне грешка и тези площи да бъдат изключени от полигона на пожара. За избягване на такива грешки освен обработената снимка от KOMPSAT-2 са анализирани и изображения със средна разделителна способност от Landsat-7 ETM+ и ASTER VNIR, заснети по време на пожара и малко след това. Заедно с тях са използвани и две Landsat-5 изображения от 13 юни и от 15 юли 2009 г., върху които при RGB комбинация 4-5-7 ясно се виждат следите от пожара.

Сцената от ASTER е заснета при малко по-голям ъгъл на слънчевите лъчи, което позволява по-вярно да се очертае пожара по западния склон на Карталско дере. Въпреки това е възможно пожарът да е достигнал като низов и по-западно от очертания контур. Чрез използване на наличните аерокосмически изображения и приложение само на дистанционни методи за изследване няма как по-добре да бъде картирана тази площ. Сцената, заснета на 6 септември от Landsat-7 ETM+, има термичен канал, позволяващ да се идентифицират и горещите места, намиращи се под короната на дърветата (Фиг.3-А). Тя обаче е представителна

само до състоянието на пожара в датата на заснемане – 6 септември. Изображение, заснето в по-късна дата и притежаващо термичен канал, не е налично.

Общата опожарена площ в план възлиза на 130,2 ha. Реалната площ е по-голяма, защото релефът е силно разчленен и част от пожарището е разположено на стръмен склон. За измерване площта на повърхността е използван DEM с размер на клетката 30 m. Така изчислена реалната площ е с 15% по-голяма или 150,8 ha.



Фиг. 5. Карта на пожарището при връх Аризманица.

1 – гора; 2 – тревна покривка; 3 – опожарена площ; 4 – противопожарен полоса (минерализована ивица); 5 – асфалтиран път; 6 – черен път; 7 – въжена линия

Заключение

Приложението на дистанционни методи позволява пожарите да бъдат ясно идентифицирани и бързо площно картографирани. За по-достоверно изследване е желателно да се използват изображения от различни сензори с различна резолюция, снимани на различни дати. Не винаги изображенията с най-висока пространствена разделителна способност осигуряват най-коректни резултати. Най-пълни резултати може да се очакват при комбиниране на дистанционните методи за изследване с теренното проучване.

Благодарение на бързата намеса на служителите на Национален парк Рила и Пожарна безопасност разпространението на пожара е ограничено. Най-голяма ефективност за спиране на разпространението на огъня са имали моторните помпи, захранвани в двете дерете – Карталско и Злото. За недопускане прерастването на низовият пожар във върхов съществен принос имат специализираните самолети за гасене на горски пожари. Изсипването на големи количества вода над пожара е предотвратило подпалването и изгарянето на много от дърветата вътре в периметъра на пожара. Благодарение на това може да се прогнозира, че възстановяването на ландшафта няма да отнеме много време.

При сравнение на окончателната площ на пожара и активните пожарни огнища, очертани по термалния канал на Landsat-7 от 6 септември се вижда, че след това пожарът е разширил незначително ареала си на запад в посока Карталско дере. Това показва, че действията за спиране на разпространението на огъня са били ефективни. Пълното потушаване на пожара обаче става след промяната на времето в средата на септември, което се вижда от климатичните данни.

Анализът на пожарите, възникнали в Рила планина през последните десетина години

показва, че с най-голям риск е периодът, обхващащ втората половина на месец август и първата седмица на месец септември. Въз основа на този извод може да се препоръча по-висока бдителност през този период и готовност за действия при евентуално възникване на пожар.

Благодарности

Закупуването на сателитните изображения от KOMPSAT-2 и ASTER е направено със средства от договор с МОН НИК-03/2007 ”Изграждане на научно-информационен комплекс за аерокосмически полигони на територията на Р България”.

За теренните проучвания, при които бяха събрани GPS точки, Национален парк “Рила“ осигури превоз с високопроходим автомобил до района на връх Аризманица.

Литература:

1. Web страница на главна Главна дирекция "Пожарна безопасност и спасяване" на МВР с адрес: http://www.nspbzn.mvr.bg/Sprav_informacia/Statistika/default.htm
2. Web страница за он-лайн климатични данни на NCDC с адрес: http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdoselect.cmd?datasetabbv=GSOD&countryabbv=&georegionabbv=
3. Web страница MODIS: https://modis.gsfc.nasa.gov
4. Web страница продукти на MODIS: https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis_products_table
5. Web страница MODIS Rapid Response System: http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/
6. Web страница: http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=Europe_3_03
7. Web страница AERONET_Thessaloniki Subsets: http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=AERONET_Thessaloniki
8. Web страница на програмата на Landsat: http://landsat.gsfc.nasa.gov/news/news-archive/news_0187.html
9. Web страница за безплатните продукти на Landsat http://landsat.usgs.gov/products_data_at_no_charge.php
10. Web страница: http://glovis.usgs.gov/
11. Web страница: http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/
12. Key C. H. and N. C. Benson. (1999). Measuring and remote sensing of burn severity: the CBI and NBR. Poster abstract. In L. F. Neuenschwander and K. C. Ryan (Eds.), *Proceedings Joint Fire Science Conference and Workshop*, Vol. II, Boise, ID, 15- 17 June 1999. University of Idaho and International Association of Wildland Fire. 284 pp.
13. Web страница на ASTER: http://asterweb.jpl.nasa.gov/instrument.asp
14. Web страница на Spotimage http://www.spotimage.fr/web/en/1155-kompsat-2-images.php

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

DESIGN OF DIGITAL LANDSCAPE MODEL OF THE TEYNA RIVER WATERSHED FOR THE PURPOSES OF LANDSCAPE-ECOLOGICAL PLANNING

Lachezar Filchev

Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: lachezarhf@gmail.com

***Key words**: digital landscape model, landscape ecology, landscape planning, remote sensing, geo-information,*

***Abstract**: Landscape ecology is a relatively new science in the system of sciences. It has emerged from the need of accurate and precise characterisation and mapping of the ecosystem. Since the beginning of the 20th century landscape ecology has been developing its theory, so numerous landscape models were created. These models, however, are actually based on different data sources with different quality, scale, availability etc. The emergence of geo-informatics facilitates greatly data integration and management, as well as complex assessment of landscape. This study represents data integration methodologies using GIS and remote sensing techniques for designing a digital landscape model (DLM) of the territory of the Teyna River watershed. The data used is data for climatic features, such as temperature and precipitation; soil, geology and vegetation. These thematic layers were combined in a DLM with normalized attributive data to perform quick visualization, classification and assessment of the landscape structure of the study area. The resulting 98 secondary landscape units reflect the diversity in natural features and human impact on the study area and provide landscape ecology and land-use planners with a useful tool for decision making aimed at rational land use and nature resource management.*

СЪЗДАВАНЕ НА ЦИФРОВ МОДЕЛ НА ЛАНДШАФТА НА ВОДОСБОРНИЯ БАСЕЙН НА РЕКА ТЕЙНА ЗА НУЖДИТЕ НА ЛАНДШАФТНО-ЕКОЛОГИЧНОТО ПЛАНИРАНЕ

Лъчезар Филчев

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: lachezarhf@gmail.com

***Ключови думи**: цифров модел на ландшафта, ландшафтна екология, ландшафтно планиране, дистанционни изследвания,*

***Резюме**: Ландшафтната екология е относително нова наука в системата на науките. Тя се появява в отговор на нуждата от точна и прецизна характеристика и картографиране на екосистемите. От началото на 20-ти век ландшафтната екология развива своята теория. На тази основа са създадени редица ландшафтни модели. Тези модели са основани на различни типове данни с различно качество, мащаб и достъпност. Интегрирането на данните и тяхното управление, както и създаването на модели и оценки на ландшафтите е значително улеснено с появата на гео-информатиката. Настоящото изследване използва възможностите на географските информационни системи и дистанционните изследвания за създаването на цифров модел на ландшафта за територията на водосборния басейн на р. Тейна. Използваните данни в качеството на входни параметри за модела, са данни за валежи и температура, почви, геоложки строеж и растителност. Тези тематични слоеве са комбинирани и нормализирани в цифров модел на ландшафта с цел по-бърза визуализация, класификация и оценка на ландшафтната структура на района на изследване. Получените 98 ландшафтни единици на вторичната структура на ландшафтите отразяват разнообразието на взаимодействието на природните компоненти и човешката дейност и предоставят възможност за взимането на решения за по-рационално планиране на земеползването и природните ресурси.*

Introduction

Landscape ecology is a relatively new science in the system of sciences. It has emerged as a new interdisciplinary science, almost simultaneously in West Europe and Russia in the beginning of 20th century, (Troll, 1939). Its subject is the landscape defined by (Forman and Gordon, 1986) as a mosaic of "interacting ecosystems". These ecosystems are mainly dealt in two-way aspect, in horizontal-structure and vertical-functioning. During recent 15 years this discipline has thrived in terms of public interest, various problems that it solves, i.e. conservation biology, ecosystem ecology etc, and the widening approach for problem solving. All this aspects have many direct implications as for example the number of articles published worldwide concerning landscape ecology (Turner, 2005). The subject of landscape ecology is spatial and temporal in its nature. This comes to address new approaches to solving the connection between landscape pattern and the process. The connection of structure-pattern-function and the historical and ecosystem approach has brought the need for more complex and diverse way of problem solving.

The emergence of landscape planning and landscape ecology planning dates back to the end of 60s of 20th century (Ndubisi, 2002). Some of the pioneers in landscape-ecological planning in Europe are Slovak's scientists Ruzicka and Miklos, who developed in 1982 their LANDEP model based on the evaluation of landscape suitability, conflict of interests and assessment of assumed impacts of proposed intentions for development of new activities. Some of the most well-known approaches are the American methodology METLAND, (elaborated for metropolitan agglomerations), the Dutch methodology A.P.A., the Australian methodology SIROPLAN or LUPLAN, the Canadian methodology ABC, Kozová (2008). Landscape-ecological planning has become the most common practice for land-use and conservation planning (Antipov and Drosdov 2002, Dobrolubov et al. 2006). Moreover, due to the incorporation of all natural and societal features of the environment and its systematic approach, it has become very common solution to solve complex global, regional and local issues for Sustainable Development. Simultaneously to the developing of the paradigm of landscape-ecological planning the connection between GIS and remote sensing to landscape ecology was outlined in numerous publications and two monographs, (Haines-Young, 1993). Recently the need for an object-oriented landscape GIS for nature and cultural landscape is a topic of many publications, (Dobrolubov et al 2006; Navulur, 2007).

The legislative basis of landscape-ecological planning and assessment was laid out in 1985, when the European Union enacted the mandatory procedures for ecological revision and environmental impact assessment (EIA). With some delay, they were incorporated in national legislation and updated, in 1997, (Antipov and Drosdov, 2002). In the year of 2000 the Council of Europe enacted European Landscape Convention (PEBLDS), [1]. It was ratified from 10 member countries including Bulgaria. The harmonization of the convention and foreseen specific actions that shall be taken on a national and local scale for the signing parties are laid out in Articles 5 and 6 of the Convention. Adoption and harmonization of the Convention is to be undertaken by the responsible organizations, while the responsibility of public and scientific community is to communicate and provide the best available practices for the implementation of the Convention.

The main objective of present study is to design a digital landscape model (DLM). The term DLM is relatively new and was coined in the publications of (Kolejka, 2002 and 2006). Despite that, there are terms with almost equal meaning in the scientific literature such as *regional natural (land) units* or (Finke, 1986) and *Landscape Description Units* (LDU), (Vogiatzakis et al., 2004) as well as the term *landscape character units* accepted in European Landscape Characterization – LANMAP 2, (Muncher et al, 2009).

The objective is achieved through accomplishment of several steps:

1). Data collection – collecting archive and institutional data for the study area;

2). Data manipulation – preparation, i.e. georeferencing, digitization, rectification, attributive data entry, geodatabase management;

3). Design and analysis of DLM – linear combination of the input data layers, topological editing and statistical analysis of the DLM.

Study area

The study area of present work is the Teyna Watershed. The basin of the Teyna River is located in the North part of Sofia kettle at the footsteps of *Sofiyska Mala Planina* Mountain. The total area of the test site is – 4.775 km^2. The altitude ranges from 500 m.a.s.l, at the Iskur River Gorge, to 964 m.a.s.l. on the topmost part of the watershed. Climatic conditions are Temperate-Continental to Transitional. Due to the fact that almost 28.74% of the slope exposition is oriented to the South and 35.44% to the East, the local climatic conditions are assumed to be drier than those of the Sofia kettle.

Materials and methods

The main dataset for the study was organized into a geodatabase in ArcInfo 9.2/ArcCatalog 9.2. The digital layers were stored in feature classes and feature datasets in UTM projection WGS 84 geoid -Zone 34. The raster dataset consists of 5 m cell size DEM, created from topographic maps contour lines and elevation points in 1:5 000 scale, water bodies and stream network. The derived aspect and slope from the DEM and the calculated temperature and precipitation maps were stored in separate raster catalogue.

Results and discussions

Data collection and data manipulation are usually regarded as most important stages in terms of time and resources in each Earth sciences research. These stages include data preparation, i.e. georeferencing, rectification, digitization, attributive data entry, geodatabase management of data layers. The main layers produced as input parameters for DLM are: Geology, Relief's main derivatives: slope and aspect reclassified to maps of geochemical landscapes and map of cardinal and ordinal directions of slope; Climate types, Vegetation types and Soil types. All this data was organized, maintained and manipulated in the personal geodatabase.

Geology (rock types) of Teina River watershed is very important natural feature which act as the main fundament for natural landscape units. The bedrocks are a diverse mixture of Neogene-Quaternary argillite, Ordovician-Silurian argillite, alevrolite, schist, sandstone, breccias etc. All these rocks are more or less loose in structure, so that they facilitate the manifestation of erosion. Their outcrops are observed on the slopes of Iskar River gorge. The lithology of the rest part of the region is composed mainly of flish: argillite, silicite, sandstone with Palaeozoic and Cainozoic age, where the Palaeozoic rocks prevail. The human impact on geology of the study area has many aspects; from which the excavations and embankments are the most apparent. The downside effect from human activities also reflects local geochemical background in terms of destruction of natural geochemical path flows and creation of new anthropogenic geological conditions. In the Basin of the Teyna River such examples are the former decommissioned *Kutina* coal mine and *Brezi Vruh* uranium-ore extraction site.

Slope and *aspect* are the two important DEM derivatives which are used in standard terrain analysis. Aspect was reclassified and generalized to eight main cardinal and ordinal directions. After reclassification of the DEM slope derivative to 2 classes from 0 to 8 degrees and from 8 to 56 degrees, the class values were again reclassified to produce a map of the geochemical landscapes. The map of geochemical landscapes is based on the conception of geochemical landscapes as a paragenetic chain of elementary landscapes interconnected by migration of chemical elements Perelman and (Kasimov, 1999). The geochemical landscapes are grouped accordingly to: 1). *Eluvia* or autonomous; 2). *Trans-eluvia* – geochemical landscape with mainly transport function of the chemical elements and compounds, regardless of geochemical barriers, existing in nature etc.; 3). *Accumulative-alluvial-* are those geochemical landscapes which are transitional in their nature and are usually in the mid or lower parts of slopes; 4). *Super-aquatic* are those landscapes which are mainly influenced by high level of the water-table. The elementary geochemical landscapes are connected by common inflow and outflow of chemical compounds, water, energy and information into cascade landscape geochemical systems, (Perelman and Kasimov, 1999).

Climate of the region is classified as temperate/mesothermal climate – Group C in Köppen climate classification. For 20 years period, i.e. 1994-2005, the climate of the territory is Cw - Warm temperate climate with dry winter. That is due to the fact that Pwmin < Psmin and Psmax > 10 Pwmin, (Kottek et al, 2006). The climate index for all landscapes is set to be of the same origin because the territory falls completely within the aforementioned climate class. The local climatic conditions of the *Teina* River basin are influenced mainly from the South-East openness.

Region's *vegetation* is represented mainly of deciduous oaks (most prominently *Quercus frainetto* Ten., as well as *Q. cerris* L., *Q. pubescens* Willd.) which are the primary vegetation of the watershed. European Beech is interspersed with conifers such as Scots Pine, Macedonian Pine, Silver Fir and Norway spruce mostly on the mountain slopes from 800 to 1200 m.a.s.l. This situate the Teina River watershed in the ecoregion of Balkan mixed forests according to both the WWF and Digital Map of European Ecological Regions by the European Environment Agency, (Olson, 2001). It belongs to the biome of temperate broadleaf and mixed forests and the Palearctic ecozone. Because of the openness of the watershed in East-South direction the belt of the coniferous forest is missing. The majority of vegetation is artificially afforested with durable to pollution forest types. Some of these species found on the study area are: Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European Black Pine (*Pinus nigra* L.).

The main *soil types*, which play major role in the landscape structure, on the territory are Chromic Luvisols with 45.8 % of the watershed's area. These soils are mainly located on the lower

parts of the slopes, whereas the next prevailing soil type, i.e. Cambisols, with its 36.37 % are located on a higher altitude. The rest 17.4 % are covered with bare soil or Antroposols, which is connected to the human impact on soils in the region.

Data manipulation of the input layers is represented mainly by storing and managing raster and feature classes into predefined coordinate system and extent. The normalization of the attributive data in the geodatabase was achieved through separate storage using relationship classes in table format. Attributive data for the layers: Slope, Aspect, Climate, Vegetation and Soil was manually input into the model, reclassified and sub-sampled from input layers in order to achieve homogeneity of the DLM's inputs.

The DLM was designed and created by combining the graphical and attributive representation of the input layers. After post processing the output layer with resulting landscapes of the Teyna River watershed the resulting layer has 452 individual landscape character units or ecotopes. Their description in the landscape model consists of 1). Relief parameters: geochemical landscape types and aspect; 2). Geology – rock types and their alternations; 3). Climate parameter – climate type according to Köppen climate classification, (Kottek et al, 2006); 4). Vegetation – vegetation associations according to the vegetation map of the watershed; 5). Soil – main soil types according to the FAO soil nomenclature (Ninov, 2005).

The third stage of the DLM creation was the linear combination of all data layers into a sole DLM model of the secondary landscape structure, **Fig. 1**. Due to the fact that most data layers are derived from databases with different level of scales and detail, it was necessary to “clean-up” the gaps, i.e. small landscape units under 0.1 ha, and topology omissions or commissions. After topology editing of the input layers they were linearly combined using union function assigning to each natural feature and parameter equal importance in the model. This equal importance or weight is essential to perform the subsequent steps of generalization of the input parameters using multivariate statistics. There are many introductory and specific courses which deal with application of multivariate statistics in conservation and landscape ecology, (Thaddeus, 1994; Turner, 2001). Their actual application in landscape ecology is about to become inevitable because a large amount of data has become available. Nowadays, the most commonly used multivariate statistical methods are: clustering, ordination and almost all known kinds of statistical distributions. This abundance of methods employed is due to the complexity of natural features and the Nature as the system of all systems. The applied statistical methods in present study include hierarchical clustering to “aggregate” the landscape character units. It is important to emphasize that not any statistical approach is able to solve the most specific part of the research, i.e. the expert knowledge of spatial-temporal relationships in the study area. Therefore, a subsequent check out of the clustering result is very important to remove “errors” from the statistical output.

As a result from the multivariate transformations of landscape characters they were grouped to 98 landscape character units or ecotopes represented by generalized attributes of the natural features, **Fig. 1**. This “aggregation” is achieved through not only semantic generalization of the input parameters, but also throughout topology rules, detection of graphic conflicts etc. The codes of the landscape character units are composed by concatenation of the attributive data of each nature feature in the following order soils, vegetation type and geology. When read a climate, which is homogenous in the study area, has to be taken into account.

Conclusions

The current study represents a design and creation of a digital landscape model for the territory of the Teyna River watershed using the means of geo-information technologies and multivariate statistics. The main results of the analysis of landscape structure at two levels of classification and generalization shows that the results achieved are reliable and can be used in preparation of DLMs for wider territories by using the means of GIS and statistical approaches. The study also implies that landscape modelling is a tool for preparation of a reliable, fast and, ultimately, a necessary aid to support decision makers and spatial planners, landscape architects etc. The landscape character map derived from DLM is a comprehensive in nature, due to its complexity and descriptiveness. It can be utilized to numerous and various applications at any scale including spatial domain. This makes landscape modelling and DLM in particular, indispensable for any planning and decision making in the era of Sustainable Development. It is essential for land-use and landscape-ecology planning to use the available geo-information techniques in order to develop better strategies and approaches toward nature-resource management. It is important to be summarized also that stakeholders, decision makers and territorial planners are connected through GIS, RS and expert systems with actual state-of-the-art problem solving of natural and cultural landscape issues for sustainable development.

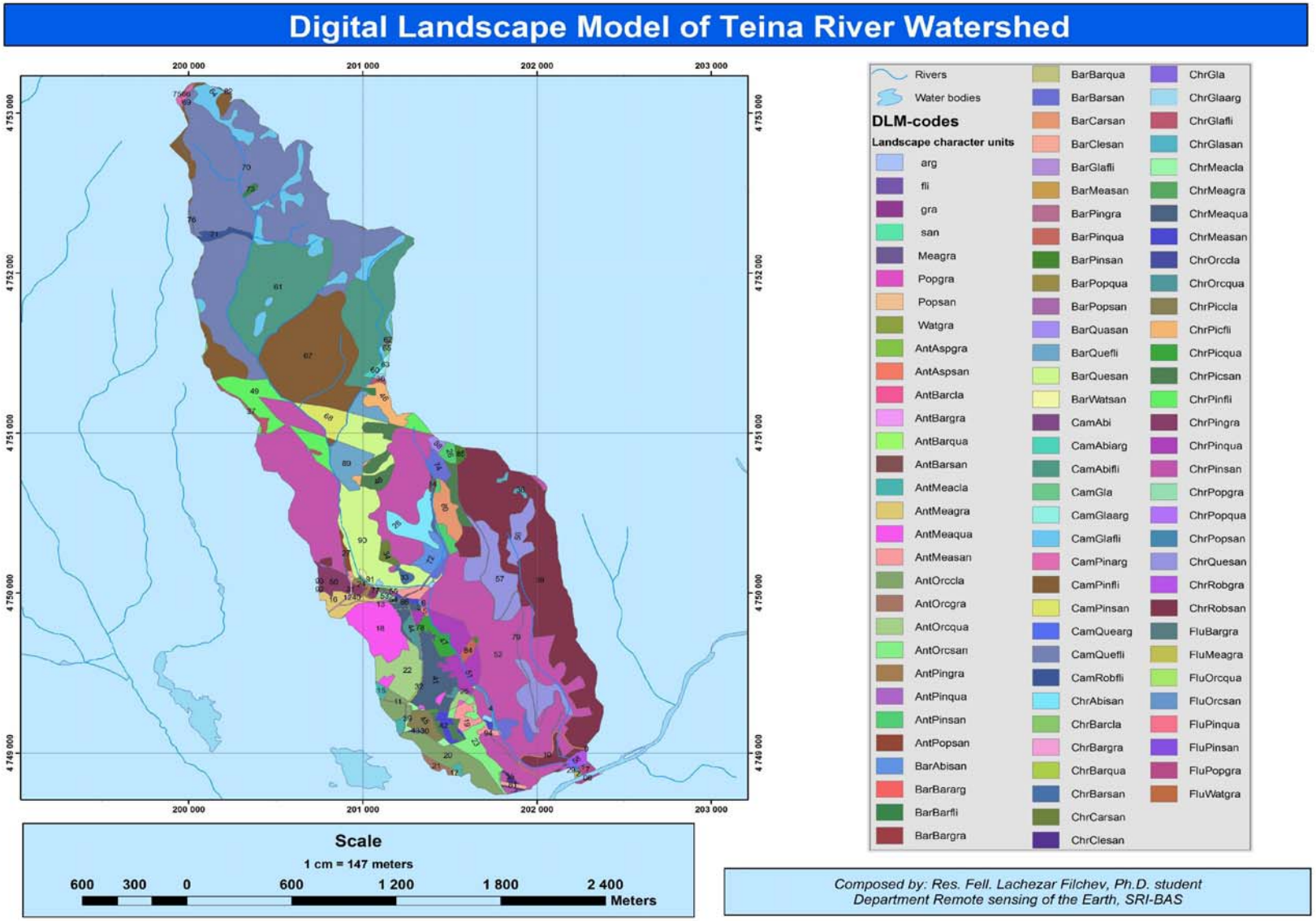


Fig. 1 Digital landscape model of the Teyna River watershed

Acknowledgements

Present study was kindly supported with data and software facilities from Project NZ – No.1507/05 *Development of Methodical Fundamentals of Landscape-Ecological Planning Using Geoinformation Technologies* between the SRI-BAS and the Scientific Research Fund at the Bulgarian Ministry of Education, Youth and Science. The work is also supported within the framework of the Human Resource Development Operational Program of the Bulgarian Ministry of Education, Youth and Science, funded by the European Social Fund (ESF), CONTRACT BG051PO001/07/3.3-02/63/170608. Special acknowledgements have to be given to the staff of the Remote Sensing of the Earth Department, and in particular, to Sen. Res. Fell. II Rank Eugenia Roumenina, PhD, for their support.

References:

1. Akpulat H. A. and Celik N. "Flora of Gypsum Areas in Sivas in the Eastern Part of Cappadocia in Central Anatolia, Turkey." Journal of Arid Environments 61, no. 1, 2005, pp. 27-46.
2. Antipov A., A. Drosdov (ed.) Landscape Planning: Main Principles, Methods, European and Russian Experience. Bonn-Moscow-Irkutsk, 2002.
3. Dobrolubov S. A., A. V. Horoshev, D. N. Kozlov, I. P. Kotlov, (ed.) Landscape Planning: Basics, Methodology and Technology. Moskow: MGU publishing house, 2006.
4. Finke L. Landschaftsokologie. Braunschweig: Westermann, 1986.
5. Frohn R. C. Remote Sensing for Landscape Ecology: New Metric Indicators for Monitoring Lewis Publishers, 1998.
6. Haber W. "Basic Concepts of Landscape Ecology and Their Application in Land Management." Physiology and Ecology of Japan 27, no. Special number (1990): 16.
7. Haines-Young R., D. R.Green and S. Cousins, (ed.) Landscape Ecology and Geographic Information Systems. London: Taylor and Francis, 1993.
8. Kolejka J., J. Pokorny, and O. Skrott. "The Problem of Waste: Searching for Gis Solution." In Role of Gis in Lifting the Cloud Off Chernobyl, edited by J. Kolejka, 10, 2002.
9. Kolejka J. "Application of Digital Landscape Model in Crisis Management." Geographia Technica , 2006.
10. Kottek M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, and F. Rubel. "World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated." Meteorologische Zeitschrift 15, no. 3, 2006, pp. 259-263.
11. Kozová M., E. Pauditšová, P. Mišíková. Landscape Planning - Development, Current State and Trend of Further Improvement. poster. 2008.
12. Mucher C. A., J. A. Klijn, D. M. Wascher, J. H.J. Schaminee. "A New European Landscape Classification (LANMAP): A Transparent, Flexible and User-Oriented Methodology to Distinguish Landscapes." Ecological Indicators 10, 2010, pp. 87–103.
13. Navulur K. Multispectral Image Analysis Using the Object-Oriented Paradigm. London: CRC press, 2007.
14. Ndubisl F. Ecological Planning: A Historical and Comparative Synthesis. Baltimore, MD. USA: The Johns Hopkins University press, 2002.
15. Ninov N. "Taxonomic List of Soils in Bulgaria According the FAO World Soil Classification." Teaching in Geography, no. 5 (2005). http://www.geography.iit.bas.bg/2005/5-05/pp4-20.html [date accessed 10.01.2010].
16. Olson D. M., E. Dinerstein, Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., G. V. N., Powell, Underwood, E. C., Jennifer, A., D' amico, Illanga Itoua, H. E. Strand, J. C. Morrison, C. J. Loucks, T. F. Allnutt, T. H. Ricketts, Y. Kura, J. F. Lamoreux, W. W. Wettengel, P. Hedao, and K. R. Kassem. "Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth." BioScience 51, no. 11, 2001, pp. 933-938.
17. Perelman A.I. and N. S. Kasimov. Geochemistry of the Landscape. Moskow: Moskow State University, 1999.
18. Svatoňová H., J. Kolejka, and K. Charvát. "Dynamic Geovizualization of Landscape Changes and Threatening Processes Using Digital Landscape Model." In EFITA - Environmental and rural sustainability through ICT, Vyd. 1, 87 - 93. Glasgow: Glasgow Caledonian University, 2007.
19. Thaddeus, J. B. "Gis-Based Regionalization of Natural Landscapes Using Derived Landcover Occurence Probabilities." GIS/LIS (1994). http://libraries.maine.edu/Spatial/gisweb/spatdb/gis-lis/gi94005.html. [date accessed 10.01.2010].
20. Troll C. "Luftbildplan Und Ökologische Bodenforschung." Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. 1939, pp. 241-298.
21. Turner, M., R. Gardner, and R. O'Neill. Landscape Ecology in Theory and Practice - Pattern and Process. New York: Springer verlag, 2001.
22. Vogiatzakis I. N., A. Marini, M. B. Careddu, M. T. Melis, G. H. Griffiths. "The Use of GIS and Remote Sensing for Landscape Character Mapping: A Pilot Study from Sardinia." In 7th AGILE Conference on Geographic Information Science, 387-390. Heraklion, Greece, 2004.
23. Wascher D.M. (ed). European Landscape Character Areas – Typologies, Cartography and Indicators for the Assessment of Sustainable Landscapes. Final Project Report as Deliverable from the Eu's Accompanying Measure Project European Landscape Character Assessment Initiative (Elcai), Funded under the 5th Framework Programme on Energy, Environment and Sustainable Development (4.2.2). 2005.
24. European Soil Bureau Network. "Soil Atlas of Europe." 128 European Commission, 2005.
25. [1] European Landscape Convention (PEBLDS) http://conventions.coe.int/Treaty/Commun/QueVoulezVous.asp?NT=176&CL=ENG [date accessed]

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

GROUND BASED MULTI-SENSOR REMOTE SENSING OF PRECIPITATING CLOUDS

Kalinka Bakalova[1], Dimitar Bakalov[2], Stayko Kolev[3], Rangel Petrov[3], Kiril Slavov[3]

[1] Solar-Terrestrial Influences Laboratory - Bulgarian Academy of Sciences
[2] Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy - Bulgarian Academy of Sciences
[3] National Institute for Meteorology and Hydrology - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: kbakalov@stil.bas.bg

НАЗЕМНИ МНОГОСЕНЗОРНИ ДИСТАНЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ВАЛЕЖНИ ОБЛАЦИ

Калинка Бакалова[1], Димитър Бакалов[2], Стайко Колев[3], Рангел Петров[3], Кирил Славов[3]

[1] Институт по слънчево-земни въздействия - Българска академия на науките
[2] Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика - Българска академия на науките
[3] Национален институт по метеорология и хидрология - Българска академия на науките
e-mail: kbakalov@stil.bas.bg

Key words: *Remote Sensing, Visible and Radar Images, Cloud Meteorology*

Abstract: *Clouds play a major role in climate and weather on a wide range of spatial and temporal scales, mostly through their ability of changing the radiation budget at the surface and of the atmosphere and through redistribution of heat, moisture, and chemical species vertically and spatially. We present characterization of regional precipitating clouds by ground-based observations in cm and visible spectral ranges. Existing raindrops and cloud top heights are detected by digitized data of meteorological radar measuring at 3 and 10 cm. This information is merged with the ceilometer's data about cloud base height and optical characteristics of precipitating clouds retrieved from the radiance data from ground-based visible images. From the multi sensor measurements we derive cloud physical thickness and consequently, cloud optical thickness which may be indicative of their precipitating potential. The radar and visible images are displayed simultaneously for qualitative evaluation of coincident ground precipitation and cloud macro and microphysical parameters from ground-based observations.*

Ground-based observations of clouds

The continuous ground-based remote sensing observations of clouds are particularly suited to monitor fine scale processes that involve complex interactions between clouds, aerosols, and dynamic radiation processes.

The representation of clouds in models and their impact on the radiation transport in regional and global scale numerical models is only crude. The most challenging aspect is their high temporal and spatial variability available from ground-based observations. Although only about 10% of clouds are precipitating, they contribute significantly to averaged liquid water path values, because they hold nearly ten times much liquid water than non-precipitating clouds. A delay or acceleration in raindrop formation does not automatically lead to a decrease or an increase in the accumulated rain because of strong dynamical feedbacks induced by the changes in the precipitation-forming processes. The evolution of clouds, precipitation formation, and the radiation properties of clouds highly depend on meteorological conditions.

The variations of low-level cloud base height and the radiance of transmitted light, best determined by surface observations, characterize the main cloud radiation properties – the interaction of clouds with both the solar and thermal (terrestrial) radiation fluxes.

The Earth's radiation energy balance and hydrological cycle are fundamentally coupled with the distribution and properties of clouds. The climatologic importance of clouds requires comprehensive observations of their properties at fine space and time scales. The meteorological

conditions including the type and amount of aerosols and the motion of air masses determine the formation and evolution, the lifetime and precipitation efficiency of the cloud systems.

The accurate determination of the cloud liquid water content (LWC) profile from one single remote sensing instrument is not possible. The combination of all of the measured properties of the clouds, surface and atmosphere allows for a diagnosis of the effects of cloud variations on the planetary and surface radiation budgets. We present a technique, which allows the merging of measurements from different instruments. A ground based system combining active and passive remote sensing instruments from different spectral ranges is used to investigate cloud formation processes, and cloud physical properties.

Instruments of Observations

Digital camera in visible spectral range, meteorological radars in cm range, ceilometers for precise determination of cloud base height, and a set of instruments for attendant meteorological data - temperature, relative humidity, visibility, wind speed, etc operate simultaneously probing almost the same cloud volume and underneath atmosphere.

In the visible images of clouds obtained by digital camera at earth surface, the brightness of predominantly transmitted light through clouds, which is directly related to the light extinction, and consequently, to the optical thickness of clouds is displayed. The variability of the observed transmittances in series of images taken in short time intervals is an estimate of the rate of changes of cloud optical thickness. Light extinction in clouds is governed mostly by values of the effective radius and liquid water content independently on the particle-size distribution. The number concentration of particles, in addition to size and shape of particles, is of importance for the optical radiation propagation, scattering and extinction in cloudy media [1]. Consequently, the variability of cloud optical thickness is a measure of the rates of microphysical processes in cloud. The formation of cloud droplets results in a large shift of aerosol particle size from the submicron to the super micron size range for those aerosol particles that are activated. The size distribution of the cloud droplets determines how much of the Sun's radiation the cloud reflects back to space. For the same amount of condensed water, many small droplets reflect more sunlight, than fewer and consequently larger droplets. More water also means more reflectivity (lesser transmittance in visible). Clouds with larger particles have ''better'' optical transfer functions (higher values of transmitted radiance) as compared to clouds with very fine droplets, a fact that can be used for cloud microphysical parameters monitoring purposes in visible range. Thus the variability of cloud radiance observed at earth surface is related to the microphysical processes in clouds. Large optical thickness implies higher and thicker clouds, which imply heavier precipitation. Vertically growing clouds are associated with precipitation while decaying clouds are not. The behavior of the cloud base, edges, shape, movement, as displayed in series of visible images, represents the transition processes between cloud and the adjacent air in connection with cloud evolution.

The used meteorological radars implement cloud measurements at wavelengths of 3 and 10 cm that characterize the Rayleigh reflectivity from cloud layers, and provide continuous vertical profiles of clouds as they drift over the site. The detailed radar monitoring represents the field of cloudiness at horizontal circular surveys of local signals in radius 100 km, and discreet radial values of 250 m and azimuthally of 10. The discreet of the radar reflectivity (signal amplitude) is 1 dBz. Such monitoring is used for the tracing out moving of the atmospheric fronts, places with heavy rains at the surface, and the transport of aerosol contaminants by clouds. The places with isocontours of 55 dBz localize hailstorm rains, and those of 45 dBz - in most cases – thunderstorm activity.

The quadratic relationship between radar reflectivity and liquid water content of low-level clouds can be applied. Inferred are also cloud top height, the type, and the approximate size of relatively large in size hydrosols, of diameter about 70 microns. Such large particles are usually related to precipitation. Since radar reflectivity is proportional to the 6th power of drop diameter, a very small number of drizzle sized drops produce a detectable back scattering signal. The latter exhibits the general problems with radar reflectivity if drizzle sized droplets are present. On the other hand, the backscattering signal in the visible to near infrared wavelengths, as detected by the ceilometer, increases only with the square of the droplet diameter. This is why the ceilometer does not detect those drizzle sized drops, and is used for more precise determination of cloud base height.

Synergetic Measurements of Precipitating Clouds

The combination of all of the measured properties of the clouds, surface and atmosphere allows for a diagnosis of the effects of cloud variations on the planetary and surface radiation budgets. Combined remote sensing optical and microwave data from space (i.e., the International Satellite Cloud Climatology Project and Special Sensor Microwave/Imager) for estimates of the liquid/ice water

path (water content in a vertical cloud column) and rainfall rate of oceanic clouds have already been used [2]. The distribution of cloud properties and their correlated variations is best illustrated either from satellite or from surface measurements by two-dimensional frequency distributions (histograms) of the cloud top pressure (or top height) and visible optical thickness. From ground-based observations cloud top height is determined by meteorological radars and visible optical thickness is inferred from digital photographs. In addition, we add two other cloud properties to these results, cloud particle size which indicates the microphysical behavior of the cloud and precipitation. Also we will add the results of the analysis of cloud vertical structures.

Light extinction in clouds is governed mostly by values of effective particle radius and liquid water content. Dark clouds in visible images taken at earth surface are more likely to precipitate, but not all dark clouds in visible precipitate - stratus clouds are dark but do not rain as much, or as often, as Cumulonimbus clouds. Many small droplets make the likelihood for formation of drizzle that more of the condensed water gets to stay in the cloud, rather than fall out as precipitation. Changes in aerosol number can lead to changes in drop number during cloud formation. The overall impact of increasing anthropogenic aerosols on low clouds such as stratocumulus may be great, and generally resulting in smaller, more numerous drops and leading to darker, longer-lived clouds. Together with dynamical meteorological processes, this determines the life cycle of the clouds. The average diameter of droplets in no raining water clouds is usually around 20 μm. Particles with a large diameter cannot reside in atmosphere for a long time due to the gravitation force. The threshold of the occurrence of drizzle is around d =30 μm, liquid water content ~1.6 g/m3.

High tops in radar images imply large physical thickness of clouds and greater probability of rain, however Cirrus clouds are cold, but do not produce as much precipitation as some warmer clouds. Consequently, precipitating clouds can be distinguished from all others on the basis of brightness characteristics in visible images OR top heights from radar images. The best approach involves at least bi-sensor combinations of data. The visible theory relies on the relationship between cloud optical thickness and precipitation rate, while the microwave theory depends on the direct relationship between ice and water content in clouds and precipitation. By combining both theories into one algorithm, the future of ground and space based precipitation estimation appears promising. Rain is most certain in clouds that are both dark in visible and have high tops in radar images taken at earth surface.

The radar and visible images are considered for the same geographic projection format and displayed simultaneously for qualitative evaluation.

Examples and results

In Fig.1 (19.01.07) fast forming clouds at the deep cyclone front during the lowering of the pressure P from 1019 to 1005 hPa (at sea level) for less than three hours are shown. The skies are mostly cloudy. Visible images indicate the high rate of the growing optical thickness – the linear average of the brightness decreases by 49% in only 4 minutes, while still no data about radar reflectance. At this stage of cloud formation, the size of hydrosols is too small to give detectable radar reflectance. Nevertheless, radar measurements indicate relatively high top height of clouds – about 6000 m, and ceilometer determined base height is ~1800 m above ground level that makes over 4000 m physical thickness of cloud layer. About two hours later it began to rain, and in the course of six hours the amount of precipitation was 6 litre/m^2.

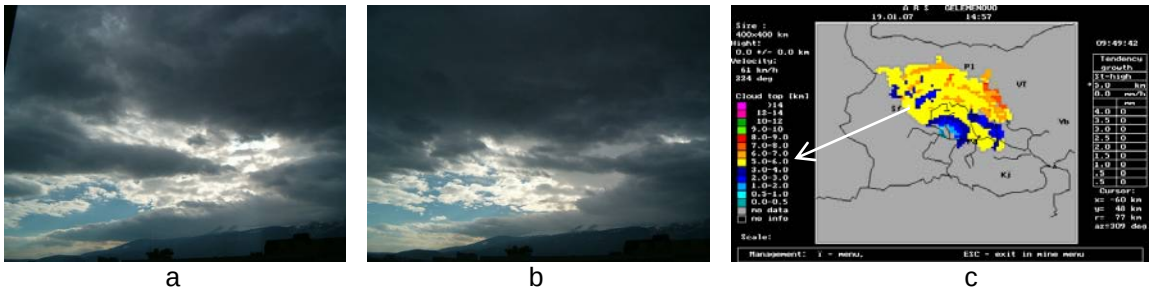


Fig.1. Visible images (a) and (b) taken in time interval of 4 minutes; The optical thickness grows very fast by 49%. Meteorological and radar (c) data: Base height ~1800 m, Top ~6000 m, Thickness >4000 m, T=15^o C, RH=45%, P=1005 hPa (<<norm)

In Fig. 2 (29.01.07), the visible images show the early formation of cloud (a) with bright veil behind that means accelerated convection and occasional thunderstorm, and the development (b) of the cloud for a little more than two hours - the cloud get larger and darker in view of the prolonged

exposition of the second picture. In the radar image (c) lesser top height and thickness of clouds as compared with the previous example is indicated. However, the mixed phase ice-water hydrosols are large enough to be detected by radar - reflectance R =10 -15. Two hours later a drizzle occur, and then one more an hour later on precipitation accompanied by thunder began. The relatively small thickness of the variable cloudiness is an indication of relatively poor precipitation potential – 1 litre/m^2.

a b c

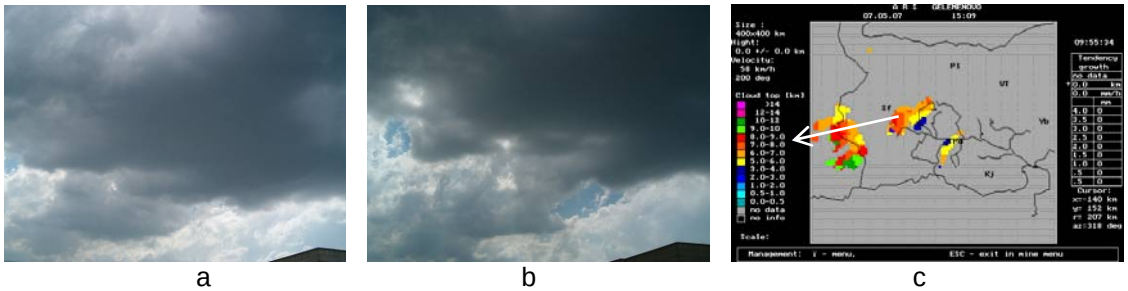
Fig. 2. Visible images: (a) – early formation of cloud; (b) –development for two hours. Meteorological and radar data (c): Base height ~1500 m, Top ~4000 m, Thickness ~2500 m, T=4^o C, RH=56%, P=1010 hPa (< norm), Reflectance: 10-15, Precipitation -1litre/m^2

In Fig. 3 (02/03/07) the appearance of precipitating cloud before and during first raindrops reaching the ground is shown. The well defined cloud base and edges (a) is quite typical visible feature for most nimbostratus cumuli. The rarefying of the observed cloud (b) leads to increasing of the relative humidity and to formation of new low clouds that in turn go up. Later light rain showers for nine hours give insignificant amount of precipitation.

a b c

Fig. 3. Visible images: (a) - 13:45 h, still no rainfall; (b) - 14:20 h, passing light drizzle. Meteorological and radar data (c): Base height ~1500 m, top ~6000 m, temperature 16^o C, thickness ~4500 m at the beginning of the rainfall.

The last example in Fig. 4 (07.05.07) shows the fast formation of dark convective clouds surrounded by bright aerosol veil that is a sign of probable thunderstorms. Visible images (a) and (b) are taken in only two minutes. The larger radar reflectance (R=20-25) and thickness than in the previous examples are related to the higher liquid water path of these warm clouds. Two hours later began thunderstorm and rainfall of amount 3 litre/m^2.



a b c

Fig. 4. Visible images (a) and (b) present the quick darkening of clouds in only two minutes. Meteorological and radar data (c): Base height ~1300 m, Top ~8000 m, Thickness >6500 m, T=21^o C, RH=56%, P=1008 hPa (<norm), Reflectance: 20-25.

Our observations are in accordance with some other results, for example in [3] that a decrease in precipitation efficiency of single cumulus clouds arising in microphysical continental air is attributable to a greater loss of the precipitating mass due to a greater sublimation of ice and evaporation of drops while they are falling from higher levels through a deep layer of dry air below the cloud.

Precipitating clouds are characterized by much higher thickness above 2500-3000 m than that for ordinary stratocumulus clouds, which is usually in the range 500–1000 m.

Geometrical thickness of clouds varies, depending on the cloud type and temperature – warmer precipitating clouds are thicker than colder clouds. The warm clouds precipitate at thickness around 4500 m, while colder clouds could precipitate at lesser – about 2500 m.

The amount of precipitation is directly related to the accumulated liquid water path, which is determined by cloud water content and cloud geometrical thickness.

The rain delay depends on the rate of cloud formation and thickening that is well displayed in visible images. Fast convective clouds over polluted urban areas (the city of Sofia) often produce thunderstorms.

Multi-sensor synergetic measurement of clouds in different (visible/IR and cm) spectral ranges of electromagnetic spectrum give a good basis for cloud exploration and estimation of the precipitation efficiency of meteorologically significant clouds from ground-based data.

References:

1. K o k h a n o v s k y A. Optical properties of terrestrial clouds. Earth-Science Reviews 64, 189–241, 2004
2. L i n B. *Observations of Cloud Water Path and Precipitation over Oceans Using ISCCP and SSM/I data*. Ph.D. Thesis. Columbia University, 1995.
3. K h a i n A., D. R o s e n f e l d and A. P o k r o v s k y. Aerosol impact on the dynamics and microphysics of deep convective clouds. Q. J. R. Meteorol. Soc., 131, pp. 2639–2663, 2005; doi: 10.1256/qj.04.62

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

APPLICATIONS OF SATELLITE REMOTE SENSING FOR MONITORING THE MARINE ENVIRONMENT IN THE BULGARIAN BLACK SEA ZONE

Violeta Slabakova, Atanas Palazov, Natalia Slabakova

Institute of Oceanology - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: v.slabakova@io-bas, palazov@io-bas.bg, n.slabakova@abv.bg

Keywords: *satellite data, Black sea, marine environment*

Abstract: *Regular monitoring of the sea environment is exceedingly required for science, governmental organizations and private companies related to marine resource management, leisure activities and marine industry. The sources of point-based in situ observations that are commonly used for monitoring of marine environment can not always provide data with the required temporal and spatial regularity. These gaps can be filled in with data registered by satellite sensors which supply on operational basis measurements of many ocean geophysical parameters with great reliability and sufficient time frequency. Data from such observations can be used together with field measurements for sustainable exploration and exploitation of marine resources and for improving the accuracy of forecast of weather conditions, sea state and long-term climate changes. This paper aims to demonstrate the usefulness of some remote sensing techniques for monitoring of various marine processes and parameters, such as sea surface temperature, phytoplankton blooms, sea surface winds and marine pollution for the western Black Sea.*

Introduction

Bulgaria as a Black Sea nation had greatly depended on the marine natural (living and non-living) and economic resources. The coastal and offshore areas of our country are regions of a substantial importance from economical point of view as they are increasingly exploited for tourism, fishing, aquaculture, transport and other marine human activities. Different studies documented [1],[2] that during the past few decades the overutilization of coastal resources and anthropogenic pollution of the Black Sea have led to serious effects such as resource deterioration, environment pollution, ecosystem degradation. Comprehensive knowledge for the physical and biogeochemical processes of the sea, forecasting capacity, and the capability to assess environmental impacts is required in order to protect coastal and offshore waters. Moreover, it is necessary to understand ocean processes and properly assess the exploitable potential benefit of marine resources for long-term management and sustainable development of the Black Sea resources. This calls for regular observation and detailed study of the sea both spatially and temporary. The greater part of in situ observations that are commonly used for monitoring of the Bulgarian Black Sea waters are generally based on occasional ship measurements and in recent times – on the real-time measurements of the observing systems "Galata" [3] and "POMOS" [4] that can not always provide data with the required temporal and spatial resolution. These gaps can be filled in with data registered by satellite sensors which supply on operational basis measurements of many oceanographic parameters with considerable reliability and sufficient time frequency. Data from such observations can be used together with in situ measurements for sustainable exploration and exploitation of marine recourses and for improving the accuracy of forecast weather conditions, sea state and long-term climate changes. This paper aims to demonstrate the usefulness of some different remote sensing techniques for monitoring of various marine processes and parameters, such as sea surface temperature (SST), phytoplankton blooms, chlorophyll a (Chl a) distribution and sea surface winds for the Western Black Sea.

Satellite sensors and their potentials for marine research

Satellite remote sensing of the ocean has become available since late 1970s with the successful launch of the three NASA's satellites: the short live SeaSat (including mainly microwave sensors), Numbus-7 (carrying the first ocean color instrument - Coastal Zone Color Scanner) and TRITON–N, the first of NOAA series (carrying the Advanced Very High Resolution Radiometer which can measure SST). The success of these NASA's missions led to demonstration how satellite data

could be applied in oceanographic researches and to established “Satellite oceanography” as a specialism within the marine science [5],[6]. Nowadays, a great number of orbital satellites exist carrying different instruments for routine observations of the ocean surface and registration of the wide range of oceanographic parameters.

Global and regional scale weather and ocean features can be monitored by geostationary and polar orbiting satellites with sensors detecting radiation in several different portions of the electromagnetic spectrum. The satellite sensors used for monitoring the marine environment can be classified in respect to energy recourses as two basic types: active and passive (Fig.1). Passive sensors detect natural radiation emitted or reflected from the ocean surface in visible, thermal-infrared (IR) and microwave spectral windows. In contrast to passive sensors, active instruments use their own source of microwave energy for illuminating the water body and record “echo”.

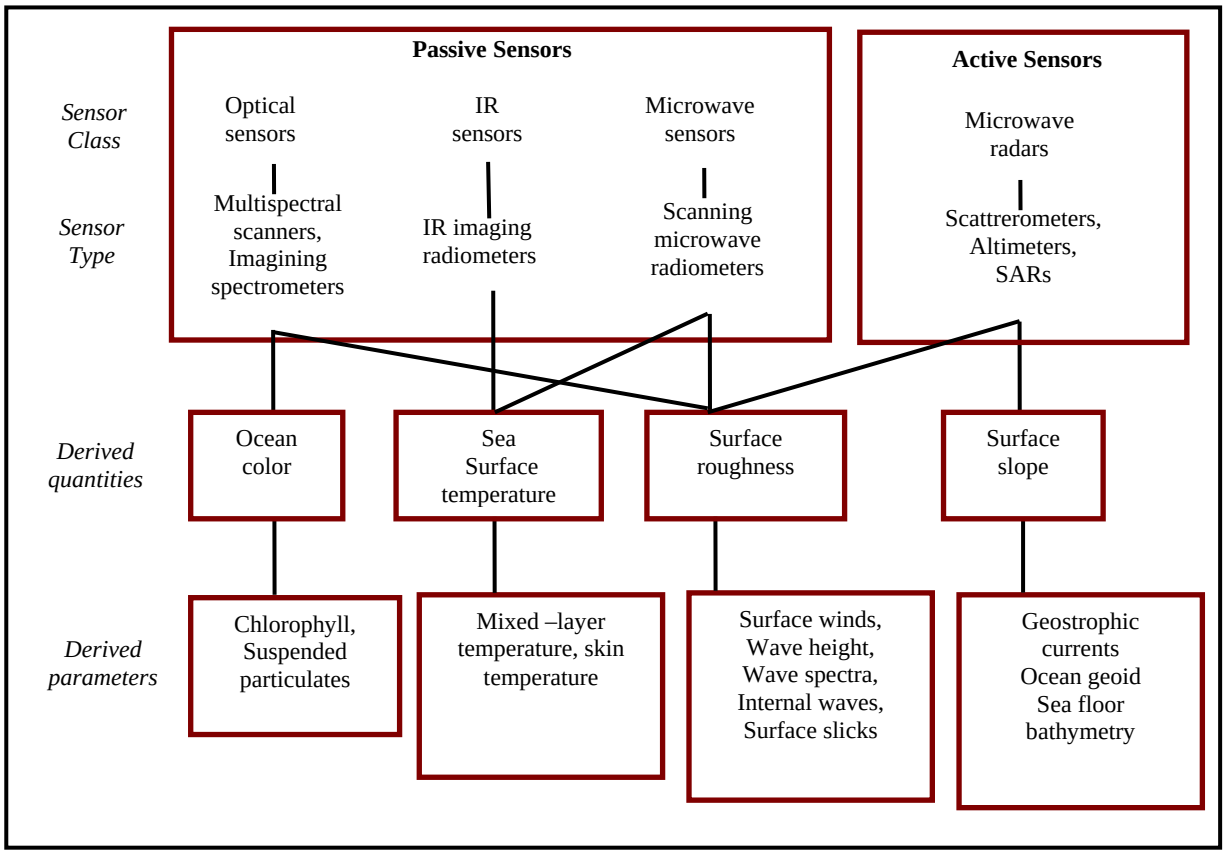


Fig. 1 Schematic illustration the different remote sensing methods and instruments used in marine research, along with their applications (after [7]).

In principle, there are four basic quantities of the ocean that can be observed from space using visible, infrared and microwave part of the electromagnetic spectrum (Fig. 1). These are:

- Ocean color, characteristic of the sea water optical properties. It is used to measure chlorophyll *a* concentration (the photosynthetic pigments of phytoplankton) considered as an index of phytoplankton biomass as well as suspended matter, yellow substance, marine pollution and water dynamics (currents, fronts).
- Sea surface temperature (SST), one of the important geophysical parameters, providing the boundary conditions used for estimation of heat flux at the air-sea interface. Gyres, eddies, and upwelling regions can be detected using satellite derived SST measurements.
- Surface roughness, used to measure surface wind and wave from backscatter microwave power caused by wind on the sea surface.
- Surface slope, which derived from microwave altimeter measurements to study sea surface height anomaly (SSHA) and geostrophic currents.

This paper is focused on the part of the satellite remote sensing techniques for measurement of some of the above mentioned ocean parameters and respectively its applications for monitoring the Bulgarian Black Sea waters namely surface temperature, sea surface wind, phytoplankton blooms and chlorophyll a distribution.

Sea Surface Temperature

See surface temperature (SST) is one of the important geophysical parameters, providing significant information related to a wide range of the ocean marine processes and phenomena such as ocean currents, fronts, mesoscale eddies, and upwelling areas. Knowledge of the SST changes has been recognized as an important element of physical circulation and climate prediction models [8], [9]. SST is observed from space by infrared radiometry during cloudless conditions, using thermal infrared channels of the satellite sensor. The most widely used radiometers in oceanographic studies that can measure SST are: series AVHRR on POES satellites and MODIS both on EOS Terra/Aqua platforms. These sensors observed SST distribution at nominal spatial resolution at nadir 1.1 km and with accuracy of 0.5°C and better [10]. An example of an MODIS/AQUA scene is shown in Fig. 2.

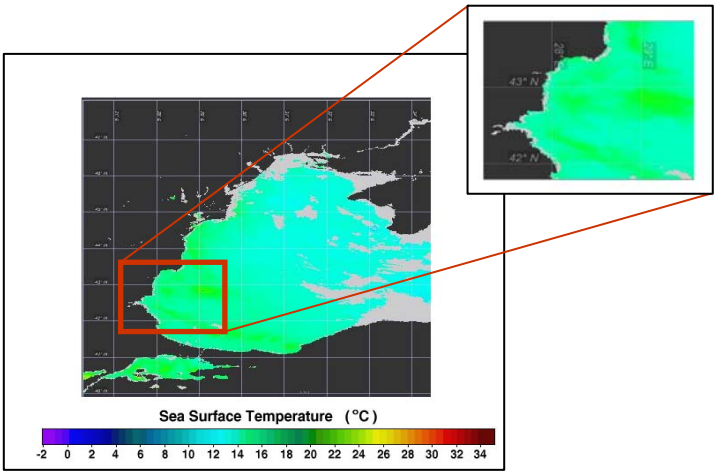


Fig. 2 MODIS/Aqua thermal infrared image of the Bulgarian Black Sea zone, 19 May 2009.

The in situ validation of the SST data derived from far infrared channels of the MODIS instrument was carried out for the Bulgarian sector of the Black Sea [11]. The obtained results indicated good agreement with MODIS mission requirements [10] and have been proved reliability of satellite data for future use and applications in various scientific researches and marine activities in the region (Fig 3).

One of the major advantages of the satellite remote sensing is its capability of ensuring the long-term observations of the ocean, land and atmosphere which are indispensable for monitoring and predicting climate changes. An example of digital data extracted from AVHRR imagery is a series of annual mean SST, illustrating the inter-annual variation of thermal structure over the Bulgarian Black Sea zone for the period of seventeen years (1991-2007). The data were clustered into two sub region in respect to the bathymetry and surface currents. The shelf region was defined with bottom depth less than 50m and offshore region was specified with bottom depth >200 m). The obtained results showed that SST increases in the both regions during the study period (Fig. 4, 5).

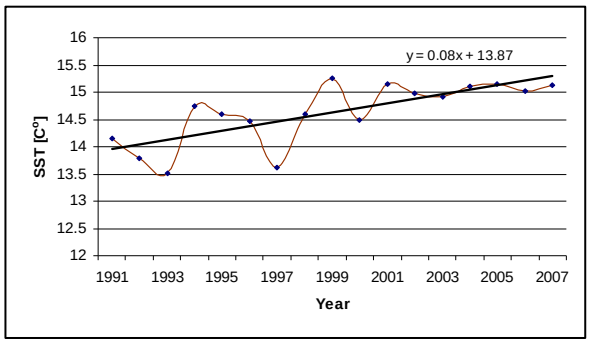


Fig. 4 Inter - annual observation of the SST variation in the Bulgarian shelf region from AVHHR data.

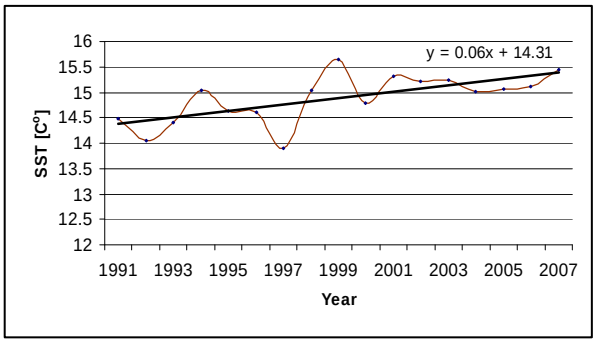


Fig. 5 Inter - annual observation of the SST variation in the Bulgarian offshore region from AVHHR data.

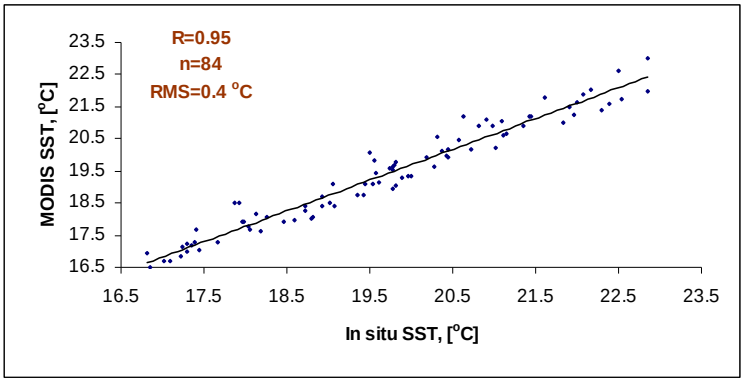


Fig. 3 Comparison between MODIS SSTs derived from split window algorithm and *in situ* measurements for the Bulgarian sector of the Black Sea.

Sea surface wind

Winds over the ocean play an important role in meteorology, oceanography and climatology. They affect air-sea variations in heat, humidity, gases and particles, regulating the crucial relation between the ocean and the atmosphere that establishes and supports the climate on regional and global scale. Therefore, the accurate forecasting of ocean surface winds contribute to good wave forecasts, which provide informativeness and safety in marine industry, navigation and other human activities in open and offshore seas. Wind speed and direction over the global ocean can be determined from space by radar scatterometers, such as SeaWinds on board the QuikScat and Midori -2 platforms and scatterometers on the ERS-1/2 satellites. Scatterometer observations estimate the wind vector at low spatial resolution of 50 km, 25 km and 12.5 km, with an accuracy of ±2 m/s in speed for the range 3-20 m/s and ±20° RMS in wind direction for wind speed ranging from 3–30 m/s. An example of QuikSCAT wind filed observation is shown in Fig. 6.

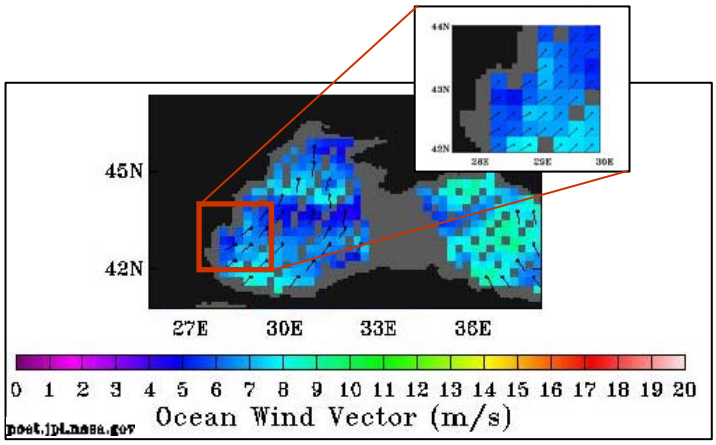


Fig 6. QuikSCAT wind vector filed observation for the study area 22 August, 2009 of the Black sea.

The performance of the latest QuikSCAT wind product (12.5 km) was evaluated by anemometer measurements acquired from meteorological station mounted on the earth gas exploration platform “Galata” in the study region [12]. For the moderate wind ranging between 3-15 m/s it was found that validation results correspond to the scatterometer mission requirements [13]. The values of the correlation coefficient and RMS error for the wind speed are 0.88 and 1.46 m/s, respectively (Fig.7). For the wind direction the good agreement is confirmed by high values of R = 0.96 and RMS error equal to 25° (Fig.8). Based on the performed analysis and obtained results, the assessment of the QuikSCAT wind product has been considered as successful and the scatterometer data reliable for further use and applications in various areas of scientific researches and marine industry in the region. However, ocean vector wind acquired by scatterometers has had too coarse resolution for some applications such as in coastal regions and in estuarine. In these regions only synthetic aperture radars (SAR) can provide high resolution images (30 m ground resolution) for quantitative measurements of mesoscale wind field [14], [15].

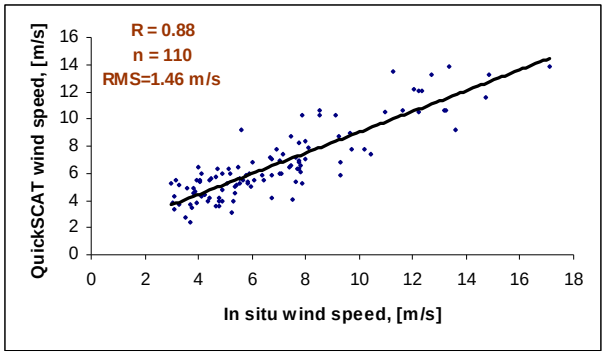


Fig 7. Scatter plots of QuikSCAT wind speed against in situ observations.

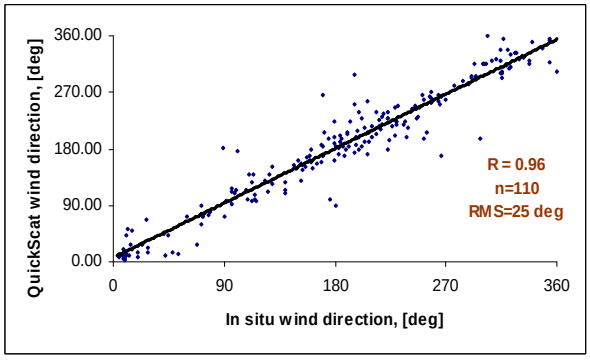


Fig 8. Scatter plots of QuikSCAT wind speed against in situ observations.

Chlorophyll a

An appropriate parameter for monitoring the marine ecosystems is a chlorophyll-a. It can be regarded as the total amount of phytoplankton biomass and measures of Chl a enables the monitoring of the mass generation of phytoplankton [16]. The ability of satellite sensors to extract plankton by imaging color of the sea water was established with launch of CZCS instrument in 1978. The most broadly used satellite optical systems by oceanographer that can measure marine optical properties are: SeaWiFS on OrbView 2 satellite, MODIS both on EOS Terra/Aqua platforms and MERIS instrument aboard ESA's satellite Envisat.

One of the main issue of studying distribution and concentration of Chl a is the operational monitoring of phytoplankton blooms. The blooms can color sea surface waters over large areas and can therefore be imaged from space. An example of intensive phytoplankton bloom registered by MODIS instrument over the Northwestern Black Sea during May, 2009 is shown in Fig. 9.

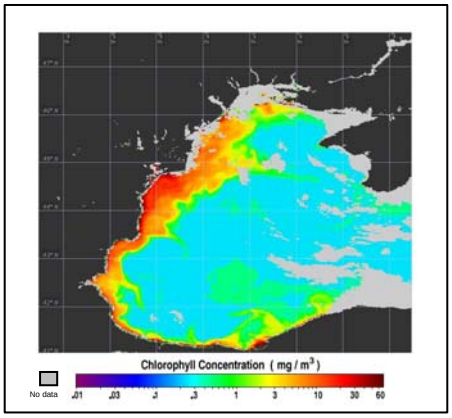


Fig. 9. Image of bloom event observed by MODIS over the Northwestern Black Sea on 09 May, 2009.

On the other hand, the remote sensing optical measurements are valuable tool for studying of the seasonal and inter-annual variation of the chlorophyll a concentrations [17]. An example of inter-annual variation of surface Chl a in the study area for the period of nine years (1998-2006) extracted from SeaWiFs imagery is shown in Fig.10.

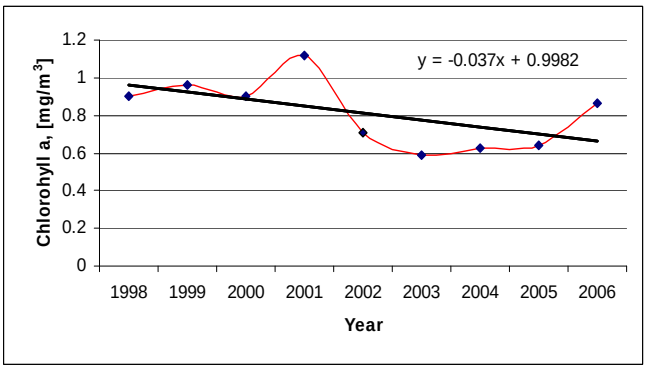


Fig. 10. Inter-annual observation of the Chl a in the study region from SeaWiFS data.

Likewise, the information about Chl a in global and regional scale is needed to improve and validate biogeochemical models, which are used for studying, e.g. the carbon cycle in the system ocean - atmosphere and its influence on the climate.

Conclusions

The present study provides a review of the part of satellite remote sensing methods, data and derived key oceanographic parameters, which can be useful for monitoring the marine environment in region of sparse in situ data such as the Black Sea. The most important advantages of satellite ocean remote sensing in comparison with standard in situ methods are as follow:

- Wide regional coverage and good spatial resolution;
- Sufficient time resolution;
- Continuous acquisition of data;
- Relatively cheep;
- Accurate data for information and analysis;
- Large records of historical data.

Combining remote sensing techniques with in situ measurements can be a valuable tool for environment protection and sustainable management of the marine resources in the Bulgarian Black Sea region.

Acknowledgment

The participation in the Conference was supported by grant from the Bulgarian Ministry of Education and Science – the Human Resource Development Operational Programme funded by ESF, Contract BG051PO001/07/3.3-02/63/170608.

References:

1. A u b r e y D., S. Moncheva, E. Demirov, V. Diaconu, A. Dimitrov, Environmental changes in the Western Black Sea related to anthropogenic and natural conditions, J. Mar. Systems 7, 411, 1996.
2. O g u z T., Long term impacts of anthropogenic and human forcing on the reorganisation of the Black Sea ecosystem. Oceanography, 18(2), 112-121, 2005
3. P a l a z o v A., H. Slabakov, A. Stefanov, Galata platform weather and seastate observing system, Proc. of the 12th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean (IMAM'2007), Ed. C. Guedes Soares, P.K. Kolev, vol. 2: Exploration of ocean and coastal resources, pp.755-760, 2007.
4. P a l a z o v A., A. Stefanov, V. Slabakova, and V. Marinova, Port Operational Marine Observing System, Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-11523, 2009, EGU General Assembly, 2009.
5. R o b i n s o n. I., Satellite oceanography: An introduction for oceanographers and remote-sensing scientists. John Wiley and Sons, Inc., Somerset, N.J. 455 p., 1985.
6. S t e w a r t R., Methods of satellite oceanography, San Diego, University of California, 360pp, 1985.
7. R o b i n s o n I., Measuring the ocean from space. The principles and methods of satellite oceanography, Chapter 2, Springer, pp.12 – 26, 2004.
8. H u o t E.; T. Isambert, I. Herlin, J.-P. Berroir, G. Korotaev, Data Assimilation of Satellite Images Within an Oceanographic Circulation Model, ICASSPProceedings, IEEE International Conference, Volume 2, Issue, 14-19 May 2006.
9. S t a n e v E., Assimilation of sea surface temperature data in a numerical ocean circulation model. A study of the water mass formation. In: Data assimilation: Tools for modelling the ocean in a global change perspective., NATO ASI Series, I, vol. 19, 33-57, 1994.
10. EOS Data Products Handbook, MODIS Sea Surface Temperature (SST) (MOD 28), NASA Goddard Space Flight Center Greenbelt Vol. 2.pp.162-164, 2000.
11. S l a b a k o v a V., N. Valcheva 2007, Estimation of feasibility of the Sea Surface Temperature satellite data use through comparison against in situ measurements for the Western Black Sea region, conference proceedings SENS'2007, pp.185-190, 2007
12. S l a b a k o v a V., Nedkov R., Andreeva N., Eftimova P. "Evaluation of QuikScat wind vector performance with field measurements for the Bulagarian part of the Black Sea", conference proceedings RAST'2009, pp.323-327,2009.
13. Earth Science Reference Book, NASA, Washington D.C, QuickScat, pp.211-123, 2006
14. J o h a n n e s s e n J., R. Shuchmann, O. Johannessen, K. Davidson, D. Lyzenga, Synthetic aperture radar imaging of upper ocean circulation features and wind fronts. J. Geophys. Res., pp10411–10422, 1996.
15. K o r s b a k k e n, E., A. Johannessen, Quantitative wind field retrievals from ERS-SAR images. Proceedings of the 3rd ERS Workshop, IFREMERrBREST, 1996 June 18–20.
16. Eutrophication Monitoring Guidelines by remote Sensing for the NOWPAD,CEARAC report ,2007
17. N e z l I n N., Seasonal and Interannual Variability of Remotely Sensed Chlorophyll, The Handbook of Environmental Chemistry, Springer Berlin, Vol 5Q/2008

Session 4

Ecology and Risk Management

Chairman: Prof. Garo Mardirossian
Secretary: Res. Fell. Lubomira Kraleva

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

WEB- МОНИТОРИНГ НА АТМОСФЕРНИ ЗАМЪРСЯВАНИЯ В РАЙОНА НА ОБЩИНА БУРГАС НА БАЗАТА НА СПЪТНИКОВИ, НАЗЕМНИ И GPS ДАННИ

Лъчезар Филипов, Пламен Христов, Румен Недков, Ива Иванова, Мария Димитрова, Мариана Захаринова, Георги Желев, Даниела Бонева, Дора Панайотова

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: asic@space bas.bg

Ключови думи: *атмосферно замърсяване, еко- мониторинг, спътникови данни*

Резюме: *В настоящата статия е разгледан проблема с атмосферните замърсявания на територията на област Бургас. Резултатите от замърсяванията се основават на ежедневно еко-мониторингово изследване на Центъра за аерокосмическа информация, ИКИ–БАН. Анализът на резултатите от изследването на района сочи сравнително нисък брой на дни със замърсявания за периода от септември 2008 г. до септември 2009 г., като се забелязват разлики в отчетения брой дни със замърсявания през различните сезони*

WEB BASED MONITORIN IN THE RAGION OF BURGAS, USING AEROSPACE, GROUND-BASED AND GPS DATA

Lachezar Filipov, Roumen Nedkov, Plamen Hristov, Maria Dimitrova, Iva Ivanova, Mariana Zaharinova, Daniela Boneva, Georgi Jelev, Dora Panayotova

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

Keywords: *air pollution, eco-monitoring, space data*

Abstract: *In this paper we describe the problem with air pollution in the region of Bourgas Municipality. The results for the pollution are based on daily eco-monitoring investigation in Aerospace Information Centre, SRI–BAS. The analysis of the investigation results for the region indicates an average low number of days with air pollution during the period September, 2008 – September, 2009. During the different seasons, different number of days with air pollution is observed.*

Атмосферата е механична смес от различни газове. Количественото съдържание на по-важните газове в атмосферата е: N – 78%, O_2 – 21%, Ar – 0.93%, CO_2 – 0.33%. Замърсяването на атмосферата представлява внасянето в дадена среда на нови, нехарактерни за нея вещества или превишаването на нивото на нормалната им концентрация на характерни такива. Източниците на замърсяване са естествени или антропогенни, като вторите могат да са с химичен, механичен или биологичен произход.

Циркулацията на въздушните маси разпространява безпрепятствено замърсителите на неограничено голяма територия. Проблемът със замърсяването от локален се превръща в такъв с глобално въздействие, имащо негативни последици от екологична, социална и икономическа гледна точка (Найденов. Я., 2005г).

Замърсителите биват с естествен или антропогенен произход. Естествени са тези замърсявания, които са предизвикани от природната прах (аеропланктон, полен, спори, плесен, микроорганизми, бактерии, продукти от биологичното гниене и разлагането на органиката), вулканите, бурите и други. Изкуствените (антропогенните) източници биват промишлени, транспортни, нефто- и газопреработващи предприятия, атомни реактори, бит, други.

Всеки от тези източници си има свои специфични особености и отделя различни отпадъци и газове. Нефтодобиващите и преработващите предприятия отделят в атмосферата въглеводороди, SO_2 и задушливи газове – ацетон, толуол, изопрен. Емисиите от химическата

промишленост са: прах, SO_2, H_2S, CS_2, Cl_2, Pb, азотни окиси, железни съединения. Газовете, отделяни от ТЕЦ-овете съдържат S и N- окиси, прах, соли, метали. Металургичните предприятия отделят прах, SO_2, функционални съединения и метали.

Атмосферата реагира на атмосферно замърсяване с промяна на прозрачността и влошаване качество на въздуха, определящо се от наличието на твърди, газообразни аерозолни и летливи вещества, водещи до появата на температурни и хидротермични аномалии.

Повишената запрашеност на атмосферата оказва влияние на отражателната способност на Земята (албедото), като увеличава отразената слънчева радиация и намалява количеството й до земната повърхност, което води до изменение в енергийният баланс на планетата и до промяна на климата. Основна роля за променената прозрачност на атмосферата има и повишаването на въглеродния диоксид. Той пропуска късовълновите лъчи и поглъща отразените от земята инфрачервени лъчи, това води до образуването на парниковия ефект и непосредствено влияе върху топлинния баланс. Повишаването на водните пари води до намаляване защитната роля на озоновия екран, съдържанието на водни пари в тропосферата също води до промени в климата. С влошаването на общата екологична обстановка, атмосферните замърсители придобиват все по-голямо значение.

Община Бургас се отличава с висока степен на индустриализация. Основните източници на замърсяване са резултат на химическата, нефтопреработващата промишленост и енергетиката. От съществуващите в региона промишлени предприятия, в атмосферата се отделят азотни окиси, серен диоксид, сероводород, амоняк, феноли, бензен и ФПЧ.

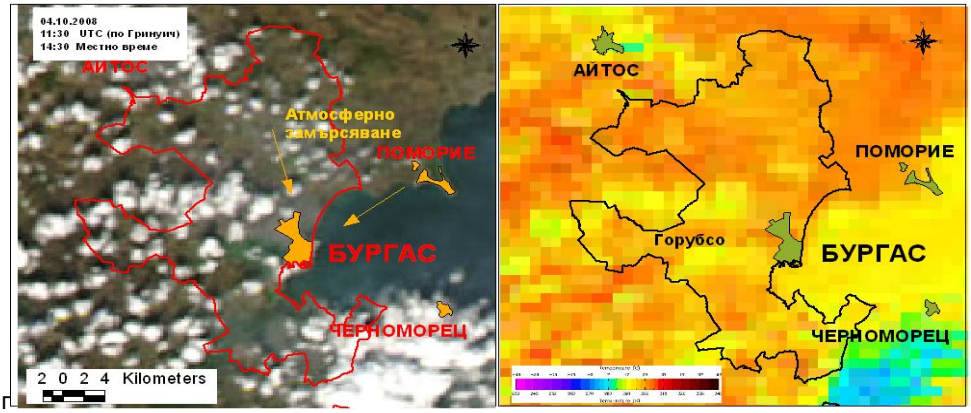
В Центъра за аерокосмическа информация към ИКИ–БАН от Септември 2008 г. се провежда Web-базиран мониторинг на атмосферни замърсявания за района на област Бургас на базата на аерокосмическа и наземна информация. Мониторинговото изследване се провежда на основата на данни от сензорите на платформите Terra и Aqua на системата MODIS от програмата EOS (Earth Observation System). За целите на мониторинга се използват данни от дневното заснемане на двата сателита, които са регистрирани в диапазона между 10 и 15 часа местно време (8.00 UTC – 13.00 UTC). Резултатите от обработката на спътниковите данни се публикуват ежедневно на специализирана web-страница http://brg.space.bas.bg/, където има информация за актуални, последни данни за атмосферната обстановка за съответния ден, коментар при наличие на атмосферно замърсяване и данни за предишни дни от целия изследван период. Данните за целия период на провеждане на мониторинговото изследване се съхраняват в архив в Центъра за аерокосмическа информациа към ИКИ–БАН.

За целите на web-мониторинг на атмосферните замърсявания е необходимо да се използват данни, които да дават обективна информация за наличието, степента и размерите на атмосферното замърсяване. За регистриране и анализ на замърсяванията използваме спътникови данни във вид на изображения и профили, които съдържат информация за размерите и разпространението на атмосферното замърсяване в режим, близък до реално време.

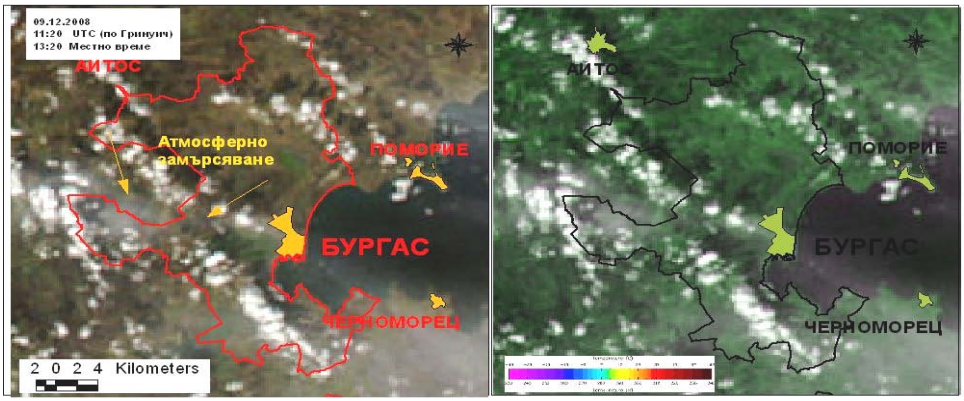
Основните аргументи за избор на източник на данни са свързани със задачите, които трябва да се решават при мониторинг на атмосферните замърсявания. Характеристиките на сензорите на платформите Terra и Aqua на системата MODIS от програмата EOS позволяват да се получат спътникови данни с помощта на които могат да се решат следните задачи:

- наблюдение на състоянието на приземния граничен слой в режим на реалното време и близък до реалното време;
- проследяване на разпространението на атмосферните замърсявания на големи разстояния (размерът на изображението е 2330x2330 км);
- висока спектрална разделителна способност и необходимата пространствена разделителна способност, достатъчна за откриване, идентифициране и разпознаване на атмосферните замърсявания. Данните от сензорите на Terra и Aqua са хиперспектрални. Това са изображения на земната повърхност в 36 спектрални диапазона, заснети в един и същ момент от време. с пространствена разделителна способност на изображенията – 250 м за 1 и 2 канал; 500 м за канали от 3 до 7 и 1 км за останалите канали.

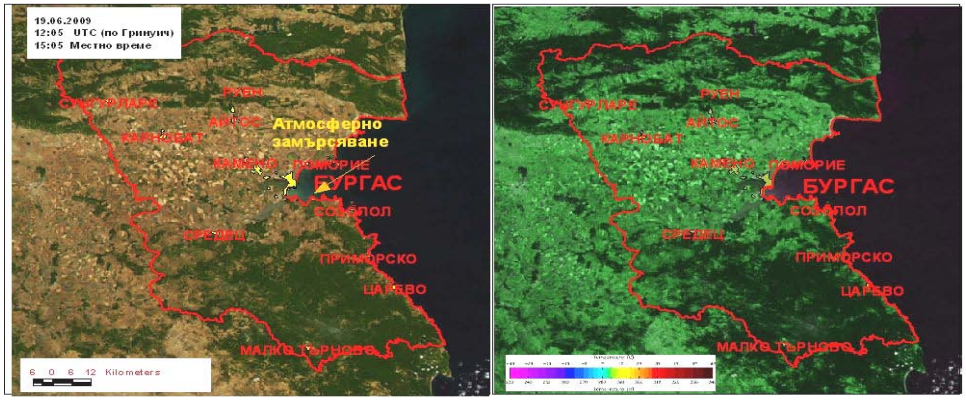
На следващите фигури са представени примери за регистрирани при мониторинга случаи на атмосферни замърсявания в наблюдавания район.



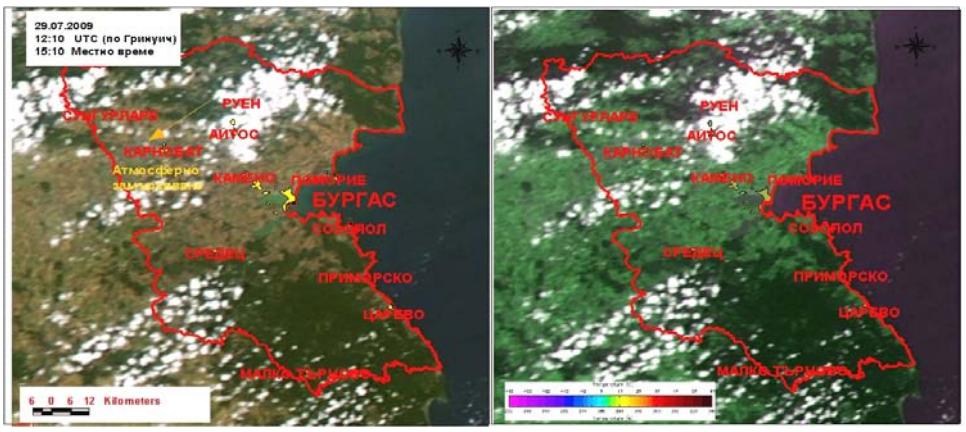
Фиг. 1. Атмосферно замърсяване около град Бургас от 04.10.2008 г.



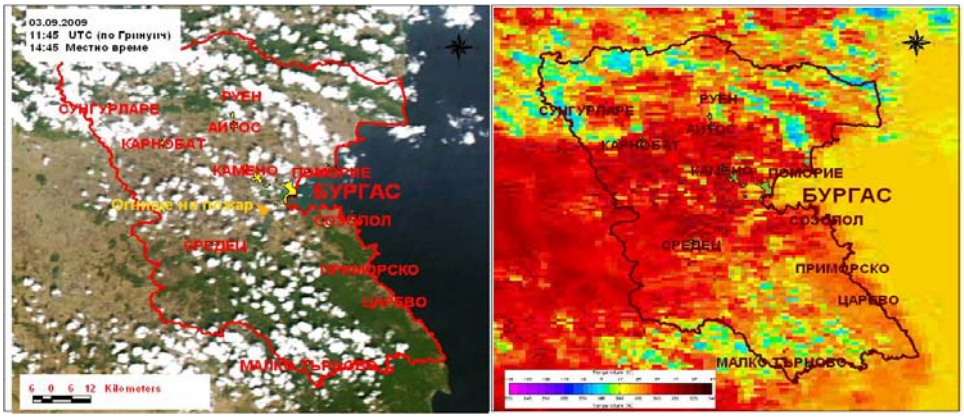
Фиг. 2. Атмосферно замърсяване около град Камено от 09.12.2008 г.



Фиг. 3. Атмосферно замърсяване около Бургаския залив от 19.06.2009 г.



Фиг. 4. Атмосферно замърсяване над град Карнобат от 29.07.2009 г.

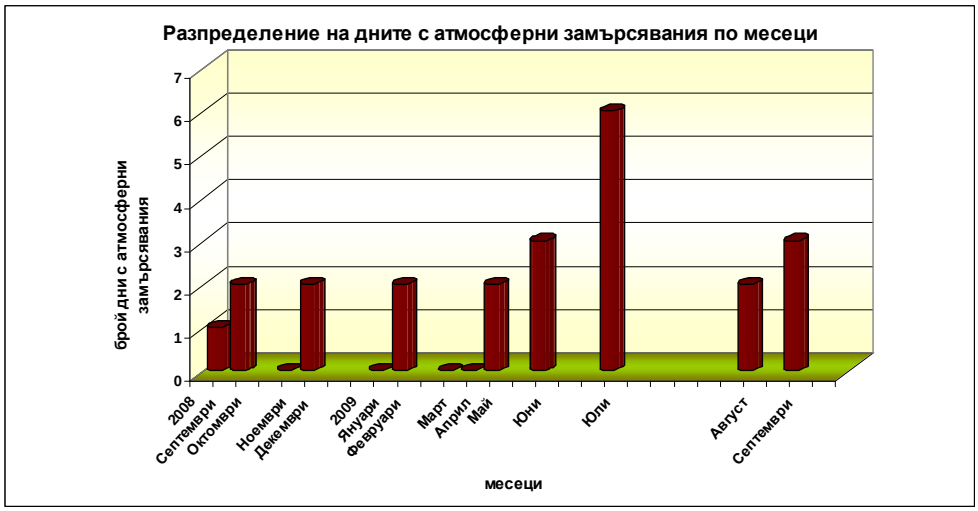


Фиг. 5. Спътниково изображение на изследвания район, на което е регистрирано огнище на пожар от 09.09.2009 г.

В следващата таблица са представени случаите на регистрирано замърсяване през едногодишния период на мониторинговото изследване.

Табл.1. Брой дни с отчетено наличие на атмосферно замърсяване за съответния месец, за период от една година

Година	Месец	Дата	Дни
2008	септември	11	1
	октомври	4; 17	2
	ноември		0
	декември	9; 1	2
2009	януари		0
	февруари	5; 11	2
	март		0
	април		0
	май	9; 14	2
	юни	2; 19; 20	3
	юли	7; 19; 24; 25; 27; 29	6
	август	4; 28	2
	септември	3; 10; 17	3



Фиг. 6. Графично изобразяване по месеци на замърсяванията, наблюдавани за период от една година

От графиката на разпределението на дните със замърсявания (Фиг. 6) се вижда, че по-често атмосферни замърсявания се наблюдават през летните месеци, което се свързва с по-големия брой дни без плътна облачна покривка. Когато видимостта над района не е достатъчна, едно евентуално замърсяване на атмосферата не може да бъде ясно регистрирано само по сателитни данни.

За едногодишния период на провеждане на мониторинга от IX.2008 г. до IX.2009 г., общият брой дни с регистрирани атмосферни замърсявания е 23. За сравнение с други райони, за същия период са регистрирани следният брой дни с атмосферни замърсявания: Стара Загора – 112; Кърджали – 89. Дните с отчетено замърсяване в района на община Бургас са близо 5 пъти по-малко от Стара Загора и около 4 пъти по-малко от дните със замърсяване в района на Кърджали.

Чистотата на атмосферния въздух конкретно за изследвания регион е свързано освен с опазването на живата материя, екосистемите и здравето на населението на намиращите се на територията на областта 13 общини, но и със запазването му като главен туристически център.

Литература:

1. Web-базиран мониторинг на атмосферните замърсявания в района на община Стара Загора на базата на спътникови данни, Румен Недков, Евгения Руменина, Лъчезар Филипов, Пламен Христов, Мария Димитрова, Мариана Захаринова, Ваня Найденова, Георги Желев, Даниела Бонева, SENS 2007, 2008, pp. 264-273, ISSN 1313-3888, http://www.space.bas.bg/SENS-2007/4-12.pdf
2. Y o r d a n o v a, R. N e d k o v, M. D i m i t r o v a, I. I v an o v a, M. Z a h a r i n o v a, Мониторинг на атмосферните замърсявания в региона около град София през зимния период на 2006 и 2007 година, SENS 2008, 4-7 Юни 2008, Варна, България, ISSN 1313-3888, 141-148.
3. Н а й д е н о в, Я., 2005г. Екологични основи на на атмосферните замърсявания. “ПъблишСайсет-Еко”, София.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

POSIBILLITIES FOR REMOTE SENSING AND MONITORING OF BALKAN REGION

Petar Petrov, Petar Getsov

Space Research institute – Bulgarian Academy of Sciences

e-mail: director@space.bas.bg

The present work discusses the development of a remote sensing component (the space, air and the ground segment) of an early warning system related to the control of oil and industrial pollution of the Black Sea coast at regional level.

The number of both cargo traffic (Fig. 1) and energy suppliers in Black Sea aquatoria (Fig. 2) is increasing continuously. The industrial growth of the Black Sea area and the globalization processes will accelerate further these trends in the future. The planned layouts of the *South Stream, Nabucco* and *Bourgas-Alexandroupolis* pipelines confirm that. The oil-tanker traffic across the Bosphorus is nearing its maximum. Therefore, observation and early warning of oil spills and possible averages is becoming an important element of the coastal strip environmental protection and National Security.

Fig.1

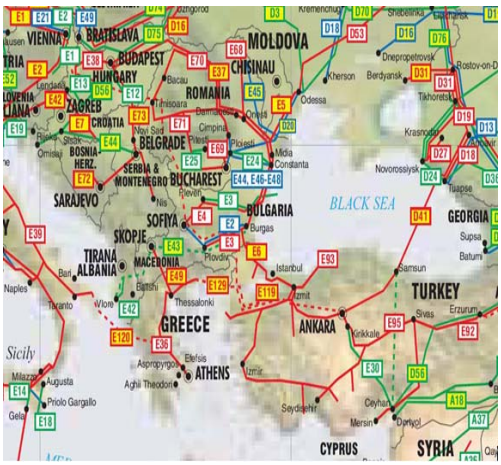


Fig. 2

The dynamic nature of the coastal processes, oil pollution, and averages require frequent observations to analyze the occurring impacts and changes.

Remote sensing methods, the technology of the small satellites, video spectrometers, and radars with synthetic aperture allow building effective systems for regional observation by several platforms.

Satellite data could be used at different levels such as early detection, evidence and security assessment.

The additional combination of coast samples analysis and inspections done by UAV-s would provide to estimate with great precision the environmental condition.

The operational approach toward development of a remote sensing component (space, air and ground segment) of an early warning system includes both observational and informational subsystems. The lack of a system for rapid informational distribution and supply at National (regional) level represents a significant problem. Data exchange and data set collection regarding events (averages) is another problem. The lack of end users' direct access to the data provided by remote sensing methods decreases additionally the progress and the efficiency.

The effective satellite observations provide to analyze the parameters and the event (pollution) spot as well as the effect of environmental pollution and restoration compensations.

On such basis, the national monitoring concept involves complex use of space and air observation methods which include:

- aerospace center for information receiving;
- satellite segment;
- air segment.

The careful consideration and analysis of some of the potential satellite systems, which could provide space observations, results in the following findings [7]:

- the only available images free of charge are provided by the US research satellites *Terra* and *Aqua* passing over about 1-2 times per day. However, their spatial resolution is 250, 500, 1000 m within the visible and infrared spectral range.
- the satellites *Monitor–3, Spot–4, IRS–P5, IRS–P6,EROS–A, EROS– B* and *RADARSAT – 1* have relatively much better spatial resolution (from 0.7 to 40 m) but less cyclic recurrence (excluding *RADARSAT*) of the passage over the same territory which is a disadvantage;
- the prices of the observations received are much bigger and determined by the value of the licenses issued by the operators as well as the streamlining of the reception complex's base organization.

Judging from the above conclusions, it is obvious that it is advisable to resolve the tasks for real or near-real time operative monitoring using the satellites *Terra* and *Aqua* since the observations received there from are free of charge and the cyclic recurrence of their passage over the same territory is the most suitable one. The low space resolution in this case could be indicated as a major shortcoming.

The base configuration of the center allows data receiving by the satellites *Terra* and *Aqua*. Receiving images and data from other satellites, however, requires additional software and shall be performed upon request. The cost of the license, the amount of received data, and the procedures of interaction with the space systems' operators shall be negotiated on signing the contract for the complex's supply.

On initiative of the Space Research Institute, at the Ministry of Emergency Situations, Aerospace Monitoring Center was established (Fig. 3).

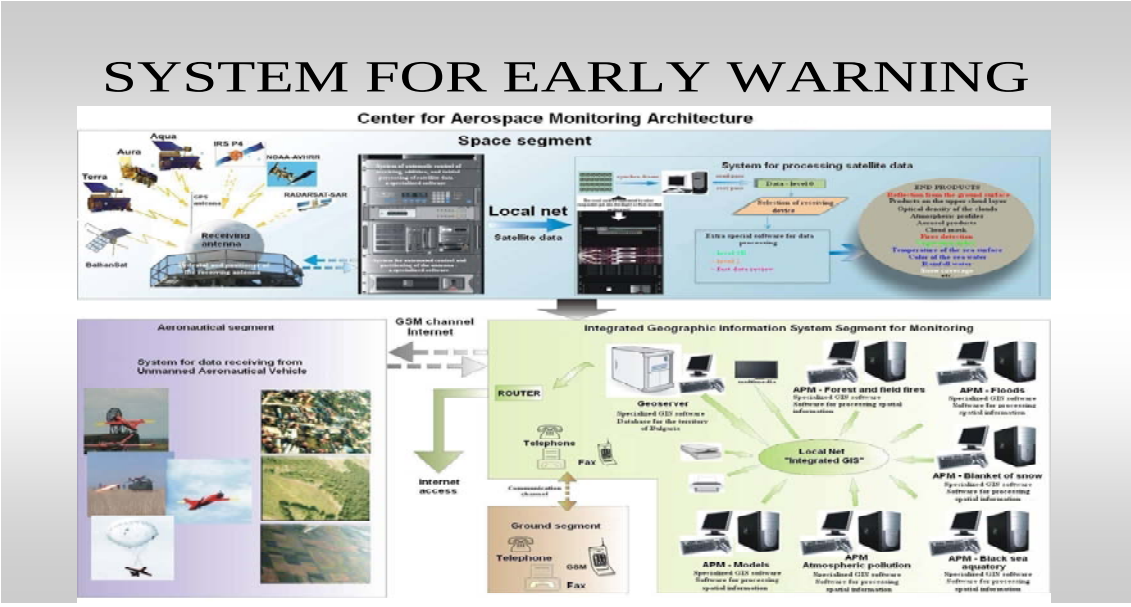


Fig.3

The centre's topical orientation is shown in Fig. 4.

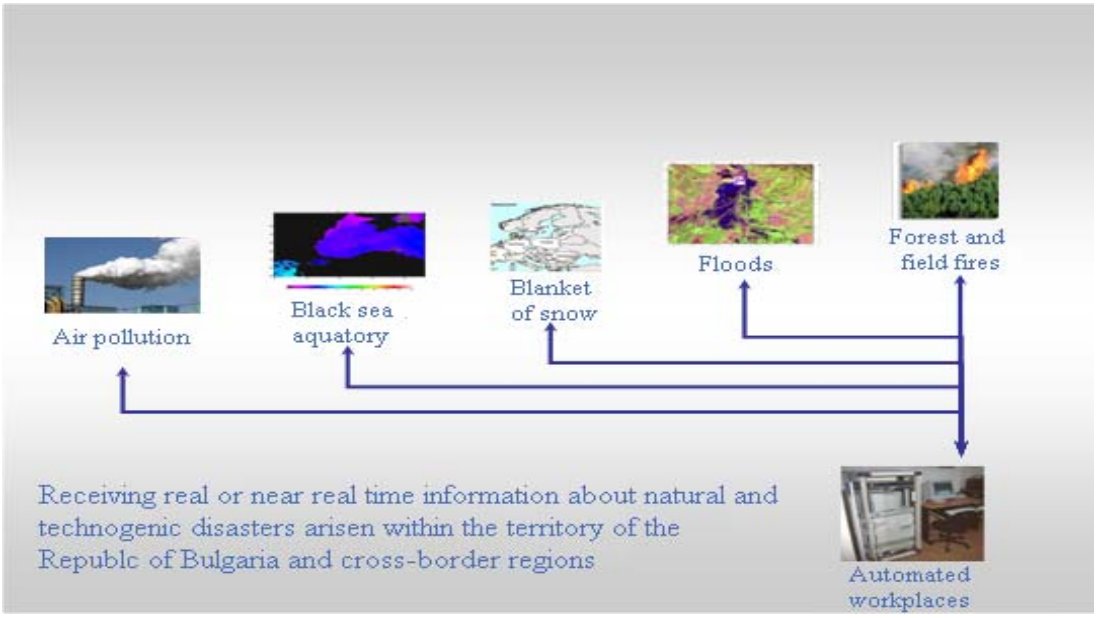


Fig. 4

At SRI-BAS, investigations are carried out based on the information received by the satellites *Terra* and *Aqua* providing to monitor on a daily basis the atmospheric pollution in the Municipalities of Bourgas, Stara Zagora, and Kurdzhali.

Fig. 5

The *Direct Broadcast* regime of the MODIS instrument onboard the NASA satellites *Terra* and *Aqua* allows ensuring good temporal coverage. In addition, the specificity of the *Terra* and *Aqua* orbits allows good temporal coverage under various light conditions. *Terra* passes over at about 7h30min UTC (coordinated universal time) and 18h30min UTC, respectively, while *Aqua* passes over 2 hours later.

The MODIS instrument has 36 optical channels covering from 0.4 up to 14.4 μm from the visible to the infrared range at resolution of 250, 500, and 1000 m regarding the different groups of

channels. Data obtained through MODIS are used for various applications in accordance with the method NASA has suggested to study regional and global environmental changes. In order to carry out operative analysis, the combinations at higher resolution K2K1K1 at 250 m and K1K4K3 appear to be useful. At the same time, algorithms for increasing the resolution from 500 to 250 m are employed alongside with some more specific biophysical parameters to estimate sea surface, dry land, atmosphere, and temperature parameters of the land.

The use of infrared channels allows fires to be analyzed (Fig. 6, 7) at different stage and resolution. The latter must have higher value regarding the *Dry Land*, *Clouds*, and *Aerosols* groups. The thermal infrared products are generated by means of data obtained at day or night at lower resolution of 1000 m.

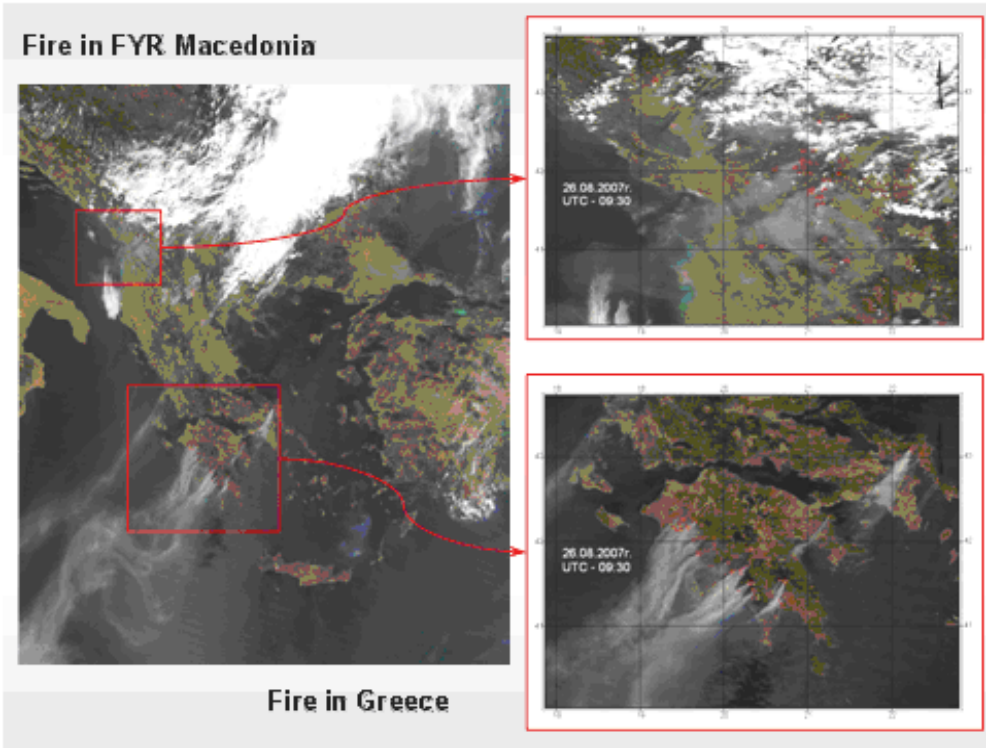


Fig. 6

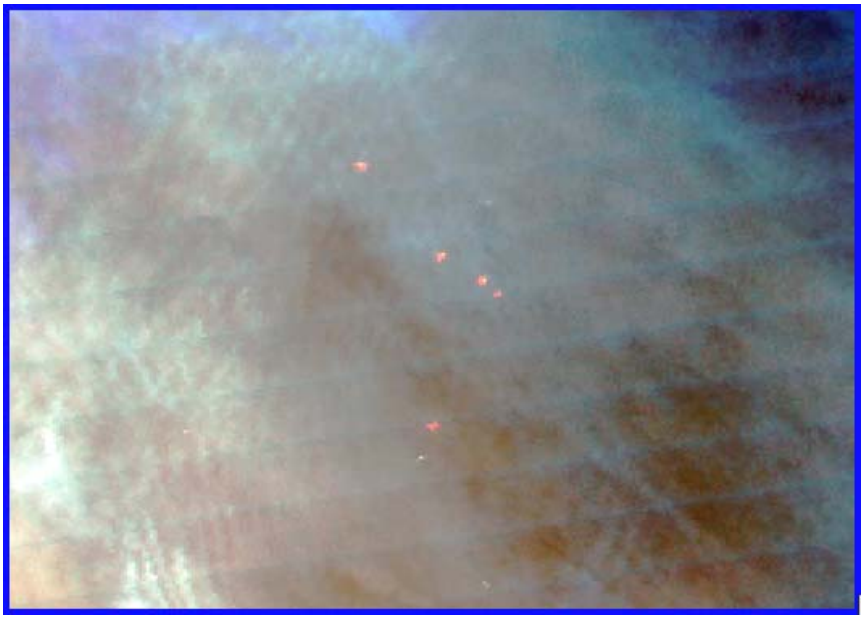


Fig. 7. Hot spots: gas combustion on sea platforms, MODIS, level 2A, K721, thermal anomalies, resolution 500 m

Depending on the cloud coverage, the data received through MODIS DB in real time allow the seacoast to be analyzed at time scale almost equal to the real one. The products at level 1B, 2 are generated up to 1 hour after either *Terra* or *Aqua* has passed over.

Level 1B, products HDF format – 20 min after telemetry

Level 2A, products Geo, TIFF format, 10 min after Level 1

Most of the coastal security depends on monitoring oil pollution and averages in the presence of intensive transport pattern, tankers, the *South Stream* and *Bourgas-Alexandroupolis* pipelines etc. Regardless of the purpose of MODIS (global observation of the Earth's surface and the World Ocean), the group of channels operating at resolution of 250 m could be used successfully to detect medium-sized oil spills in relatively clear weather and appropriate wind speed. The local host station provides the unique opportunity to observe on a daily basis the aquatic environment of the Black Sea and the coastal area.

Cooperation with port authorities to receive operational details by the passing vessels/traffic will substantially increase the system's efficiency. Using the Coast Guard will help to establish and maintain a database of coastal features and anthropogenic processes.

Crucial examples of observing aquatic environments in real time are oil spills (Fig. 8), averages, and plankton behaviour/density. For anthropogenic purposes, other channels and products of MODIS could be used.

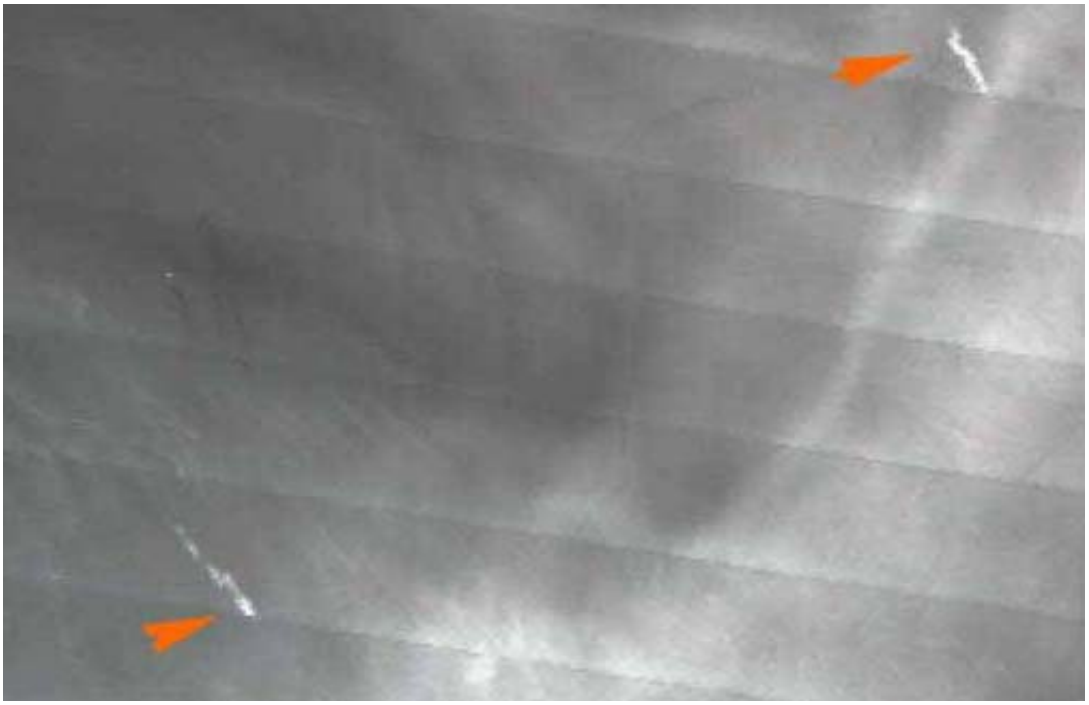


Fig. 8 Subtle oil spills on the sea surface, level 2A K211, resolution 250 m, *Terra*, the red arrows point to the oil trails/spots

The hyper spectral analysis of the sea surface is more difficult to implement and requires more parameters than it does in case of soil and plant cover. The little reverberating ability of the water within the red and infrared range set the pattern for it as well as the dynamics of the *water – atmosphere* margin. The big sizes of the pixels of the thermal channels impede its use for operative purposes.

C cloud cover and night time require previous placement of operational orders for radar images received by SAR, RADARSAAT, ENVISAT, ASAR, etc. to allow details of the spills to be analyzed at both day and night time regardless of the weather (Fig. 9).

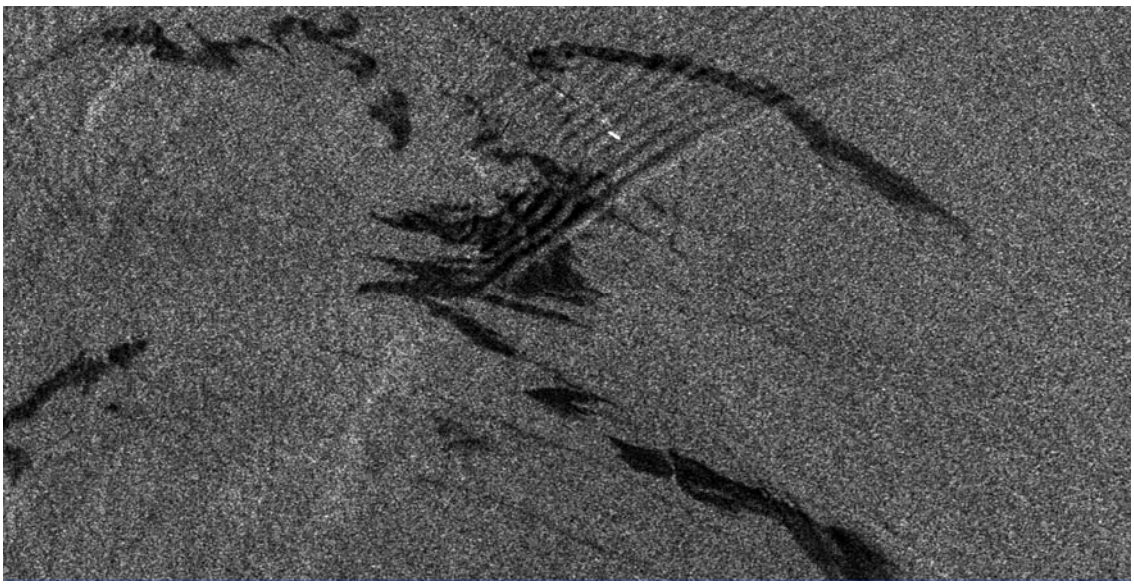


Fig. 9. Oil spill, RADARSAT 1, Fine Mode, C band.

To establish a comprehensive monitoring system, improvements in the spatial resolution, temporal resolution, and operation in cloudy weather (day and night) are required.

The small satellites intended for carrying out regional tasks appear to be a suitable complement to the existing global systems, thus aiming at building an Early Warning and Monitoring System for oil thoroughfares within the sea and in the coastal regions, accounting for the modern trends of preferable usage of small satellites, Fig. 10.

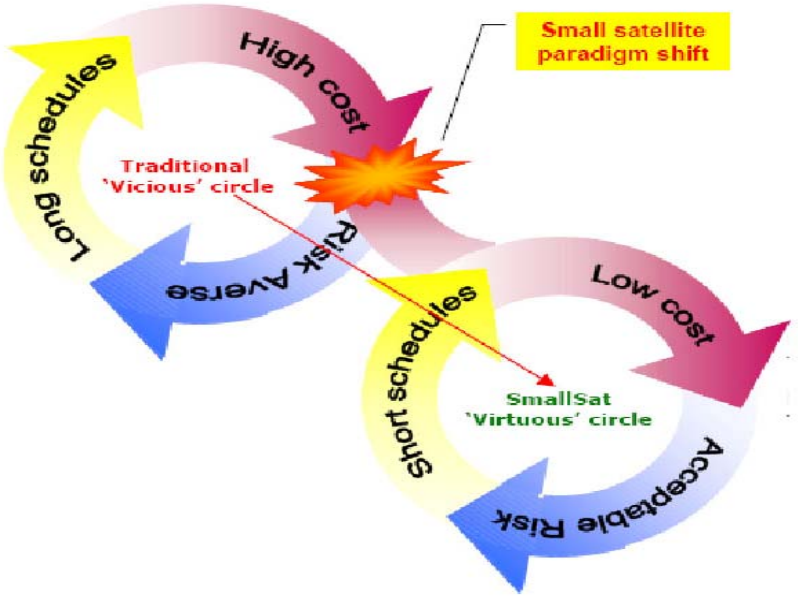


Fig. 10

The most decisive factors dominating this choice are:

- considerably lower cost;
- considerably shorter period of construction and manufacture;
- lower weight which affects the requirements to be met by the transport systems and reduces greatly the price of launching into orbit. This might be essential in case of launching into geostationary orbit or interplanetary missions (Fig. 11).

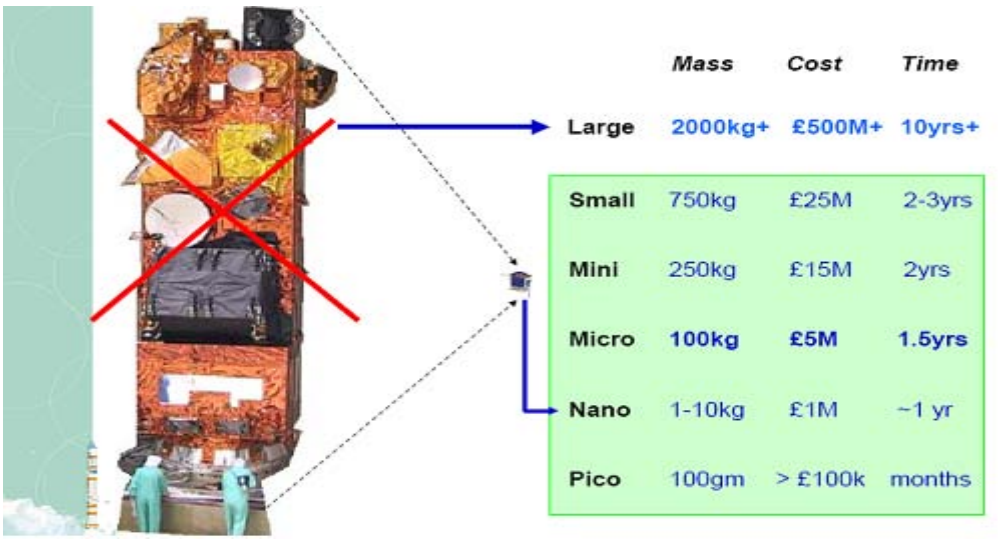


Fig. 11. Satellite platforms, mass, price, time of the program
A constellation of several small satellites could not only embrace the Black Sea zone but also include countries from the Mediterranean and Central Europe.

The sequence of the equipment's use might involve the following phases:

- phase 1A: multi-hyper spectral camera with additional thematic processing;
- phase 1B: second pattern of Type 1A;
- phase 2: small satellite, radar with synthetic aperture.

The temporal and spatial resolutions for the various applications of remote sensing methods are shown in Fig. 12.

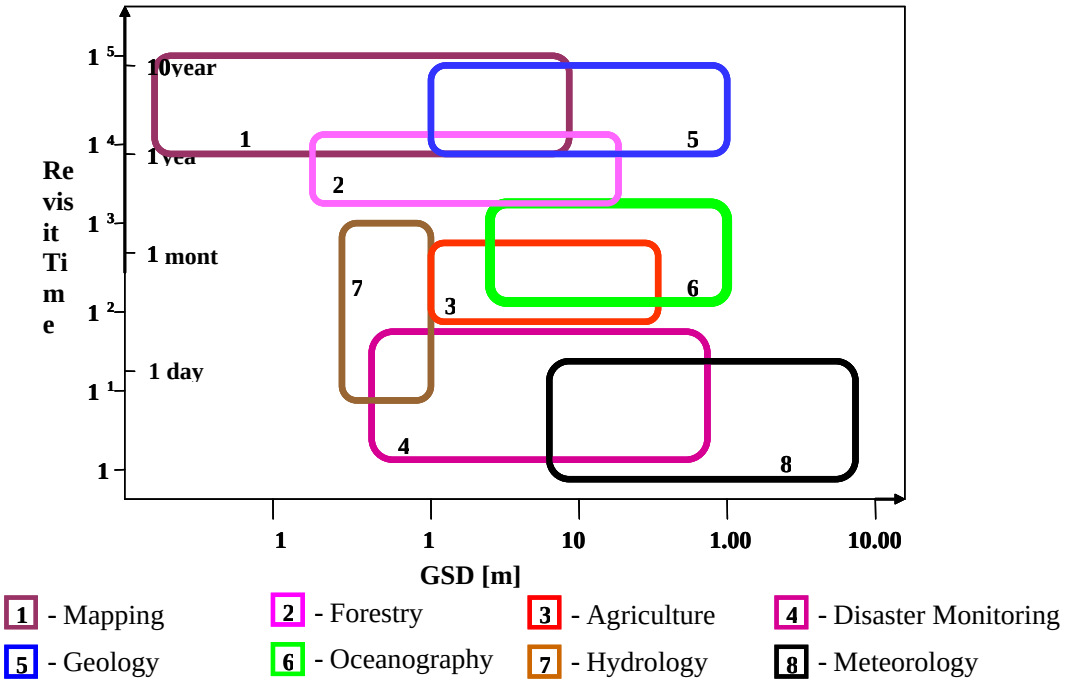


Fig.12

Oil spills and averages are covered by area 4.

In the Space Research Institute, BAS, the BALKANSAT Topic is being developed, providing for theoretical rationalizing and practical development and implementation of the satellite [10].

Based on the investigations performed so far, we may conclude that this satellite should weigh between 10 and 100 kg, i.e. a microsatellite is needed (small satellite in Bulgarian) (Fig. 13) [11].

Fig. 13

The major characteristics of the satellite are shown in Fig. 14.

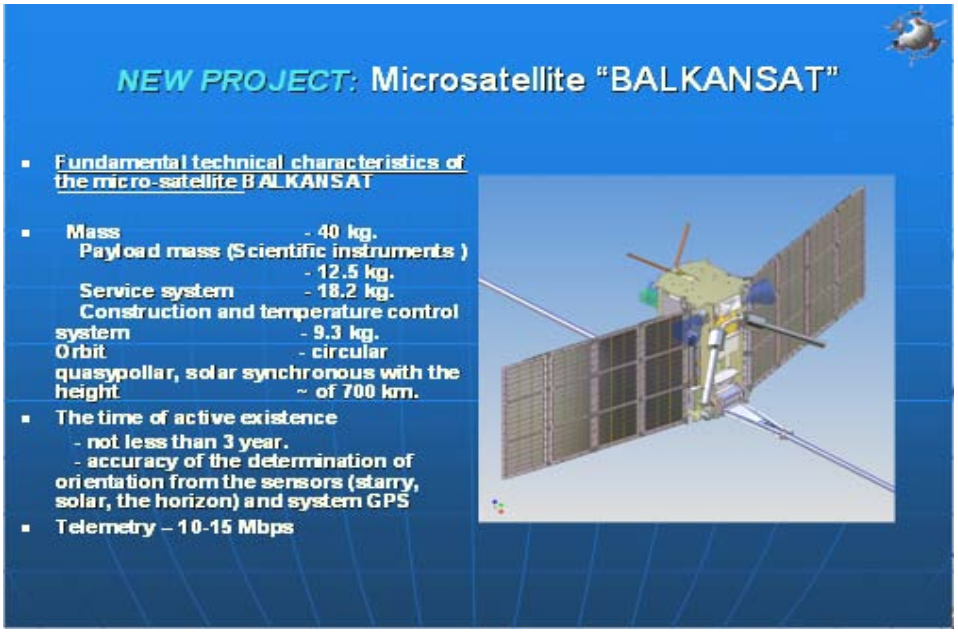


Fig. 14

Additional *in situ* information obtained through both manned and unmanned aerial vehicles could improve vastly the operative abilities of the National Monitoring System and increase identification possibility. The most common classification of the US UAVs is shown in Fig. 15.

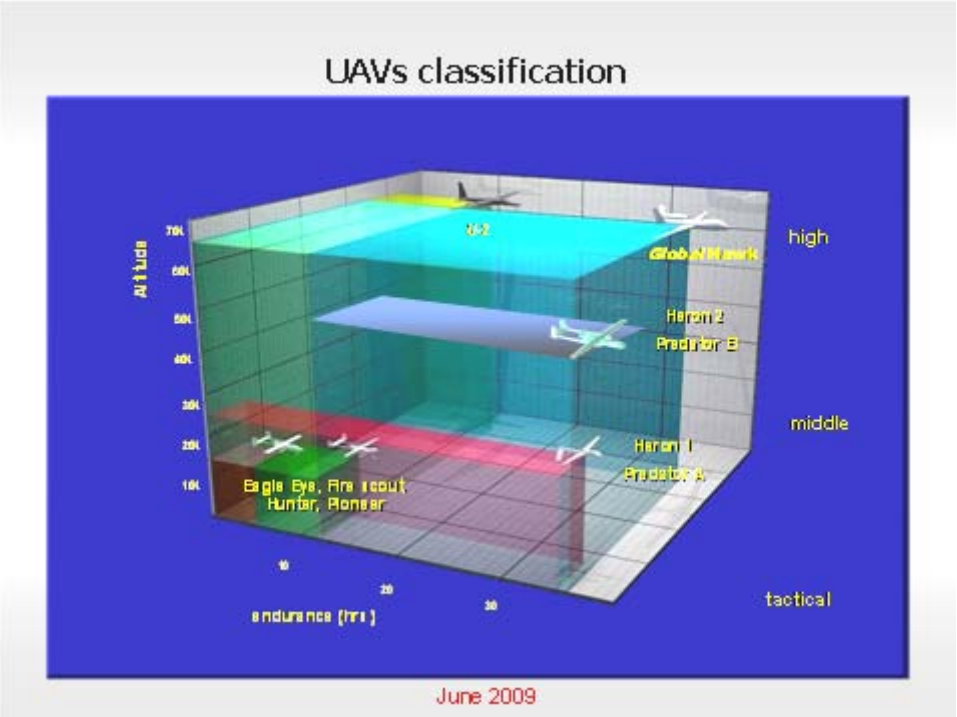


Fig. 15

Accounting for the small territory of Bulgaria, light UAVs could be used (Fig. 16) equipped with onboard video system operating within the visual and near infrared range at spatial resolution less than 50 cm.

Fig. 16

Accounting for the operational range of the current UAV (50 km), the territory of the country could be divided into 6 operational zones (Fig.17).

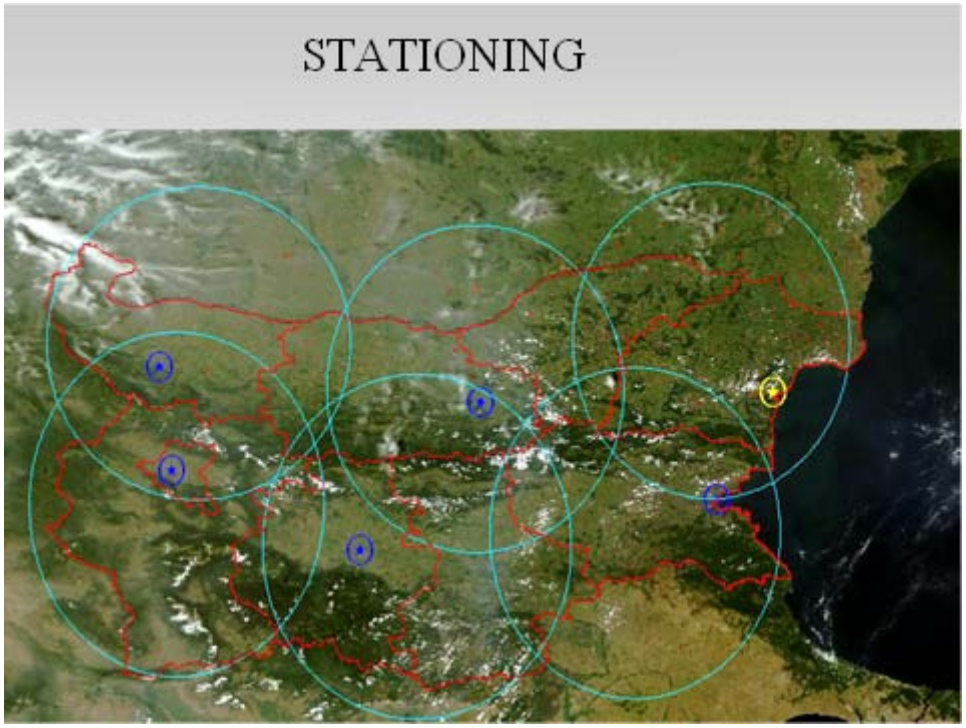


Fig. 17

The various degree of smoothness of the sea surface at different levels of oil pollution could be analyzed within the optical range as well by means of an airplane (Fig. 18).

Fig. 18. *In situ* observation of the sea surface, oil pollution

The development of the National Monitoring System does not diminish Bulgaria's willingness to take part in international programs and projects related to environmental monitoring and security, as evidenced by the GMES European project (Fig. 19).

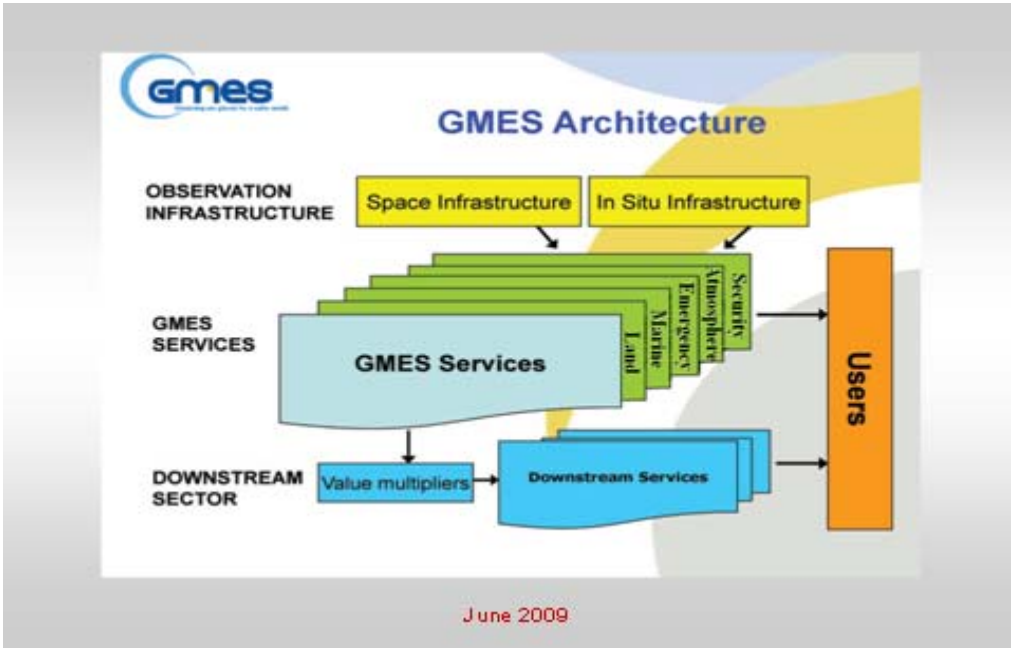


Fig.19

NATO's AGS are of interest to us, which determines the cooperation under the TIPS project, Fig. 20.

Fig. 20

Conclusions

1. Aerospace monitoring has no alternative in forming impartial attitude toward environment condition and security.
2. The development of National Aerospace Monitoring Systems is part of the common efforts to provide efficient mechanism for prevention and mitigation of various kinds of crises, whenever possible. Elsewhere, these could cooperate to abate their consequences and the number of people suffering.

3. The Bulgarian institutions must provide the required premises to enable the participation of the Bulgarian scientific and research community, private business and industry in the big European and NATO projects related to global monitoring systems.
4. The Government of the Republic of Bulgaria must undertake the required steps to provide for Bulgaria's full membership in the European Space Agency.

References:

1. Black Sea Transboundary Diagnostic Analysis, GEF Black Sea Environment Programme, Program Co-ordination Unit, Istanbul, Turkey, August 1997.
2. B i s s e t t W. P. "Coupling Simulated Ocean Reflectance to the Atmospheric Correction of Hyperspectral Images," Final Report, Apr. 2000-Dec. 2003, Florida Environmental Research Inst, Tampa FL (2004).
3. B r é o n F. M., N. H e n r i o t. "Spaceborne observations of ocean glint reflectance and modeling of wave slope distributions," Journal of Geophysical Research, vol. 111 (2006).
5. H a l t r i n V. I., W. E. M c B r i d e, R. A. A r n o n e. "Spectral approach to calculate specular reflection of light from wavy water surface," in Proceedings of D. S. Rozhdestvensky Optical Society: International Conference Current Problems, Optics of Natural Waters (ONW'2001), St. Petersburg, Russia (2001).
6. M i s h e v D., P. P e t r o v, Y. Z i m a n. "Spectrostructural systems – next generation of orbiting instruments in remote sensing methods", Acta Astronavtika, vol. 12, No. 11, Great Britain (1985).
7. Г е ц о в П. , П. П е н е в, Г. С о т и р о в, Р. Н е д к о в. Концепция за национална система за мониторинг, Международна научна конференция SENS 2006, Варна, България
8. Универсален апаратно програмен комплекс Уни Скан-24, 2005
9. Изходно задание за проект "Автоматизирана система за ранно откриване и локализиране на наводнения и полски и горски пожари" – "Гражданска защита" 2005 г.
10. Протокол за научно сътрудничество между Руската академия на науките и Българската академия на наукитев областта на фундаменталните космически изследвания 2006-2010 година.
11. G e t s o v P., L. F i l i p o v, E. R o u m e n i n a, A. P a v l o v a, I. N i k o l o v a, D. A n d r e e v a, D. G o t c h e v, N. T o m o v, O. P e t r o v, M. D i m i t r o v a, M. Z a h a r i n o v a. Microsatellite platform "BALKANSAT" and the challenges in Earth Observation. International conference RAST' 2005, Istanbul, Turkey, pp 159-161.
12. Martin Sweeting OBE FRS, Small Satellites, Mil Space , Brussels, March 2007
13. Изходно задание за проект "Национален център за космическа информация"2006.
14. 25 лети обороны и чрезвычайных ситуаций – от идеи до технологии. Сборник научно-технических трудов, Всероссийский научно-исследовательский, Москва, 2001
15. Вопросы миниатюризации в современном космическом приборостроении, Сборник докладов выездного семинара, Россия, Таруса 2-4.06.2004 г.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ГЕОДИНАМИКА НА БЪЛГАРИЯ - II част

Хернани Спиридонов

Институт за космически изследвания при БАН
e-mail: kspiridonov@space.bas.bg

Ключови думи: *геодинамика на България, новата глобална тектоника, еволюция на Земята, Балканския полуостров, Източното Средиземноморие.*

Резюме: *В работата, която е втора част на статията, се разглежда ппалеогеографията и палеодинамиката на територията на България.Тя се разглежда като част от Мизийската платформа, респективно най-южният издатък, на Лавразия, известен още като Българска плоча. Последната е част от обширния суперконтинент Пангея-2, простиращ се от полюс до полюс. Именно през този етап започва неговото разрушаване. Юрската седиментация върху това пространство започва с континентални наслаги през хетанжа и долен плиинсбах. Те се разполагат с ясна и рязка граница върху пъстра подложка с ъглов дискорданс върху палеозой и триас. Нагоре следват морски седименти от горен хетанж. Реално те се наблюдават на север от линията Кюстендил-Ихтиман-Стара-Загора-Елхово. На юг от нея на 200-300 km се е простирала юрската Вардар-Измир-Анкарска зона на субдукция, като част от океана Мезотетис. След калова .цяла Ю. България се издига и започва да снабдява със седименти формиращите се по това време заддъгови трогове:Ниш-Троянски, Светлянски, Треклянски, Крайненски. Субдукцията завършва с мощно обдуциране на офиолитови пластини през късен горен бат-ранен долен калов, дебели няколко километри. Днес те се наблюдават във Вардарската зона (вътрешна динаридна зона) и Циркум-Родопския седиментационен пояс (най-вътрешен хелениден офиолитов пояс). Тя продължава в Турция в известната зона «Овасик», която се наблюдава от о-в Лесбос на запад до масива Токат на изток в Централна Турция. Също в Родопите, но променени по-късно от алпийския метаморфизъм. Формирането на заддъговите флишки трогове (Троянски, Светлянски и др.) съгласно плейттектонските постулати се дължи на откат на шарнира на субдукционната зона в посока на океана. Последното довежда до разтягане в тила на горната плоча, в случая Мизийската платформа (Лавразия) и образуване върху нейната периферия на флишки трогове. Затова в тях не може да се осъществява компресия придружена с нагъване. Преминаването от режим на субдукция в режим на колизия, което започва в края на средна юра след обдуцирането на офиолитите, не се осъществява мигновео, а продължава милиони години и през посочения интервал под зоната на колизия продължава да съществува хладният и плътен край на субдуциращата океанска плоча, т.е. осъществява се вътрешноплочна субдукция (Intraplate subduction). Тя продължава от средна юра до края на апта /над 50 мл.г./и завършва с мощните австрийски навличания. Заедно с потъващата океанска плоча се въвличат в потъване и части от горната континентална плоча и когато надмине дълбичини над 20 km се осъществява техния метаморфизъм. В нашия случай това е Родопският масив Тук може да допълни, че в пространството между конвергиращите плочи в процеса на колизия попадат разнооборзани тектонски елементи (блокове, микроокеани и др.), които се обединяват в пъстра мозайка-тектонски колаж, известен с името „терейни". Безспорно такъв акреционен терейн представлява Родопският масив, в който са открити протолити с възраст от предкамбрия, палеозоя и мезозоя и по-късно метаморфозирани в интервала от 62-32 млн г. (алпийски метаморфизъм). Режимът на колизия не се осъществил едновременно по цялата дължина на конвергентната граница, защото краят на конвергиращите континенти е реологически неднороден и затова не се формира една линейна ивица. Реално са съществували отделни изпъкнали сегменти / индентори /, какъвто в момента е Арабският индентор. По време на горноюрско-долнокредната колизия могат да се посочат два такива индентори: Тракийски (Истанбулски) и Родопски. Остатъци от тях са днешните навлачни плочи. Тракийската навлачна плоча и днес е известна отдавна под различни имена: Странджански навлаци, Източнородопски комплеиксен навлак, Истамбулски навлак, Маторидни навлаци, Югоизточно български дълбочинен комплексен навлак. Родопският навлак или още Югозападно-български комплексен дълбочинен навлак. Граници между тях са известните от геофизиката гравитационни преходи (линеаменти): Златоград–Ямболски и Струмско–Етрополски.*

GEODYNAMICS OF BULGARIA - part II

Hernani Spiridonov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences;
e-mail: kspiridonov@space.bas.bg

Keywords: *Geodynamics of Bulgaria, New Global Tectonics, Earth Evolution, Balkan Peninsula, Eastern Mediterranean.*

Abstract: *The publication, which is Part II of the paper, considers the paleogeography and paleodynamics of the territory of Bulgaria. It is considered as part of the Moesian platform, accordingly the southernmost protruding of Lavrasia, also known as the Bulgarian slab. The latter is part of the spacious supercontinent Pangeya-2, spreading from one pole to the other. Its destruction started namely during this period. The Jura sedimentation onto this area started by continental depositions during the Hetange and Lower Pliensbachian. They are located with clearly and abruptly marked boundary onto a motley pad with angular discordance over the Paleozoi and Triass. Further above follow sea sediments from Upper Hetange. Actually, they are observed to the north of the Kyustendil-Ihtiman-Stara Zagora-Elhovo line. Some 200-300 km to the south of it, the Jurassic Vardar-Izmir-Ankara subduction zone was spreading, as part of the Mesotethis Ocean. After the Callovian, the whole Southern Bulgaria started lifting up and began to supply with sediments the post-arch troughs which were forming at that time: Nish-Troyan, Svetlyano, Treklyano,Kraynene.The subduction ended in powerful abduction of ophiolite plates during Late Upper Bathonian–Early Lower Callovian, which were a couple of kilometres thick.Today, they are observed in the Vardar zone (internal Dinaride zone) and in the Circum-Rhodopean sedimentation belt (innermost Helenide ophiolite belt. It continues in Turkey as the well-known Ovassik zone, which is observed from the Lesbos Island to the west to the Tokat Massif to the east in Central Turkey, also in the Rhodopes, but later modified by Alpean metamorphism. The formation of the post-arch fleisch troughs (Troyan, Svetlyano etc.) according to plate-tectonic postulates is caused by a kick of the subduction zone's link in the ocean's direction. This last event resulted in stretching in the rear of the upper plate, in our case the Moesiian plate (Lavrasia), and formation of fleisch troughs on its periphery. Therefore, in them, compression accompanied by folding cannot occur. The transition from subduction regime into collision regime, which started in the end of Middle Jura after the ophiolites' obduction, does not take place instantaneously, but takes millions of years whereas meanwhile, under the collision zone, the cool and thick edge of the subduction ocean plate continues existing, i.e. Intraplate subduction takes place. It lasts from Middle Jura till the end of Aptian (more than 50 million years) to end in the powerful Alpine thrists. Together with the subducting ocean plate, parts of the upper continenral plate are also involved in subduction and at depth greater than 20 km their metamorphism takes place. In our case, this is the Rhodopean Massif. It may be added here that, in the process of collision, in the space between the converging plates, various Tectonic elements fall in (blocks, microoceans etc.), which are united in a motley mosaic – a Tectonic collage also known as „terrains". Obviously, the Rhodopean Massif is such a terrain, in which protolites dating since the Pre-Cambrian, the Paleozoi and the Mezosoi have been found, and later metamorphized in the interval 62-32 million years (Alpean metamorphism). The collusion regime did not take place simultaneously along the entire length of the convergence boundary, because the edge of the converging continents is geologically unhomogenous and therefore, a single linear stripe could not be formed. Actually separate indentors existed, as the currenly existing Arabic Indentor. During the Upper Jura–Low Cretacious collusion, two such indentors may be identified: the Tracean (Istanbul) and the Rhodopean indentor. Remnants of them are nowadays' thrust plates. The Thracean thrust plate has been known for a long time today under different names: Strandzha thrusts, East-Rhodopean complex thrust, Istanbul thrust, Matoride thrusts, South-East Bulgarian deep complex thrust, Rhodopean thrust or South-West Bulgarian deep complex thrust. The boundaries between them are the well-known from geophysics gravitational transitions (lineaments): the Zlatograd–Yambol and the Strouma–Etropole lineament.*

2.2. Кратка палеогеодинамика през юрско-долнокредния тектонски етап

На територията на България върху Мизийската платформа, респективно южния край на Лавразия, юрската седиментация започва с континентални наслаги през хетанжа и долен плийнсбах. Последните се разполагат с ясна и рязка граница върху пъстра подложка с ъглов дискорданс върху палеозой и триас. Нагоре следват от горен хетанж морски седименти. Според Начев (1968) те се разкриват на север от линията Кюстендил-Ихтиман-Стара Загора-Елхово. В същото време континенталните наслаги се наблюдават от Връшка чука, през Предбалкана и Стара планина, Югозападна и Югоизточна България. В Западна България юрата започва с Жаблянскятя свита, долен плийнсбах, (Сапунов и др., 1983). В Източна Стара планина отложенията започват с турбидитната Синивирска свита през плинсбаха и приключват през

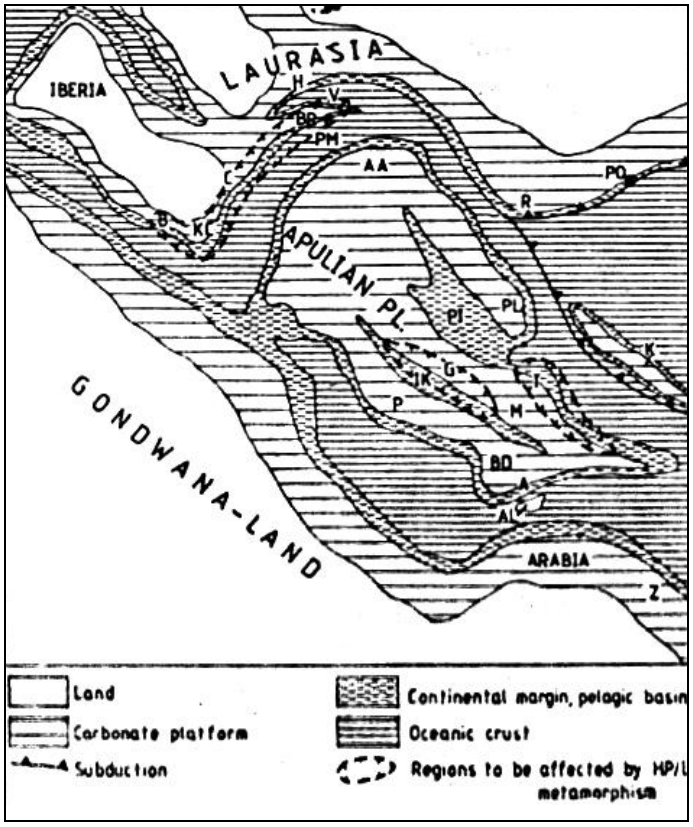
бата с отлагането на пелитовите утайки на Котленската свита, придружена с отлагането на много олистолити.Там в края на долна креда през австрийската фаза се формират Маторидните навлаци (сегашният Котленско-Върбишко-Камчийски верижен планинска рид.) (Чумаченко, Чернявска, 1989, 1990, Чумаченко и др., 2007). За ЮИ България стратиграфското, геодинамичното и палеогеографско развитие започва с автохтонните долно-средноюрски наслаги (Странджа, Дервентските височини, Сакар, Светиилийските височини и Старозагорско с трансгресивно нахлуване на морето през хетанжския век (Костина свита), като се заливат постепенно различните блокове на Ямболското стъпало, пролив на Мезотетиса, с дълбочина през различните векове до 200 м и приключва през бата с регресия (Sapunov, 1999). Всички тези събития са се развили в Тунджанската приразломна ранно-средноюрска долина. Последната е част от хорстовете на Тракийския масив (по Sapunov, 1999 или според П. Гочев старокимерски блок-ороген, (1991). Всъщност не можем въобще да говорим за Тракийски масив, тъй като тази част от територията на България е крайната окрайнина на Мизийската платформа, южен издатък на Лавразия, който още през 1977 г. беше наречен от Hsü Българска плоча. На юг от нея се е простирал Мезотетиса. След калова цяла ЮИ България се издига и започва да подхранва със седименти новосформираният на север от него къснокаловско-валанжски флишки трог. По-нататък върху югоизточните и централни участъци на Тунджанския пролив се осъществява придвижване на кимерска навлачна плоча от триаски и палеозаойски скали. Отбелязва се също, че най-пълни разрези на автохтонни долно-средноюрски или само на средноюрски скали в Югоизточна България се наблюдават под кимерската (палеозойско-триаската) навлачна плоча. От тук се прави извода, че тяхното запазване се е осъществило поради бързото навличане. Такава е палеогеографската обстановка на територията на България, (Балканската микроплоча), преминала през автохтонните долно-средноюрски седименти, Централно-балканската флишка група (късен калов-валанж) в Ниш-Троянския трог (Начев 1980) и завършила с долнокредната моласа (от валанжа до апта). В Северна България също така широко са разпространени юрските морски седименти, като са разположени с ъглов дискорданс над горнотриаските (ретски) орогенни структури и над които впоследствие се формира епикимерската Мизийска платформа (Гочев, 1991).

Към горното може да се добави, че през долна юра структурният план на Земята не е претърпял някакви особени структурни изменения по отношения на супергигантския континент Пангея-2. Реално ранноюрската епоха се явява последната епоха от неговото съществуване (Короновский и др., 2006). Ранноюрската трансгресия довежда до образуване на обширно епиконтинентално море в Западна и Централна Европа (Англо-Парижският басейн). Неотетисът, който започва да се формира още през перма на изток от Гондвана, продължавайки своето развитие през триаса и долна юра формира в своя най-западен край върху континентална кора ивица от понижения в обсега на Северна Африка, Централния Атлантик до Мексиканския залив. По-късно поради продължаващо разтягане (рифтинг) те се превръщат в спрединогова зона и след средна юра (късен бат) дават началото на формиране на Атлантическия океан (Короновский и др., 2006). По южната периферия на Лавразия (Българската плоча) по това време се отлагат автохтонните долно-средноюрски седименти. Регресивният етап в развитието на Тунджанския залив на Мезотетиса, започнал през бата довежда до осушаването му през долния калов и вече през горния калов, той вече снабдява с кластити Троянският трог (Начев,1968; Sapunov,1999; Чумаченко, Чернявска, 1989, 1990; И. Начев; Ч. Начев, 2001, Чумаченко и др., 2007).

Обикновено в българската тектонска литература се отбелязва, че по същото време на юг е съществувала юрската Вардар-Измир-Анкарска зона на субдукция. Според Гочев (1991) Вардарският океан започнал да се образува през долния лиас в южната окрайнина на Балканските Кимериди. и продължил през догера. Той е започвал в Северен Анадол и по-нататък през Халкидическия полуостров е преминавал във Вардарската и Мурешката зона на Карпатите. На север от него на територията на Балканските Кимериди се формира къснокаловско-валанжският (Ниш-Троянски) флишки трог (Начев, 1980; Sapunov, 1999) През горна юра се е осъществила обдукция на офиолити, тъй като те са навлечени върху триаски и горноюрски карбонати и се покриват трансгресивно от титонски и долнокредни теригенни скали в Динаридите. (Karamata et al., 1980, Spray et al., 1984). След валанжа започват да се отлалагат карбонати или това е долнокредната глинесто-варовита моласа (валанж-апт или бериас-апт) с дебелина между 100-1000 m. (Начев, Янев,1980).Според Начев (2001) след титона до бериаса или след валанжа по (Sapunov, 1999) се затваря Ниш-Троянският трог вследствие на колизия, компресия и конседиментационна деформация (интензивно нагъване) на южната, по-голяма част на флишевия трог и се образуват къснокимерски следтитонски до бериаски гънкови структури и паралелно се образува Пирот-Търновски фордийп (бериас-апт, Начев, 2001).

Всъщност ако се направи по-обобщен извод това е времето на затваряне на Вардар-Измир-Анкарската субдукционна зона и нейното превръщане в сутура. Паралелно се

осъществяват едни от най-мощните в геоложката история на България Младокимерско-Австрийски навличания и се формира дебел навлачен комплекс. Този Младокимерско-Австрийски субдукционно-обдукционен ороген е чудесно изрисуван от Гочев (1991, фиг.7б, фиг. 8б.) Тези хубави модели, по същество идейни, обаче не са свързани с конкретната геодинамична обстановка на Балканската микроплоча. Това може да се види и на други схеми (Boyanov et al.,1989; Дабовски, 1991; Dabovski et al., 2002) и .Zagorchev (2001) за Югозападна България.



Фиг. 5. Схематизирана палеогеографска карта на Апулийската платформа за късна Юра – ранна Креда. (По Dercourt et al., 1985 and Sengor et al., 1984b). A - Анталия, AA – Австроалпинска, AL – Алания, B – Бетска, BD – Бейдагларска, BR - Брианконе, C – Корсика, G – Гаврово – Триполица, H – Хелвеция, IK – Йонийска, K – Киршехирска, KC – Кабил – Калабрия, M – Мендерес, P – Паксос, PI – Пиндос, PL – Пелагонийска, PM – Пиемонт, PO – Понтиди, R – Родопи, T – Тавшанли, V - Вале, Z – Загрос.

Съгласно общите представи за субдукционно-колизионното развитие на конвергентната граница между Евразия и Апулия и разделящият ги Мезотетиски океан на базата на посочените по-горе данни може да се направят някои нови изводи. В Динаридите офиолитовата формация се покрива от титонски и долнокредни теригенни скали, на българска територия в нейната източна половина пълно осушаване се е осъществило в края на бата и от горен калов до валанжа се образуват в тила на субдукционата зона удължените заддъгови Троянски, Светлянски, Треклянски, Крйненски депресии върху континенталния фундамент на Мизийската платформа. В обхвата на този трог се отлагат до 3000 m дебели флишки седименти. Проблемът при обяснение на палеодинамичната обстановка през горноюрско-долнокредния етап е свързан преди всичко с типа на субдукционната зона (островодъгова или активна окрайнина), което определя механизма на образуване на заддъговите окрайни морета (флишови трогове). Реално геодинамичната обстановка се определя от възрастта на субдуциращата плоча и нейните физико-механични параметри. Обикновено скоростта на субдукцията (Vs) е равна на векторната сума от скоростите на надвисналата (горната) плоча (Vo) и на субдуциращата плоча (Vu) или Vs=Vu+Vo). Ако към зоната на субдукция подхожда древна, загубила своята пластичност океанска литосфера, тя по-бързо ще потъва в астеносферата и ще предизвика откат на шарнира на субдукционната зона към океана. В геодинамичен смисъл към шарнира на субдукцията се отнасят линията на огъване на потъващата плоча (крайният вал и жлебът) и надвисналият над нея край на горната плоча. Тези елементи на шарнира са свързани помежду си от литостатистичния натиск. Ето защо, ако скоростта на откатване (Vd) (отблъскване) на шарнира превиши скоростта на горната плоча

(Vo) това довежда до увеличаване на скоростта на субдукция (Vs=Vu+Vd) и на второ място към разкриване в тила на надвисналата плоча (горната) на окрайно море за сметка на заддъгов спрединг (разтягане-Vd-Vo). Без съмнение към субдукционната зона през юрата се е и придвижвала младата океанска кора на Мезотетиса, формирана след варийската орогенеза и тя е потъвала при полегати ъгли Вероятно тя се е намирала поне на 200-250 km на юг от заддъговите трогове. Имаме всички основания да предполагаме, че през горноюрско-долнокредния етап е съществувала активна окрайнина, а не островна дъга. До сега никои не е посочил., къде се е намирала хипотетичната островна дъга, но всчки изследователи са отбелязвали Вардар-Измир-Анкарската сутура, простираща се на повече от 4500-5000 km; от Гиблартар до Хималайте. Например Андската има дължина над 2500 km. По горните проблеми най-добре можем да се опрем на изследванията на Начев (2001) и Sapunov (1999).Чумаченко и др.2007). За Начев това е късният кимеридж-бериаски етап, базиран на Ниш-Троянския флиш. Според Начев (1976) Ниш-Троянското окрайно море е обусловено от екстензия и редукционна трансгресия на север.На юг се е простирала висока суша, в която се наблюдават и юрски (хетанж-кимериджски) скали, които след денудация са преотложени като екстракластити и олистолити във флиша. Палеодинамичната обстановка се изменила през късен кимеридж-титон от кимерски движения, като се образували следтитонски до бериаски гънкови структури и паралелно в същото време се е формирал Пирот-Търновският фордийп (бериас-апт), който е силно преместен на север. Тук бих искал да допълня, че от кинематична гледна точка на едно и също място не може едновременно да има екстензия и компресия. Също така не трябва да се забравят огромните площи на литосферните плочи, които на конвергентните граници взаимодействат помежду си и скоростта на насрещното движение на тази граница в процеса на преход от режим на субдукция към режим на колизия се забавя, но поради високата инерционност това не става мигновено и този интервал по някои разчети продължава около 20-30 Ma (Аплонов, 2001).В течение на посочения интервал под зоната на колизия продължава да съществува хладният и плътен край на субдуциращата океанска плоча, която още не е асимилирана от астеносферата. В плейттектониката такава ситуация се нарича вътрешноплочна субдукция (Intraplate subduction). Затова твърдението на Начев (1976) за къснокимерско структурообразуване (след титона и през бериаса) е лишено от основание. Също и твърдението на Sapunov (1999) че през късен калов-валанж наред с флишообразуването в трога (създаден в резултат на разтягане) се е осъществило придвижване от югоизток на северозапад на кимерска навлачна плоча (придвижена с натиск от юг), изградена от триаски („странджански тип триас") и палеозойски скали, също не може да приеме, че се е случило. И това позволило да се запазят пълните разрези на автохтонните долно-средноюрски скали в ЮИ България само под навлаците. Тук се забравя, че те са и най-далече разположени в Странджа и е нормално да са най-малко денудиранини. Единствено верно е твърдението за издигането в южна посока на активната окрайнина на Българската плоча (Лавразия) към субдукционната зона. Навличане се е осъществило, но в края на апта, когато се проявява австрийският диастрофизъм.- среднокредните колизионни тектонски движения.

Може да се изчисли, че от началото на колизията, която започва от горен калов и продължава до края на апта, когато постепенно се запълва предпланинската окрайна депресия (Троянският трог), разположена върху Мизийската платформа, са минали около 53 Ma. Времето, през което тежката субдуциращa океанска литосфера на конвергентната граница взаимодейства с континенталната надхлъзгаща плоча продължава до тогава, докато тя като по-тежка не потъне под нея. Това всъщност е режимът на субдукция. Ако се опрем на последните изследвания за времето на обдукцията, тя всъщност се е случила на границата късен горен бат-ранен долен калов (Danelian & Robertson, 1993). Има основания да се допусне, че той е завършил с обдуцирането на офиолити и по-нататък е настъпил непосредствен допир на конвергентната граница между двете континентални части на литосферните плочи и е започнал вече режим на колизия. За известен период заедно с потъващата океанска плоча се въвлича в потъване и континенталната кора. Трябва още да се допълни, че в пространството между сблъскващите се континенти попадат разнородни и разновъзрастни тектонски елементи от по-ранни океани, микроконтиненти, островни дъги, планини, блокове и окраинни морета (платформи). Всичките тези относително малки и разнородни блокове възникнали на различни места и в различно време през време на режима на колизия се обединяват в тектонски колаж (мозайка) и са известни с името терейни. Без съмнение такъв акреционен терейн представляват Родопите, техните протолити имат предкамбрийска, палеозойска и мезозойски възрасти. Но паралелно с обединяването си тези разнородни тектонски блокове също така се въвличат в потъване и претърпяват различни степени на метаморфизъм. Може още да се допълни, че субдукцията не е преминала едновременно по цялата дължина на конвергентната граница, защото краят на конвергиращите континенти е реологически нееднороден и затова не се формира една линейна ивица. Реално са съществували отделни изпъкнали сегменти

(индентори), какъвто в момента е Арабският индентор и участъци, където се запазват даже остатъци от океанска кора между тях.

По време на горноюрско-долнокредната колизия могат да се посочат два такива индентори, които проникват дълбоко на север в Евразия. Единият индентор по геоложки данни и степен на изученост можем да го наречем Тракийски (Истанбулски), а другият може да бъде наречен Родопски (Егейски), всъщност остатък от него е днешният Пирин-Пангайонски блок или микроконтинент. Всъщност това е срединният Егейския масив на Д.Яранов, който още през 1955 и 1960 г.го включва в херцинския тектоген (стр.176, 177). Пирин-Пангайонският земекорен блок е част Апулийските (Африканските) бордерленди.

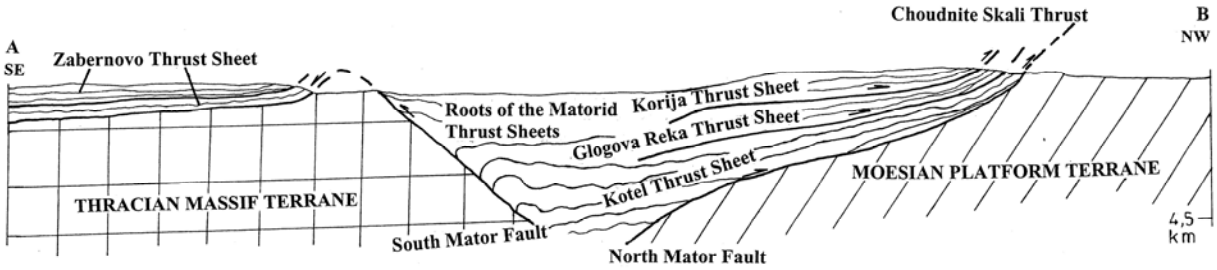
През време на вътрешноплочната субдукция горната част на слеба се разтопява до такава степен, че за сметка на своето по-голямо тегло се откъсва от континенталната литосфера и потъва в мантията. В нашия случай този период продължава от късен калов до края на валанжа,т.е. около 25 Ма. От този момент въобще се прекратява субдукционния магматизъм, а теренът на континенталната субдуцираща плоча рязко се издига, защото се освобождава от дълбочинното натоварване на океанската плоча (слеба) и се образуват високо издигнати обширни планински плата, т.е. настъпва екстензия и ексхумация.

Тракийската (Истанбулската) навлачна плоча се е придвижила в Югоизточна България и всъщност този навлак отдавна е известен под различни имена. В България това са Странджанските навлаци (Гочев, 1985; странджанският триас и палеозойските скали), Източнородопският комплексен навлак; (Боянов и Русева, 1984) и в Турция- Истанбулският навлак (Sengor et al., 1984a). Напоследък повече информация може де са получи от изследванията на колекстив изследователи, начело с П Чумаченко, които разглеждат същият навлак под името Маториди. Същият се състои от три тектонски навлака, разположени един върху друг (триплекс). Най-ниско е разположен Котленският, после върху него Глоговският и най-отгоре е Корийският.(Чумаченко и др., 2007). Те имат австрийска възраст. Тези навлаци са разделени от навлачни повърхнини и най-долната навлачна повърхнина всъщност е Дислокацията на Чудните скали.Те установяват,че триаските и юрските скали са алохтонни и именно те участват в строежа на посочения по-горе Маториден навлак. Те правят успешен опит да се обвържат тетиските /триаски и юрски/ скали от Източна Стара планина и Странджа и да реставрират общия им басейн. Фиг 6. По други изследвания алохтонът на Странджански навлак е тясно свързан с единицата „Босфора", всъщност палеозоя и мезозоя на полуостровите Коджаели и Пашаели. Най-храктерното за тези навлечени материали е присъствието на плиткоморски карбонатни фациеси от ордовика до горния девон и перма включително, алпийски триас и юра, стратиграфски хиатус до турона. (Bingol et al., 1975). Най-вероятния корелат на тази тектоногрупа може да се търси в Крайщето. И разбира се в Родопите, но коренно променени от по-късния алпийски метаморфизъм, за тях може да се съди по възрастта на протолитите.

По този въпрос много усилия положи известният български геофизик Х.Дачев и неговите идеи са представени в последния му труд „Строеж на земната кора в България" (1988). Той извърши геодинамично райониране на България и според неговите представи то е продължение на тектонското райониране. „Разликата между тях се изразява в привличане на максимално количество геофизични данни, които позволяват по-добро изясняване на дълбочинния строеж на геоложките тела и структури, техните веществени и динамични характеристики, етапи на развитие, естество и преобладаваща насоченост на действащите върху тях ендогенни сили, на типа и еволюцията на земната кора."(Дачев, 1988, стр.298-299). Според него, територията на България, принадлежи към регион с преобладаващо островнодъгово развитие през алпийския етап, присъщо на северния клон на Алпийския ороген на Балканския полуостров. И в това пространство могат да бъдат отделени две геодинамични области : Южнобългарска или Алпийска (Балканидна), която представлява най-предната част на островнодъговата система и Севернобългарска или Мизийска, отговаряща на нейната тилна (заддъгова) част. Някои заключения на посочения автор заслужават висока оценка и да се имат предвид при различните плейттектоски конструкции и геодинамични оценки. На базата на геодинамичен анализ той отбелязва редица основни черти на строежа и тектонска позиция на основните структурни зони, отделени по младоалпийския структурен план. Мизийската платформена област се разглежда с относително стабилно развитие през фанерозоя и върху нейната югозападна периферия са разположени по.голямата част от Предбалкана, вероятно и части от Стара планина и всъщност това са градивните елементи на Южномизийската периплатформена област. Върху нея са навлечени или възседнали алохтонните ядра на Лудокамчийската зона, и Шипченския антиклинорий на Старопланинскатна зона , а по всяка вероятност и на Тетевенския антиклинорий върху Централния Предбалкан, също Западните Балкани и Предбалкан. Те всъщност са разположени в челната линия на ранноалпийския Югозападно-български комплексен дълбочинен навлак с преобладаващ гънков и алохтонен

строеж. Родопската област е образувана заедно с Крайщидите и представлява зона с наслагване на крупни алохтонни пластини и това е неговия Родопски блок от Южнобългарската островно-дъгова геодинамична област. Другият мегаблок на тази геодинамична област е Тракийският, който представлява Югоизточноблгарският дълбочинен комплексен навлак. И двата дълбочинни навлака са разположени върху южните склонове на Мизийския мегаблок. Възникването на тези навлаци трябва да се свързва с процесите на закриване на Мезотетиса (Вардарският микроокеан) през долната креда. Границите между тези мегаблокове се мотивират с ясно изявените дислокационни линии на Златоград-Ямболския и Балканският гравитационен градиент, представляващи реликти на навлачни структури.

И тук идва най-трудния проблем в българската тектоника за мястото на Родопския масив и дали изобщо той е срединен, влизащ като част в обширния акреционен пояс на Евразия. Могат да се предложат сериозни доказателства, че изопическите зони на Балканидите от територията на Румъния и Сърбия продължават по западната периферия на Мизийската платформа., на запад от България. Краят на изопическите зони на Балканидите се наблюдават отчетливо на юг в полуостровите на Халкидика (Касандра, Ситония и Айрон Орос (Света гора). От запад на изток последователно се наблюдават Вардарската зона, (Вътрешната Динаридна зона), Циркум Родопският седиментационен пояс (Най-вътрешният хелениден офиолитов пояс) и най-източната - всъщност е Сърбо-Македонската зона със двете си серии (Вертискос и Кердилиа). От последния полуостров се простира на ИСИ Егейският микроконтинент или Пирин-Пангайонският. Юрски до долнокредни офиолити се наблюдават само във Вардарската зона и Циркум-Родопския пояс.Те не се установени върху Сърбо-Македонската зона, няма ги в обхвата на Пирин-Пангайонския блок, включително на островите Тасос и Лимнос. Но могат да се наблюдават на изток на остров Самотраки, долното течение на р.Марица, на остров Лесбос и на юг от Дарданелите на полуостров Бига в СЗ Турция (Bebien, 1983, Karamata et al. 1989, Kotopouli et al., 1989; Tsikouras & Hatzipanagiotou, 1995, Glazunov, 1995, Bonev, Stampli, 2005) и на изток продължават в единицата „Овасик" на зоната Тавшанли (Okay, 1986), южно от сутурата Вардар-Измир-Анкара. Аналогични материали се наблюдават по периферията на Югоизточните Родопи, както на българска, така и гръцка територия, като непълна офиолитова последователност, влизащи в Циркум-Родопската зона. (Mposkos & Wawrzenitz, 1995). Това е известната Долнолуковска свита (Боянов и др.1990). Фактически тези юрски офиолити се наблюдават по двете крайбрежия на Егейско море или на запад и на изток от Родопския масив.



Фиг. 6. Палинспастичен схематичен тектонски разрез на ЮИ България – в края на ранна Креда. (по Чумаченко и др.,2007).

Следващият логичен въпрос, който следва да бъде зададен е, възможно ли е част от тези офиолити да се намират в Родопите ? Първо, ако хвърлим поглед на юг от Родопите, в рамките на Атико-Цикладската област, където се наблюдават най-близките метаморфни терени, ще се установи, че там тектонометаморфната преработка на кората е осъществена в интервала от олигоцена и достига своята кулминация през долен и среден миоцен. Именно през този период при високи температури (380 – 700^{o}C) и средна компресия се проявява частично разтопяване на скалите с образуване на мигматити, а по-късно внедряване на син- и постметаморфни интрузии, представлени от S-гранитоиди, пластови тела и дайки от левкогранити до големи гранодиоритови масиви. U–Pb датировки по цирконите определят, че времето на частичното разтопяване е около 20.7 – 16.8 Ma, а възрастта на интрузийте 15.4 – 11.3 Ma (Keay et al., 2001).Аналогични събития са се проявили и на изток от Егея в Менедереския масив, който е продължение на Атико-Цикладската област. Там метаморфизмът започва даже по-рано през късния еоцен (така наречения „главен метаморфизъм"). Тук Rb–Sr датировки посочват възраст от 35 Ma, по-късно през ранния миоцен се внедряват синтектонски гранитоиди с възраст от 19.5 Ma по $_{40}Ar/_{39}Ar$. Те са внедрени по пластични офиолитова асоциация, състояща се от три комплекса :а/ метавулканити разломи, но заедно с вместващите скали са претърпяли пластични деформации и катаклаза (Dora et al., 1995; Gessner et al., 2001;

Hetzel et al., 1995). Както е известно метаморфизмът на Родопите е в обхвата от 62 до 32 Ma (Arnaudov et al., 1990a).

Метамафичните скали, които се разкриват в метаморфния фундамент на Родопския масив най-добре са изследвани и интерпретирани от Е.Кожухарова (1972, 1977, 1984 и др.). Тя допуска, че те са докамбрийска офиолитова асоциация, синхронна с първичното скалобразуване и с техния метаморфизъм. Според нея тази асоциация е привързана към четири докамбрийски метаморфозирани вулканогенно-седиментни свити: Лисовска, Чепелерска, Въчански и Луковишка. Магматичните скали заедно със серпентинитите формират, б/ метаинтрузиви и в/ метасерпентинити. За метавулканитите се предполатга, че представляват нискокалиеви-високомагнезиеви толеитови вулканити, редуващи се с ултраосновни /коматиитов тип/ вулканити. В комплекса на метаинтрузивите участват габро-норити, габро, габро-диорити и габро-диабази с добре запазени реликти от магматични минерали и структури. Скалите от комплексите на метавулканитите и метаинтрузивите са диференциати от обща базалтова магма, проникнала по дълбочинни разломи в земна кора от континентален тип. Латералната изменчивост на вулкано-седиментните скали, както и химизмът на вулканитите, подсказва за утаяване в шелфово море. Континенталната суша се е намирала на север, а на юг се е простирал дълбок басейн. В комплекса на метасерпентините влизат пространствено добре обособени геоложки тела с еднообразен петрографски състав и високо значение на коефициента на магнезиалност. Те представляват фрагменти от серпентинизирана океанска кора, обдуцирана на активния край на древен континент, а по-късно разкъсана, будинирана и асимилирана по време на регионалния метаморфизъм. Разпространението на метаморфозираните вулканогенно-седиментни свити и серпентинити са добре представени на схематична геоложка карта (Кожухарова,1984; фиг.№1, стр.14). Според Кожухарова (1984) серпентинитовите масиви и включените в тях блокове от силно изменени габро и плагиоклазови дайки представляват древен меланж, който се наблюдава на много места върху пъстра основа. При своето движение те се обединили във вид на вулкано-седиментни пластини или били покрити от вулканити. Последвалият метаморфизъм предизвиква дълбоки неравномерни изменения в седиментните и магматитите. Всеобщата метаморфическа прекристализация и консолидация превръща асоциацията от магматити и седименти от „чужди тела" в съставна част на метаморфния комплекс. Ако се направи сравнение с трите слоя на океанската кора (A, B и C) ще се види пълно съвпадение (базалти, интрузиви и серпентинити). Bonev et. al. (2006), които обсъждат метамафичните скали в Източните Родопи доказват, че те са разкриват само в горната високостепенна единица на метаморфния фундамент и се асоциират с метаседименти и метаултрамафити и принадлежат към вулканска и плутонична асоциация. Петролого-геохимичните данни, получени от протолитите, определят афинитет към толеитови магматити от срединноокеанските хребети, островните дъги и вътрешността на океанските плочи. Геохимичните резултати насочват към супрасубдукционен произход на метабазитите, които са съвместими и с типа на разкриващите се метаседименти. Регионалната геоложка среда на цялата офиолитова свита и асоциираните седиментационни последователности представляват обдицирани офиолити върху древната суша на Родопския масив и са.реално свързани с Вардарския океан. В района на Еврос, СИ Гърция, в Тракия, също така се разкриват офиолити, които заедно с нискостепените вулкански и седиментни скали се разглеждат като част от Циркум-Родопския пояс. Средно-горноюрска възраст на габро от Евроските офиолити е определена по K-Ar метод от амфиболити и по треков метод на апатити (160-141 Ma; Biggazzi et al.,1989). Аналогична възраст за плагиогранити и габра е (средна тектонска единица) получена от Пейчева и др. (1996) за Източните Родопи (160±19 Ma). Безспорно е, че метаофиолитите са обдицирани върху Родопската суша през горна юра и по-късно са били увлечени в потъване и претърпяват метаморфизъм в амфиболитов фациес.в интервала 62-32 Ma (Arnaudov et al.,1990b). От други изследвания е известно, че в Централна Гърция, Тесалия, потъването на юрската Пелагонийска карбонатна платформа до батиална дълбочина е установено по силицифираните варовици и радиоларити, които нагоре се сменят от фини силицикластични седименти и после следват офиолитови последователности и меланж. Времето на станалото събитие е установено по радиларии, характерни за късна-средна юра /късен бат-ранен калов/, като те се извлечени от радиоларитите. Те маркират времето на колапс на плитководната Пелагонийска карбонатна платформа до батиални дълбочини, свързано с нейното корово натоварване от придвижващи се офиолитови навлачни пластини, обдицирани от Вардарския океан. Той е разположен на север от Пелагонийската карбонатна плетформа. (Danelian & Robertson, 1993). Ореинтировачно подобна възраст от 164 Ma. е установена както за офиолити извън Родопския масив, а така също и за метаофиолити от неговите предели. Подобни резултати са получени за Бачковските гнайси (тук може да се посочи Руенската подсвита от Луковицката свита, изградена от метабазити) и Добралъшките метагранити-153.5±4.1 Ma. Осцилаторната магматична зоналност на цирконите потвърждава

магматични протолити на Бачковските левкократни гнайси. И двата типа метаскали са претърпели наложен късноалпийски метаморфизъм преди 55.0±7.2 Ma. Тук може да се вметне, че т.н.Първенецки комплекс показва възраст от 330-340 Ma, която съвпада с времето на високостепения метаморфизъм в Централното Средногорие (Carigan et al., 2005). Ако се погледнат последните резултати от изследваните мигматити от долината на р.Чепинска и образуваните паралелно с тях малки тела от анатектичен гранит в края на регионалната пластична деформация и U-Pb датиране на циркон и монацит от тези тела се установява,че възрастта на циркона, унаследен от магмен протолит с корово-мантиен генезис, е (150 Ma). Докато за монацита са получени смесени възрастови компоненти в интервала от 59-63 Ma, вероятно свързано с кристализацията на анатектичната топилка.(Cherneva et al, 2006). В двата случая се установява,че едни и същи по възраст протолити (юрска) имат различни степени на метаморфизъм. Трябва да се има превид този факт и най-верен критерии остават първичната възраст на протолитите и после времето на метаморфизма.Също така по отношение на метаофиолитите се установява: 1). Те се наблюдават както около Родопския масив във Вардарската и Циркум-Родопския пояс, но и във вътрешността на Родопите и тяхното обдициране е станало в края на късна средна Юра /късен бат-ранен калов/ (Danelian & Robertson,1995); 2). Родопският масив заедно с обдуцираните офиолити е увлечен в потъване и изтърпява метаморфизъм в рамките на амфиболитовия фациес в интервала 62-32 Ma; (Arnaudov et al., 1990b).

Последните изследвания в Родопите относно възрастта на протолитите и времето на метаморфизма могат да ни насочат към приемливи изводи. Например, новите картировачни, детайлни структурни и петроложки изследвания, проведени в Северно Родопската антиформа доведоха до отделяне на две еднорангови метаморфни единици – Бачково-Добралъшка и Асенишка (Саров и др., 2006).

Получените прецизни U – Pb цирконови изотопни-геохронолжки данни, както и тяхната осцилаторна зоналност, показват за Бачково-Добралъшката единица (левкократни гнайси и метагранити), че те са магматични протолити и имат юрска възраст (153.5±4.1 Ma) и наложен късноалпийски метаморфизъм -55.9±7.2 Ma (Quadt von et al., 2006). На запад от Родопите в Крайщенската зона се наблюдават юрски скали, но не и магматити с такава възраст. Посочената единица според изследванията и на други автори се състои от метагранити, метагранодиорити и левкократни гранити (ортогнайси), нагоре следват метаморфозирани вулкански и вулканогенно-седиментни скали с базичен състав (метабазитни тела), разкриващи се в матрикс от метапелити (парагнайси), (Иванов и др.,1984; Кожухаров,1984; Ivanov et al., 2000). Общата дебелина на цялата група от скали (Нареченска или Ситовска) е около 1400 – 2400 m. Може да се допълни на края, че Нареченската група (Ситовска) реално е представена от орто- и параметаморфни скали, като в долния разрез преобладават ортогнайсите (метагранити и метагранодиорити, свитата Добралък–Бачково (Луковишка, Бачковска и Бойковска), а в горния-напомня на плиткоморска карбонатна платформа (видиима дебелина около 1500–2000 m). Напоследък бяха посочени геохроноложки данни за мигматити от Западните Родопи, от долината на р.Чепинска, които се придружават от малки тела от анатектичен гранит, образуван в края на регионалната пластична деформация. U – Pb изотопно датиране на циркон и монацит от тях характеризира възрастта на циркона като унаследен от магмен протолит (150 Ma) с корово-мантиен произход и смесени възрастови компоненти при монацита (59 – 63 Ma), свързани с кристализацията на анатектичната топилка. В двата случая имаме метаморфизъм в амфиболитов фациес, но само по долината на р.Чепинска той е придружен с мигматизация, като възрастта на протолитите е една и съща (Cherneva et al., 2006). В алохтонните части на екстензионната Централнородопска структура (Старцевска и Боровишка литотектонски единици) установените там протолити на метаморфните скали също така се отличават по възраст. Биотитовите метагранити имат около 150 Ma, а метаморфната рамка, в която са внедрени с ясен дометаморфен интрузивен контакт, показва възраст от 450–470 Ma. Това е безспорно ордовишка възраст.Но в същото време на запад в Сърбо–Македонския масив се доказа широкото разпространение на ордовишки метагранити (в Беласица-Лозенският), които по своите петроложки, геохимични и изотопни особености не се отличават от аналогични скали в Малешевската и Огражденската планина-от 451±18 до 462±17.Ma (Zidarov et al., 2003; Machev et al., 2006).Те са внедрени в скали, които имат 550–580 Ma възраст (горен протерозой; според международната стратиграфска схема на Gradstein et al., Но 2004). отново в Родопите, в Ардинската единица са открити порфирокластични метагранити с цирконi, които са кристализирали преди около 440 Ma, както и скали по–стари от тях. Реално в рамките на Центалнородопското подуване в Ардинската литотектонска единица най-често се разкриват гранитни протолити с херцинска възраст-310 Ma (Cherneva et al., 1991, 2000; Peytcheva et al., 2000; Arkadakskiy et al., 2000; Овчарова, 2005).

Аналогични данни могат да се посочат и за Източните Родопи, за Белоречките и Кесебирските метагранити, които са включени в Стражецко-Белоречката литотектонска единица (Бяла река–Кехрос и Кесебир–Кардамос), където изотопно-геохроноложки изследвания с помощта на U – Pb изотопен метод по циркони и Rb – Sr изотопен метод по валови проби дават херцинска възраст от 310–340 Ma за първите и 340 ±26 Ma за вторите. (Пейчева и др., 1992a,b; Peytcheva & Quadt, 1995; Пейчева и др., 1998; Bonev & Beccaletto, 2005). Херцинските гранитоиди са внедрени в скална основа с възраст около 575 Ma (горен неопротерозой). Аналогична възраст от 334 Ma е получена и за гръцката част на Източните Родопи, която засяга т.н.Долна тектонска единица, съответстваща на единицата Бяла река – Кехрос (Mposkos & Wawrzenitz, 1995; Bonev & Beccaletto, 2005). Rb–Sr изотопни данни за валовите проби от Жълтичалската или среднотектонската единица от метаплагиогранити определят възраст от 160 ±19 Ma при начално отношение $_{87}Sr / _{86}Sr = 0.70544$. Тази възраст се интерпретира като време на кристализиране на плагиогранитите, а метаморфозирането им е станало през късноалпийско време (42–35 Ma). Това стронциево отношение съвпада с измереното в проба от метагабро. На тази основа авторите разглеждат плагиогранитите и габрата като компоненти на метаофиолитов разрез.с юрска възраст и свързан с островно-дъгова или активна вулканска окрайнина (Пейчева и др., 1998).

Заслужава да се обсъди проблемът с тези метаофиолити, които се разкриват по периферията на Родопския масив на запад и юг във Вардарската зона и Циркум-Родопския седиментен пояс и различните петна от габра и серепентинити, наблюдаващи се на различни места в Централните и Източните Родопи, включително и тези разкриващи се по северния склон на Централните Родопи. Също и тези на юг от Родопите на остров Самотраки. Някои от тях са претърпели и алпийски метаморфизъм. Възрастта на обдуциране на офиолити, както посочих по-преди на базата на изследванията на Danelian & Pobertson (1993), е настъпила в края на средна юра (късен горен бат–ранен калов). Тогава става смяна на плиткоморската седиментация с дълбокоморска (батиална с радиоларити) и дебели от няколко km офиолити. Днес запазени само на отделни места и с непълен профил на океанската кора (слой 1, слой 2, 2A и 2B - оливинови базалти (толеити) и C- долеритови дайки (интрузивни аналози на базалтите) и слой 3, 3.A-изотропно габро и 3.B-серпентинизирани перидотити. Рядко се среща пълен запазен профил на обдицираната океанска кора, съответстваща на известните три слоя, посочени по-горе.

В обсега на Кесебир-Кардамоската литотектонска единица Ovcharova & Sarov (1995), Bonev & Beccaletto (2005) характеризират метагранитоидите като S-тип и представляват син- до постколизионни гранити, докато метаплагиогранитите носят особеностите на I-тип океански плагиогранити, формирани в заддъгов вулкански хребет. Кесебирските метагранитоиди са деформирани и показват североизточна посока на срязващи движения.

По-горе беше засегнат въпроса и за метаофиолитовия комплекс, представен от плагиогранити и метагабра, обаче в рамките на висометаморфния комплекс, с възраст около 160 Ma (реално това е горноюрска възраст- оксфорд), които се наблюдават в обхвата на Вардарската зона (Вътрешна Динаридна зона) и в Циркум-Родопската зона (Най-вътрешен хелениден офиолитон пояс- IMHOB. Във Вардарската зона това се предимно лещообразни тела от серпентинити с размери от 10 до 100 m и са алохтонни. В по-голямата си част те са деформирани и нагънати. По-малко се срещат перидотити и дунити и още по- рядко се срещат тела от метагабро и дайки от диабази.Тук офиолитовият комплекс е покрит от титонски и долнокредни седименти. Отново той влиза в обхвата на горна юра (155–150 Ma). Същата възраст имат и офиолитите от IMHOB (Циркум–Родопската зона) от разкритията в Северна Гърция (Македония, в разкритията при Гевгели, Ореокастро, Метаморфозис, Касандра и Ситония) и тези в Западна Тракия, които се разкриват под терциерните седименти или покриват тектонски родопските високостепени метаморфити. Те са разпръснати в следните локалитети: Макри, Марония, Дримос–Мелия, Микрон-Дерион, Мандрица–Метаксадес, Агриани и Дидимотихон и са обединени в офиолитов комплекс Еврос. където са установени плагиогранити, габро, мафични дайки представени от толеитови базалти до андезити и бонинити (Bonev & Stampfi, 2005). Средно-горноюрска възраст е определена за габрото по K – Ar метод за амфиболити и по трековия метод на апатит (160–141 Ma, Biggazzi et al., 1989). Тук може да се добави и изследването на някои учени за офиолитите на остров Самотраки (Tsikouras & Hatzipanagiotou, 1995). Остров Самотраки всъщност се явява свързващо звено между офиолитите на запад и на изток от Родопския масив. Според горните изследователи на острова се наблюдава последователност от габро, диорити, базалти и масивни долерити, които надхвърлят дебелина от 1000 m. Радиометрично датиране на амфиболити от диорити определят възраст от 154±7 и 155±7 Ma (кимеридж, всъщност отново горна юра). Според горните автори офиолитите лежат върху фундамент, който е изграден от шистозни серии с горноюрска-долнокредна възраст. Очевидно този извод е неверен, защото не могат горноюрски

офиолити да лежат върху долнокредни седименти (Heimann et al. 1972),освен ако не са навлечени. Такъв факт не се посочва. Според последните изследвания на Danelian & Robertson (1995), от планината Калидромон, Централна Гърция, разположена върху Пелагонийската юрска карбонатна платформа е установно, че нейното потъване е отбелязано от силицифилни варовици и радиоларити и после са последвани от офиолитови пластини и меланж. И това събитие е станало през средна юра в интервала-късен бат–ранен калов. Всъщност те маркират времето на колапс (потъване) на плитководната Пелагонийска карбонатна платформа до батиални дълбочини, вследствие на коровото натоварване от придвижващата се на юг офиолитова океанска навлачна пластина на Вардарския океан. Тази последователност доказва флексурния колапс на платформата, свързана с регионалната офиолитова обдукция. Реално този факт точно посочва времето на обдукция на офиолити върху Пелагонийската платформа на юг и също на север върху Вардарската зона и Циркум-Родопския седиментен пояс. Тази възраст разкрива усиленото потъване на платформата през или след късна средна юра (късен бат–ранен калов).

Още по на запад, в обсега на Западните Родопи и Рила планина, последните изследвания разкриха,че първият тип гранитоиди (Белмекен и Грънчарица) имат горнокредна възраст, но вторият и третият тип по изотопни данни дават възраст на кристализация на рилските биотитови гранити (II тип) около 37-38 Ma и охлаждане до 300 ^{o}C преди 36 Ma. Обаче предварителните данни за протолитите (метадиорити) на Ардинската единица, източно от Рилския батолит, показват горнопермска-долнотриаска възраст (253 ±13 Ma). Но такава възраст 248.85±0.70 Ma имат и Скрътските гранитоиди от Беласица планина, които са част от Сърбо–Македонския масив (Peytcheva et al., 2005). Игралищенският (Огражден) 240 Ma (Zidarov et al.,2004) и тези в Халкидическия полуостров, Северна Гърция, гранитът при Арнеа, между 210 – 230 Ma (De Wet et al., 1989, Himmerkus et al.,2003).

В Централните Родопи (Cherneva et al., 1991; Liati et al., 2005) определят подобна възраст за метагранити и базични магматити. Но долно-среднотриаски вулканити са установени също при Кремиковци и северно от Враца (Vaptsarova et al., 1979; Дамянов, 1993). Последният автор смята,че те имат континентален рифтов характер, свързан с разрушаването на суперконтинента Пангея-2.

Общо взето може да се отбележи, че юрски протолити, освен във вътрешността на масива, най-далеч на север се наблюдават по северната периферия (подножие) на Родопите, включително и серпентинити при селата Първенец, Белащица, Куклен, Пловдивско, между Кърджали и Момчилград и на юг на различни места на повърхността в Източните Родопи и също на дълбочина под 300 m с площ над 100 km². (Nikova et al., 1995). Тези, които са във вътрешността са претърпели метаморфизъм амфиболитов фациес, а тези по северното подножеие не се били увлечени в потъване и промени и затова навремето. Кожухаров ги възприе като протрузии (1966, 1983). Той предполагаше, че те са проникнали по дълбочинни разломи, но след метаморфизма. До подобни изводи достигат и други изследователи, които посочват обдициране на офиолити върху Северните участъци на Родопите (Guiraud et al., 1992). Те отбелязват наличието на HP слюдени шисти при с.Бяля Черква, които се редуват с едновръстни обдуцирани офиолити в подножието на Северните Родопи. Слюдените шисти после са били погребани на дълбочина до 30 км и са активни участници в удебеляването на земената кора на Родопите.

Най-вероятното обяснение на ставащите тогава събития могат бъдат представени в следния вид: след обдукцията започващата колизия е била с различни конвергентни очертания, т.е. с изпъкнали (индентори) и вдлъбнати сегменти. Един такъв изпъкнал край на Апулийската платформа (плоча), точно на завоя на юрския жлеб е бил Егейският индентор, а по на изток-Сакарийският (Ломизе,2004). Последният е известен с различни имена: Странджански навлак (Начев, Маляков, 1979), Истанбулски навлак (Sengor et al., 1984a), Странджански навлаци (Гочев, 1985.), Тракийски (Дачев, 1988), или Мариден (Чумаченко и др.,2007). Продължаващата конвергенция, след приключване на субдукцията, събира един срещу друг континенталните участъци на двете срещуположни плочи. В резултат бавно, но сигурно, инденторът (Пирин-Пангайонският бордерленд,откъснат от апулийската ивица от микроконтиненти) започва да изтласква на север Сърбо-Македонския масив, по Струмския трансформ на запад и Централнородопския на изток, заедно с покриващите по-млади формации : Моравидите, палеозойските, включително и мезойските (триаските, долно-средноюрските, горноюрско-долнокредните) флишеви утайки (калов-валанж). Очевидно този процес е започнал след отлагането на Западнобалканската карбонатна група, която има калов-баремска възраст, т.е в края на барема. В Етрополския Балкан, във Васильовската планина, се наблюдват взаимоотношенията между навлечените палеозойски, триаски и долно-средноюрски скали върху Западнобалканската карбонатна група. Разкриващите в Средногорието кристалинни скали, (Арденска и Ботурченска групи, равносилно на Сърбо-Македонски масив-

Огражденска група) заедно с херцинските гранитоиди и покриващите ги нискометаморфни, палеозойски и мезозойски скали, са всъщност части от тези единен акреционен блок придвижен след барема. Навличането е станало именно през този интервал, защото Средногорската горнокредна островно-вулканска дъга се е образувала през сенона и се разполага върху тях и ги разкъсва. Ако искаме да очертаем западната граница на придвижването на Родопската навлачна плоча спрямо ивицата на Балканидите тя съвпада напълно с разпространението на ивицата горноеоценско-долноолигоценски седименти и вулканити като се започне от Местенския грабен, Брежани, Сухострел-Логодашкия, Пиянешкия, Бобовдолския, Пернишкия. На СИ в най-общ вид тя продължава през Голобърдския навлак на Гочев (1983) и по-нататък границата се наблюдава по западната периферия на Централното Средногорие заедно с лежащите върху него ДФК, палеозойски, триаски и долно-средноюрски скали. Челото на тази навлачна пластина са лежащите навсякъде с дискорданс във Васильовската планина палеозойско-мезозойски скали върху Западнобалканската карбонатна група (калов-барем). В случая те лежат и върху Централнобалканската флишка група. На всяка геоложка карта могат да се видят отделни петна от триаски и долно-средноюрски скали да лежат върху флишката група (калов-валанж). Например Корфийският синклиноид, Централно-балканската антиклинала е предният фронт на Родопската навлачна пластина, която на изток завършва със Скобелевската периклинала (Чешитев, 1971).На запад в пространството на Свогенската антиклинала също се наблюдват навлечени последователности. Според Калайджиев (1975) в обсега на Издремецката синиклинала, свързващо звено между Берковската и Свогенската антиклинали, се наблюдват четири навлака: Кукеровски, Церовски, Издремецки и Искрецки Тук е установено полягане на южното бедро на Издремецката синклинала на север. Навлакът е представен от обърнатите пластове на триаса, долно-средна юра, включително и Западнобалканската карбонатна група (калов-барем). По другите навлаци участват скали на Диабаз-филитоидния комплекс и на палеозоя (ордовика), а така също и гранитоиди. Навлачната повърхнина е наклонена на юг при 30-35º. Навлачните нарушения са прояви на Видличката дислокация (С. Бончев, 1930). По същата дислокация на запад в долината на р.Нишава се наблюдава навличане на триаски, юрски, включително и Салашката свита (бериас-апт).

Бончев и Йосифов (1963) обяснявайки съотношението между регионалното и локалните негативни остатъчни гаравитационни аномалии във Васильовската планина смятат, че тези аномалии са отражение на гънково-блокови структури, които нямат дълбоки корени или са блокове в алохтонно положение. До същия показателен извод достига Богданов (1980), който посочва, че Тетевенската издигнатина се харктеризира с гравитационен минимум и предполага, че това е изцеден от дълбочина клин или е блок в алохтонно положение. Подобни виждания могат да се забележат и в статията на Marinov et al., (2000, с.48). Те посочват, че Тетевенският блок е алохтонна плоча, придвижена от Централното Средногорие на север през австрийско време и навлечена върху горноюрско-долнокредния флиш на Централния Предбалкан.

Източната граница на Родопския акреционен блок може да се прокара през Източнородопските горноеоценско-олигоценските басейни. Днес границата в известна степен, както на запад, така и на изток е замаскирана от есхумацията на метаморфните ядрени (сводови) комплекси след среден еоцен. Тук се имат предвид Осоговският, Белоречкият, Кесебирският, Западнородопските, Рилският и Пиринският, може би и Сакарският и други по-малки ядра от гранитоиди и метаморфити. И може би най-интересно при интерпретацията на този акреционен навлечен терен е дали и на юг може да бъде ограничен с някаква граница. Очевидно такава гранична ивица представляват отново горноеоценско-долноолигоценските басейни, като се започне от Източнородопските, (Източнородопско-Западнотракийска магматична зона; Yanev et al.,1995), през Смолянския, Витинския и на СЗ отново Местенския, Брежанския, Сухострелския, Пиянечкия, Каменишкия, Бобовдолския и Пернишкия. Те всичките са разположени във висящото крило (горната плоча). Вероятно тук могат да се добавят и палеогенските басейни в Македония, например при Кратово и Злетово, които също се явяват по фронта на отделни среднокредни навлаци. В най-общ вид тази басейнова ивица съвпада с палеогенската Македоно-Родопско-Северноегейска магматична зона (MRNAMZ, Dabovski et al., 1989; Harkovska et al.,1998). Посочената по-горе грабенова ивица бележи границата между Егейският индентор (Пирин-Пангайонският) и Родопската навлачна пластина. Всъщност по долината на р.Места се прокарва и Местенската зона на срязване, която отделя нискостепенните метаседименти и левкократни ортогнайси на Пирин-Пангайонската единица от мигматичните гнайси и амфиболити на единицата Сидиронеро от Родопите. (Dinter & Royden, 1993; Gautier et al., 2001; Gerdjikov & Milev, 2005).

Ако продължим разсъжденията в тази насока на базата на последните дълбочинни сеизмични профилирания на земната кора в Източните Родопи; (Велчев и др., 1978; Йосифов и др.,1980; Дачев, 1988; Nikova et al., 1995; Велев,1996).ще се уточни в много голяма степен

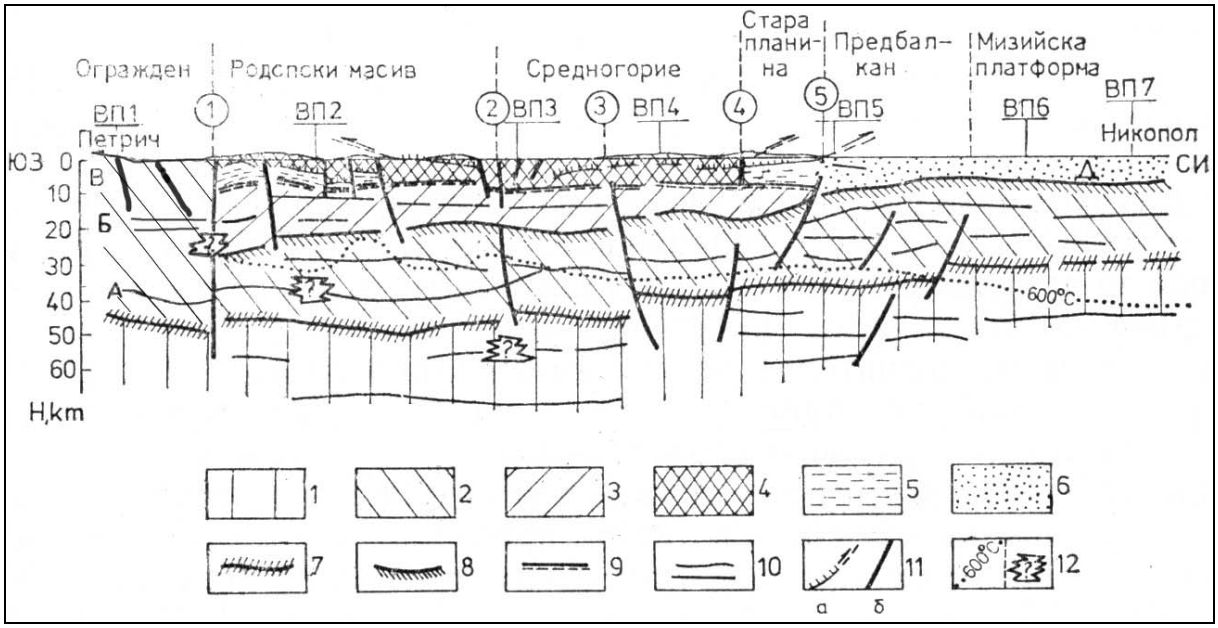
тектонската позиция и литотектонска последователност на Източните и Централните Родопи и най-вече на взаимоотношенията между тях. По изършеното дълбочинно профилиране на отразени вълни в Източните Родопи се установява, че реално по границата между Родопската и Прародопската надгрупа, сега по Старцевската зона на срязване, се наблюдава челото на регионално навлечената плоча на Източните Родопи на северозапад. Дебелината на тектонския покров в района на Ардино е около 12 km, а на изток от челото на тектонската зона на Източно родопския фронт достига до 18 km.(Велев, 1996) Плочата е наклонена на изток под ъгъл 30-35º. Горният автор интерпретира тектонската зона на Източнородопския фронт (ТЗИРФ) като плоча, генетично свързана с обдукцията на по-тежката субокеанска кора на Източните Родопи, принедлежаща на движела се приблизително на СЗ микроплоча, върху по-леката континентална кора на Централните Родопи. В средната част на кората е установен вискоотражателен слой, който авторът смята, че представлява базална плоскост на отлепване (детачмънт), разположен в основата на навлачната.плоча. Тези плоскости са придружени от милонитозирани ивици и всъщност разделят отделните тектонски пластини. Към посочената информация могат да се добавят гравитационните и аеромагнитни данни, получени при изследване територията на Източните Родопи, ограничени между гр.Кърджали на север и българо-гръцката граница на юг (Nikova et al., 1995). Според горните изследователи на дълбочина около 300 m от повърхността, се наблюдват скрити тела от частично серпентинитизирани ултрамафични скали с размери около 100 km². В случая е очевидно, че офиолитите влизат в състава на горната метаморфна единица, което беше предположено и от други изследователи (Bonev & Stampfli, 2005). Границата между Централните Родопи и Източните или Старцевската зона е разглеждана или като разлом на отделяне, (Ivanov et al.,2000 , или като зона на срязване /Саров и др.,2006 /.I.По-рано тази граница се отождествяваше с Централнородопското гравитационно стъпало (Велчев и др.,1978), което според Дачев (1988) вече представлява сегмент от Златоград-Ямболския гравитационен преход (гравитационен линеамент). Той представлява челото на навлачната пластина на Тракийския мегаблок на Югоизточнобългарския дълбочинен навлак. На запад от Централнородопския гравитационен преход се простира Югозападнобългарският дълбочинин навлак (Родопският мегаблок). Тези дълбочинни навлаци са елементи на Южнобългарската геодинамична област, оформени през алпийския етап и са разположени върху южните склонове Мизийския мегаблок. Възникването на тези навлаци може де се свърже единствено с процесите на закриване на Мезотетиса (Вардарският микроокеан) през долната креда (Дачев, 1988, с.304.). Фиг. № 8. Тук, ако трябва да направя някакво изменение на рисунката, е да се нарисува структурният комплекс А, образуван в края на Байкалския етап (автохтон) на повърхността и той всъщност е Огражденският блок-Сърбо-Македонския масив, предният фронт на Мизийската платформа. Тук изрисуваните структурни комплекси Б, В и Г реално не съществуват. Затова дебелината на Родопския масив на изток от Огражденския блок е над 50 km и само върху него могат де се търсят тези комплекси, които формират удебелената му кора и тук е точното място да се прокара разлом на отделяне (детачмънт). И действително той се прокарва от Dinter & Royden (1993) като Northern Greece Strymon valley detachment fault.

Дотук цялата интерпретация беше извършена на основата на плейттектонски представи и геолого-тектонски дании, които по същество се намират в разкритията на различни геоложки последователности. Могат ли да се намерят геофизични данни, които да подкрепят подобни съвременни плейттектонски представи? Най-добра възможност за допълнителна информация може да се получи от гравитационната характеристика на територията на България.

Гравитационното поле на България се характеризира със сложна морфология и голямо разнообразие. Според Дачев (1988) на територията на България се наблюдават три гравитационни аномалии от зонален тип и които се намират в сложни взаимоотношения. По-важните особености на гравитационното поле в България са следните: контрастност на гравитационните аномалии (отрицателни на югозапад и положителни на югоизток и североизток); пълно отсъствие на съответствие между общата зоналност на гравитационното поле и възприетата схема на тектонско райониране на България; подчертана хетерогенност, произтичаща от своеобразното пресичане на гравитационните елементи със северозападна и североизточни посоки; наличието на изразителни линеаменти в гравитационното поле (гравитациони преходи) и привързаност на зоните с отрицателни стойности в Югозападна България към най-високопланинските терени на Балканския полуостров. Тези особености показват безспорно сложен съвременен геоложки строеж на територията на България.

Горният автор посочва, че гравитационните аномалии отразяват въздействието на много геоложки фактори, които се обединяват в три групи фактори от дълбочинен характер :а/ дебелина на земната кора, релеф на границата М, плътностни неоднородности в горната мантия и др.;б) изменението на петрографския състав и строежа на средните и горните нива на земната кора, които създават регионални до 50-100 km^2 гравитационни аномалии и в/

изменението на дебелината, веществения състав и строежа на седиментния и седиментно-вулканогенния слой на земната кора, както и релефа и вътрешния строеж на тяхната подложка. Последните предизвикват малки по площ локални гравитационни аномалии налагащи се върху регионалните и зоналните. Въз основа на тези критерии той отделя три групи гравитационни аномалии : гравитационни аномалии от първи клас, гравитационни аномалии от втори клас и локални аномалии от трети клас.В гравитационото поле на България от първи клас са Мизийската, Родопската и Тракийската (Истанбулската) гравитационни аномалии, реално разположени в източната половина на Балканския полуостров. Те се поделят от разграничаващите ги междузонални Балкански и Златоград-Ямболски гравитационни преходи (гравитационни линеаменти).



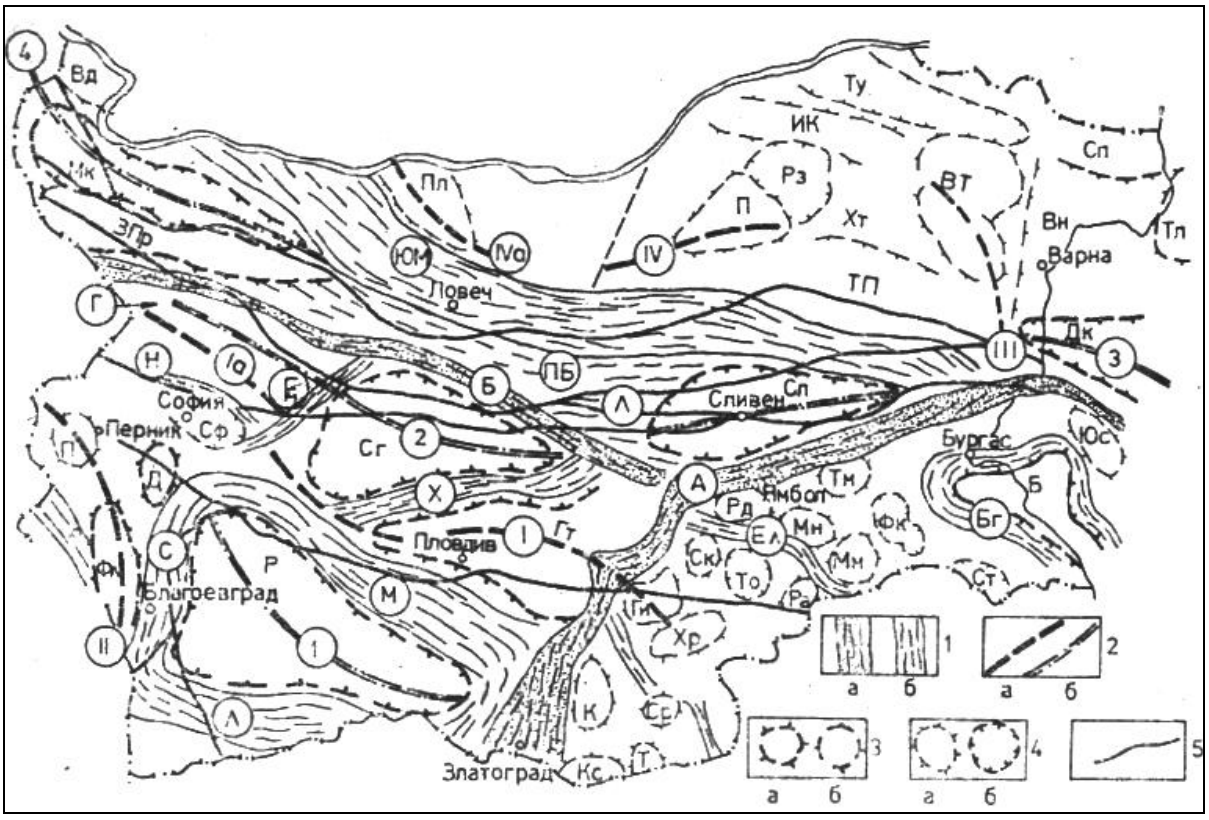
Фиг. 7. Геодинамичен модел за строежа на земната кора по профила Петрич-Никопол.(по Дачев, 1988, Спиридонов): 1-горна мантия; 2, 3, 4 и 5 структурни комплекси в консолидираната (магмено-матаморфна) кора; 2-структурен комплекс А, най-древен, образуван в края на Байкалския етап (автохтон), 3-структурен комплекс Б, с клиновидна форма, образуван вероятно в края на палеозойската или началото на мезозойския етап (алохтон ?), 4 –структурен комплекс В (слой с понижени скорости–вълновод) с предполагаем седиментен произход (автохтон), 5-алохтонни пластини на структурен комплекс Г, изграден от стари метаморфни скали, гранитогнайси и гранити (комплексен алохтон, образуван през алпийския етап); 6–седиментен слой (структурен комплекс Д) в Мизийската платформа (автохтон); 7, 8 и 9–структурни граници; 7–граница М, 8–Pz^1 горна повърхнина на структурен комплекс А, 9–Mz^1–горна повърхнина на структурен комплекс Б; 10–сеизмични граници; 11а–повърхнини на навлаци (структурен комплекс Б) и 11б-разломи; 12–положение на изотермичната повърхнина на Кюри (600º С) и възможни магмени огнища.

Родопската гравитационна зона обхваща западната част на Родопският масив, Централното и Западното Средногорие, Западнобалканската тектонска зона, Крайщидите, източните части на Тимошката и Лужницката зона на територията на Сърбия, както и части от Сърбо-Македонския масив. На юг достига до о.Тасос в Егейско море. Тя се характеризира с отрицателно гравитационно поле и сложна морфология и представлява депресионна област на границата М.

Тракийската (Истанбулската) гравитационна аномалия притежава положително гравитаионно поле и обхваща Източните Родопи, Източното Средногорие заедно със Сакар и Странджа и южната част на Черноморския шелф. Част от него са също Източна и Западна Тракия. В континентална Турция тук вероятно трабва да се отнесат Понтидите (Странджа и Истанбулската зона. Sengor and all,(1984a) приемат тази зона за навлак (Istanbul Nappe).

Гравитационните зони се отделят една от друга посредством регионални гравитационни преходи. Повечето изследователи ги приемат за линеаменти в морфологията на гравитационното поле. Те най-често имат праволинейна или дъговидна форма с различна дължина, ширина и амплитуда. Те от своя страна могат да отразяват различни типове структури : разломи, флексури на плътностна граница, тектонска линия между блокове с различен състав и следи от навлачни повърхнини. Най-често дъговидните преходи или стъпала са характерен елемент на гравитационното поле в алпийската област на Южна България и представляват навлачни структури. В геофизичната литература по особено значение от тези

линеаменти има Златоград–Ямболската гравитационна дъга (Йосифов, 1982 Дачев, 1988. Емине–Загорски, Димитровград-Ямболски гравитационен преход на Велчев и др. 1970, Дачев 1978, Добрев, Щукин 1974)



Фиг. 8. Схема и райониране на гравитационното поле на територията на България. (Дачев, 1988). 1 — гравитационни преходи : а—междузонални, разграничаващи Родопската, Тракийската и Мизийската гравитационна аномалия от първи клас (А — Златоград-Ямболски, Б — Балкански) ; б — регионални (М — Маришки. С — Струмски, Л — Лебнишки, Х — Хисарски, Е — Етрополски, Н — Негушевски, Ел — Елховски, Бг — система от преходи около Бургаския максимум) ; 2— оси на : а — по-важни гравитационни хребети (I — Горнотракийски, Iа — Свогенски, II — Краищиден, III — Ветрински, IV — Поповски, IVа — Плевенски) и б — гравитационна депресии (цифрите в кръгчета : 1 — Родопска, 2— Старопланинска, 3 — Долнокамчийска, 4 — Макрешка) ; 3 — гравитационни максимуми (а) и минимуми (б) с регионално значение; 4 — други гравитационни максимуми (а) и минимуми (б) ; 5— граници между структурните зони; гравитационни аномалии от втори и трети клас: в Северна България — Североизточномизийска гравитационна зона (максимуми : ВТ — Ветринско-Толбухински, ИК — Исперих-Кубратски, П — Поповски, Сп — Спасовски, Хт — Хитрински, Тл — Тюленовски; минимуми : Вн — Варненски, Ту — Тутракански, Рз — Разградски, ДК — Долнокамчийски, ТП — Търговищко-Провадийска група); Централномизийска гравитационна зона (Пл— Плевенски максимум) ; ЮМ — Южномизийски гравитационен преход, Мк — Макрешки минимум, ЗПр—Западнопредбалкански максимум. Сл— Сливенски минимум ; Вд— Видински максимум; Югозападна България —Р— Родопски минимум; Сг — Средногорски минимум, Гт — Горнотракийски максимум; Краищидно-Западносредногорска гравитационна зона (Фл — Флорошки максимум, Д—Дикански максимум, П — Пенкьовски максимум, Сф—Софийски минимум); Г— Годечка (Западнобалканска) зона; Югоизточна България — Източнородопска зона, максимуми : К — Кърджалийски, Кс — Кесибирски, Т — Тинтявски, Ср— Странджевски, Ги — Горски изворски, Хр — Харманлийски, Ск — Сакарски, Ра — Радовецки и минимуми : То — Тополовградски); Странджанско-Бургаска гравитационна зона, максимуми : Рд — Радневски, Мн — Манастирски, Мм — Мамарчевски, Тм— Тамарински, Б— Бургаски, Юс — Югоизточностаропланински и минимуми : Фк — Факийски, Ст — Стоиловски)

Балканският гравитационен преход е реално граница между Предбалкана и Стара планина и съвпада общо взето със Старопланинската челна линия и завършва северно от Калофер. И по същества той отразява плътностни нееднородности

Около Родопския масив се отделят и локалните преходи : Маришки, Струмски, Централнородопски и Лебнишки (Дачев, 1988). Досега тези преходи са били обяснявани като дълбочинни разломи с вертикално отместване на плътностните граници и с различна дълбочина на проникване в земната кора. Според горният автор Златоград–Ямболският преход е типична линеаментна структура с навлачен и разломно-навлачен характер

Гравитационните зони и преходи фактически разкриват сложният геоложки строеж на горните нива на земната кора до 10-15 km дълбочина.

Плътностните нееднородности на Южна България всъщност отразяват сложният и многослоен строеж, изграден от автохтонни и алохтонни участъци и терени с метаморфен характер, също така с магматизъм, които реално нарушават изопическите зони на Балканидите на българска територия. Затова няма съвпадение между повърхностния геоложки и дълбочиния гравитационен строеж. Причината за придвижването на алохтонните терени (плочи) на север-североизток се дължи на колизията. Особеностите на структурата на околородопските преходи насочват да се потърсят някои геоложки фактори за тяхното обяснение: а/ натрупване в гравитационния минимум на алохтонни пластини, изградени от леки материали (гранити и метаморфити) и образувани в резултат на австрийските и субхерцински навличания и късноалписки метаморфизъм с възраст между 69–32 Ma (Arnaudov et al., 1990a). От друга страна Родопската гравитационна аномалия се характеризира с отрицателен знак на гравитационното поле и сложна морфология, докато Тракийската притежава диференцирано положително гравитационно поле. Гравитационите регионални и локални аномалии от по-висок клас отразяват геоложкият строеж в рамките на една структурно-тектонска зона. и в тях намира отражение плътностната нееднородност на горните равнища на земната кора, в това число на седиментния и вулкано–седиментния слои и техните подложки. Посочените по-горе гравитационни данни недвусмислено потвърждават наличието на два терена (навлечени плочи), които можем да ги наречен съответно Родопски и Тракийски (Истанбулска) Към казаното до тук трябва да се добави една особеност на навличането на Родопския акреционен блок и територията на изток от Струмския трансформен разлом. Трябва да се отбележи голямото различие между Родопската област и терена на Крайще. Тук се очертава голяма разлика между еднородната, с намаляващи стойности отрицателна гравитационна депресия на Родопите и на редуващата се по неговата периферия на северозапад, в Крайщенската област, ивица от локални гравитационни максимуми : Бистришки, Падешки, Сухострелски, Фролошки, Дикански, Бучински и Вакарелски. Тези смутители са свързани с Фролошката свита и Струмската диоритова формация (Дачев, 1988). Централното Средногорие се отделя от Крайщенската област с локалния Етрополски гравитационен преход, който всъщност е продължение на Струмския гравитационен локален линеамент. Очевидно между отделните навлачни пластини се наблюдват трансформни разломи. В случая това са Централнородопския сегмент на Златоград-Ямболският гравитационен преход и Струмско-Етрополският. Може да се предположи, че последователното навличане е започнало от запад на изток: първи Родопският, малко по-късно Моравският сложен комплексен навлак, (също навлаците на Гетика и Супрагетика на румънска територия в Южните Карпати и Сърбия) и накрая – Тракийският.

Литература:

1. Аплонов, С.В. 2001. Геодинамика. Изд.” Санкт-Петербургский университет”, с. 360.
2. Богданов, С. 1980. Основни черти на дълбочинния геоложки строеж по гравимагнитни данни.В кн: Нефто-газоносност на Предбалкана. Техника, с. 50–55.
3. Бончев, Е. Д. Йосифов. 1963. Разломная сеть и сегментирования земной коры территории Болгарии. Блоковое строение и разломы геосинклинальных областей. С., БАН, с. 34–54.
4. Бончев, С. 1930. Обяснение на листа Цариброд от геоложката карта на България в М 1:126000, С., Унив. библиотека, 100-144.
5. Боянов, И., М. Русева, В. Топракчиева, Е. Димитрова. 1990. Литостратиграфия мезозойских пород в Восточных Родопах. GEOLOGICA BALCANICA, 20. 5. С. с. 3–28.
6. Боянов, И., М. Русева. 1984. Структурные особености Белоречкого поднятия. В кн. Особености становления земной коры в докембрий Южной Болгарии. С., с. 118–141.
7. Велев, А. 1996. Дълбочинно сеизмично профилиране на земната кора по регионален профил Ивайловград-Ардино. БАН, Българско гиофизично списание, XXII, № 2, С.,91-107.
8. Велчев, Ц. Х.Дачев, И.Петков. 1970.Геотектоническое строение Болгарии в свете геофизических полей. Докл.БАН, 23, 6, с.699-702.
9. Велчев, Ц., Р. Димитров, Б. Маврудчиев, С. Московски, Х.Дачев, И.Петков. 1978.О глубинном строении, металлогений и основных тенденциях развития Родопского срединного массива. Год. СУ, физ.факултет, 67, с.159-172.
10. Гочев, П. 1983. Субхерцински алохтон в Западното Средногорие. Геотектиника, тектонофизика и геодинамика., 15, С., с. 3–16.
11. Гочев, П. 1991. Алпийският ороген на Балканите – полифазова колизионна структура. Геотектоника, тектонофизика и геодинамика, 22, С., с. 3–44.
12. Гочев, П. М. 1985. Странджиди. Геотех., тектонофиз. и геод., 18, с.28-54.
13. Дабовски, Х.Н. 1991. Съвременни концепции за еволюцията на Алпийския ороген в Източното Средиземноморие и Карпато–Балканската област. Обзор и някои проблеми на българската геотектоника. Геотектоника, тектонофизика и геодинамика, 22, с., с. 45–79.

14. Дамянов, Ж. 1993. Минераложки особености и генезис на сидерит съдържащите руди от находище Кремиковци. Авт. на дисертация. ИПМ–БАН, с. 31.
15. Дачев, Х. 1978. Блоковое строение земной коры территории Болгарии и сопредельных стран по геофизическим данным. Сб. 23-го геоф. симроз., Варна, II., с.31-56.
16. Дачев, Х. 1988. Строеж на земната кора в България. ДИ." Техника, с. 334.
17. Добрев, Т.Б., Ю.К.Щукин, 1974.Геофизические поля и сейсмичность восточной части Карпато-Балканского региона. М,.Наука, с.176.
18. Иванов, Ж., С.Московски, К.Колчева, Д.Димов, Л.Клайн. 1984.Геологическое строение Центральных Родоп. I. Литостратиграфическое расчленение и особености разреза метаморфических пород в северных частях Центральных Родоп. GEOLOGICA BALCANICA, 14, 1. С.3-42.
19. Йосифов Д., А.Цветков, Е.Григорова, П.Ставрев, В.Недев. 1980. Главни черти в строежа на земнато кора в Родопския масив. Геотектоника, тектонофизика и геодинамика. 12, с. 27-45.
20. Калайджиев, С.1975. Гънкови и навлачни структури по масива на Издремец в Западна Стара планина. Сн.БГД, XXXVI, 3. с.275-290.
21. Кожухаров Д. 1984. Докембрий Южной Болгарии. В: Особености становления земной коры в докембрий Южной Болгарии. Рабочее совещание и полевые исследования. Проблем. комиссия IX, С., БАН, с. 7–14.
22. Кожухаров, Д. 1966. Докамбрийски метаморфозирани ултрабазични и базични магматити в Централните Родопи. Сп.БГД, 26, 1, с.51-62.
23. Кожухаров, Д. 1983. Строение и развитие Севернородопской разломной зоны, расположенной между Асеновградом и Пазарджиком. БАН, В кн.: Марицкий шов и блоковое строение болгарского Средногорья. С., с.66-80.
24. Кожухарова, Е. 1972. Докамбрийски метаморфозирани базични вулканити от Централните Родопи. Изв.ГИ, сер.геохимия, минералогия и петрография, 21, с.147-165.
25. Кожухарова, Е. 1977. Образование двухфациальных минеральных парагенезисов при региональном метаморфизме докембрийских серпентинитов в Западных Родоп. Геохимия, минералогия и петрогрфия, 7, с.47-63.
26. Кожухарова, Е. 1984. Присхождение и структурное положение серпентинитизированных ультрабазитов докембрийской офиолитовой ассоциации в Родопском массиве. Геологическое положение и состав офиолитовой ассоциации.GEOLOGICA BALCANICA, 14, 4. с.9-36.
27. Короновский Н.В., В.А. Хаин, Н.А. Ясаманов. 2006. Историческая геология. Изд." Академия", с. 458.
28. Ломизе, М.Г. 2004. Субдукция в коллизионном контексте: развитие и отмирание островных дуг Средиземного моря. В кн. „Современные проблемы геологии", Изд. „Наука", М.; с.291–315.
29. Начев, И. Юра.1968. В Стратиграфия на България. Изд. Наука и изкуство, с.189-216.
30. Начев, И. & С. Н. Янев. 1980.Седиментните геокомплекси.С., Наука и изкуство, с. 204.
31. Начев, И. 1976. Литология на юрските седименти в България. С., БАН, с. 160.
32. Начев, И. 1980. Моделът на островните дъги и алпийската еволюция на България. Сп.БГД, 41, 3, 167-177.
33. Начев, И., Ч.Начев. 2001. Алпийска плейт-тектоника на България. Изд. Артик, с.198.
34. Начев, И.,Й.Маляков. 1979.Развитие на познанията за геологията на Странджа. Сп. БГД, 40, 1, с. 1-9.
35. Овчарова, М.Н. 2005. Петрология, геохронология и изотопни изследвания на матегранитоиди от източната част на Мадан–Давидковското подуване. Автреферат на дисертация, 44 с.
36. Пейчева, И., Ю. Костицин, Е. Салникова, Б. Каменов, Л. Клайн. 1998. Rb–Sr и U–Pb изотопни данни за Рило – Родопския батолит, БАН, Геохимия, минералогия и петрология. 35, с. 93–105.
37. Пейчева, И.М., Е. В. Бибикова, В. Макаров. 1992a. U–Pb изотопное датирование цирконов двух типов гнейсов Юго-восточных Родоп Болгарии. 1992. Док. БАН, т.45, 8, с.71–74.
38. Пейчева, И.М., Ю. Костицын, Ю.А. Шуколюков. 1992. Rb–Sr изотопная система гнейсов Юго-восточных Родоп Болгарии. Докл. БАН, кн. 45, 10, с. 65–68.
39. Сапунов, И., С. Чернявска, П. Чумаченко, В. Шопов. 1983. Стратиграфия нижнеюрских отложений в области Крайште (Юго-Западная Болгария). GEOLOGICA BALCANICA, 13, 4; с. 3–30
40. Саров, С., Зл.Чернева, К.Колчева, Е.Войнова, Я.Герджиков. 2004. Литотектонска подялба на метаморфните скали от източните части на Центалнородопската екстензионна структура. Сп.БГД, 65, кн. 1-3, с. 101-106.
41. Чешитев, Г. 1971. Шипченска Стара планина. В: Тектонски строеж на България. ДИ „Техника", с. 294–299.
42. Чумаченко, П., И.Загорчев, К.Будуров, М.Янева, Д.Иванова, Е.Колева-Рекалова, Л.Петрунова, Д.Тронков. 2007. Стратиграфия на турбидитните седименти (горнотриаска - долноюрска серия) в Източна Стара планина. Обобщен научен отчет,Проект НЗ 1310, с. 111.
43. Чумаченко, П., С.Чернявска.1990 Юрская система в Восточной Стара-Планине II. Палеогеогарфическая и палеотектоническая эволюция. Geologica Balcanica, 20,.3,.Sofia, p., 17-58.
44. Чумаченко, П.,С. П. Чернявска.1989. Юрская система в Восточной Стара-Планине.I. Стратиграфия. Geologica Balcanica, 19, 4, Sofia, p. 33-65.

45. Яранов, Д. 1960. Тектоника на България. Изд. „Техника”, с. 282.
46. Arkadakskiy, S., L. Bohm, Z. Heaman, E. Cherneva, Stancheva. 2000. New U – Pb age resultats from the Central Rhodope Mts., Bulgaria. ABCD–GEODE 2000 – WORKSHOP, BOROVETS, Bulgaria. p. 5.
47. Arnaudov, B., B. Amov, Ts. Baldjieva, M. Pablova. 1990a. Tertiary migmatic pegmatite in the Central Rhodope crystalline complex. Uranium–lead zircon dating. GEOLOGICA BALCANICA, 20, 6, p. 25–32.
48. Arnaudov, V., B. Amov, Z. Cherneva, R. Arnaudova, M. Pavlova, E. Bartnitsky. 1990b. Petrological–geochemical and leadisotope evidence of Alpine metamorpfism in the Rhodope crystalline complex. HEFLOGICA BALCANICA, 20, 5. p. 29–44
49. Bebien, J. 1983. L, association ignee de Guevgueli. Ofioliti 8, p. 293–302.
50. Bingol, E., Akyurec B., Korkmazer. 1975.Geology of the Biga peninsula and some characteristics of the Karakaya blocky series. In: Congress earth sciences on the occasion of the fiftieth anniversary of the Turkish Republic , Ankara, Maden Tetkik Arama Enstitusu, p. 71-77.
51. Bonev, .N.,K.Peychev, D. Nizamova. 2006. MOR vs SSZ origin of metamafic rocks in the upper hiigh –grade basement unit of the Eastern Rhodope: geochemical diversity and tectonic significance. GEOSCIENES-2006. Proceedings. S. p. 181-184.
52. Bonev, N. G. Stampfli. 2005. Compositional Diversity of the Evros Ophiolite, Thrace, N.E. Greece, Field Occurrence, Preliminary Petrologic and Geochemical Data on Plutonic Sequence and Tectonic Implication. Proceedings of the Jubilee International Conference, BGS, S.; p. 31–34
53. Bonev, N. L. Beccaletto. 2005. Regional – scale Tertiary Extension, related Kinematic Framework in Northern Aegean Region: Evidance from the Eastern Rhodopes – Thrace {Bulgaria – Greece} and the Biga Peninsula [NW Turkey]. Proceedings of Jubilee International Conference, BGS, S.; p. 27–30.
54. Boyanov, I., C. Dabovski, P. Gocev, A. Harkovska, V. Kostadinov, Tz. Tzankov, I. Zagorcev. 1989. A new view of the Alpine tectonic evolution of Bulgaria. GEOLOGICA RHODOPICA, v. 1, Kliment Okhridski University Press, p. 107–121.
55. Carrigan, C., S. Mukasa, I. Haydoutov, K. Kolcheva. 2005. Age of Variscan magmatism from Balkan sectorof the orogen, Central Bulgaria. LYTHOS, 82, p. 125–147.
56. Cherneva, Z., M. Ovcharova, D. Dimov, A. von Quadt. 2006. „Baby – granites” in migmatites from Chepelarska river, Western Rhodope – geochemisty and U – Pb isotope dating on monazite and zircon. GEOSCIENCES – 2006. S., p. 205–208.
57. Cotopouli, C.N., K. Hatzipanagiotou, B. Tsikouras. 1989. Petrographic and geochemical characteristics of the ophiolitic rocks in Northern Samothrace, Greece. GEFLOGICA BALCANICA, 19, 3. p. 61-67.
58. Dabovski, C, I. Boyanov, Kh, Khrischev, T. Nikolov, I, Sapunov, Y, Yanev, I. Zagorchev. 2002. Structure and Alpine evolution of Bulgaria. Geologica Balcanica, 33, 2-4, S., p. 9–15.
59. Dabovski, H., A. Harkovska, B. Kamenov, B. Mavrudchiev, G. Stanisheva–Vassileva, D. Tchounev, Y. Yanev, 1989. Map of the Alpine magmatism in Bulgaria (Geodynamic approach). CIPP in Map-Making; S., Bulgaria.
60. De Wet, A. P., J. A. Miller, M. J. Bickle, H. J. Charman. 1989. Geology and geochronology of the Arnea, Sithonia and Ouranopolis intrusions, Chalkidiki Peninsula, northen Greece. Tectonophys., 161, p. 65-79.
61. Dercourt, J., et al. 1985. Presentation de 9 kartes paleogeographic au 1:20 000 000, etendant de L_Atlantique au Pamir pour la periode du Lias a L_Actuel. Bul. Soc. Geol. France. 8, 1, 5, p. 637-652.
62. Dinter, D., Royden, L. 1993. Late Cenozoic extension in northeastern Greece: Strymon valley detachement system and Rhodope metamotphic core complex. Geology, 21, p. 45–48.
63. Dora, O. O., Candan, 0, Durr, S. Oberhansli R. 1995. New evidence on the geotectonic evolution of the Menderes Massif. Proc. Intern. Earth Sci.; Colloquim on the Aegean Region., Izmir-Guluc, Turkey. Vol. 1, p. 53-72.
64. Gautier, P., R. Moriceau, D. Sokoutis, P. Monie, J. Driessche. 2001. Alpine thrusting versus Late Alpine extension in the northern Aegean: an evaluation of the ductile record in the Rhodope massif. GEOLOGICA BALCANICA, 31, 1-2, S., p. 104–107.
65. Gerdgikov, I., P. Milev. 2005. Nestos shear zone and srructure of the metamorphic basement in the area south of Meata graben, SW Bulgaria. Comptes rendus de L,Academie bulgare des Sciences, tome 58, p. 197–204.
66. Gessner K., Ring U., Jonson, C. 2001. An activ bivergent rolling-hinge detachment system; Central Menderes metamorphic core complex in Western Turkey. Geology, Vol. 29, 7, p. 611-614.
67. Glazunov, O.M. 1995. The Geochemistry of ultramaphic rocks of the Vardar zone /Balkan Peninsula /.XV congress of the Carpato-Balkan Geological Association .Athens, Greece, 4/2, p.444-446.
68. Gradstein F. M.,G.G.Ogg,A. G. Smith, W. Bleeker, and L.J. Lourens. 2004. A new Geologic Time Scale,with special reference to Precambrian and Nefgene. Episodes, Vol. 27, 2, p.83-100.
69. Guiraud, M., Z. Ivanov et Jean-Pierre Burg. 1992. Decouverte de schistes de haute pression dans la region de Biala Tcherkva (Rhodope Central, Bulgaria). C. R. Acad. Sci., Paris, t. 315, Serie II, p. 1695–1702.
70. Harkovska, A., P.Marchev, Ph.Machev, Z.Pecskay, 1998. Paleogene magmatism in the Central Rhodope area, South Bulgaria – a review and new data. Acta Vulcanologica, 10 /2 /, p. 199–216.
71. Heimmann, K., Lebkuchner H., Kretzler W. 1972. Geological map og Greece, Samothraki sheet. IGME.

72. Hetzel D., Ring U. Acal C., Troesch M. 1995. Miocene NNE-directed extensional unroofing in the Menderes massif , southwestern Turkey . J. Geol. Soc., Londopn. Vol. 152, 4, p. 639-654.
73. Himmerkus, F., T. Reischmann, R. Kostopoulos. 2003. The Serbo-Macedonian Massif, the oldest crustal segment of the internal Hellenides, identified by zirkon ages. Geoph. Research Abstr., 5, 05671.
74. Ivanov, Z. 2000. Tectonic position , structure and tectonic evolution of Rhodope massif. In Guide to excursion /B / Structure, Alpine evolution and mineralization of the Central Rhodopes Area, p.1-4.
75. Ivanov, Z., D. Dimov, S. Sarov. 2000. Structure of the Central Rhodope. In Guide to excursion /B/ Structute, Alpine Evolution and Mineralization of the Central Rhodopes Area. p. 6-20
76. Karamata, S., Ivanov, Z., Economou – M.Eliopoulos, K.Kolcheva, M.Zhelyaskova–Panayotova, 1989. Correlation of the Carpato – Balkan and Dinaro – Hellenic ophiolite belts (South of Danube River). Reparts of XIV congress CBGA. Sofia. P. 97–125.
77. Keay, S., G.Lister, I. Buick, 2001. The timing of partial melting, Barrovian metamorphism and granite intrusion in the Naxos metamorphic core complex, Cyclades, Aegean Sea, Greece. Tectophisics. V. 342, N 1/4, p. 275–312.
78. Liati, A., M. Fanning. 2005. Eclogites and country rock orthogneisses representing Upper Permian gabros in Hercynian granitoides, Rhodope, Greece. Geochronical constraints. Abrtac. Mitt. Oster. Miner. Ges. p. 150,88.
79. Machev, P., T. Kenkman. 2001. Orthgneisses from the Vlahina Mountain /SW Bulgaria/: petrographical and microstructural studies. Сп.БГД, 62, 1-3, с. 65-76.
80. Machev, Ph., B. Borisova, L. Hecht. 2006. Metaeclogites from the Sredna Gora terrain - petrological features and P – T path of evolution. HEOSCIENCES–2006., p. 185–188.
81. Marinov, E., G. Stampfli, K. Pavlov. 2000. Geological structure and evolution of the Balkanides, Bulgaria. ABCD – GEODE 2000, p. 48.
82. Mposkos, E. & N.Wawrzenitz, 1995. Metapegmatites and pegmatites bracketing the time of HP–metamor-phism in the polimetamorphic rocks of the E–Rhodope, N. Greece: petrological and geochronological constraints. Geol. Soc. Greece, Sp. Publ., № 4/2. Proceedings of the XV Congress of the Carpato – Balkan Geflogical Association, Athens, p. 612–608.
83. Nikova, L., A. Tzvetkov, D. Tzvetkova and V.Nedev. 1995. Gravity and aeromagnetic studu of the inhomogeneities in the metamorphic rocks of the South-Eastern Rhodope region, SE Bulgaria. XV Congress of the CBGA, Athens, Greece , 4/3, 1130-1134.
84. Okay A. I. 1986. High – pressure / low – temperature metamorphic rocks of Turkey. Geol. Soc. of America. Memoir, 164. p. 333–347.
85. Ovcharova, M., S. Sarov. 1995. Petrology and tectonic setting of the metagranitoids from Kesibir reka region in the Eastern Rhodopes. 1995. XV congress of the Carpato-Balkan Geoflogical Association, Athens, Greece. p.613-618.
86. Peytcheva, I., A. Von Quadt, R. Titorenkova, N. Zidarov, E. Tarassova. 2005. Skrut Granitoids from Belassitsa Mountain, SW Bulgaria: Consraints from Isotope – Geochronical and Geochemical Zircon Data. PROCEEDINGS of the Jubilee International Conference. Bulgarian Geological Society, S., p. 109–112.
87. Peytcheva, I., E. Salnicova, Y. Kostitsin, M. Ovcharova, S. Sarov. 2000. Metagranites from the Madan-Davidkovo dome, Central Rhodopes, U-Pb and Rb-Sr protolite and metamorphism dating. In: Geodynamics and Ore Deposits Evolution of the Alpine-Carpathian–Dinaride Province. Abstacts ABCD-GEODE, Workshop, Borovets, Bulgaria, p. 66.
88. Quadt von, A., S. Sarov, I. Peycheva, E. Voynova, N. Petrov, K. Nedkova, K. Naydenov. 2006. Metamorphic rocks from northern parts of Central Rhodopes- conventional and in situ U-Pb zircon dating, isotope tracing and correlations. GEOSCIENCES - 2006. p. 225–228.
89. Sapunov, I. G. 1999. The Jurassic in south – eastern part of Bulgaria (stratigraphy, goedynamics, facies and paleogefgraphy). GEOLOGICA BALCANICA, 29, 1–2, S., p. 19–59.
90. Sengor, A. M C., Y.Yilmaz, O. Sungurlu, 1984a. Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: Nature and evolution of the western termination of Paleotethys; In Robertson , A. H. F. and Dixon, J. E., eds. The geological evolution of the Mediterranean; Geological Society of London Special Publication 17, p. 77–112.
91. Tsikouras, B. K. Hatzipanagiotou. 1995. Geflogical evolution of Samothraki Island / N. Aegean, Greece, an incomplete ophiolitic sequence in the Circum - Rhodope zone. Geol. Soc. Greece, Sp. Publ., № 4/1. Proceedings of the Karpato–Balkan Geological Association, Athens, Greece. p. 116 – 126.
92. Vaptsarova, A. H. Chemberski, J. Nicolova. 1979. Le Trias dans la Bulgarie du Nord. III. Volkanisme. GEO-LOGICA BALKANICA, 9, 3, p. 93 – 106.
93. Yanev, Y., F. Innocenti, P. Maneti and G. Serri. 1995. Paleogene collision magmatism in Eastern Rhodope (Bulgaria)- Western Thrace /Greece/: temporal migration, petrochemical zoning and gefdynamic significance. Geol. Soc. Grece, Sp. Publ., № 4/2. Proceegings of the XV Congress of the Carpato–Balkan Geological Association, Athens, Grece. p. 578 – 583.
94. Zagorchev, I. 2001. Introduction to the geology of SW Bulgaria. GEOLOGICA BALCANICA, 31, 1– 2, p. 3–52.
95. Zidarov, N., I.Peycheva, A.v. Quadt, V. Andreichev, L.Macheva, R. Titorenkoba. 2003. Timing and magma sources of metagranites from the Serbo-Macedonian massif / Ograzhden and Maleshevska mountains, AW Bulgaria /:constraints from U-Pb and Hf-Zr and Sr whole isotope studies. In : Proceedings of Geosciences-2003. S., Bulg. Geol. Soc., p.89-91.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

SPATIAL DISTRIBUTION AND MIGRATION OF SOUND SCATTERING LAYERS AND ZOOPLANKTON IN FRONT OF BULGARIAN BLACK SEA COAST

Veselka Marinova, Kremena Stefanova

Institute of Oceanology - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: marinova@io-bas.bg, kstefanova@abv.bg

Key words: *acoustic, sound scattering layers, zooplankton, Western Black Sea, distribution*

Abstract: *Sound scattering layers (SSLs) and spatial distribution of zooplankton were studied in the western Black Sea in October 2008. Acoustic backscatter measurements, net tow samples at different depths and Conductivity Temperature Depth (CTD) measurements from the upper 150 meters of the water column were collected. In addition, measurements of fluorescence and dissolved oxygen were made. Zooplankton species were identified, enumerated, and measured. Two characteristic layers of sound scattering were found in the examined area. The SSLs performed diurnal vertical displacements. The migration speeds were estimated. The contribution of the species composition of zooplankton community to the SSLs was analyzed. A clear horizontal pattern could be outlined with the highest values of abundance in coastal and shelf area and decreasing trend toward the sea. The main type of vertical distribution regarding the position of the greatest zooplankton density was with maxima in surface waters, excluding the deepest station where maximum was at the thermocline layer. Generally, according to the vertical spatial distribution, the community in the upper mixed layer was dominated by copepods A. clausi, P. parvus and their larval stages, while P. elongatus and C. euxinus were concentrated at lower depths. A comparison between the vertical distribution of SSLs, zooplankton communities and hydrological parameters of water was made.*

Introduction

The Black Sea is the most isolated inland basin in the world ocean, where the deep waters do not mix with the upper layers of water that receive oxygen from the atmosphere. As a result, about 87% of the deeper Black Sea volume is anoxic water. The anoxic deep waters and oxic upper waters of the Black Sea are separated from the pycnocline, coinciding with the halocline. Life is therefore restricted to the upper 80-200 meters depending on the hydrology of the region. The thermohaline variability in vertical stratification has a big influence on the distribution of marine fauna and the scheme of their diel vertical migration.

Diel vertical migration (DVM) is a phenomenon observed in many planktonic organisms, both marine and freshwater. The general pattern is for these animals to ascend from depths beneath the photic zone near dusk, feed in the prey abundant surface waters at night, and then descend again to dark waters near dawn. It is hypothesized that the vertical migrations lead to a reduced rate of predation of the migrating animals, because in the dark the animals are not as visible to most predators [1]. However, other benefits to DVM may exist including a reduced metabolic rate at lower ambient temperatures encountered at greater depths.

Traditionally, studies of the spatial distribution and diel migrations of zooplankton were generally done by collecting samples from plankton nets. Opening and closing nets targeted at specific times in specific depth layers will give a profile for species abundance and biomass at each depth.

An alternative method for studying biological organisms is a non-invasive acoustic approach. Acoustic methods enable to determine zooplankton and fish abundance, their size, distribution and their behaviour – aggregation, collective movement and vertical migration. Aggregations of the biological objects are called the Sound Scattering Layers (SSL). SSLs distribution and vertical migrations are of considerable ecological significance as the main constituents, the fishes and the major zooplankton groups, occupy adjacent links in the food chain. In the Black Sea SSLs comprise fish, mainly sprat and anchovy, and various species of zooplankton.

This paper presents an example of utilization of acoustic techniques to detect zooplankton community associated with the sound scattering layers and vertical stratification of the water column. Sound scattering due to the physical gradients is considered a minor source compared with the

presence of biota and hence the recorded scattering levels are mainly attributed to these organisms. The main goals of the analysis were: (1) describe the diurnal variations in depth distributions of the SSLs including calculations of migrational speeds; (2) evaluate the role of some hydrological and hydrochemical gradients as the initiation of the vertical displacements and (3) establish the horizontal and diel vertical distributions of the species composition, abundance and biomass of the zooplankton.

Material and methods

Study area

A research cruise was carried out from 29 September to 4 October 2008 by the RV ''Akademik'', IO-BAS, Varna. The sampling area was the West Shelf of the Black Sea, located in a transect in front of Varna town – c. Galata and a transect in front of c. Kaliakra - standard transects from the IO-BAS routine sampling grid extended to the open sea. Cape Galata transect was under the consideration in the resent study. Map of stations is presented on fig. 1 and the station coordinates on Table 1 respectively.

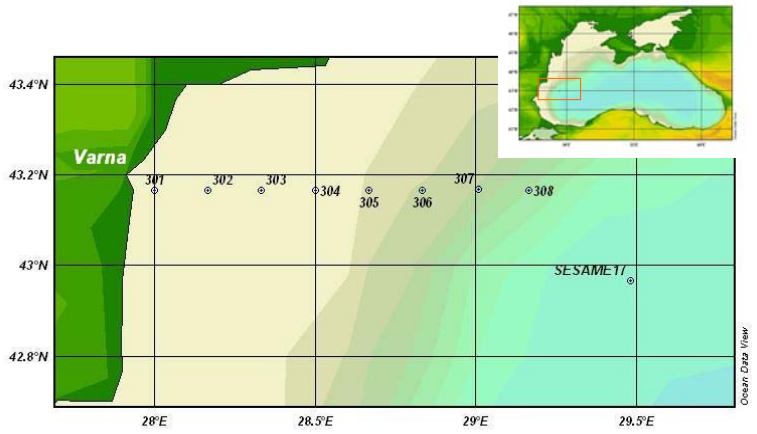


Fig. 1. Map of sampling stations during RV "Akademik" SESAME cruise (29 September – 4 October'2008)

Table.1. Coordinates of sampling stations along the c. Galata transect (Western Black Sea) during the multidisciplinary cruise

Station Name	Bottom depth (m)	Latitude	Longitude
S-BG00-01-(301)	22	43˚ 10' N	028˚ 00'
S-BG00-02 (302)	23	43˚ 10' N	028˚ 10' E
S-BG00-03-(303)	41	43˚ 10' N	028˚ 20' E
S-BG00-04-(304)	78	43˚ 10' N	028˚ 30' E
S-BG00-05 (305)	94	43˚ 10' N	028˚ 40' E
S-BG00-06-(306)	360	43˚10'N	028˚50' E
S-BG00-07-(307)	1026	43˚10'15"N	029˚00'45"E
S-BG00-08-(308)	1550	43˚10'N	029˚10' E
S-BG00-09-(SESAME17)	2007	42˚58' N	029˚29'E

Hydrophysical parameters (temperature and salinity) were measured in situ by using a Sea-Bird Electronics SBE 19*Plus* SEACAT Profiler. The downcast data was binned to 1 m depth intervals using SBE Data Processing Software version 7.18 (Sea-Bird Electronics, Bellevue, Washington, USA). Water samples were collected using Rossette sampling system on the following depths: 0, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250 m and thermocline location depth. Dissolved oxygen (DO) and oxygen saturation (OS) were analyzed in the onboard laboratory by standard methods [2].
Vertical sections of temperature, salinity, density and dissolved oxygen were contoured along transect line using triangulation with linear interpolation in SURFER version 8 (Golden Software, Golden, CO, USA).

The sound scattering layers were continuously monitored with a Simrad EK60 echosounder using hull mounted 38, 120 and 200 kHz split-beam transducers. The transducers were located at 4.5 m depth. The raw data were logged by Simrad ER60 software (20 log R TVG). Echograms were

visualized in Matlab and EchoView, and additional postprocessing of data was done by software written in Matlab. The 200 and 120 kHz frequencies were used to detect plankton while 38 kHz was used to distinguish fish from plankton.

Zooplankton samples were collected by vertical plankton Juday net, 0.1 m^2 mouth opening area, 200 μm mesh size from 2 meters above the bottom to the surface at sampling layers depending of water stratification and thermocline depth. Total of thirty zooplankton samples were collected from 9 stations during the early autumn cruise.

Before sample preservation, the gelatinous species (*Aurelia aurita, Mnemiopsis leidyi* and *Beroe ovata*) were removed, rinsed, measured and counted on board. The samples were preserved in 4% buffered to pH 8-8.2 with disodiumtetraborate (borax) (Na2B403 ·10 H20) formalin solution. In the laboratory, the samples were settled to 100-150 cm^3 before being divided into sub-samples. A Bogorov's chamber was used for quantitative (abundance and biomass calculation) and qualitative (taxonomic structure) assessment [3, 4]. The sub-samples were examined by using an Olympus SZ30 Stereoscopic Zoom Microscope. For each sample, 2 aliquots were totally counted and, in addition: i) if there were no dominant species, then other aliquots were examined; ii) if there were dominant species (any species of copepod or other non-copepods species present with at least 100 specimens (sum of males, females, juveniles), these were counted only in the first 2 aliquots. The entire sample was examined for the rare species.

Results and discussion

Hydrology

Vertical profiles of water temperature (T), salinity (S), density (σ_θ) at the all sampling stations and dissolved oxygen (DO) at deeper stations (from st. 306 to SESAME17) are shown in fig. 2. At most stations, a surface mixed layer was observed in the top (upper) 30 m, only at station 304 it reached to 32 m depth. At shallower station 301 and 302, the water mass at the surface to the bottom was homogenous with a temperature 19.8°C. At offshore stations, the situation was very different. Below the mixed layer, a sharp seasonal thermocline formed down to about 50-58 m, with temperatures decreasing from 19.8 to 8°C. A layer of cold intermediate water (CIL), the typical hydrographic structure of the Black sea, was found between 50-58 and 88-98 m. The temperature of the water below CIL slowly increased, reaching about 9.1°C at the seabed. The surface salinity was a comparatively low, about 17.4-18.1 psu. Vertically salinity increased steadily from ~30 m at the surface to the seabed.

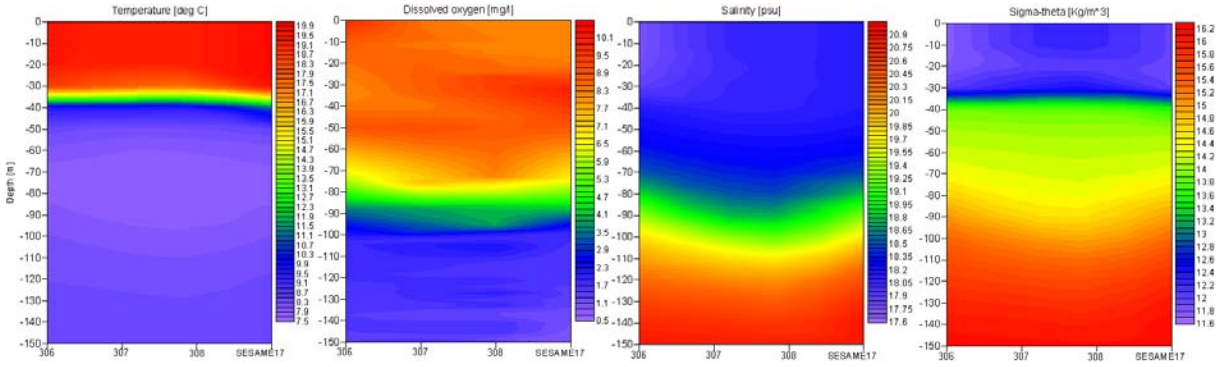


Fig. 2. Temperature, dissolved oxygen, salinity and sigma-theta profiles – open water stations: 306, 307, 308, SESAME17.

The vertical distribution of salinity and temperatures determine the density of seawater. The picnocline characterised here by the maximum vertical salinity gradient, deepened to 140–150 m. It was accompanied by the oxycline, where oxygen concentration decreases from 6.1-7.6 $mg.l^{-1}$ at the water density 14.3-14.5 $Kg.m^{-3}$ to 0.85-1.17 $mg.l^{-1}$ at density 15.4-15.8 $Kg.m^{-3}$. The oxygen minimum zone (OMZ) was observed below the oxycline at sigma-theta ~16.2 $Kg.m^{-3}$.

Zooplankton composition, abundance and biomass, horizontal and vertical distribution

During the investigated period a total of 28 zooplankton species and taxa were identified. Taxonomically, the area was dominated by copepods. Common representatives of Copepoda included: *Acartia clausi, A.tonsa, Paracalanus parvus, Oithona similis, Centropages ponticus, Pseudocalanus elongatus, Calanus euxinus*. The key groups of Copepods, Cladocera, Meroplankton,

Appendicularia (*Oicopelura dioica*) and Chaetognatha (*Sagitta setosa*) constituted a major component of plankton fauna with an ecological importance in zooplankton structure. *Noctiluca scintillans* was also relatively well presented in plankton community (1090 ±1226 ind.m^{-3}). Concerning Jellyfish species, the exotic ctenophores *Mnemiopsis leidyi* and *Beroe ovata*, the medusa *Aurelia aurita* and native ctenophore *Pleurobrachia pileus* occurred constantly in the area with minor range in abundance fluctuation (from 1 to 15 ind.m^{-3}).

Spatial distribution of zooplankton quantity revealed differences between sites (inshore and offshore). The abundance of the mesozooplankton decreased as a function of distance from the coast towards the sea. Numerical zooplankton abundance varied from 1 662 ind.m^{-3} to 23 180 ind.m-3 (SD ± 7107) with maximum at the coastal station 302 and almost equal density (from 1662 to 3465 ind.m^{-3}) at open sea area (st. 306, 307, 308, SESAME17, fig. 3 a, b). Copepods were numerically abundant, contributing up to 70 % with an exception of near shore station 301 where copepods shared 48 % with Meroplankton (28 **%**), *O.dioica* (15 %) and *S.setosa* (8 %). The biomass distribution pattern corresponds to those of abundance. It varied between minimum 65.44 mg.m^{-3} (st. 308) and maximum 774.53 mg.m^{-3} (st. 302). *S setosa* and copepods dominated in the biomass with identical percentage (43 %). The progressive decreasing of biomass from coastal to deeper stations was evident.

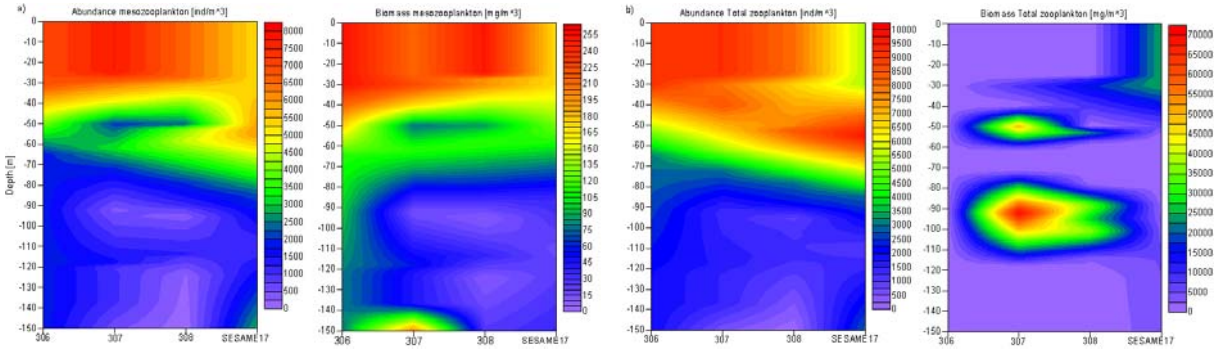


Fig. 3. Spatial distributions of mesozooplankton abundance and biomass (a) and total zooplankton abundance and biomass (b) - open water stations: 306, 307, 308, SESAME17.

The main type of vertical distribution at deeper stations (from 305 to SES 17) regarding the position of mesozooplankton abundance maximum was with maxima in surface waters (upper mixed layer - UML), excluding st. 305 and SESAME17 where UML and thermocline strata were with equal density. Higher biomass values at stations 307 and 308 under termocline were due to of *M.leidyi* presence (fig.3 b). Generally, according the vertical species separation, the community in upper mixed layer was dominated by copepods and co-dominated by Cladocera and *S.setosa* juveniles. Copepoda species *A. clausi, P. parvus, C. ponticus* and their larval stages occupied surface layer in the water column while *P. elongatus* and *C. euxinus* with their copepodite stages preferentially inhabited under thermocline and CIL (cold intermediate layer) waters. *S.setosa* adults were concentrated at lower depths bellow thermocline as well. Jellyfish showed not clear vertical distribution pattern.

Sound scattering layers (SSLs) and their daily migration patterns

Typical picture of the vertical and horizontal structure of the sound scattering layers (SSLs) along the transect c. Galata is shown in fig. 4. Biological scattering was found between the surface and lower part of the oxygenated zone in the Black Sea, usually, it was horizontally and vertically distributed in more than one scattering layer. The largest and densest scattering layers were located offshore stations. On the shelf, deeper scattering layer was found close to the bottom in areas shallower than 100 m. Acoustic scattering was remained homogeneous in coastal zone (<30m). The sound scattering layers exhibited diel migrations. They were inhabited at least two separate groups of organisms undergoing distinctive vertical migration. One group remained at moderate layers (40 to 50 m), and spent the daytime at this layer. The other group reached greater depths, almost down to the onset of the anoxic layer. The ascent to the surface began at the end of the afternoon, the surfacing occurred after sunset. At night, all groups were observed very close to the surface, above the thermocline. The descent began about 1 h before sunrise, with the first light of dawn.

The daily migration patterns of SSLs were presented better in offshore site of the study area. Figure 5 a shows the 200 kHz compressed echogram, recorded on 2-3 October 2008 (st. 307), of SSLs, which were seen migrating upward to the surface at dusk and downward to deeper water layers before sunrise. Three distinct SSLs were recorded in the upper 150 m. The SSL1 was distributed between 30 and 50 m throughout the day, corresponding to the depth of seasonal thermocline. This

layer showed varying thickness in the day time and it dispersed to the surface at night. Diffuse scattering was seen above this layer although it did not constitute a definite scattering layer. By day, deeper scattering layers SSL2 and SSL3 remained at depths of 95 to 110-120 m, with temperature of 8 to 8.17°C,where the density and oxygen concentrations ranged with the limits from 15.09 to 15.53-15.8 Kg.m^{-3} and from 3.65 to 0.85 mg.l^{-1} respectively (fig. 2). DSLs started to ascend around 16:05 (SSL2l) and 16:15 (SSL3). They reached the surface water layers at 19:00 (SSL2) and 19:45 h (SSL3) (fig. 3, a,b), so that their migration upward took nearly 2h 55 min and 3h 30 min. The acoustical volume backscattering strength (S_v) of the central part of the surface layer measured -90 dB at the beginning of the ascent and increased to -78 dB at the end of the migration.

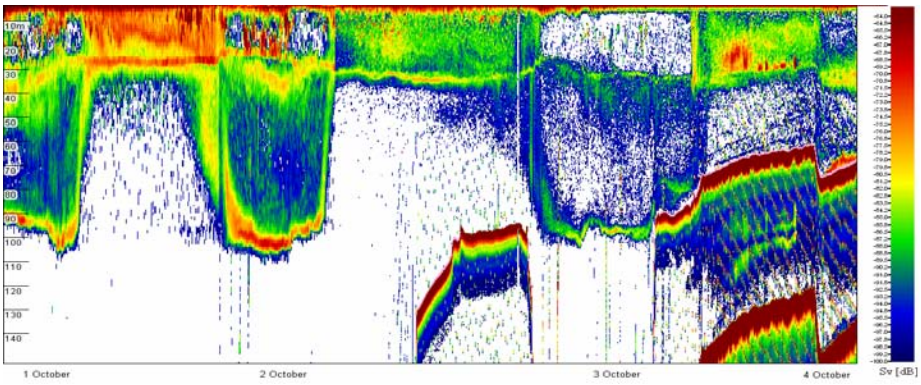


Fig. 4. Condensed echogram prepared on the basis of a 4-day acoustic sounding in October 2008.

Mean swimming speed of SSL2 was ~ 1.2 cm.s^{-1} and of SSL3 – ~0.95 cm.s^{-1}. In the morning, DSLs started migrating downward at 5:15 hrs (SSL3) and 5:30 hrs (SSL2). They were reached to the lower border of their habitat at 7:20 hrs (SSL3) and 7:25 hrs (SSL2). The mean swimming speeds of DSLs during descent were 1.74 cm.s^{-1} (SSL3) and 2.04 cm.s^{-1} (SSL2).

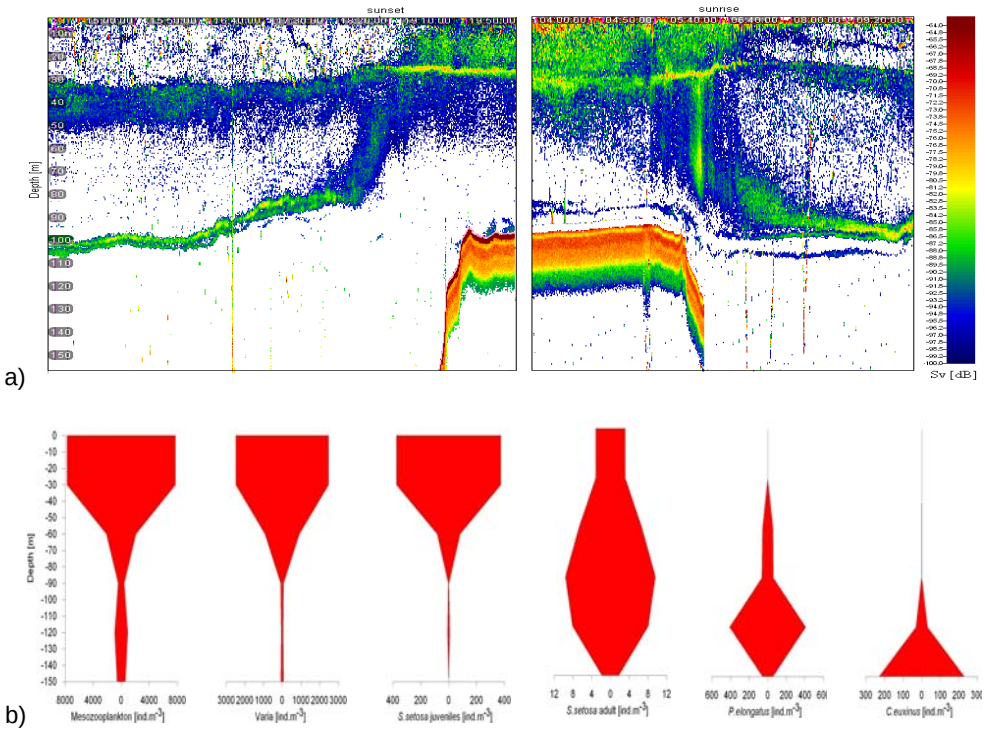


Fig. 5. Vertical distributions and daily migration of SSLs (a) and mesozooplanton abundance at st. 307 in the day time (b).

Swimming speed of scattering layers during migration (upward and downward) varied from a passive sinking speed within the suboxic zone to an active speed through well-oxygenated water and thermocline. Generally, the downward speed is higher than upward the one. Similar behavior and

migration speeds for the deep scattering layers (*C. euxinus* and *S. setosa*) in Black sea were obtained by other authors [5, 6].

The results of zooplankton sampling also showed similar trends to the vertical distribution of the biological scattering obtained by acoustics (fig. 5 b). Figure 5 b shows the abundance and vertical distributions of mesozooplanton at st. 307 in the day time. The sampled organisms in the upper 40 m (*A. clausi, P. parvus, C. ponticus* and their larval stages, *Sagitta setosa* juveniles) correspond with SSL1. Zooplankters as *Pseudocalanus elongatus, Calanus euxinus* and *S.setosa adults,* which have strong swimming ability and prefer deeper cold waters at day, take part in the formation of the deep scattering layers (SSL2, SSL3).

During periods of seasonal temperature stratification cold-water copepods species ascend at night to warm surface layers with high phytoplankton concentration, and in the morning migrate to the cold, hypoxic zone (0.35 to 1.15 $mg.l^{-1}$ O_2, σ_θ= 15.4 to 15.7), where they form aggregations just below the oxycline [7, 8]. Metabolism in copepods is known to be directly affected by temperature [9, 10] and oxygen concentration [11, 12].

Conclusions

The high resolution of acoustic methods enables the spatiotemporal monitoring of marine organisms and correlating their behavioral features with SSLS and the abiotic environmental factors. Zooplankton vertical and horizontal distribution patterns appeared to be linked with each other and were primarily species-dependent. The most important features of the diel vertical migration of the SSLs are the following: (1) times of the evening and morning migration are well correlated with the moments of sunset and sunrise; (2) the vertical migration at dusk and dawn takes place with various speeds, which seems to depend on the local life space determined by the depth, temperature, density and oxygen content; (3) downward migration speed is higher than upward speed.

Acknowledgments: The study was supported by Integrated Project Southern European Seas: Assessing and Modelling Ecosystem changes (SESAME), 6FP.

References:

1. Han B. P., M. Straskraba. Control mechanisms of diel vertical migration: theoretical assumptions. Journal of Theoretical Biology, V.210, 2001, pp. 305-318.
2. Grasshoff K., M. Ehrhard, K. Kremling. Methods of sea water analyses. 1983, 419.
3. Petipa, T. S. On the mean weight of the principle forms of zooplankton in the Black Sea. Tr. Sevast. Biol. St. 9, 1959., pp. 39-57.
4. Alexandrov B., A. Korshenko. Zooplankton Manual of Biological methodology in the Black Sea area. 2005.
5. Svetlichny L. S, E. S. Hubareva, F. Erkan, A. C. Gucu. Physiological and behavioral aspects of *Calanus euxinus* females (Copepoda: Calanoida) during vertical migration across temperature and oxygen gradients. Marine Biology, V.137, 2000, pp. 963-971.
6. Mutlu E. Acoustical identification of the concentration layer of a copepod species, Calanus euxinus. Marine Biology, V.142, 2003, pp. 517–523.
7. Flint F. M. Vertical distribution of mass mcsoplankton species in lower layers of aerobic zone in relation to the structure of oxygen field. In: Vinogradov ME, Flint MV (eds) Structure and productional characteristics of planktonic populations in the Black Sea. Nauka, Moscow, 1989, pp 187-213 (in Russian).
8. Vinogradov M. E., L.P. Lebedeva, T. A. Lukasheva, L. L. Anokshina. Condition of coastal mesoplankton communities in North-Eastern area of the Black Sea in 2005. Oceanology, V.46, 2006, pp.868-877 (in Russian).
9. Vidal J. Physioccology of zooplanklon. III. Effects of phy-toplankton concentration, temperature and body size on the metabolic rate of *Calanuc pactficus.* Mar Biol., V. 56, 1980, pp.195-202.
10. Ivleva E. V. Environmental temperature and the rate of energy exchange in aquatic animals. Naukova Dumka, Kiev (in Russian), 1981.
11. Vinogradov M.E., E. G. Arashkevich, S. V. Ilchenko. The ecology of the *Calanus ponilcus* population in the deeper layer of its concentration in the Black Sea. J Plankton Res., V.14, 1992a, pp. 447-458.
12. Arashkevich E., L. Svetlichny, E. Gubareva, S. Besiktepe, A.C. Gucu, A.E. Kideys. Physiological and ecological studies of *Calanus euxinus* (Hulscmann) from the Black Sea with comments on its life cycle. In: Ivanov LI, Oguz T (eds) Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea. vol. I. Kluvver Academic Publishers, Dordrecht, 1998, pp. 351-365.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

НАЦИОНАЛНА СИГУРНОСТ И СИСТЕМИТЕ ЗА РАННО ОПОВЕСТЯВАНЕ И РЕДУЦИРАНЕ НА ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ ПРИРОДНИ КАТАСТРОФИ

Ралица Берберова

Нов български университет
e-mail: rberberova@nbu.bg

Ключови думи: *системи за ранно оповестяване и редуциране на последствия от природни бедствия, национална сигурност*

Резюме: *Целта на настоящия доклад е да представи влиянието на системите за ранно оповестяване и редуциране на последствия от природни бедствия върху националната сигурност.*

NATIONAL SECURITY AND SYSTEMS FOR EARLY WARNING AND MITIGATION OF NATURAL DISASTER CONSEQUENCES

Ralitza Berberova

New Bulgarian University
e-mail: rberberova@nbu.bg

Key words: *early alarming and reducing of the consequences of natural disasters systems, national security*

Abstract: *The purpose of the paper is to show the impact of the systems for early warning and mitigation of natural disaster consequencest on national security.*

Всички системи за мониторинг, редукция на последствията от природни бедствия или комуникация в момент на криза имат отношение към националната сигурност. Наличието им предполага устойчиво развитие на държавата и обществото, защото основното им предназначение е превенция и редуциране на потенциални щети [1]. Трансграничното влияние на природните бедствия изисква комплексен подход за превенция и ООН препоръчва изработването на стратегии и изграждането на градски и национални системи, но с възможности за модулно включване към регионални или глобални системи за мониторинг на тези явления [3]. Регионалните и глобалните системи увеличават ефективността на националната системата, защото се увеличава броят на регистриращите устройства, обхватът на територията и времето за реакция.

Целта на всяка система е някаква форма на защита/превенция на хората, критичната инфраструктура, а оттам и защита на националната сигурност. Системата използва технически средства и данни, които водят до повишаване на риска от неоторизиран достъп до тях. Проблемът става още по-актуален със свързването на национална система към регионална или глобална. За да са ефективни, системите трябва да влючват данни за:

- елементи от критичната инфраструктура, а това са жизнено важни обекти за отбраната;
- критичните производства и критичните продукти (описани за влиянието върху бизнеса);
- степента им на важност/приоритетите;
- състоянието на тези обекти, информация, която се задава за праговите стойности за устойчивост;
- данни за управленския/командния център;
- данни за потенциалните загуби (човешки живот и материални щети);

- планирано време за реакция;
- спасителни екипи и екипировка;
- други.

Тези данни представляват интерес за всяко разузнаване и по тази причина всяка държава се нуждае от защита на своята информация за потенциални заплахи отвън за отбраната. В Турция от пролетта на 2009 г. в Истанбул функционира система за ранно оповестяване за земетресения и други природни бедствия и един от потребителите и спонсори на изграждане на системата е Главния щаб на Първа турска армия. Получаваните данни и дублиращ управленски център дават възможност за необходима реакция по време и след бедствие на турската армия. Изградената подобна система същата година, 2009 г., в Румъния със спонсорството на Военно въздушните сили на САЩ за Европа вероятно има за цел и събиране на разузнавателна антитеористична информация. Не са изключени и случаите, когато части от информацията от подобни системи представляват класифицирана информация, до която само оторизирани лица имат ограничен достъп. Друг проблем е възможността за манипулиране на информацията чрез системите – целенасочено подадена невярна информация, целяща създаване на паника, хаос, блокиране на съоръжения с терористична или друга цел. Системите за сеизмичен мониторинг могат да отчитат тремори освен от земетресения, то и от взривове, паднали предмети, тежък транспорт и т.н. Доколкото сигурността на информацията е най-важният и определящ компонент на компютърна защита е въведено понятието информационна сигурност.

Това налага към единната система за превенция да има елемент или подсистема за информационна сигурност [2]. Освен това за регионолните и глобални мрежи трябва да се използват данни, приети с взаимно подписани споразумения и приети стандарти, което дава възможност за постоянното им ъпгрейдване и въвеждане на глобална политика за сигурност.

Литература:

1. Б е р б е р о в а Р., Р. Г ю р о в, Х. Х а р и з а н о в. Система за ранно оповестяване на природни бедствия, Сборник с доклади от VI-ти международен симпозиум “Екология – устойчиво развитие”, с. 280-283, Враца, 2006
2. П а р г о в Д. Аспекти на информационната сигурност в Интернет, Network World/ България, бр. 3, с. 9-12, 2000

<http://networkworld.bg/25_Aspekti_na_informacionnata_sigurnost_v_Internet>

3. International Strategy for Disaster Reduction, UN

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ГЕОДИНАМИЧЕН МОДЕЛ ЗА ДВИЖЕНИЕТО НА ЮЖНА И СЕВЕРНА АМЕРИКА

Ралица Берберова

Нов български университет
e-mail: rberberova@nbu.bg

Ключови думи: *Южна и Северна Америка, ротационно движение*

Резюме: Разработката е свързана с ротационното движение на Южна и Северна Америка. Тези движения са наблюдавани чрез GPS на НАСА. Предлага се резултатите да бъдат заложени в основите на геолого-физичната парадигма като ротационна геодинамика.

GEODYNAMICS MODEL OF SOUTH AND NORTH AMERICA

Ralitza Berberova

New Bulgarian University
e-mail: rberberova@nbu.bg

Key words: *South and North America, rotational geodynamics*

Abstract: *The work is related to the rotational movement of South and North America. Such movements are detected by GPS-NASA. The results are suggested to be used in the basis of geological physical paradigm as rotational geodynamics.*

Ротационни хипотези за динамиката на земното кълбо

В последните години бяха предложени много нови концепции относно геодинамиката на Земята вследствие на много нови и съвременни наблюдения, включително GPS данни на НАСА, изследвания в Русия, Китай и др., сателитни гравиметрични карти и принципно нови методи в моделирането на процеси. Това е причината те да бъдат разгледани самостоятелно.

Основна принципна идея за ротационните хипотези за динамиката на земното кълбо

Авторите на тези хипотези разбират под ротационни сили комплекса от явления, обусловени от въртенето на Земята. Известни са много геофизични феномени, които са свързани именно с ротацията. Реално съществуващите ротационни явления изискват своето адекватно решение. Натрупаните данни предполагат, че в основата на почти цялата история на Земята, най-важна роля играят процесите, свързани именно с ротационните, пулсационните и вълнови движения, ставащи в нея. В сегашно време има огромен списък от недостатъчно изучени геоложки, геофизични и физични явления, които се наблюдават в атмосферата, литосферата и хидросферата, които по явен начин са свързани с ротацията. Земята като планета не може да прави изключения от другите космически тела, извършващи основно въртеливо движение. Ротационните процеси са известни от древността и са довели до велики открития, включително и кълбовидността на Земята. На основата на вихровата космогония е разработена хипотезата на Кант за образуването на Слънчевата система, а математическите обяснения на голяма част от ротационните процеси са представени от Ойлер и други учени.

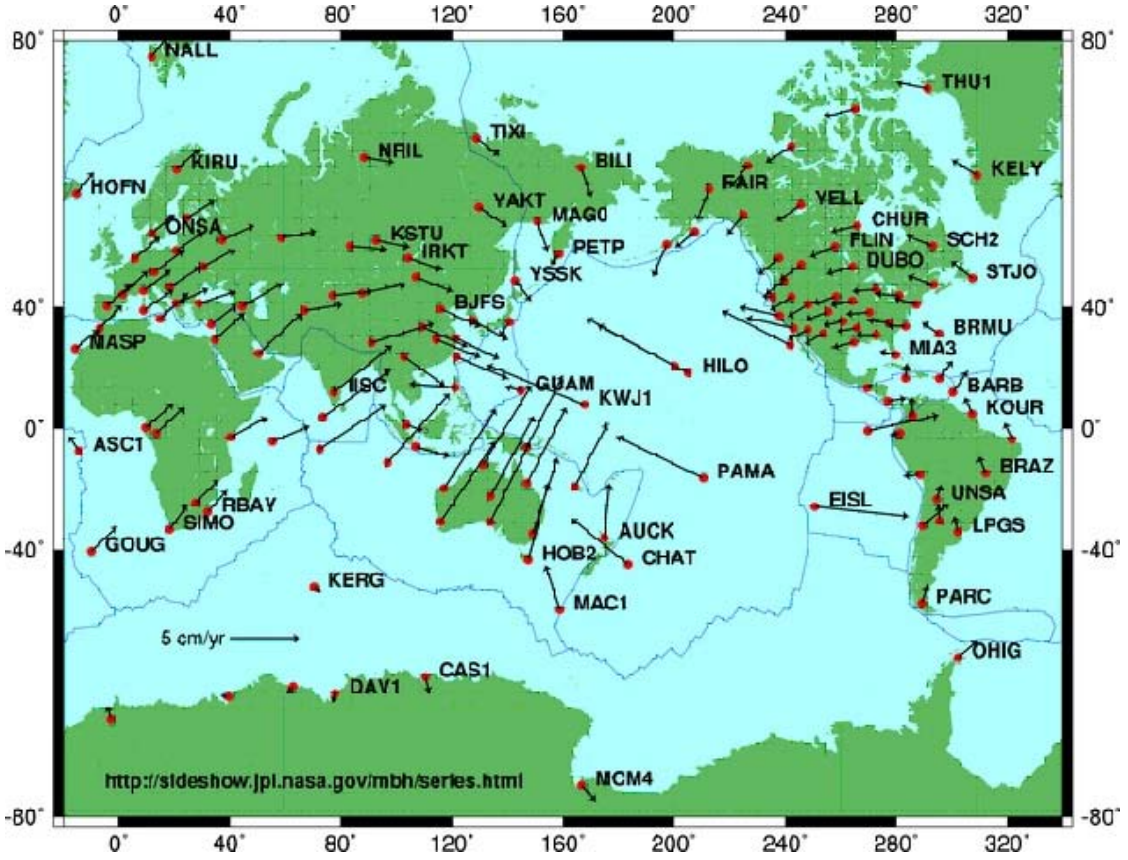
В началото на 20 век промените във въртенето на Земята са изтъкнати като основен геоложки фактор. През 1928 г. китайският геолог Лий Си Гуан първи описва вихрови структури с

хоризонтална ос в структурата на Китай. В България първи за вихрови структури и свързани с тях орудявания говори чл. кор. проф. Иван Велинов, д.н., но работата му е засекретена и забранена за публикуване.

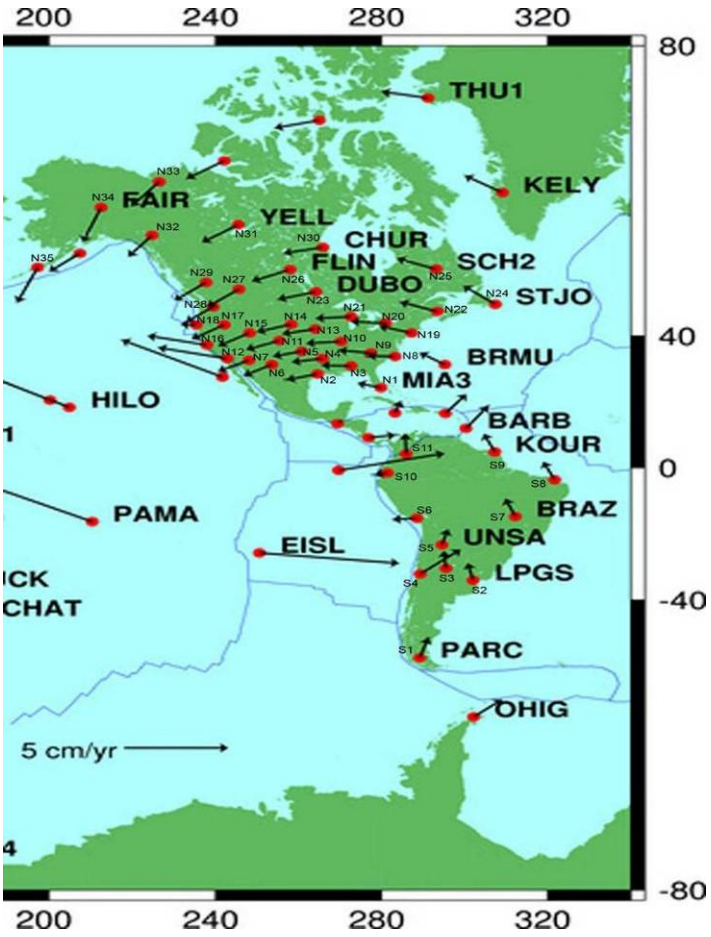
Натрупаните нови данни чрез дистанционните методи на изследване на Земята през последните 15-тина години показват, че поведението на Земята не може да бъде обяснено с общоприетата теория за тектоника на плочите. Въз основата на GPS данни двама български автори (проф. д-р Рангел Гюров, НБУ и ст.н.с д-р Бойко Рангелов, ГФИ-БАН) създадоха нова теория, наименована Corkscrew (постъпателно вихрово движение), която на база на дистанционните изследвания дава адекватно обяснение за динамиката на Земята [1].

Геодинамичен модел за движението на Южна и Северна Америка

На базата на данните от GPS-NASA наблюдения на репери (фиг. 1) в Южна и Северна Америка (фиг. 2) [2] са определени графично и аналитично големините на резултантните вектори на преместванията. Пресмятани са хоризонталните премествания на основните вектори по осите X и Y. Липсата на достъпни данни за премествания по оста Z не дава възможност за оценка в това направление. Първичните данни от изчисленията са представени в табл. 1, а резултантните вектори са нанесени на картата на фиг. 7.



Фиг. 1. GPS-NASA - измервания на репери



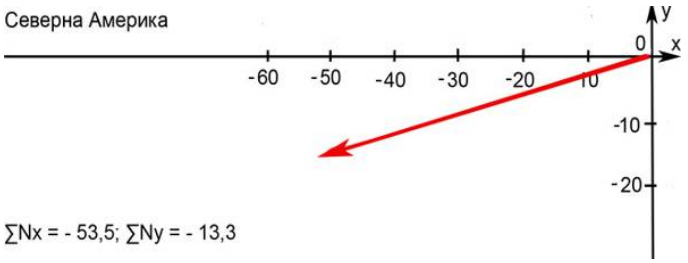
Фиг. 2. Наблюдаваните репери

Таблица 1. Първични данни на изчисленията за хоризонталните премествания на векторите по осите X и Y

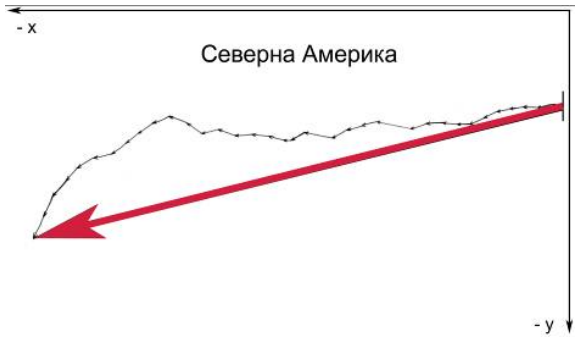
5 см/год. мащаб: → = 3,6 см		3,6/5=T/x; x=T.5/3,6		X=cosα .N	Y=sinα .N
Северна Америка					
ТОЧКА	**см**	**см/год.**	**ъгъл**	**X см/год.**	**Y см/год.**
N1	0,8	1,1	168	-1,1	0,2
N2	1,1	1,5	192	-1,5	-0,3
N3	1	1,4	180	-1,4	0
N4	1	1,4	189	-1,4	-0,2
N5	1	1,4	192	-1,4	-0,3
N6	1,1	1,5	207	-1,3	-0,7
N7	1,2	1,7	205	-1,5	-0,7
N8	0,9	1,3	149	-1,1	0,7
N9	1,1	1,5	173	-1,5	0,2
N10	1,2	1,7	182	-1,7	-0,1
N11	1,2	1,7	199	-1,6	-0,6
N12	2,4	3,3	167	-3,2	0,7
N13	1,1	1,5	192	-1,5	-0,3

N14	1,2	1,7	196	-1,6	-0,5
N15	1,2	1,7	209	-1,5	-0,8
N16	2	2,8	170	-2,8	0,5
N17	1,2	1,7	210	-1,5	-0,9
N18	0,4	0,6	178	-0,6	0
N19	1,1	1,5	164	-1,4	0,4
N20	1,2	1,7	177	-1,7	0,1
N21	1,2	1,7	180,5	-1,7	0
N22	1,3	1,8	162	-1,7	0,6
N23	1,4	1,9	194	-1,8	-0,5
N24	1,3	1,8	142	-1,4	1,1
N25	1,4	1,9	160	-1,8	0,6
N26	1,4	1,9	203	-1,7	-0,7
N27	1,3	1,8	213	-1,5	-1
N28	1,2	1,7	219	-1,3	-1,1
N29	1,3	1,8	217	-1,4	-1,1
N30	1,3	1,8	193	-1,8	-0,4
N31	1,5	2,1	210	-1,8	-1,1
N32	1,2	1,7	228	-1,1	-1,3
N33	1,4	1,9	228	-1,3	-1,4
N34	1,7	2,4	248	-0,9	-2,2
N35	1,7	2,4	245	-1	-2,2
				∑Nx= -53,5	∑Ny= -13,3

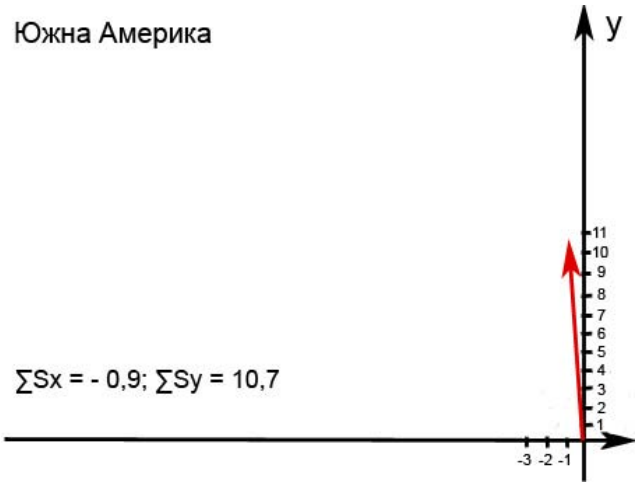
Южна Америка					
ТОЧКА	**см**	**см/год.**	**ъгъл**	**X см/год.**	**Y см/год.**
S1	1	1,4	70	0,5	1,3
S2	0,8	1,1	105	-0,3	1,1
S3	0,7	1	94	-0,1	1
S4	1,7	2,4	38	1,9	1,5
S5	0,7	1	73	0,3	1
S6	0,8	1,1	180,4	-1,1	0
S7	0,9	1,3	112	-0,5	1,2
S8	0,9	1,3	113	-0,5	1,2
S9	0,9	1,3	113	-0,5	1,2
S10	0,4	0,6	191	-0,6	-0,1
S11	0,9	1,3	90	0	1,3
				∑Sx= -0,9	∑Sy= 10,7



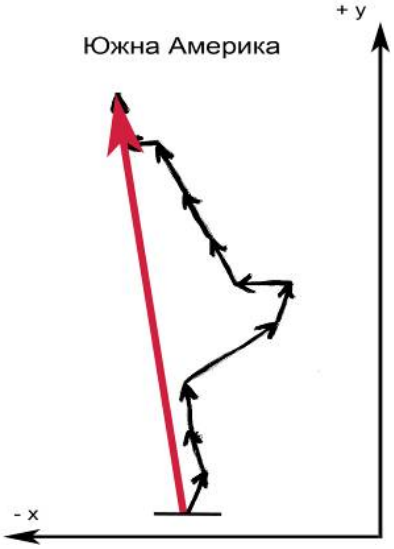
Фиг. 3. Резултантния вектор от аналитично решение на сума вектори за Северна Америка



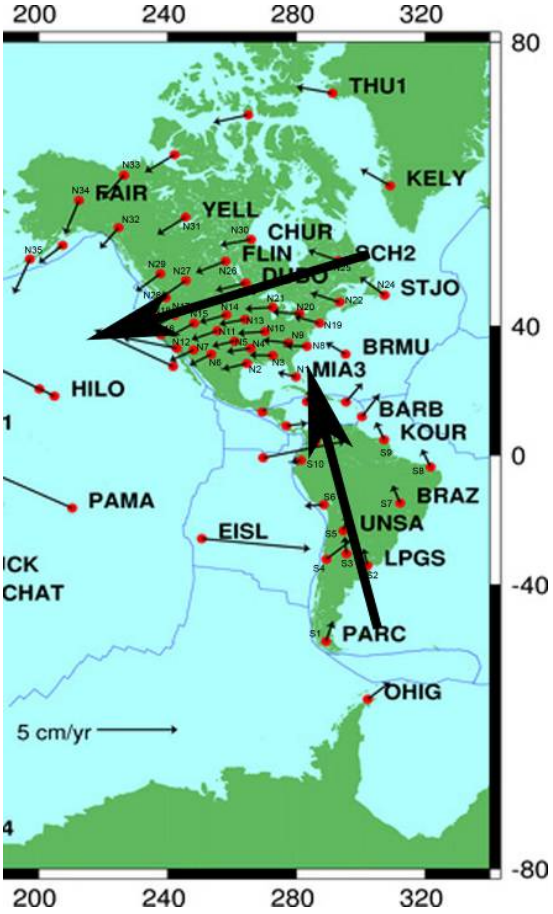
Фиг. 4. Резултат от графично решение на сума вектори за Северна Америка



Фиг. 5. Резултантния вектор от аналитичното решение сума вектори за Южна Америка



Фиг. 6. Графично решение на сума вектори за Южна Америка



Фиг. 7. Карта на векторите и резултантните вектори за Северна и Южна Америка

Заключение

Получените резултати позволяват да се направи извода, че Северна и Южна Америка извършват въртеливо движение обратно на часовниковата стрелка с център на въртене зона западно от Мексиканския залив, което съответства на Corkscrew-теорията. Скоростите на въртене са различни, което е предпоставка за деформации в посочената зона. В Южна Америка векторите са с различни посоки. Деформациите, предизвикани от напреженията, биха могли да бъдат както еластични, така еластично-пластични и пластични. При първия случай ще се предизвикат разрушения с появата на земетресения, а в другите два случая - геоморфоложки понижения (депресии) или повишения. Огромни територии с големината на континенти притежават реологични свойства и това дава възможност отделни участъци от тях да се движат в различни посоки. Преместванията могат да се следят чрез сателити. Отношенията „напрежения-деформации-време" предоставят възможност по осреднени данни да се правят прогнози на якостните и деформационни свойства на земните пластове, а от там и за вероятността за появата на земетресения по време и място.

Литература:

1. G u r o v R., B. R a n g u e l o v. The corkscrew theory – a new mechanism of the solid Earth geodynamics, Rotational processes in geology and physics, Geological Faculty of Lomonosov Moscow State University, Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division Russian Academy of Science, Moscow, KomKniga, 2007, 411-431

2. NASA, GPS Time Series
<http://sideshow.jpl.nasa.gov/mbh/series.html>

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

МОДЕЛ ЗА ДИНАМИКА И ДЕФОРМАЦИИ НА ЗЕМНАТА КОРА

Рангел Гюров, Ралица Берберова

Нов български университет
e-mail: rgjurov@nbu.bg

Ключови думи: *ротация на земното кълбо, главни напрежения, деформации*

Резюме: *Общоприета и официална теория за устройството и динамиката на земната кора е Теорията за тектоника на плочите. Последните дистанционни наблюдения на Земята дават основание за сериозни несъответствия на тази теория с новите данни и възможност за друга интерпретация за устройството и поведението на земната кора.*

A MODEL OF EARTH'S CRUST DYNAMICS AND DEFORMATIONS

Rangel Gjurov, Ralitza Berberova

New Bulgarian University
e-mail: rgjurov@nbu.bg

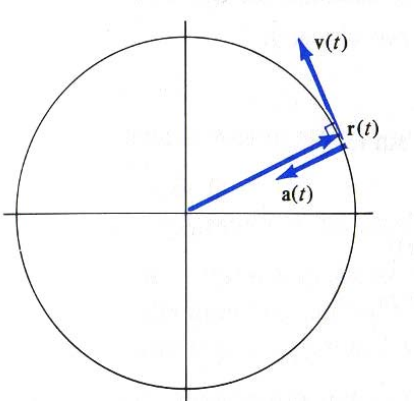
Key words: *Earth rotation, main tensions, deformations*

Abstract: *The conventional official theory about Earth's crust structure and dynamics is the Plate Tectonic Theory. The latest distant observations on Earth reveal serious discrepancy between this theory and new data providing reasons for new interpretation of Earth's crust structure and dynamics.*

Доминираща теория за устройството на земната кора и нейната динамика е Теорията за тектоника на плочите. Нейното значение за развитие на геологията и тектониката е огромно. Още с публикуването си среща сериозни несъгласия от редица учени, а някои от тях я отричат изцяло. Теорията е добре приложима за Америка и Атлантическия океан и с много малко аргументи за останалата част на земното кълбо. Несъответствията са представени много подробно в CORKSCREW-теорията на Рангел Гюров и Бойко Рангелов [4]. Последните данни от сателитните наблюдения на Земята дават възможност за ново интерпретиране на устройството и динамиката на земната кора.

Съществуват много теории и хипотези за начина на образуване на планетата Земя и всички приемат в основата си като причина ротационните и гравитационните процеси.

На фиг. 1 са дадени силите, които действат на материална точка на въртяща се сфера.



Фиг. 1. Кръгово движение

Силите предизвикват натискови, опънни и срязващи напрежения (главни напрежения).

Напреженията предизвикват деформации. Уравнението за движение на непрекъсната среда в тримерен случай е:

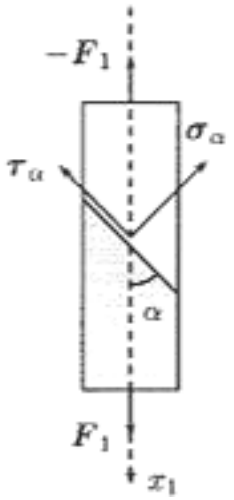
$$\rho\alpha_k = \frac{\partial\sigma_{k1}}{\partial x_1} + \frac{\partial\sigma_{k2}}{\partial x_2} + \frac{\partial\sigma_{k3}}{\partial x_3} + \rho f_k, \quad k = 1,2,3$$

Напреженията на наклонени площадки при едноосен и двуосен опън (фиг. 2 и 3) са съответно:

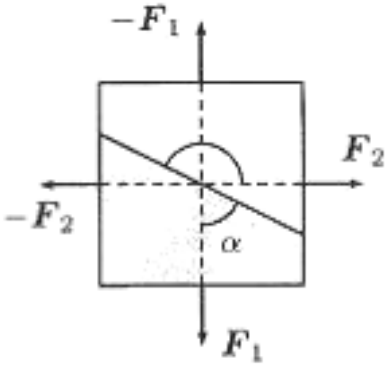
$$\tau_\alpha = \sigma_1 \sin\alpha\cos\alpha = \frac{1}{2}\sigma_1 \sin 2\alpha$$

и

$$\tau_\alpha = (\sigma_1 - \sigma_2)\sin\alpha\cos\alpha = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2)\sin 2\alpha$$

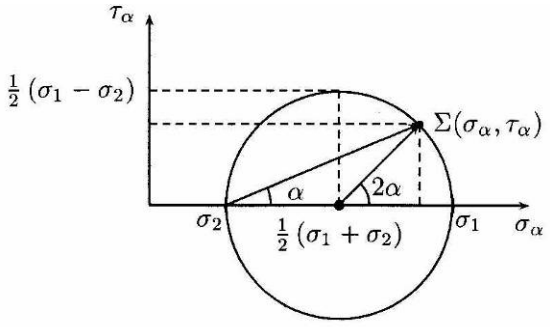


Фиг. 2. Едноосен опън



Фиг. 3. Двуосен опън

От известната диаграма на Мор (фиг. 4) биха могли да се намерят напреженията на натиск σ и на срязване τ .

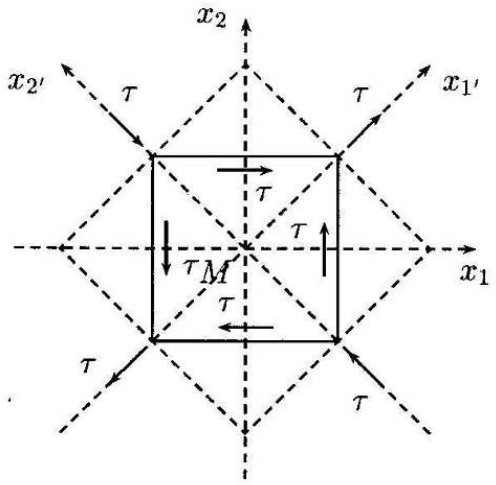


Фиг. 4. Диаграма на Мор

Неизвестният ъгъл α, под който са завъртени главните оси на главните площадки на напреженията, може да се определи по формулата

$$\alpha = \tfrac{1}{2}\arcsin\frac{2\sigma_{12}}{\sigma_1 - \sigma_2},$$

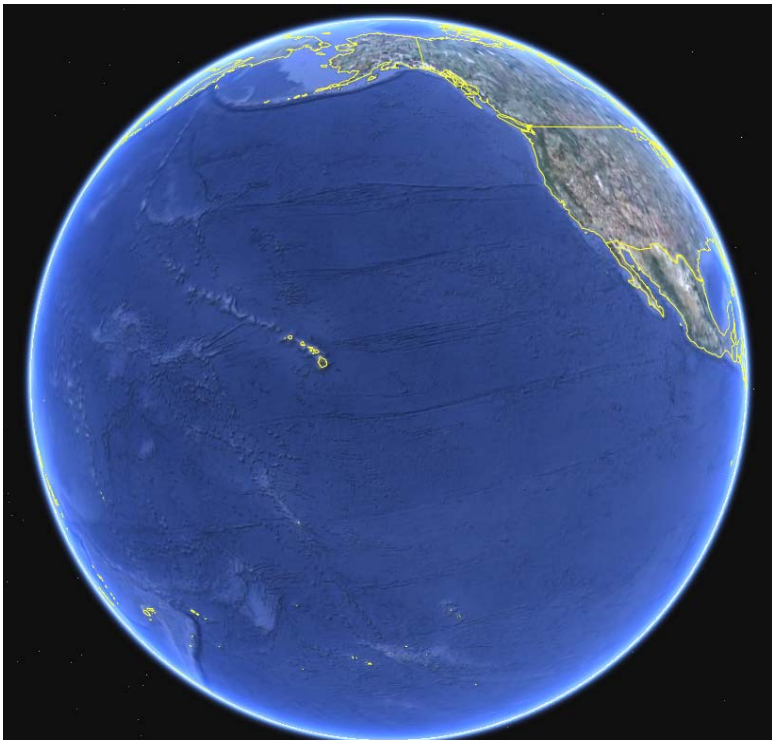
с което положението на осите е определено. Ако $\alpha = \pi/4$ имаме чисто срязване. При това положение големините на напреженията на опън и на натиск съвпадат с големината на срязващото напрежение τ (фиг. 5).



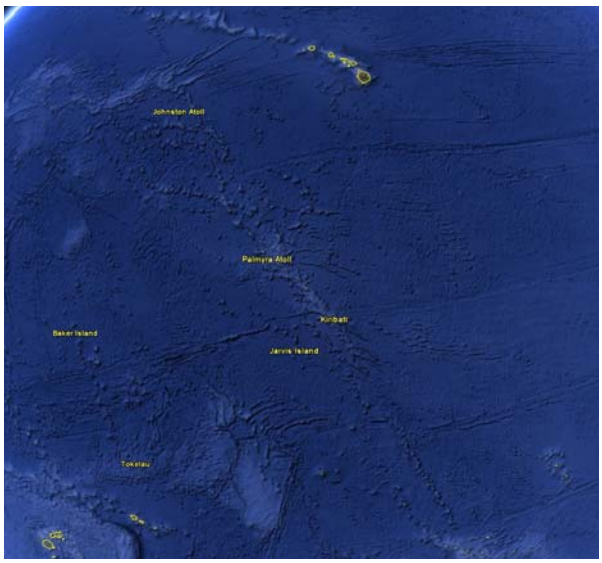
Фиг. 5. Площадки на срязващите напрежения

Посочените формули предоставят възможност при налични данни за якостните свойства на геоложки формации да се изчислят местата на разрушения и посоките на съответните площадки на напрежения. Възможна е и обратната задача - при известен ъгъл α да се намерят напреженията на разрушаване (*не употребяваме термина якост*).

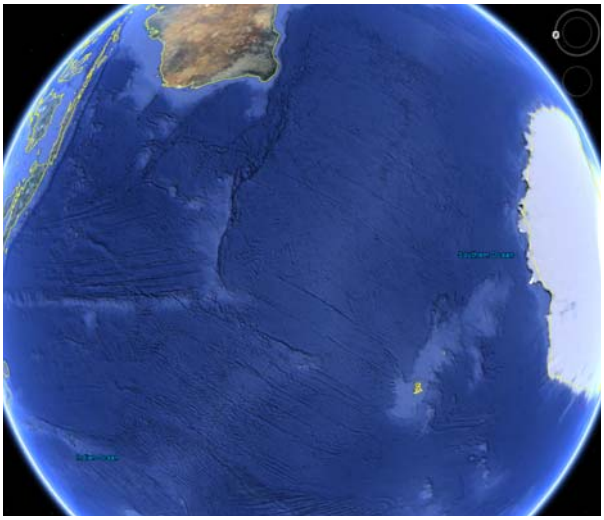
На фиг. 6 е представена сателитна снимка на земното кълбо, на която се виждат нарушени структури с размери над 10 000 км на 900 км.



Фиг. 6. Сателитна снимка на Тихоокеанската зона



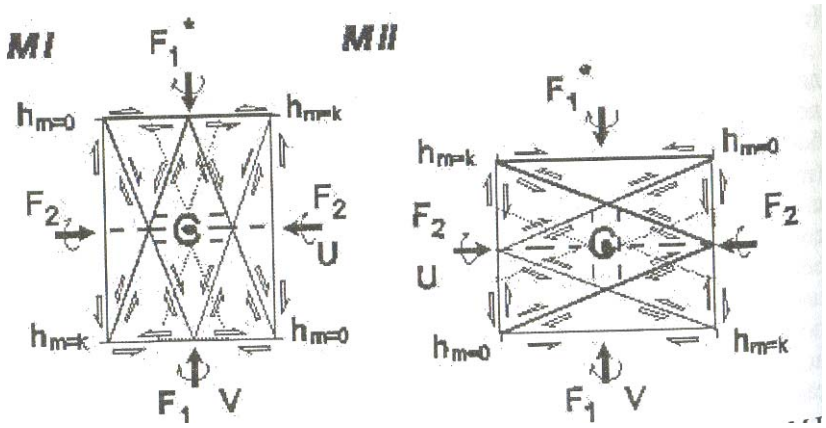
Фиг. 7. Сателитна снимка на нарушени структури в района на Кирибати (Екватора), Тихи океан



Фиг. 8. Сателитна снимка на нарушени глобални геоструктури – Тихи океан

Фиг. 9. Сателитна снимка на нарушени глобални геоструктури – Атлантически океан

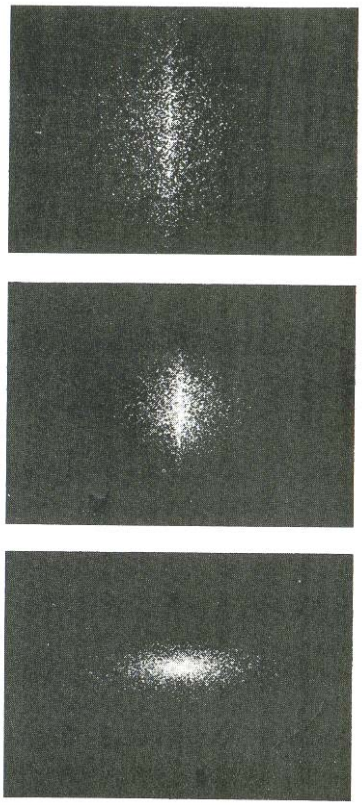
От фигури 6, 7, 8 и 9 може да се твърди следното: районът е претърпял най-малко две деформации, породени последователно от натискови и след това от опънни напрежения. Срязващите напрежения са последствия от тях. Поведението на земната кора е подобно на показаното на фиг. 10.



Фиг. 10. 2 типа натискови напрежения

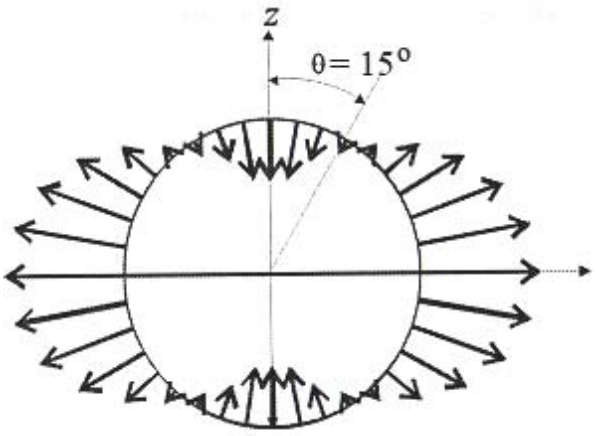
Напреженията на натиск предизвикват пропорционални деформации в еластичната зона (*Закон на Хук*). При разтоварване деформациите са обратими. Ако тялото е напрегнато предварително, при разтоварване може да бъде преодоляна якостта на опън или срязване. При преодоляване на якостта на опън се получават паралелни площадки, перпендикулярни на посоката на разтоварване и съответно площадки под ъгъл α, кореспондиращи на срязващите напрежения. При хомогенни скали или геоструктури нарушенията ще бъдат на еднакви разстояния. На фиг. 6 се забелязва подобен процес.

Вероятният механизъм е следния: при оформянето си като планета ротацията на първичния материал предизвиква максимални центробежни сили по екваториалната равнина и сили насочени по оста на въртене от полюсите към центъра на Земята (фиг. 11).



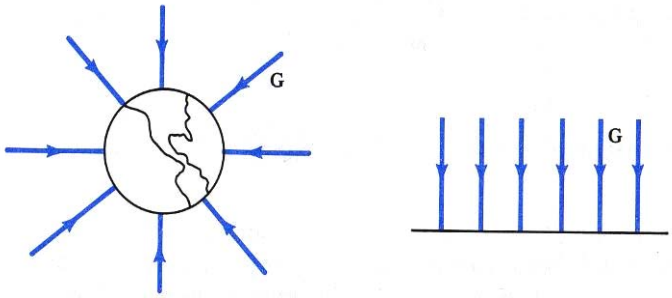
Фиг. 11. Ротация на космически газов облак

Силите, предизвикани от ротацията, са представени на фиг. 12.

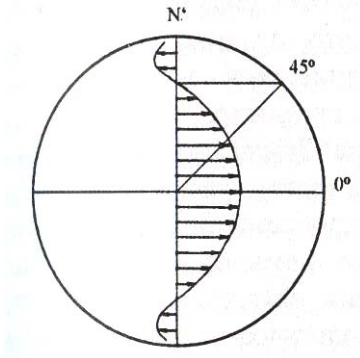


Фиг. 12. Сили, породени от ротация

Гравитационните сили (фиг. 13) са еднакви по стойност и няма да променят формата на графиката (фиг. 14).

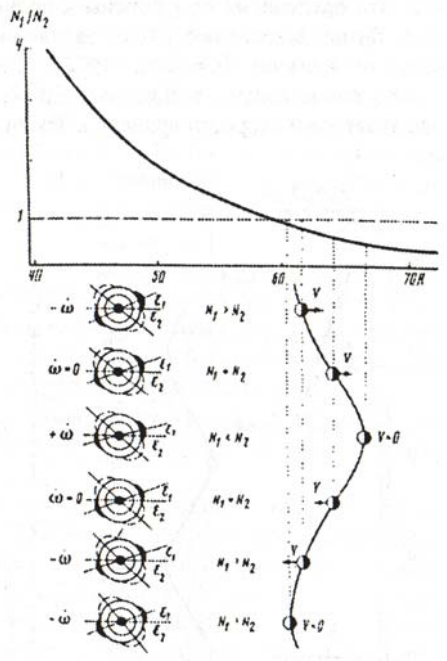


Фиг. 13. Гравитационни сили

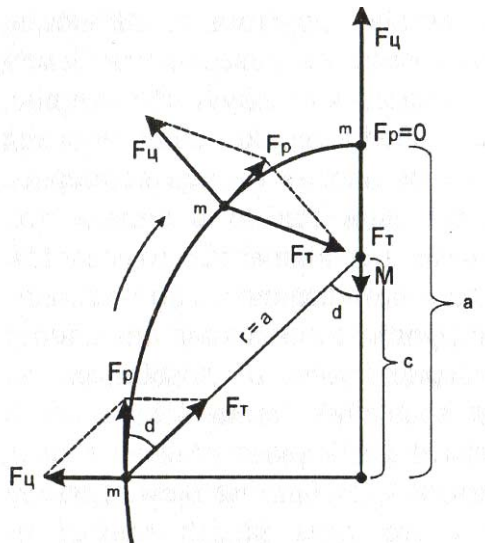


Фиг. 14. Графика на напреженията – по посока на оста на въртене на Земята

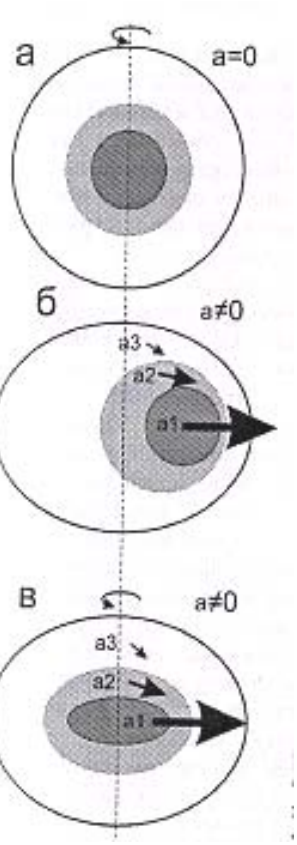
В процеса на оформяне Земята се намира в напрегнато състояние и след това започва нейното разтоварване и разширяване. При този процес се пораждат напрежения на опън, водещи до деформациите, показани на фиг. 6, 7, 8 и 9. Разширението би могло да причини катастрофични откъсвания на големи участъци от земната кора с последващи ефекти на "изтискване" на магма, вулканска дейност. Големи плочи от земната кора при потъването си могат да се подпъхват или раздалечават. Подобен процес е описан в контракционната хипотеза, но се разглежда само еднопосочно - като свиване. Процесът на свиване и разширение на земното кълбо и по други космически причини би довел до същия ефект.



Фиг. 15. Гравитационни сили като функция от разстоянието "Земя-Луна"



Фиг. 16. Движение на планета по елиптична орбита

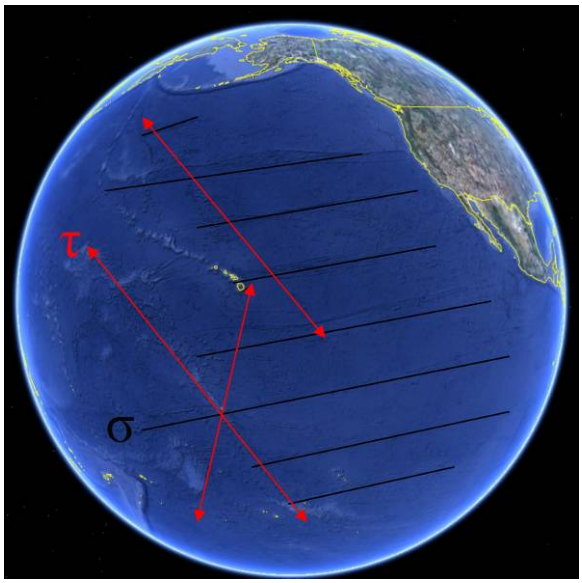


Фиг. 17. Приливно-отливни деформации като функция на гравитацията на Луната и Слънцето. Земята се деформира по екваториалната равнина

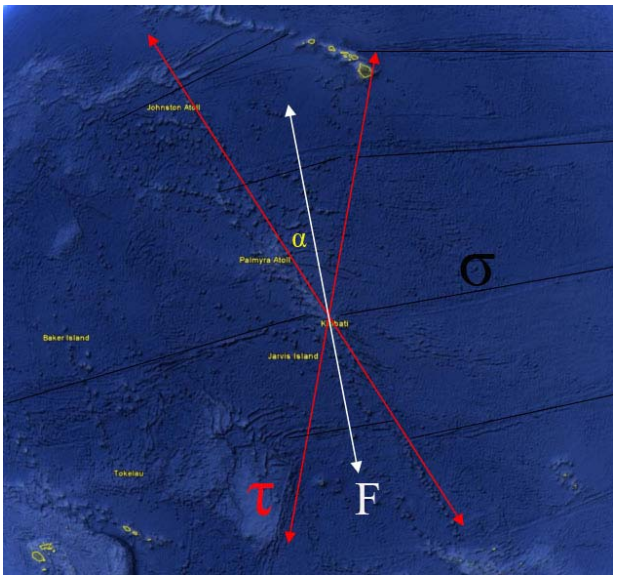
Заключения:

Теорията на плочите не е в състояние да обясни новите сателитни данни. Тя е погрешна теория.

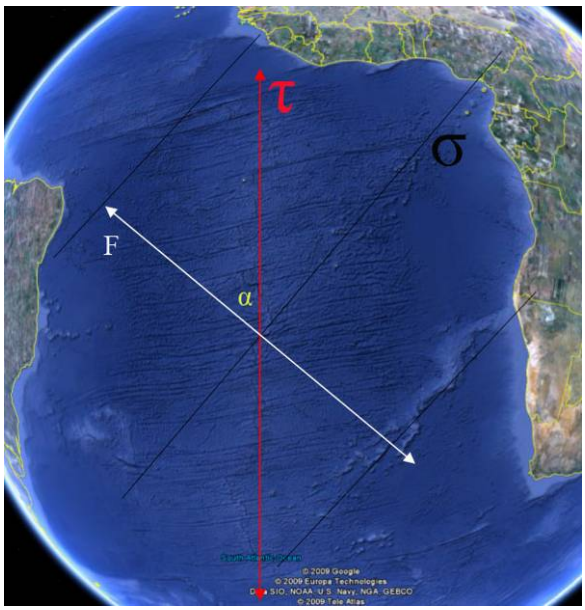
Ротацията и гравитацията на Земята водят до различни напрегнати състояния на земната кора, при което тя се деформира и нарушава главно от опънни и срязващи напрежения (фиг. 18 - 24).



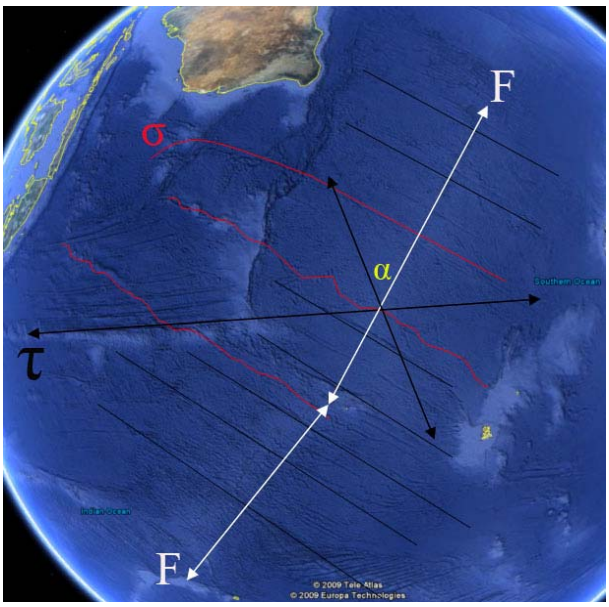
Фиг. 18



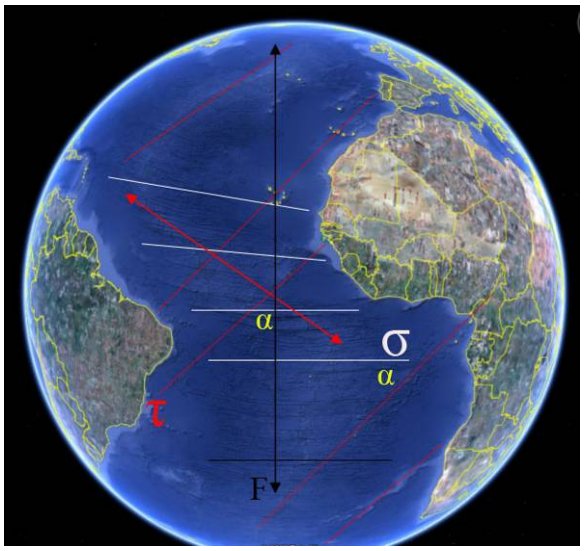
Фиг. 19



Фиг. 20

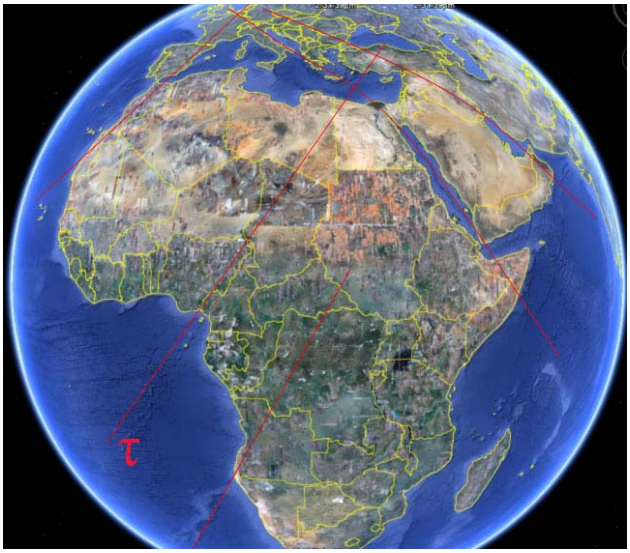


Фиг. 21



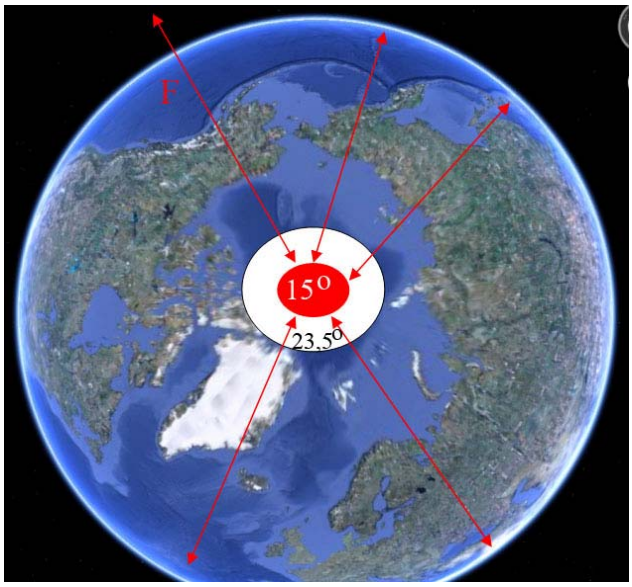
Фиг. 22

Фиг. 23



Фиг. 24

Осите на опънните и натисковите сили описват конус в рамките на 15^{O} по отношение на оста на въртене на Земята (фиг. 25).



Фиг. 25. Векторите на силите описват конус

Получените глобални нарушени структури се напрягат и деформират многократно, предизвиквайки ефекти на субдукция, колизия, дивергенция и др.

Земното кълбо е търпяло промени едновременно във вертикална и в хоризонтална посоки, но без значимо придвижване (дрейф на континентите), както е описано в Тектоника на плочите. В нарушените структури личат реликтови деформации (фиг. 21), които не могат да бъдат обяснени с Тектоника на плочите.

Литература:

1. Авсюк Ю., И. Суворова. Астрометрические, геофизические материалы наблюдений, дополняющие фонд геодинамической информации, Ротационные процессы в геологии и физике, Геологический факультет Московского государственного университета Ломоносова, Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН, М., 2007, 457-470
2. Ахвердиев А. Т. Новая геодинамическая модель перемещения литосферных масс, VII Международная конференция “Новые идеи в науках о Земле”, М., Университет Книжный дом, 2005, том 1, 8
3. Устинова В. Н., В. Г. Устинов, С. В. Васильев. Роль ротационных сил в формировании структур центрального типа, Ротационные процессы в геологии и физике, Геологический факультет Московского государственного университета Ломоносова, Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН, М., 2007,
4. Gurov R., B. Ranguelov. The corkscrew theory – a new mechanism of the solid Earth geodynamics, Rotational processes in geology and physics, Geological Faculty of Lomonosov Moscow State University, Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division Russian Academy of Science, Moscow, KomKniga, 2007, 411-431
5. Olenick R., T. Apostol, D. Goodstain. The mechanical universe – Introduction to mechanics and heat, Cambridge, 1989

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

КАРТОГРАФИРАНЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНОТО ЗАМЪРСЯВАНЕ В НАСЕЛЕНИ МЕСТА – ПЪРВИ РЕЗУЛТАТИ

Димитър Теодосиев[1], Гаро Мардиросян[1], Божидар Сребров[2]
Лъчезар Филчев[1], Цвета Среброва[1]

[1]Институт за космически изследвания – БАН
[2]Геофизичен институт – БАН
e-mail: dteod@space.bas.bg

Ключови думи: *мобилна телефония, електромагнитно поле, електромагнитно замърсяване*

Абстракт: *През последното десетилетие настъпи бурно развитие на телекомуникационните технологии и системи. Нарастването на енергетичния потенциал на техническите средства става за сметка на повишаване на мощността на радиопредавателите и тяхната концентрация в урбанизираните територии. Това, от своя страна, води до изменения на електромагнитното поле в околната среда. Това повишено ниво провокира въпроса доколко то може да окаже негативно влияние на човешкото здраве. Целта на настоящия доклад е да разгледа този проблем и да представи някои конкретни първи резултати от измервания и картографиране на електромагнитното замърсяване в населени места. Представени са и някои виждания за бъдещо развитие на тази дейност.*

MAPPING OF ELECTROMAGNETIC POLLUTION IN URBAN TERRITORIES – FIRST RESULTS

Dimitar Teodossiev[1], Garo Mardirossian[1], Bozhidar Srebrov[2], Lachezar Filchev[1], Tsveta Srebrova[1]

[1]Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences,
[2]Geophysical Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: dteod@space.bas.bg

Key words: GSM, electromagnetic fields, base stations, electromagnetic pollution

Abstract: *The recent decade was marked by the intense development of telecommunication technologies and systems. The increase of the technical facilities' energetic potential is accomplished through increasing the power of radio transmitters and their concentration in urbanized territories. This, in its part, results in changes in the surrounding electromagnetic field. The increased level of such fields raises the question as to whether it may affect negatively human health and how great this negative effect may be. The objective of this report is to consider this problem and to present some specific first results from measurements and mapping of electromagnetic pollution in urbanized territories. Some views on the future development of this activity are also presented.*

Днес трудно можем да си представим напрегнатото си ежедневие без мобилната телефония. В бита, съобщенията, транспорта, здравеопазването, борбата с аварийни и катастрофални ситуации, при конфиденциални разговори… и къде ли не, мобилната телефония създава удобство, сигурност, пести време и нерви, спасява хиляди човешки живота и предотвратява загуба на неизчислими материални ценности.

Но, наред с безспорните предимства, възниква въпросът безвредна ли е мобилната телефония и има ли тя негативно влияние върху човешкото здраве и самочувствие? Вече петнадесетина години този въпрос е обект на спорове и дискусии, като по понятни причини

актуалността му и обществения интерес към него постоянно нарастват. В цял свят учени от различни специалности правят лабораторни експерименти и полеви измервания с цел изясняване на въпроса.

Мониторингът на електромагнитните полета в околната среда е един от най-ефективните начини за получаване на достоверна и актуална информация за техните характеристики. Този процес, обаче, поставя сериозно теоретични, технически и организационни задачи и е пряко свързан с проблемите за защитата на хората и околната среда от неблагоприятните въздействия на електромагнитните полета в широка честотна област от 0 Hz до 300 GHz. В тази връзка са приети норми за интензивността на електромагнитните лъчения в работна и околна среда, регламентирани с национални нормативни документи и стандарти, а също и международни, като препоръките на Световната здравна организация (СЗО) и на Европейския съюз. За защита здравето на работещите от прякото или косвено въздействие на електромагнитните лъчения бе приета Директива 2004/40/ЕС. Влизането в сила на тази директива бе отложено за 30 април 2012 г., което е свързано с необходимостта от по-детайлна оценка на евентуалните отрицателни въздействия върху здравето на хората, икономиката и други заинтересовани лица, които могат да бъдат засегнати от нейното прилагане.

В редица европейски страни като Португалия, Гърция, Италия, Швейцария, Австрия и други, а също така в САЩ, Япония, Австралия, Израел и други се прилагат различни схеми и технически решения при реализирането на мониторинг на електромагнитните лъчения в урбанизирани територии.

Български учени и специалисти също извършват различни изследвания за електромагнитното замърсяване на околната среда. Правят се и опити за координиране на усилията на отделните научни институти, университети и мобилни оператори в тази насока. Основната дейност по контрола на електромагнитното замърсяване извършва лабораторията "Физични фактори" към Националния център по опазване на общественото здраве. Активна дейност развива Българския национален програмен комитет (БНПК) към Международен проект на Световната здравна организация по защита от електромагнитни лъчения, създаден със Заповед на Министъра на здравеопазването в Р. България. Тази дейност беше отчетена като успешна на годишната среща на БНПК, състояла се през есента на 2009 г.

Активно е и участието на учени от Българска академия на науките в срещи и консултации с водещи специалисти в областта на телекомуникациите, например като проф. Ернст Бонек от Faculty of Technology of University of Lund, Sweden, бивш член на борда на директорите на МОБИКОМ Австрия и г-н Horst Perti, Director Network Planning MTel.

Тази година завърши успешно един международен проект, финансиран по програмата INTAS за Югоизточна Европа на тема “Разработване на метод и стратегия за мониторинг на електромагнитното замърсяване за района на Западните Балкани”. Това е съвместен проект с колеги от университети и научни институти от Македония, Словения, Хърватия и Чехия, водеща научна организация в който е Институтът за космически изследвания при БАН. Крайната цел е изграждане на мониторингова система в урбанизирани територии, която да позволява събиране на експериментални данни в реално време за нивото на електромагнитните лъчения от различни източници, в диапазона от 0 до 30 GHz.

Учени и специалисти от БАН разработват Пилотен проект за изграждане на Система за мониторинг на ЕМП в диапазона от 100 кHz до 3 GHz в урбанизирани територии. Основания за разработването на този проект са както съвременните норми и изисквания за информираност на обществото относно състоянието на компонентите на околната среда, имащи пряко или косвено отношение към здравния статус на населението, така и необходимостта от независим обективен контрол от научни и обществени организации за спазването на санитарно допустимите норми за електромагнитно облъчване на населението, извън задълженията по своята същност държавни органи към Министерството на здравеопазването. Други мотиви са необходимостта от повишаване на знанията на учениците, студентите и обществото като цяло, за развитието на телекомуникационните технологии и тяхното отражение върху различните аспекти на нашия живот и не на последно място съвременните тенденции за развитие на двупосочните взаимоотношения научни изследвания/практически приложения.

Основните етапи от изпълнението на проекта и очакваните резултати са:

- Изграждане на пилотен проект на регионална мониторингова система на територията на някои от големите градове в България, който да създаде платформа/база за събиране на експериментални данни за нивото на електромагнитните лъчения от различни източници в реално време в диапазона от 100 кHz до 3 GHz.

- Съхраняване и достъп до данните чрез изграждане на ГИС-база-данни от измервания и моделиране разпределението на ЕМП.

- Използване на данните от мониторинга на ЕМП на територията на общината чрез интегрираната ГИС, която ще може да се използва и като Информационно-справочна система, осигуряваща лесен достъп до данните, съхранявани в ГИС и бързата им визуализация, и като Информационно-моделираща система за оценката на въздействието на електромагнитните лъчения върху природната среда.

Екип от БАН проведе първите пилотни измервания и картиране на електромагнитното замърсяване през 2009 г. в района на град Панагюрище, в десетина пункта в град Пловдив, в територията на село Кътина – Софийско и в отделни пунктове в град София.

По молба на кмета на Бургас и в изпълнение на Рамков договор между общината и БАН, е проведено пилотно измерване на около 60 пункта в района на град Бургас. По-късно беше проведена среща с обществеността на град Бургас, на която и специалисти от ИКИ-БАН и ГФИ-БАН изнесоха доклади по темата.

Сключен е и рамков договор между Института за космически изследвания при БАН и Община Пловдив за съвместна работа, включително и по измерване и картографиране на електромагнитното замърсяване от мобилната телефония. Чрез специална web страница на общината данните от тези измервания ще бъдат достъпни в реално време за всички граждани,

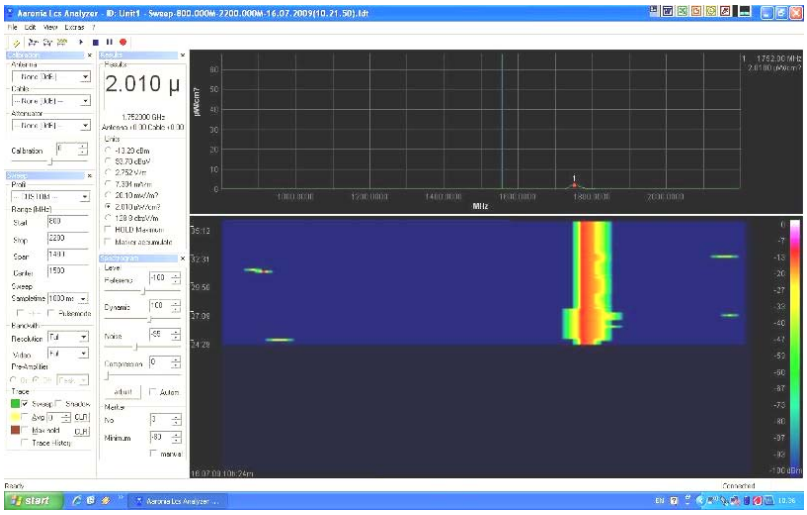
Измерванията са проведени с два идентични комплекта мобилна апаратура “SPECTRAN”, производство на немската фирма AARONIA AG (фиг. 1). Комплектът включва прибор “SPECTRAN NF 5010”, измерващ в диапазона от 1 Hz до 1 MHz и “SPECTRAN HF 6060”, измерващ в диапазона от 1 MHz до 7 GHz. Всеки комплект съдържа още и две антени тип Hyper LOG 7060, съответно за първия и втория прибор. Към комплекта е закупен и специализиран софтуер на фирмата-производител, позволяващ съхраняването в различни формати на данните от измерванията и провеждане на последващ спектрален анализ. Това позволява не само да бъдат охарактеризирани отделни обекти, излъчващи електромагнитни вълни, но и да бъде измервана плътността на излъчваната мощност от антената на базовата станция, чрез пряко насочване на антената на прибора към антената на базовата станция. Двата комплекта апаратура са закупени през месец март 2009 г, от когато е и тяхната фабрична калибровка. Според техническото му описание точността на прибора “SPECTRAN HF 6060”, с който са измервани нивата на плътността на мощността на енергийния поток за ЕМП от базови станции, е ± 3 dBm.

Понастоящем екипът разполага с 3 идентични апарата “SPECTRAN”, съответно собственост на Българска академия на науките, на Нов български университет и на македонския Институт ГАПЕ в Скопие, с който специално в областта на измерване на електромагнитното замърсяване на околната среда поддържаме дългогодишна връзка. Наличието на три идентични заводски калибрирани и атестирани измервателни апарата позволява надеждни синхронни измервания в 3 различни точки.

Фиг. 1. Комплектът SPECTRAN HF 6060

Измерванията са проведени в честотния диапазон 800–2200 MHz, който обхваща честотите на всички мобилни оператори у нас. Данните от отделните цикли на измерване, всеки с продължителност около 10 минути, са записвани в цифров вид директно на преносими компютри, свързани с приборите. Приборите са настроени да правят запис на данните от измерванията на всеки 1000 ms. Данните за всяко измерване са в dBm, привързани са към

абсолютното време, регистрирана е честотата в MHz за всяко измерване и отделно са регистрирани максимумите на излъчването за различните наблюдавани честоти. Данните са съхранени в цифрови файлове и са обединени с допълнителна съпътстваща информация, като географски координати, карта на района, местоположение на антените, записи на спектрограмите в графичен вид за всеки интервал на измерване и фотографии на местата на измерване с монтираните антени. С цел директно сравнение с пределно допустимите норми по БДС и други международни и национални стандарти чрез софтуера е направено превръщане на стойностите на измерваните величини от dBm в mW/m^2 или в $\mu W/cm^2$. На фиг. 2 са илюстрирани резултатите от измерванията на ЕМП за един от пунктовете, а в Таблица 1 е показана структурата на записа на обобщени резултати от някои максимални измерени стойности за отделни пунктове в района на град Бургас в различни времеви интервали.



Фиг. 2. Разпределението на интензивността на електромагнитното лъчение (dBm) във времето (по вертикалната ос в долната част на картината). Виждат се регистрираните максимални пикове на интензитета за съответните честоти - максимуми при 1752 MHz, при 968 MHz и 2144 MHz и най-слабия от тях на около 1300 MHz, изброени в низходяща градация по интензивност

Таблица 1. Примерен запис на някои от обобщените резултати

№	Измервателен пункт	Максимална стойност на измереното ЕМП MHz / $\mu W/cm^2$ (1-во измерване)	Максимална стойност на измереното ЕМП MHz / $\mu W/cm^2$ (2-ро измерване)	Максимална стойност на измереното ЕМП MHz / $\mu W/cm^2$ (3-то измерване)
1	Блок 38	1752 / 0,877	968 / 0,050	912 / 0,031
2	К-с «Лазур», бл. 33	1752 / 0,946	1752 / 0,912	1752 / 0,927
3	ОУ «П. Яворов»	940 / 0,148	884 / 0,048	1752 / 0,899
4	Блок 38	1752 / 0,887	940 / 0,037	1836 / 0,005
5	К-с «Меден рудник» - ОДЗ	1752 / 0,513	968 / 0,004	-
6	Ул. “Б. Киро” № 26	968 / 0,040	1752 / 0,447	1752 / 0,504

Анализът на максималните измерени стойности за различните пунктове, направени през светлата част на деня (09:30 – 17:00) за двата дена на измервания, показват стойности под пределно допустимата норма от 10 $\mu W/cm^2$ за плътността на мощността на електромагнитното излъчване в честотния диапазон от 300 MHz до 300 GHz, съгласно Българския държавен стандарт и Наредба 9/1991 г. Измерените максимални стойности са почти на порядък по-ниски от допустимите норми, като максималната измерена от нас стойност е 0,946 $\mu W/cm^2$ за работна честота на предавателната антена 1752 MHz. Трябва да се отбележи, че измерванията са направени извън определените за всяка една от антените хигиенно-защитени зони.

Измерените стойности са за отделните предаватели. За анализ на влиянието на ЕМП върху здравето на хората трябва да се взема предвид сумарната стойност на измерените плътности на мощността за всички предаватели, излъчващи в близост до точката на измерване, за която цел трябва да се използват изотропни антени. В нашите измервания е използвана насочена логопериодична антена. Необходими са мониторингови измервания за получаване на по-пълна картина на пространствената и времева динамика на излъчванията.

Измерванията са проведени в летния сезон, който се характеризира с по-слаб трафик за всички GSM–оператори за градски условия, а това е свързано и с по-ниското ниво на излъчване от антените. Този факт е особено съществен за измерените стойности в районите на детски градини и училищни дворове, като особено при последните трябва да се очаква няколкократно завишен трафик на мобилните комуникации в периода на учебни занятия.

Сравнението между измерените плътности на мощността на електромагнитното излъчване в честотния диапазон от 800 MHz до 2,2 GHz за пунктовете в централната част и периферната части на града, каквито са к-с "Лазур", от една страна, и жилищните райони "Меден рудник" и "Славейков" - от друга, показват по-високи нива в полза на централните части. Регистрираните нива на излъчване за централната част са около два пъти по-високи от нивата в периферните райони на града и въпреки това са под пределно допустимите норми.

Резултатите от измерванията и проведените анализи и сравнения със съществуващите подобни мониторингови системи в различни страни доказват категорично необходимостта и ефективността от използването им. В окончателния си вариант една мониторингова система за измерване на електромагнитните полета ще има следните възможности и предимства:

- Съхраняване и достъп до данните чрез изграждане на ГИС-база данни за резултати от измервания и моделиране на разпределението на ЕМП;
- Съхраняване в интегрирана ГИС-база данни на резултати от мониторинга за същото населено място и на други физически и химически фактори, влияещи върху състоянието на околната среда, като например: шум, температура, влажност, химически компоненти на въздуха, йонизиращи лъчения, вариации на геомагнитното поле и други. Това дава възможности за провеждане на разширен и задълбочен анализ за влиянието на различните фактори на околната среда върху здравето на хората.
- Разширен диапазон на мониторинг на ЕМП в диапазона от 100 kHz до 3 GHz. Това включва не само честотите на мобилните оператори, но и на радио- и телевизионните предаватели и други служебни комуникации.

Авторите благодарят на кметовете и общинските служители от споменатите по-горе общини, както и на ръководствата на Института за космически изследвания и на Българската академия на науките за съдействието при провеждане на измерванията.

Литература:

1. Council of the European Union, "Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)", *Official Journal of the European Communities*, L 199/59, Brussels, Belgium, July 1999.
2. D a n e s t i g, J. Analysis of RF Exposure from Radio Base Station Antennas in Operating Environments, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2004.
3. G e t s o v P., D. T e o d o s i e v, E. R u m e n i n a, G. M a r d i r o s s i a n. Bulgarian Participation in the Project SEE_Era.NET-EU PROGRAMME, International Conferencee Fundamental Space Research, 2008, pp. 399–402.
4. G e t s o v P., D. T e o d o s i e v, E. R o u m e n i n a, M. I s r a e l, G. M a r d i r o s s i a n, G. S o t i r o v, B. S r e b r o v, S. V e l k o s k i, P. G a j e s e k, D. S i m u n i c. Methods for Monitoring Electromagnetic Pollution in the Western Balkan Environment, Proceedings of the Third Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY, June 2007, Varna, Bulgaria, pp. 209–213, 2008.
5. H a r r i n g t o n, R. Field Computation by Moment Methods, John Wiley - IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, 1993.
6. M a r t í n e z – B u r d a l o, M., L. N o n í d e z, A. M a r t í n, R. V i l l a r. On the calculation of safety distances for human exposure to electromagnetic fields from base station antennas, Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 43, No. 5, 2002, pp. 364–367
7. O l i v e i r a C., Estimation of Exclusion Zones for Base Station Antennas in Wireless Communication Systems, MSc. Thesis, Instituto Superior Técnico (Technical University of Lisbon), Lisbon, Portugal, 2006.
8. WIPL-D, www.wipl-d.com.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ИЗСЛЕДВАНЕ НА СКОРОСТИТЕ НА ДЕФОРМАЦИЯ НА СВЛАЧИЩЕТО ПРИ КВ. ОРАНОВО (Г. СИМИТЛИ) ПРЕЗ 2009 ГОДИНА С ПОВТОРНИ GPS ИЗМЕРВАНИЯ

Александър Гиков

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: gikov@mail.space.bas.bg

Ключови думи: *Свлачище, GPS*

Резюме: *Обект на изследване е свлачище в североизточната част на Симитлийската котловина, активирано през пролетта на 2009 г.. За изучаване на деформациите са поставени 4 репера. Представени са резултатите от четири последователни GPS измервания, проведени през 2009 г. За целия период от 168 дни са регистрирани значителни придвижвания, достигащи до 66,7 т. Средните скорости варират между 13 cm/ден и 40 cm/ден.*

VELOCITY INVESTIGATION OF LANDSLIDE NEAR ORANOVO (SIMITLI MUNCIPALITY) USING CONSECUTIVE GPS MEASUREMENTS CARRIED OUT IN 2009

Alexander Gikov

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

Keywords: *Landslide, GPS*

Abstract: *The study subject is a landslide in the North-East part of the Simitli Kettle (Strouma River Valley), which was activated in the spring of 2009. Four reference marks were fixed to monitor deformations. The results from four consecutive GPS measurements carried out in 2009 are presented. Throughout the entire period of 168 days, significant shifts were identified reaching up to 66.7 m. Average velocities vary between 13 cm/day and 40 cm/day*

Въведение

Свлачищата са един от основните елементи, формиращи геоложката опасност в България. Тяхното значение е голямо, защото в резултат на тях става разрушаване на различни инженерни съоръжения, а в най-тежките случай се стига и до човешки жертви. Обикновено движенията в свлачищата са бавни, но понякога се стига и до внезапни раздвижвания и именно тогава се случват големите трагедии. Затова е важно да се знаят параметрите на тези движения, още повече, у нас подобни данни могат да се намерят главно за свлачищата северно то Варна [1, 2].

Обект на изследване е свлачището над квартал Ораново (г. Симитли), което се активира през пролетта на 2009 г. **Цел** на доклада е да се представят получените резултати от извършените четири GPS измервания на определени репери, разположени в свлачищното тяло.

Характеристика на свлачището

Симитлийската котловина се отличава с висока степен на геоложки риск. Освен че в района се намира най-сериозния сеизмичен център в България, по периферията на грабена са формирани редица свлачища, обект на други изследвания [3].

Свлачището е развито по южния склон на един от доловете, идващи от изток – нископланинската част на Рила. То има продълговата форма с дължина от главния откос до

края на свлачищния език около 400 m. Ширината му е между 80 m и 140 m. Дългата ос е с направление ССИ-ЮЮЗ. Площта му е около 35 ha в план. Наклонът на инициалната повърхност е от около 25 ^{o} в горната част на склона до 30 ^{o} в долната му част. Цялото свлачище е формирано в седименти с неогенска възраст – меот [4]. В литоложко отношение това са пясъчници и конгломерати [4]. Има също и глинести слоеве, които се явяват предпоставка за формиране на хлъзгателна повърхнина.

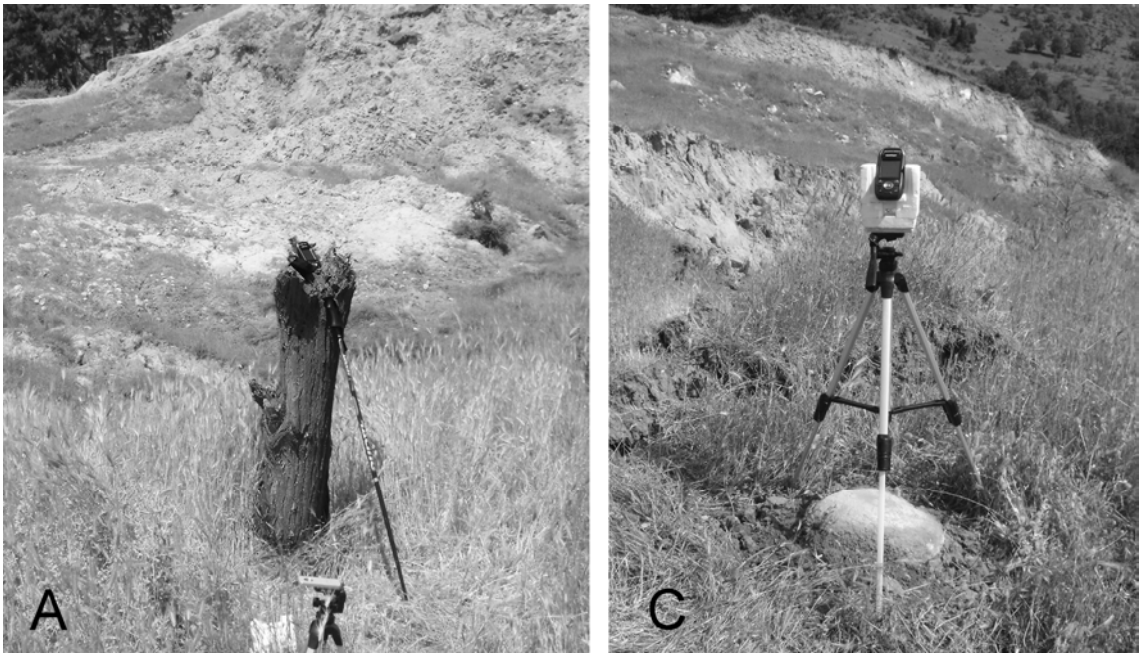
По форма свлачището може да се причисли към циркусния тип. Главният откос в западната си част е висок около 20 m, а в източната около 30 m. Под него е оформена първата свлачищна тераса. Поради наличието на обратни на основния склон наклони са образувани две езерца. По-голямото има приблизителни размери 10/20 m. По-надолу следва постепенен, не стръмен преход към втората свлачищна тераса. Тя е по-ясно оформена в източната част на свлачището, където е образувано още едно малко по-голямо и трайно езеро с размери 30/12 m, От тук надолу наклонът е по-голям и се наблюдава значително раздробяване на първоначално по-едрите свлачищни блокове. Материалът до толкова се раздробява, че в долната част преминава в консистентна маса, която формира свлачищен език. Той е достигнал до дъното на дола и там е образувал преграден вал с височина около 5 m. В резултат на това при първото посещение в края на май 2009 г. там се беше образувало временно езерце, което по-късно през лятото се осуши.

Значителното натрупване на свлачищни маси (ноември 2009 г.) в долната част на свлачището доведе до образуването на свлачищен вал и продълговато езерце (25/5 m)пред него. Поради по-малкия наклон в тази част може да се приеме, че тук е формирана третата свлачищна тераса.

На около половин километър на север се забелязват откосите на още едно, по-старо свлачище. То се вижда и на архивните аероснимки от 1988 г., с които разполагаме в секция „Дистанционни изследвания на Земята" при ИКИ – БАН. В непосредствена близост в същата посока се намира подземна въглищна мина. От разговорите с местни жители стана ясно, че те намират пряка връзка между подземните разработки и повърхностното свличане.

Измерване на скоростите на придвижване

Първото посещение на свлачището е направено в края на месец май 2009 г. Въз основа на предположението, че свлачищният процес не е приключил се взе решение да се организира наблюдение чрез повторни измервания на репери в свлачищното тяло. За целта при следващото посещение на 6 юни са подбрани четири обекта, които са временно укрепени и маркирани с боя.



Фиг.1. Репери **A** и **C** – снимка 6 юни 2009 г

Репер „**A**" представлява дънер от акация с височина около 1,2 m. В горната му част има разклонение, което е много удобно за поставяне на GPS приемникът. Това място е маркирано със сигнален спрей в ярко червено. В последствие се установи, че този репер е най-сполучливият за това свлачище. Причината е, че благодарение на запазените си корени,

дънерът се запазва на повърхността и вероятността да бъде погълнат от свлачищната маса е малка.

За репер „**B**" е използван бял гранитен камък с овална форма и размер около 30 cm , който беше поставен на ръба на малка свлачищна тераса и маркиран с червен спрей. Очертан е страничен кант в надземната му част за да може да се забелязва от далеч. Върху темето на камъка е начертана кръгла точка с диаметър около 5 см, която фактически е точката за измерване. За фиксирането е изкопана дупка и пръстта отстрани е трамбована. Цимент и пясък не са използвани. Приложението на такъв тип репери е по-подходящо за по-бавно развиващи се свлачища. Недостатъкът им е, че поради малката си площ камъкът е възможно да пропадне в някоя свлачищна цепнатина и да бъде затрупан. По-късно откриването му е невъзможно.

За репер „**C**" също е използван камък. Размерът е малко по-голям (50 cm) обозначен е по-същия начин с боя. Репер „**D**" е установен в клоните на единично дърво на характерно разклонение. Място е маркирано. Поставянето на този репер на това място по-късно се отчете като грешка. Причината е, че при движението си надолу, заедно с останалата част от свлачището, дървото се наклони. Така разликите между две GPS измервания отчитат освен общото движение на свлачището, също и вектора на преместване, дължащ се на накланянето на дървото.

Разположението на реперите **A**, **B** и **D** е направено така, че при началното измерване те бяха подредени приблизително в една линия, перпендикулярна на дългата ос на свлачището и отстояща на около 150 m от главния свлачищен откос. Целта е да се регистрира дали в някои части движенията са по-бързи или свлачищното тяло се придвижва равномерно надолу. Възможно е в периферията при бордовете придвижванията да са по-малки от тези в централната част на свлачището. Репер **C** се намира 50 m по-нагоре. Местоположението му е определено с цел да се провери дали в горната част движенията са по-бавни или сходни с по-ниско разположените части. Първоначалният план беше да се поставят още репери, но се оказа, че технологичното време не стига, за да се направят измервания на повече пунктове с тази техника, която беше на разположение.

Измерванията са проведени в четири дати, между които интервалът не е еднакъв: 6 юни, 17 юли, 21 август и 20 ноември (Табл.1). Беше планирана още една дата – 2 октомври, но времето не позволи провеждането на измервания.

Измерванията се осъществиха с GPS приемника на секцията – Magellan Mobile Mapper 6. Това е едночестотен апарат, който не е предназначен за високоточни измервания и изследване на деформации. Обикновено го използваме за засичане на координатите на опорни точки за орторектификация на аеро-космически изображения. Оказа се обаче, че движенията са толкова бързи и значими, че могат категорично да се регистрират с такъв не много прецизен уред. Тъй като точността за измерване на височините (***z***) е малка, в доклада са разгледани само разликите, установени по ***x*** и по ***y***. На всеки един от пунктовете са правени средно по 3 измервания. Целта е да се установи взаимен контрол между отделните измервания. В пункт **D** на 17 юли и 21 август е проведено само по едно измерване. Причината е, че като последен пункт за него често не остава време. А време е необходимо, защото за да може да се натрупат достатъчно сурови данни (Raw Data), които после да се подложат на последваща обработка е нужно измерването да продължи поне 15 минути.

Табл.1. Премествания на наблюдаваните репери по срокове и средни скорости на движения

	дата/период	репер			
		A	**B**	**C**	**D**
максимално разпръскване при измерване (m)	6 юни	0.13	0.30	0.13	0.30
	17 юли	1.10	0.27	0.14	
	21 август	0.25	0.30	0.10	
	20 ноември	0.11		0.09	0.07
премествания по периоди (m)	6 юни -17 юли (41 дни)	12.30	10.50	7.60	11.60
	средно на ден за първия период	0.29	0.25	0.18	0.28
	17 юли-21 август (35 дни)	8.30	8.60	2.60	6.70
	средно на ден за втория период	0.24	0.25	0.07	0.19
	сумарно 6 юни - 21 август	20.60	19.10	10.20	18.30
	21 август - 20 ноември (91 дни)	40.30		11.50	48.40
	средно на ден за третия период	0.44		0.13	0.53
	сумарно 6 юни - 20 ноември (168 дни)	60.90		21.70	66.70
	средно на ден за целия период	0.36		0.13	0.40

Последващата обработка (post processing) на суровите данни се извършва със софтуера Mobile Mapper 6 Office 1.0.1.1. Той ползва данни от референтни перманентни станции в RINEX формат за да коригира суровите данни и подобри точността на измерване. При обработка на данните от свлачището като референтна станция е ползвана Сандански. Тя е най-близката станция (40 km), чиито 30 секундни RINEX корекции се разпространяват безплатно в интернет. Тази перманентна станция е създадена по проекта HemusNet [5] и данните от нея (както и от другите станции в проекта) може да се изтеглят от адрес: http://www.hemus-net.org/

Недостатък на софтуера Mobile Mapper 6 Office 1.0.1.1 е, че той позволява при обработката да се ползват данните само от една референтна станция. За да се проверят резултатите, при ползване на друга станция, суровите данни бяха обработени с корекции от станцията SOFI. Тази станция се намира близо до София, между с. Кокаляне и с. Железница и е част от мрежите EUREF и IGS. Данните в RINEX формат могат да бъдат изтеглени от ftp-сървър с адрес: ftp://igs.bkg.bund.de/IGS/obs/. Получените разлики в местоположението са незначителни и понеже тя е почти двойно по-далече (76 km), в сравнение със Сандански, за корекция са използване само данните от станция Сандански.

След обработката в софтуера, изходните данни са във вид на ГИС слой от точки във shp формат. Това позволява измерването между положенията на даден репер да се извърши директно в ГИС среда.

Първият наблюдаван период е с интервал между двете измервания 41 дни (табл.1). За това време и четирите репера отбелязват значителни придвижвания. Репер **A** – 12,3 m, репер – **B** 10,5 m, репер – **C** 7,6 m и репер **D** – 11,6 m. Измествания са големи и се дължат на движенията в свлачището, а не на грешки при измерването. Отклоненията (разпръскването) между отделните измервания на 6 юни на един и същи пункт не са големи. Разстоянието между крайните точки от трите измервания по 15 минути в пункт **A** е само 13 cm. Малко по-големи са тези стойности при репер **B** (30 cm), където има 4 измервания и именно четвъртото измерване е малко по-далеч, но то е по-кратко (10 мин.). При реперите **C** и **D** стойностите са съответно 0,13 m и 0,3 m.

Най-голямото отклонение е получено на 17 юли при пункт **A** – 1,1 m. Причината вероятно отново е в по-краткия срок – 10 минути. Останалите 3 измервания (две от 15 мин. и едно от 20 мин.) в същия пункт показват отклонение само 12 cm. В този смисъл за отчитане на разстоянието между положението на репера на 6 юни и 17 юли е използван центърът между трите по-дълги измервания, а четвъртата точка е игнорирана. На същата дата разпръскването в пунктовете **B** и **C** е съответно 14 и 27 cm. В пункт **D** има само едно измерване.

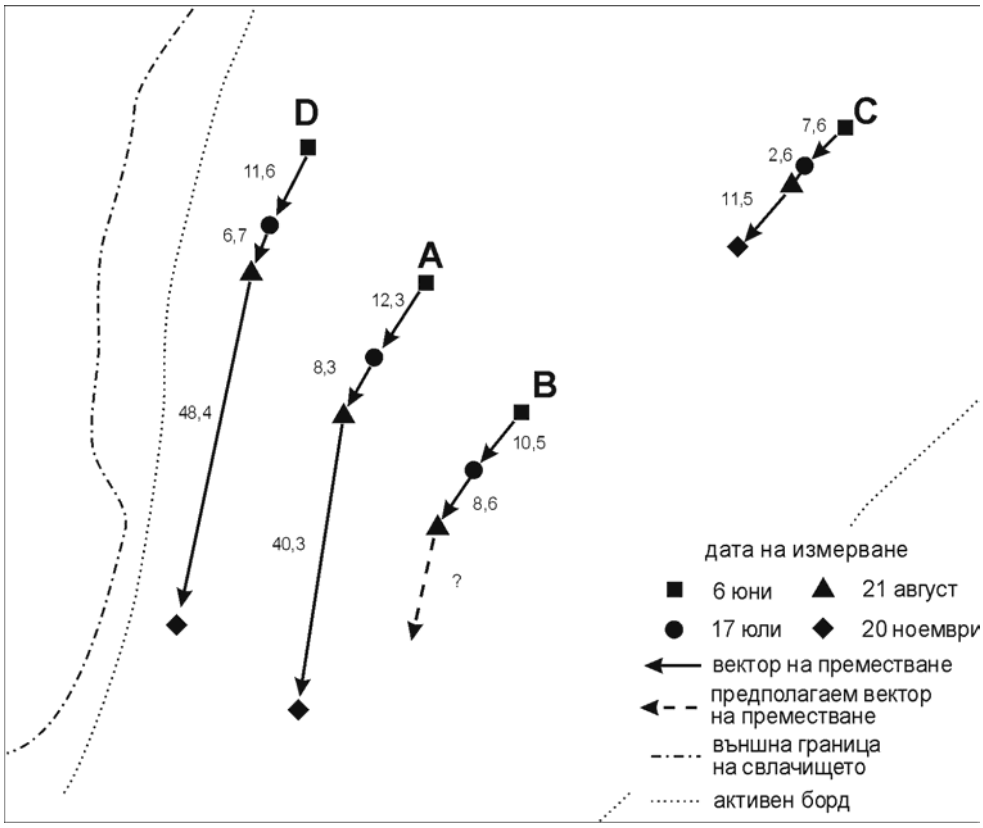
През следващия период (17 юли – 21 август) преместванията са малко по-малки. Трите репера, пресичащи свлачището **A**, **B** и **D** са се преместили 7-8 метра. Репер **C**, който е в по-горната част на свлачището има изместване само 2,6 m. Стойностите на разпръскване при измерванията на 21 август са между 10 и 25 cm.

Вторият период е малко по-къс (с 6 дни), но също значение има, че през него валежите бяха по-малко, което обяснява по-слабите движения. В най-близката климатична станция през месец юни сумата на валежите е била 106 mm, което е близо двойно повече (180%) от нормата за месеца [6]. Изчислените средни стойности на дневните премествания за двата първите два периода също показват по-големи стойности за първия период. Само репер **B** има една и съща скорост от 25 cm на ден и в двата периода. Най-голяма е разликата между двата периода в пункт **C** – 18 см/ден за първия и 7 см/ден за втория.

Общо за двата летни период от 6 юни до 21 август трите репера в средната част на свлачището са се преместили с 18-20 метра, докато репер **C**, който е разположен в горната част, се е преместил 10,2 m.

Както беше посочено, беше планирано измерване в началото на октомври, така че да се запази интервалът от около 40 дни, но то беше провалено. Затова следващото измерване е след 91 дни. През този период са настъпили големи промени в свлачището. В резултат при посещението на 20 ноември репер **B** не беше открит. Той е бил затрупан от свличащите се маси. При измерването на другите два репера се установи, че има неочаквано големи измествания. Репер **A** се намира на 40,3 m от мястото си на 21 август, а репер **D** на цели 48,4 m. Преместването на репер **C** за този период е 11,5 m. Стойностите на разпръскването при измерванията на 20 ноември са много малки – между 7 и 11 cm.

При преместването си надолу трите репера от средната част на свлачището леко са променили посоката си на движение (фиг.2). В първите два периода то е с направление от североизток към югозапад. В третия период посоката става по-меридионална. Интерес представлява дали и репер **C** с навлизането в по-долната част ще промени посоката на придвижване. Това ще бъде проследено, стига и този репер да не бъде засипан в свлачището.



Фиг. 2. Картосхема на разположението на реперите и векторите на тяхното движение през изследваните периоди през 2009 г. Числата до векторите показват разстоянието, с което са преместени

Бъдещи задачи

Едната важна задача е картографиране на свлачището с неговите елементи. И сега има GPS следа, оконтуряваща външния борд на свлачището. За площното му картографиране обаче най-удобно е да се ползва аероснимка или сателитно изображение с много висока резолюция. Планира се закупуването на такива материали. Заедно с това трябва да се проучат и обработят стари аероснимки за да се установи историята на по-старото свлачище, намиращо се на север. Много е вероятно двете свлачища да имат еднакъв произход, а е възможно и да са в причинно-следствена връзка помежду си.

Другата важна задача е установяване на генезиса на свлачището. За тази цел е необходимо детайлно запознаване с геоложките материали за района. Полезно би било да се привлече специалист геолог. Ако се разбере причината за активиране на свлачището може да се предложат и мерки за неговото укрепване.

Заключение

Параметрите за движенията в свлачището многократно надвишават стойностите, получени за други свлачища в България [2]. Причината е, че в случая се касае за активно свлачище, докато в други случаи са изследвани деформации в свлачищни райони, в които са проведени в една или друга степен укрепителни работи.

Измерванията показват, че съществува разлика в скоростите на придвижване в различните части на свлачището. В горната част те са по-слаби от тези в средната част. Може да се прогнозира, че с преместването си надолу репер **C** ще навлезе в по-ниската част на свлачището и ще увеличи скоростта си.

От гледна точка на риска свлачището все още е далеч и не застрашава пряко крайните къщи в Ораново. Засега щетите са главно върху няколко малки лозя и зеленчукова градина. Прегражденият дол обаче представлява една скрита опасност. При интензивни поройни валежи, каквито тук се случват лятото, във водосборния басейн на дола може да се формира значителен отток, който временно да бъде спрян при свлачището. При преливане на водата ерозионната сила може за много кратко време да пререже неустойчивите консистентни материали в долната част на свлачището. Това би предизвикало внезапно освобождаване на обема на езерото и формирането на опасно наводнение, което може да доведе до жертви сред жителите на квартала. Подобна ситуация имаше през август 2007 г. години в г. Цар Калоян, когато проливни валежи доведоха до скъсването на 2 микроязовира.

Фиг. 3. Разновременни снимки, направени от едно и също място за илюстрация на движенията. Горната снимка е направена на 27 май, а долната на 17 юли 2009 г. Свличането ясно се индикира от разликите в местоположението на дървото (където се намира репер D). На първата снимка то е в центъра на кадъра, а на втората значително преместено на дясно.

Литература:

1. Милев Г. Някои резултати от прецизните геодезически изследвания на свлачищните явления в района на гр. Балчик – Изв. На ГИ на БАН. Серия Инж. геол. и хидрогеол. Кн. 19-20. 1972
2. Милев Г., Ц. Ценков, Г. Стоев. Геодезически измервания и изследвания по черноморското крайбрежие, свързани с разрушителни геодинамични процеси и брегоукрепването. – В: Брегоукрепване и дълготрайно стабилизиране на склоновете на Черноморското крайбрежие. С., АИ „Проф. Марин Дринов" с. 52-63
3. Добрев Н. Свлачищата в Симитлийската котловина. Инж. геол. и хидрогеол. Кн. 24. 1997.
4. Геоложка карта на България в мащаб 1:100 000, к.л. Разлог. 1990
5. Georgiev I., D. Dimitrov. Establishing permanent GNSS array in Bulgaria – National Permanent GNSS Network. Висша геодезия. Кн.21. 2008. p. 12-18
6. Бюлетин на НИМХ – БАН на web адрес: http://www.meteo.bg/issues/buletin/Bulletin.pdf

Благодарности

Изследването е извършено по проект, финансиран от фонд НИ НЗ-1514 „Геоекологично изследване на опасните природни процеси и интегрална оценка на риска за нуждите на регионалното управление".

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

DESIGN OF AN EROSIONABILITY MODEL OF THE TEYNA RIVER WATERSHED TO MONITOR EROSION RISK

Lachezar Filchev

Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: lachezarhf@gmail.com

Keywords: *GIS, erosionability, erosion risk, spatial analysis*

Abstract*: Soil erosion has been one of the main global issues. It is very importance and widely distributed in the Balkan and Mediterranean countries. Following the processes of abandonment and wildfires erosion's manifestation has knock-on effects for centuries. The main objective of this work is to design a model of the soil erosion risk of the Teyna River Watershed. The study area of the work is Teyna River Watershed. Several methods using spatial analysis capabilities of geographic information systems (GIS) exist and are in operation for soil erosion risk assessment. Such examples are Universal Soil Loss Equation (USLE), Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in operation worldwide and in USA and Modèle d'Evaluation Spatiale de l'ALéa Erosion des Sols - Regional Modelling of Soil Erosion Risk-MESALES in Europe. Despite their rigour, they all are based on the local conditions of natural features, or are encumbered with many parameters, which are usually missing or are not available for each location. The methods employed are weighted overlay of soil, vegetation and slope raster datasets, ranked accordingly to the expert knowledge of the erosion susceptibility of each factor. The model output represents a weighted combination map with four classes of erosion risk on the territory of the Teyna River Watershed. Suggestions and recommendation for improvement of the model's performance are given in the relevant sections.*

СЪЗДАВАНЕ НА МОДЕЛ НА ЕРОЗИОННАТА ОПАСНОСТ НА БАСЕЙНА НА Р. ТЕЙНА ЗА МОНИТОРИНГ НА ЕРОЗИОННИЯ РИСК

Лъчезар Филчев

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: lachezarhf@gmail.com

Ключови думи*: GIS, ерозионна опастност, ерозионен риск, пространствен анализ,*

Резюме*: Почвената ерозия е един от основните глобални проблеми. Тя има особено голямо значение и проявление в балканските и средиземноморските страни. Последствията от ерозията се проявяват векове след процесите на изоставяне на земеделските земи и горските пожари. Целта на настоящето изследване е създавенето на модел на риска от ерозия, като предпоставка за планиране на земеползването на територията на водосборния басейн на р. Тейна. Района на изследване на водосборния басейн на р. Тейна е използван като пилотен за прилагане на модела на ерозионната опасност с цел бъдещи изследвания в областта. Съществуват няколко методики за оценка на риска от почвена ерозия. Тези методики използват възможностите за пространствен анализ на географските информационни системи (ГИС). Подобни модели са универсалното уравнение за почвени загуби-USLE, ревизираното универсално уравнение за почвени загуби-RUSLE използвани основно в САЩ и по света и Модела за пространствена оценка на опасността от почвена ерозия-MESALES в Европа. Въпреки тяхната сложност и комплексност те всички са основани на местните условия на природните компоненти, или пък включват множество параметри, които обикновено не са налични. Използваните методи при създаването на модела включват ранкиране и линеен модел с тегловни коефициенти на факторите на ерозията. Ранговете на факторите: почва, растителност, наклон на склона са ранжирани съобразно експертни оценки на степента на ерозионната опасност за всеки фактор. Модела на ерозионната опасност представлява резултантен слой с четири класа представящи степените на ерозионния риск за територията на водосборния басейн на р. Тейна. Предложения и препоръки за подобряване на резултатите от модела са дадени в съответните секции на настоящата работа.*

Introduction

During the past decennary, after the Green revolution and the abandonment in the Mediterranean, first manifestation of widely spread erosion phenomena has emerged worldwide. Global conservation community has launched many campaigns at local, regional and continental level for preservation of soil resources in order not only to stop or mitigate human impact on nature, but to improve life in rural and agricultural areas introducing new approaches for soil cultivation. Such example in Bulgaria, led to launching of many soil mapping campaigns in order to better understand the soil resources and their susceptibility to erosion. Based on years of field observation and scrutiny Soil Institute *N. Poushkarov* prepared maps of Soil regionalization and erosion regionalization (Boardman and Poesen, 2006). Despite that, with the advancement of computer aided cartography, GIS and remote sensing, most of the field observations become more or less supportive to the field and laboratory work. In the case of pedology, the issues with soil mapping are not still overcome, due to the fact that there is not a reliable field or remote sensing methodology to scan the soil horizons in deep and in detail. Based on the field test sites some of the well known models for soil erosion have been revised several times in order to improve their reliability and performance around the world. Two of these models are Universal Soil Loss Equation (USLE) and its revised version (RUSLE) (Wischmeier 1978). In former Soviet Union the research on soil erosion had been conveyed under the scope and the demands of national centralized economy, as well as within the joint initiatives of FAO. These investigations were being used for creation of soil erosion equations applicable as in USLE and RUSLE case with caution, due to the varying factors from place to place. At European scale, soil erosion risk investigation has been done within the framework of MESALES Project (Modèle d'Evaluation Spatiale de l'ALéa Erosion des Sols - Regional Modelling of Soil Erosion Risk) developed at Land Management and Natural Hazards Unit, Joint Research Centre (JRC). Not only the erosion risk was assessed but also the consequences from overgrazing, wildfires and abandonment have been taken into account in Mediterranean - Satellite Based Desertification Monitoring in the Mediterranean Basin (DeMon) Project. Present study uses a simplified erosionability or soil erosion risk assessment model for a study area of the Teyna River watershed in the north part of Sofia kettle. The study tries to evoke a series of field studies and large scale investigation for the territory of Bulgaria, in order to assess the risk of erosion at nation scale. This will help the governmental agencies, land-use owners and entrepreneurs to apply land-use planning on local and national level, and to devise and outline the new agenda for land-use/land-cover management for the next decade.

Study area

The present work has been applied on the study area of the Teyna River Watershed. The basin of the Teyna River is located in the North part of Sofia kettle in the footsteps of Sofiyska Mala Planina Mountain. The total area of the test site for modelling is – 4.775 km2. The altitude ranges from 500 m.a.s.l.; at the Iskar River entrance of the Iskar Gorge; to 964 m.a.s.l. on the topmost part of the the Teyna River catchment. Climatic conditions of the watershed are temperate to Transitional. Due to the fact that almost 28.74% of the slope exposition is oriented to the South and 35.44% to the East, the local climatic conditions are assumed to be drier than those of the Sofia kettle. Moreover, the fact that the Teyna River basin is opened towards South-East direction causes local mountainous valley winds to occur on a daily basis. The bedrock is a diverse mixture of Neogene-Quaternary argillite, alevrolite, Ordovician-Silurian argillite, schist, sandstone, breccias etc. All these rocks are more or less loose in their structure, so that they facilitate the manifestation of erosion. The vegetation is mainly planted. Some species found on the study area are: Scots pine (*Pinus sylvestris L.)* and European Black Pine (*Pinus nigra L.)*. Decommissioned mining in the study area has led to the destruction of the natural ecosystem. Today it is replaced by xerothermic plant communities. Much of the species are characteristic for highly polluted and eroded soil, because they are resistant to contamination. The majority of forest vegetation is artificially afforested with durable types of pollution. However, they are exotic to the area or for that altitude. *Robinia pseudoacacia* and *Populus deltoids* were transferred to the Bulgarian flora of North America. *Pinus silvestris* and species of the genus *Quercus* are not natural for this region and this low altitude. They form monocultures that do not support enough faunistic diversity. The mixed oak and hornbeam forests are presented mostly by *Quercus cerris*, *Q. pubescens*, *Q. frainetto*, *Q. delechampii*, *Carpinus betulus*. In the past these forests were presented mainly by *Crategus monogyna*, *Cornus mas*, *Corylus avellana*, *Ligustrum vulgare*, *Viburnum lanata, Syringa vulgaris*. Grasslands consist primarily of: *Festuca heterophylla, Poa nemoralis, Dactylis glomerata, Stellaria holostea, Heleborus odorus, Bzachipodium sylvaticum, Cruciata glabra, Ficaria verna, Trifolium pannonicum* etc. The so formed ecosystem is unstable.

The main soil types have following participation: Chromic Luvisols - 45.8 % located on the lower parts of the slopes. The next prevailing soil type is Cambisols with 36.37 %. This soil type is

located on a higher altitude. The rest 17.4 % are covered with bare soil or Antroposols, which is connected to the human impact on soils. The diverse pattern and big proportion of human induced changes are observed on the embankments of the former coal mine *Kutina*. The former uranium ore extraction site *Brezi Vruh* covers almost the entire right slope of the main tributary of the Teyna River. This complicated environmental condition along with the complex geology features and climatic pattern in the valley, helps to speed up the erosion processes within the river basin.

Materials and methods

The dataset used in present study can be grouped in two categories. First category is raster dataset which consists of one QuickBird satellite image with four multispectral – 4m and one panchromatic - 0.7m bands acquired in May 2008, a mosaic of large-scale topography maps – 1:5 000 from the beginning of 1990s and Digital Elevation Model (DEM) with spatial resolution of 5m used as a reference one. The DEM was created from the scanned topography maps.

The vector dataset is stored and managed in file geodatabase feature classes within ArcGIS 9.2/ArcInfo academic license. It consists of contours, point elevation, hydrography, water bodies etc. for creation of a hydrological correct DEM of the watershed. Soil, vegetation and other ancillary data used as factors in the erosionability model, were also stored within the feature classes of the geodatabase to maintain its integrity in terms of spatial homogeneity.

All the data is in UTM coordinate system, WGS 84 datum, 35 North zone.

The methods applied in the study are geoprocessing and a simplified erosionability model. The model has fewer inputs than such models as USLE, RUSLE. The aforementioned MESALES model include land-use/land-cover, relief, soil and climate layers, which produce soil erosion sensitivity map as an input for the soil erosion risk map model, whereas the employed erosionability model does not take the climate into account. The main working environment for modelling was ModelBuilder embed within ArcGIS 9.2/ArcInfo academic license.

The main inputs to the model are feature datasets: *vegetation* and *soil* and *slope* derivative from the DEM. Feature datasets were subsequently converted to raster datasets with codes instead of names of vegetation types and soil types. The coded values of those two layers were subsequently recoded and ranked accordingly to their susceptibility to erosion. The first derivative of DEM, i.e. slope, was produced in degrees with 5m spatial resolution. After preparation of the parameters or factors in the erosionability model, the weighted overlay tool was used to overlay the three layers with following ranks or weights: soil–50%, vegetation–25% and slope–25%. The assigned weights are set accordingly to the model specifications. Climate features such as precipitation, temperature, soil moisture etc., which are very important for the process of erosion in terms of its mechanism, i.e. particle detachment and transport etc., were not included in the model due to the fact that the climatic conditions do not vary significantly throughout the study area. The spatial extent used was the Teyna River Watershed delineated using ArcHydro procedures for watershed delineation.

Results and discussions

After running the entire model the results show that most of the area under consideration, i.e. 28.46% is in the *first class* (0–4) of less or no erosionability. These territories are mainly occupied by deciduous forests or monoculture of oak *Quercus sp.* and *Robinia pseudoacacia L.* They are on slopes with moderate steepness and *Cambisols,* see **Figure 1**.

The *second class (4–5)* or the class with weak erosionability is found mainly in the river bed or in immediate adjacent territories and it is present on 31.61% of the territory. It is more widely spread on the embankments of the former coal mine Katina, due to the fact that the slopes are less than 3º and the prevailing vegetation cover is mainly meadows, pastures and grasslands mixed with orchards.

The *third class* (*5–6)* is found mainly on the river banks and slopes and it is present with 25.33%. It is also observed on the steeper slopes of the former coal mine and in the catchment area of Teyna River watershed. The interpretation of the factor participation to that class is that it is generally influenced by slope, but it is more widely spread in the upper part of the river catchment. That is due to the fact that there are mainly semi-natural deciduous and coniferous forests, which has shallow rooting; thus they are more prone to erosion.

The last, *forth class (6-9)* represents the most susceptible to erosion territories from the river basin of Teyna. The percent of their representation is 14.59. These territories occupy mainly the steepest slopes on the both sides of the mid river flow of the basin. Their steepness reaches 65°, which in turn prevent sustaining of any soil type. This fact probably was the main reason for vast afforestation in that area mainly with white bark pine and in the rest of the territory with oak. It is easily observed that exactly those areas have the most apparent manifestations of shield and gully erosion on the entire territory of the Teyna River Watershed, see **Fig. 1**.

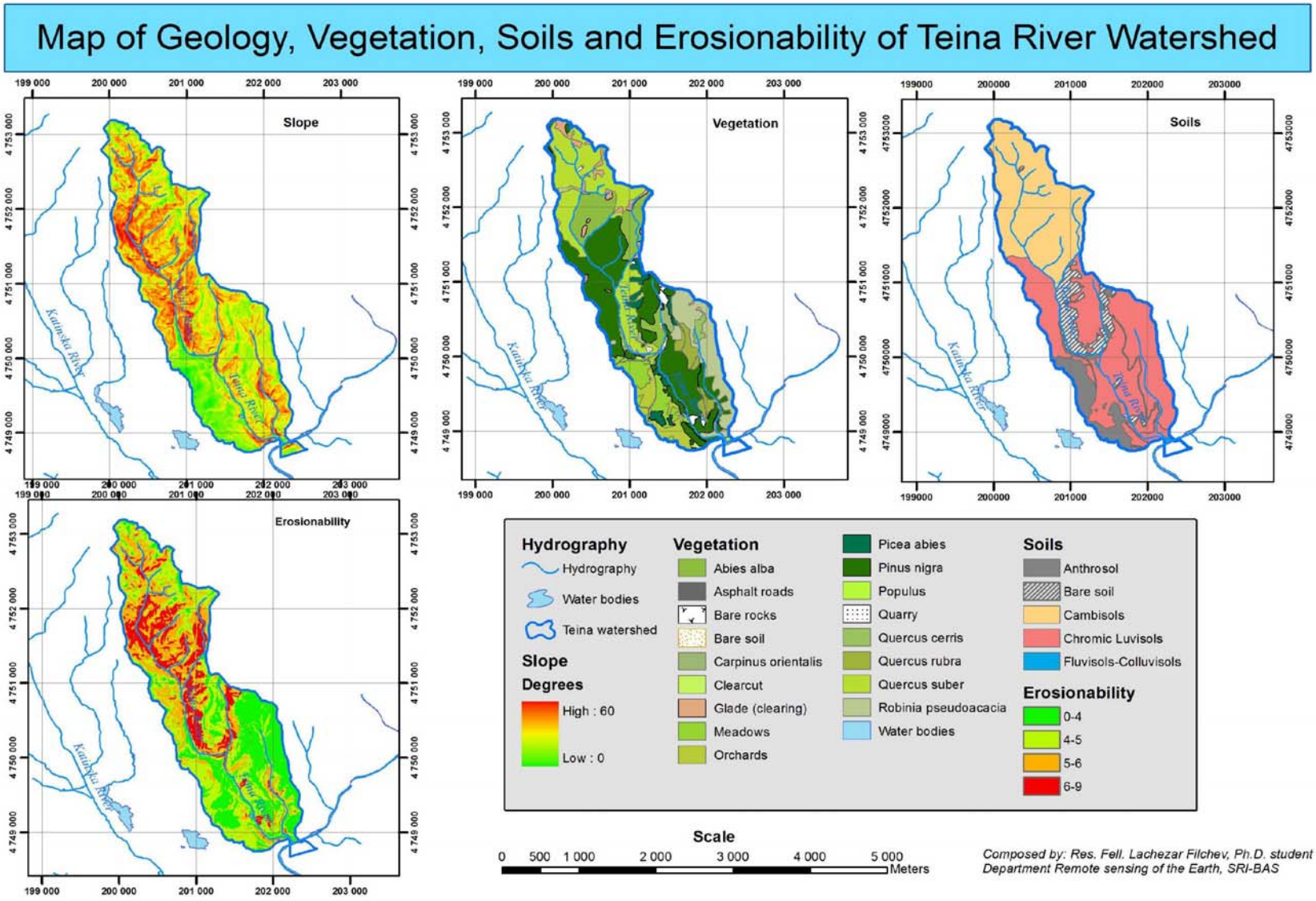


Fig. 1 Map of the geology, vegetation, soils and erosionability of the Teyna River watershed

The results and the interpretation bring some interesting insights and questions. Firstly, the erosionability model is sensitive only to those areas where ranking of the soil types, vegetation or slope is prevailing in the weighted overlay. This assumption is based on the facts drawn from the **Figure 1** in the results section above. The accuracy of the model could be greatly improved if climate and land-use practices are included as input parameters in it. Although, that the ranking of the parameters is biased due to the expert opinion, or because of less evidence, the model precision could be also improved by using the results from field observations. In case there are no sufficient observations or they are based in their nature the Analytical Hierarchical Process (AHP) can be also applied to improve ranking objectiveness.

Conclusions

In conclusion, presented study on the territory of the Teyna River Watershed comes to address the requirements and the agenda for sustainable development and rational land-use of present days. The applied methodology is well known in the GIS society for its simplicity and applicability for wider territories with less or missing field data. That makes it preferable for large-scale erosion risk studies. In order to include temporal dynamics in the model the more improved and elaborated MESALES model can be performed as well on a regular basis having the land-use as a dynamic parameter. The results from the analysis of the erosionability model shown that more than 28.46% of the territory is covered with class 0-4, 31.61% with class 4-5; 25.33% with class 5-6. The rest of the study area, i.e. 14.59% for the class 6-9, is occupied by prone to erosion territories, which is explained mainly with the openness, steepness and human induced changes of the relief during the period of active mining in the area. Despite the fact that afforestation has been applied using shallow rooting coniferous forests, the territory needs further erosion-combating mitigation measures in order to have its soils restored.

Acknowledgements

The present study was kindly supported with data and software facilities under Project NZ-No.1507/05 *Development of Methodical Fundamentals of Landscape-Ecological Planning Using Geoinformation Technologies* between the SRI-BAS and the Scientific Research Fund at the Bulgarian Ministry of Education and Science. The work is also supported within the framework of the Human Resource Development Operational Program of the Bulgarian Ministry of Education, Youth and Science funded by the European Social Fund (ESF), CONTRACT BG051PO001/07/3.3-02/63/170608. Special acknowledgements have to be given to the staff of the Remote Sensing of the Earth Department and in particular, to Sen. Res. Fell. II Rank Eugenia Roumenina, PhD, for their support.

References:

1. W i s c h m e i e r W.H. and S m i t h D.D. Predicting Reinfall Erosion Lossess - A Guide for Conservaton Planning. Handbook, United States Department o Agriculture, Science and Education Administration, Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 1978, 69.
2. B o a r d m a n J. and P o e s e n J. (Ed.). (2006). Soil Erosion in Europe. Wiley, 878.
3. ArcGIS 9.2 Desktop Help, Using Model Builder, 1999-2006 ESRI Inc. http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=An_overview_of_ModelBuilder [date accessed 09/02/2010]

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

STOJAN'S COSMIC SWARM (SC-SWARM)

Stojan Velkoski

Institute "GAPE" – P.O.Box 891 1000 Skopie, R. Macedonia
e-mail: contact@igape.edu.mk; www.igape.edu.mk

Abstract: *The ozone layer represents the main and so far, the only layer which provides protection against the cosmic radiations on Earth.*

The cosmic radiations which are encountered on Earth originate from the three cosmic nets, which are as follows:

a) Manfred Curry's net	*350 cm h 450 cm h 50 cm*
b) Ernst Hartmann's grid	*200 cm h 250 cm h 23 cm*
c) the net discovered by Stojan Velkoski	*100 cm h 80 cm h 10 cm*

The intersection of cosmic grids forms the so-called knots. Some of the knots are able to penetrate through the ozone layer and thus reach the Earth, where they exercise dangerous effects on the whole living world.

Yet another source of cosmic radiations has been observed so far. Those radiations are different from the previously known grids and nets by their form and the level of danger they entail. It is known as the Stojan's Cosmic Swarm (SCS).

Introduction

In the course of his year-long research work, the author of this text noticed new dangerous cosmic radiations, observed in the form of points, whose scope of action upon the planet Earth was of about ∅ 2 cm.

According to the practice known until now, the designation of anything that can be treated as a discovery consists of the following elements:

a) the origin of the discovery – in our case, cosmic;
b) the name of the person who discovered it- Stojan Velkoski, PhD;
c) the physical appearance of the discovery – in our case, reminding of a swarm of bees in motion.

Consequently, the designation of this discovery shall be Stojan's Cosmic Swarm, known by the abbreviate designation of SCS.

The points of the swarm are nominated as Stojan's Cosmic Points of Swarm, SCPS.

As in the cosmic grids, all points of the SCS are not active everywhere. In some cases, active points are not identified at all, but there are also cases in which there are just several active points, or in which the whole swarm is an active one.

Compared with the three known cosmic nets, the SCS appears in the form of pointed radiations and is rather specific.

It has been observed that the Arthropoda (ants, wasps and in others) build their nests exactly on the active Stojan's cosmic points, especially those part of the nest which belongs to the two rings which form the respective swarm.

Material and methods

This discovery was analyzed in the course of the last ten years. Several geo-biological and geo-physical methods and techniques were applied.

Pursuant to those researches, the Stojan's Cosmic Swarms (the SCS) consist of the following:

- two rings in the form of an ellipse, each of them containing about 42 points, 400 (Fig.1).

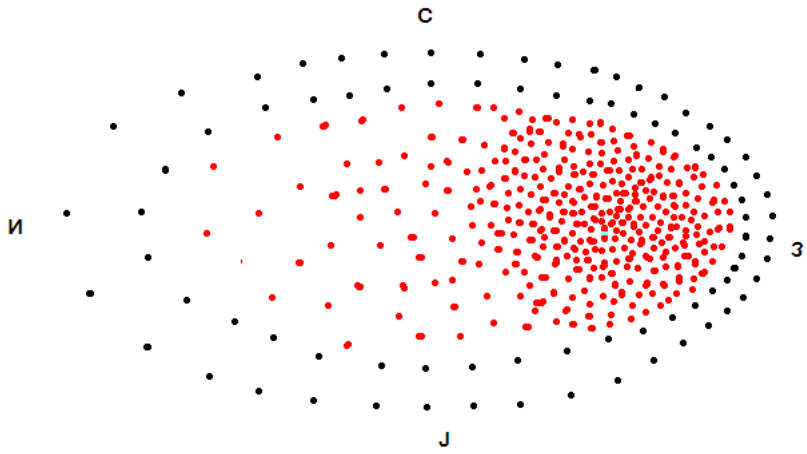


Fig. 1. Stojan's Cosmic Sworm (SCS)

According to the measurement result of the Stojan's Cosmic Swarms they are encountered as symmetrical, but the distances among them are different, as well as their size. They are directed towards W-NW (Fig.2).

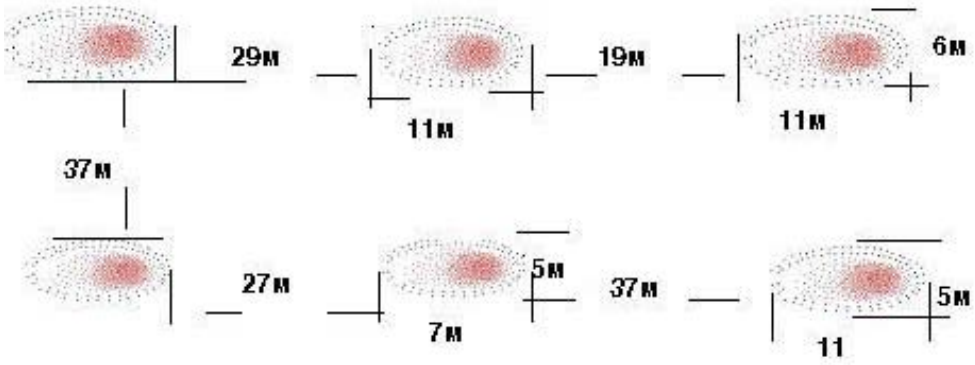


Fig. 2. Placement of the Stojan's Cosmic Sworms (SCS)

Another specific trait of the Stojan's Cosmic Swarm is the fact that the points of the two layers of the swarm are paired. The distance between the pairs depends on their location, as according to the cardinal points of the compass. The distance between the pairs located on the eastern side of the swarm is bigger, and it amounts approximately ≈ 80 cm, whereas the distance between the pairs located on the western part is smaller, amounting approximately ≈10 cm. The two pointed layers, so distributed, represent a type of a protective cartridge, forming the ellipse of the SCS, as a whole located east-west, or southeast-northwest, to some extent.

The SCS can have different dimensions, but, on average, their dimensions are about 12 x 6m. The dimensions may vary by several meters. In the interior the points are asymmetrical and they are grouped towards west, to some extent towards the north.

According to the features of the SCS, they do not belong to the group of cosmic knots, because they do not originate from nets as those which have been previously known, and they are not interrelated. Unlike the nets which have been known and researched so far, the SCS is different in several aspects, among which are the following:

- in its technical characteristics,
- in the process of protection,
- in the degree of danger it entails,
- in the possibility to exploit it, etc.

Results

- The danger entailed and the consequences of the SCS

The SCPS are pointed cosmic radiations, with very small scope of action, and a great level of experience and knowledge is necessary to identify them**.** This is the reason why these cosmic sources of radiation have not been discovered until recently.

In practice, the author encountered inexplicable reasons for the manifestation of symptoms in the inhabitants of certain buildings. In some cases, despite the results of the detection, which reflected that the space was free from cosmic knots and geo-pathogenic fields, there were negative symptoms and diagnoses in people. The phenomena of this type incited the author to undertake more precise analyses.

The results of the analyses indicated the presence of pointed cosmic radiations. The most frequent symptoms experienced by people who are exposed to these SCPS are: severe pains, especially in the bones (similar to serious rheumatic diseases), organic phenomena on the osseous tissue, some of which were malignant, were just some of them. The precise knowledge referring to the consequences of these radiation sources shall be yielded by the results of the researches which are in the process.

The flora is not spared from the consequences of the SCPS either.

- Consequences of SCPS on plants

In the park of the GAPE Institute in Skopje, there are four nine-year old evergreen plants. The plants marked with number 1, 3 and 4 are of the same nursery and from the same seeds. Whereas, the plant marked with no. 2 is of the same age, but from different type of seeds (Fig.3).

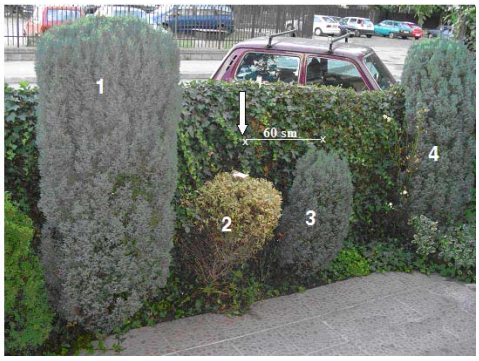


Fig. 3. Displacement of the SCPS from plant 3 onto plant 2

In the first two years, plants no. 1, 3 and 4 were developing to an equal extent, but an active point of the SCS existed in the immediate vicinity of plant no. 3. After two years, the active SCPS was located on part of the stem of plant no. 3; the plant began to dehydrate, and was almost wholly dehydrated in the course of one year. As a result of this the central stem was eliminated. What remained was only the small branch which was still green.

After a certain period, it was noticed that the active SCPS was displaced from the plant 3 several centimetres northwards and the plant started to develop again. During a period of 8 years the active SCPS was displaced northward for approximately $\approx$ 60 cm.

The new location of the active SCPS point was now on the plant no. 2, which withered in about one year and does not exist now (Fig. 4).

Fig. 4. Eliminated plant 2, located on a SCPS

- Research project:

Several Skopje suburbs were included in the research. In the suburbs of Karposh, Vlae, Aerodrom and Lissiche a number of dehydrated birch stems have been analyzed, and the research results demonstrated that a large number of them had been on an active SCPS (Fig. 5).

Fig. 5. Dehydrated birch trees in the suburb of Lisiche-Skopje, whose stems are located on a SCPS

- Protection against the active SCPS:

In the process of protection, several scientific and research projects were elaborated, one of them being in open space, in the vicinity of the seashore in Psakoudia, Chalkidiki. In July 2006, the author identified, in Psakoudia, a completely active SC swarm, the dimensions of which were 15 h 8 m. With the purpose to research the possibility of efficient protection against it, a BIO-SPH transformed was placed in its centre.

- Experiment results

After one minute, an experimental measuring was performed, which demonstrated that all the internal SCPS had been neutralized, but half of the points of the so-called pointed rings of the SCS, to which the BIO-SPH Neutralizer-Transformer was placed eastward, could still be identified, whereas the SCPS, on which the BIO-SPH was placed so as to cover their west side, could not be identified any more.

- Experiment

One SCPS was identified in a residential space, located on the bed. The SCPS point was precisely identified on the ceiling, wherefrom it penetrated towards the room. An ideal spherical PVC form, with the diameter of ∅ 38 mm was located on that point. This means that the location became safe for the health condition of the person exposed thereto. This has never before been noticed in the other known cosmic radiations which originate from the three grids.

- Experiment

An analysis was performed in order to determine the duration of the function of the BIO-SPH.

It was noted that the BIO-SPH, located in a space where there are active SCPS, reduces its function in a shorter period as compared with the cases of other radiation sources. It is, therefore, necessary to regularly control the functioning of the BIO-SPH devices located in premises with active SCPS.

- Recommendations

In this case, as in the previously explained cosmic radiations, the protection instructions remain almost identical, and are as follows:

- relocation of the exposed bed or desk from the point exposed to the active SCPS,
- protection by means of the BIO-SPH Neutralizers-Transformers (in this case, the devices should be located on the west or south-west side of the premises that we are protecting).

Out of the known devices which can serve for protection, the most successful protection against the SCPS can be achieved by the BIO-SPH Neutralizers-Transformers.

Application of the SCS

The influence of cosmic radiation upon Earth is not always negative. This is proved by the case of the SC net which can be used for telecommunications etc.

- Case

Mr. A.D. and Mr. B.D., users of the BIO-SPH protection device, from the village of Negortsi, near Gevgelija, were observing the sun by special glasses during the latest eclipse. They noticed that at one point of their yard they could have much better view of the sun as compared to the view from

another location. The author was informed about this phenomenon. At first the author thought that this might be due to some cosmic or similar radiation, which influences the protective ozone layer.

After several months, the author carried out field measuring and discovered an active SCS.

What followed was an analysis of the location of the most ancient observatory in this region, in Kokino, near Kumanovo, including several measurements which revealed the presence of a SCS.

All this leads to the conclusion that the SCS was known as early as in the antiquity when it was used to observe space. It is a mystery if the ancient peoples knew any details thereof, or it could only experimentally be proved that there were locations which yielded a better view of space, without precise explanations.

On the other hand, the analysis of the locations of the SCS, as is the location of the ancient Kokino observatory, can concluded lead to the conclusion that the swarm has been on that location for many centuries.

This gives us the possibility to conclude that the SCS location is not significantly changed, but that it is only the SCPS which rotate slowly.

The latest researches of the author, related to the SCS, indicate the necessity of further scientific and technical researches, in view of their appropriate exploitation.

Conclusion

This research leads to the following conclusions:

- that this natural discovery represents a novelty and that its active points can leave dangerous consequences on the health and survival of the entire living world.
- as far as the protection against the SCPS is concerned, it can be concluded that the BIO-SPH neutralizes and transforms the SCPS, which are in the interior of the swarm, regardless of their side on which the device is located. On the other hand, the SCPS of the two pointed rings can best be neutralized and transformed by the BIO-SPH device, if it is located on their west side.
- Besides, this research project can lead to the conclusion that the structure of the points of the two rings differs from the structure of those located in the central part of the swarm.
- This project also leads to the conclusion that the SCPS exhibit a certain degree of rotation.
- The researches lead to the conclusion that the active SCS can be used for observation of the universe.

This discovery shall represent the target of further scientific researches, which are being performed, above all, at the GAPE Institute in Skopje to the extent equal to the one attained by other scientific institutions in the world.

Discussion

It can be concluded that this is a new natural discovery which can exercise very dangerous influence on the living world but can also be used for other scientific and research goals.

All the so-far attained results of this discovery shall be the subject of new and additional researches which will be analyzed by many generations, at present and in the future alike.

References:

1. K o t e v s k i G., S. V e l k o s k i. Odnosot pome|u seizmika, geotermija i hidrogeologija, Sofia, 2004.
2. V e l k o s k i S. Distanciona aerokosmi~ka i nadzemna istra`ivawa dejstva elektromagnetnog zra~ewa na `ivotnu sredinu, Tivat, 2004.
3. J e k o v J., P. G e t c o v, S. V e l k o s k i. Optical methods and ground-based spectral devices for measuring of the total composition of the atmospheric ozone, Tivat, 2004.
4. V e l k o s k i S., G. K o t e v s k i , G. Z. V e l k o s k a, G. M a r d i r o s i a n: Effect of the electromagnetic radiation on the cell function and protection with BIO-SPH, Varna 2005.
5. V e l k o s k i S. Methods and technical devices for solving problems in risky hydro-geological areas.
6. V e l k o s k i S. Danger from Possible Terrorist Attacks on Urban Water Supply and How to Prevent Them, NATO Workshop, Tel Aviv, 2005.
7. V e l k o s k i S. Connection of the Archaeology with Geobiology, Underground Waters and Ecology in Practice, Varna, 2006.
8. V e l k o s k i S. Discovering and Working on the Harmfulness Cosmic Knots of the New Discovered S-net, Varna 2006

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ANALYSIS OF THE SPIDER'S WEB FOR WOMEN OF CHRISTIAN ORTHODOX RELIGION

Stojan Velkoski

Institute "GAPE" – R. Macedonia;
e-mail: contact@igape.edu.mk; www.igape.edu.mk

Abstract: *The transition of the post-socialist countries, among which was former Yugoslavia, led to degradation of the family in the sense of its organizational setting, tradition and culture. The consequence of this is diverse social deviations.*

This period is used by certain individuals and groups, most frequently from other religion. The process is often carried out through diverse well-elaborated forms, business and other contacts. In certain families, the intruders manage to penetrate the intimacy and the privacy of the family. Such processes most frequently culminate in catastrophic consequences for the survival of the family.

Introduction

The transition and the post-socialist period, the massive numbers of redundant workers fired from the factories have led a considerable part of intellectual population towards the edge of survival. This process was felt by millions of people, especially from the ex-Yugoslavia and Eastern Europe. Some men who remained between jobs have lost their authority of persons who bring the largest financial contribution into the family and thereby the right to bring decision in their families. What begun was the striving to cope, as much as it is in everybody's capacity, and the struggle to survive. Women took the role of financial supporters, aiming to establish a legal family business. At that moment, some, mainly Muslim groups or individuals, started to pursue the women under the pretext of offering them honest work. This brought a considerable number of women from the post-socialist countries into the group of slaves, mainly managed by bosses from the Muslim world.

The Macedonian women and families were not spared from this process. A large number of Macedonian women who seek employment are forced to accept love affairs; this tendency is also present in public administration, where, in order to achieve higher rank or to keep it, some women are forced to enter into love affairs.

After this act, in many cases, these blackmailers manage to penetrate into the family of their victim. In such cases, the victim is the family as a whole.

Material and Methods

The family, as the basic cell of the society, is in the process of losing its role due to such social, political and economic policy. This leads to numerous deviations in society. As a result of those processes, the spouses have little time to dedicate to each other; most often, women feel emotionally neglected and ignored. To some women, this represents a serious psychological and physical deficiency, after which they become aggressive and unhappy.

Since Macedonia gained its independence, employment in state administration is possible only by politically concluded agreements, granting employment only to individuals who are of other religion, who are affiliated to a certain party or who have connections with highly ranked officials. A large number of them do not know their job and responsibilities and spend their surplus of free time seducing women. In the process of the research which supports this paper, thirty-three Macedonian families, who have faced hard family catastrophes, were analyzed. The adultery contacts, especially with individuals of other religion, to which they were forced, destroyed the peace, the future and the safety of their families.

Methodology of action

The basic methods of captivation of women of Orthodox Christian religion, applied by the maker of the spider's net are as follows:

- Rendering apparently unselfish services, which is most often initiated by themselves, through bribery of other persons, or as a favour to a colleague, which initiates, in the victim, an insatiable need for the particular service offered by the “knitter” of the spider’s web;
- Involving the victim into criminal actions: trade, bribe, covering of an alleged damage done by herself, although the damage is, in most cases, forged;
- Acting as a very cultivated, sensitive person full of attention, which emphasises their connections to offer assistance, impressive hygiene, or personal hygiene (cleaning their shoes in front of other people, use of perfumes and lotions which are favourite to the prospective victim etc.);
- Strewing the victim with permanent compliments, discrete presents, emphasizing what the victim loves and denial of everything that the victim denies;
- Support to the victim in front of other people, or directly defending the victim in her presence;
- Complaints on his jealous wife or girlfriend, expecting a feedback from the victim, thus penetrating into her family life;
- Setting up, through authorities or personally, of educative seminars, journeys, duty hours etc. in order to be as close to the victim as possible;
- In some cases, they initiate sexual and intimate conversations, in which the knitter of the web presents himself as a macho-man with kindness and sexual perfection, inspiring confidence etc.,
- In some cases, when they think they can be alone with their victim, they try to seduce their victim by alcohol, narcotic-psychotronic substances, medicaments, hypnotic and other substances which can make the way to their ultimate target (a sexual intercourse) with the person they have chosen;

The most frequent victims in these processes, which happen especially in the state administration jobs, are women who considered themselves as emotionally unhappy, women who think that they have certain physical deficiencies, as overweight, inadequate education etc. The seducer is cunning enough to present such imperfections as the virtues and not as weak points of the victim.

Penetration of the knitter into the family

In this process, the knitter of the spider’s web is well informed about the considerable part of the intimate and professional life of the family. For example, if the husband of the victim has a business, the knitter plots a destruction of that business through his fellows of same religion. Then, the knitter appears and saves the business of the husband. In such cases, the husband of the victim is caught into the spider’s web as a debtor. Such procedure can include salvation of a forged detention, lending of money etc. In such cases, the knitter can now manipulate with both the husband and the wife, and by that, the family as a whole.

In this process, the most frequent obstacle for the spider is the husband, so the web is now directed to his elimination from the family.

In certain cases, the husbands are the first victims by forged traffic accidents, involving them in illegal trade and setting up their detention etc.

In some cases, after the opportunity has arisen, the knitter takes the place of the husband, he disposes with the property, either directly or through the victim-the wife, gives financial support to the children and directs them towards deviant behaviour.

If the children are boys, they are instructed in stealing and illegal trade as soon as they grow major.

On the other hand, girls are sexually seduced and detoured even before they are of age.

In such a situation, the knitter is the one who, allegedly, struggles for the benefit of the family, by saving them from prisons etc., although he has already knitted and is still knitting the web around them.

Some women manage to save themselves from the spider, most frequently by changing their address or their job etc.

Some men solve this problem by quick divorce immediately after they become aware that their wife is caught into such a web.

In some cases both spouses make open and sincere efforts to save their family. In one of such cases, the husband suggested to his wife, who has a medical profession, to interrupt her relationship with her colleague of another nationality. The couple has been married for 11 years and the husband has invested in his wife’s private specialization and postgraduate studies. But she did not accept the offer and, with the support of her parents, initiated a procedure of divorce. As a consequence, their nine-year old daughter was deprived of the warmth of her family and home.

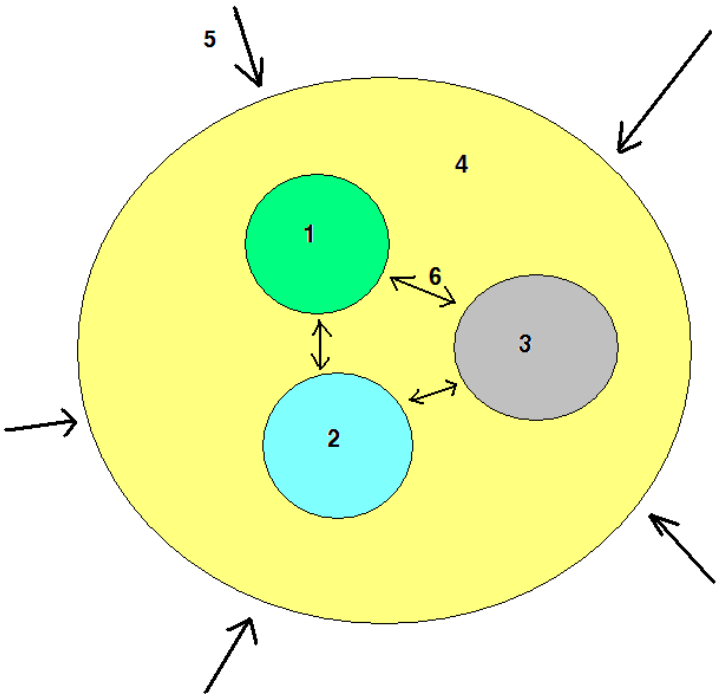
This destiny is a menace to almost each family in which the wife can turn into an easy prey of the spider's web.

In Macedonia, police permanently discover dozens and hundreds of women enslaved in night bars in Tetovo, Gostivar, Debar, Struga and in many other places. They are sheltered and sent to their countries.

The most frequent victims are women and even minor children. The victims are sexually sold out, physically and psychically hurt and suffer permanent consequences even if they are ultimately saved.

Results and Discussion

Pursuant to the research, the above mentioned deviant phenomena in the family result in its disintegration if the web knitters manage to penetrate in it.



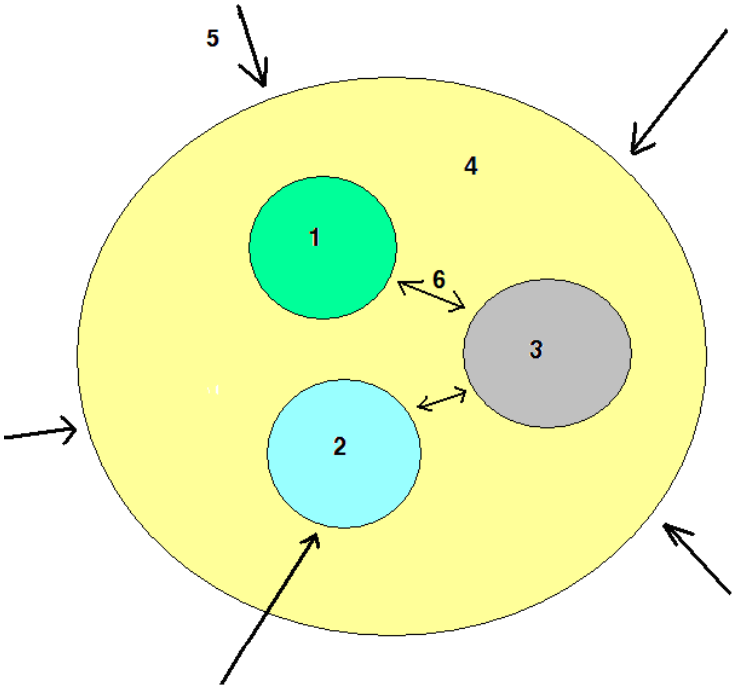
Picture 1: Demonstration of a healthy family

Picture 1: this picture demonstrates a healthy family in which there are visible contours and limits of a protected family and intimate area, healthy communication between the husband and the wife, the mother and the child and the father and the child.

Description of Picture 1:

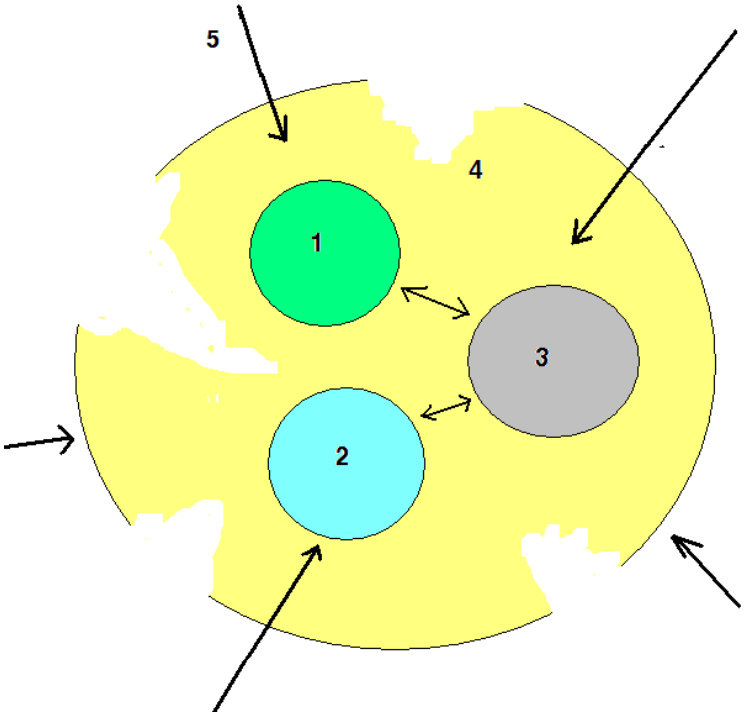
1. Father;
2. Mother;
3. Child;
4. Healthy family environment;
5. External factors:
   - spider's web;
   - economics;
   - influence of relatives and friends;
   - illness etc..
6. Healthy family communication and respect.

In this case, the concept of family represents the basic unit of society and is in perfect condition. In such a family, the children develop into healthy citizens in the society. There is natural harmony among them and they overcome each problem without difficulty.



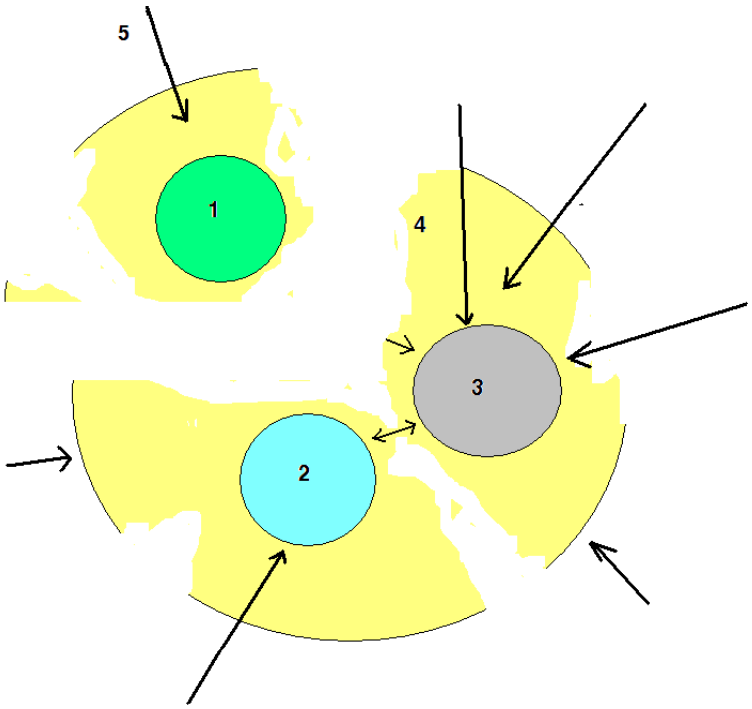
Picture 2: A case where one of the spouses is under the influence of an external factor

Picture 2: A case where one of the spouses is under the influence of an external factor: adultery, spider's web or influence of the families or other individuals who managed to involve into the intimate family area. The communication between the spouses is disturbed, but they still communicate through the children.



Picture 3: The intimate family space is damaged by external factors

Picture 3: The intimate family space is damaged by external factors, the communication between the spouses is heavily disturbed, but they communicate with their children and with the external factors.



Picture 4: A disintegrated family in which one or both parents take over the communication with the children

Picture 4: A disintegrated family in which one or both parents take over the communication with the children, but one of the parents has already been eliminated from the family. The children are, most often, victims of such a family tragedy and are now exposed to a series of additional dangers coming from external and internal factors.

Discussion

It can be concluded from the above that by underestimating the family as an institution and yielding to low intentions on the part of one or both parents, the family can very easily fall into the so-called spider's web, in which minor children and their parents suffer the largest part of the consequences.

References:

1. Personal research
2. Parpers informations
3. TV-show

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

МЕНИДЖМЪНТ НА РИСКА ПРИ ГОРСКИ ПОЖАРИ

Иван Димитров[1], Олег Витов[2]

[1]Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
[2]Централна лаборатория по минералогия и кристалография – Българска академия на науките
e-mail: idimitrov@space.bas.bg; vitov@abv.bg

***Ключови думи**: горски пожар, мениджмънт на риска, системен подход*

***Резюме:** Предлага се разглеждане и обсъждане на възможността за системен подход за мениджмънт на риска при горски пожари с използване на спътникова информация включително: 1. Превантивни мерки; 2. Документация на горски пожари и управление на противодействието; 3. Ликвидация на последствията от горски пожари.*

Методиката ще включва: 1. Изследване на околната среда: почви, геохимия, климат, растителност, животински свят, човешка дейност като фактори за възникване и сценарий за протичане на горски пожар; 2. Модел за оценка на риска при възникване на горски пожар и посочване на адекватни мерки за подтискането му; 3. Създаване на логистична организация за управление на риска на базата на оперативни прогнози; 4. Изследване на протичането на горски пожар с оглед оперативно управление на противодействието и минимизиране на последствията от пожара съобразно създадения модел; 5. Оценка на последствията от горски пожар с оглед минимизиране на необратимите въздействия и ускоряване на процеса на възстановяване на горския масив и биоразнообразието.

За реализация на предложената система е необходимо изграждане на организация и обезпечаване на средства за функционирането и. Горските пожари са общозначимо бедствие, което предполага държавно финансиране на проекта.

Системния подход е средство за реализация на адекватна превантивна дейност, оперативно управление на противопожарната дейност и минимизиране на негативните последствия от пожарите.

FOREST FIRE RISK MANAGEMENT

Ivan Dimitrov[1], Oleg Vitov[2]

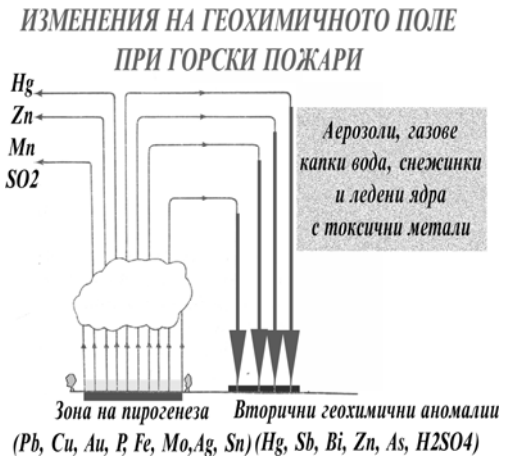
[1]Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Central Laboratory of Minerology and Crystallography – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: idimitrov@space.bas.bg; vitov@abv.bg

Горските пожари са спонтанни природни явления – запалвания от триене между сухи клони на дървета от вятъра и запалвания от мълнии, което се е извършвало във всички геоложки епохи от карбона до днес и поражда специфичен процес на изменение на минералния състав на почвите. В последните години, вероятно поради систематично повишение на средногодишните температури в страната (1) и намаление на количеството валежи, зачестиха проявите на горски пожари. Може да се предполага, че основна причина за опустошителната сила на пожарите е глобалното затопляне на планетата, предизвикано от парниковия ефект. Горските пожари са геоложки фактор. Старите гори са „вековни гори" поради унищожаването им от спонтанни пожари с период от 100 години (11). Ерозивната норма на континентите е 2 mm/год и за 100 години се отмива 20 cm почва (12). Горските пожари за същото време разрушават структурата на дълбочина 30-60 cm, от което следва, че голяма част от морските утайки са продукт от действие на горски пожари върху почвената покривка.

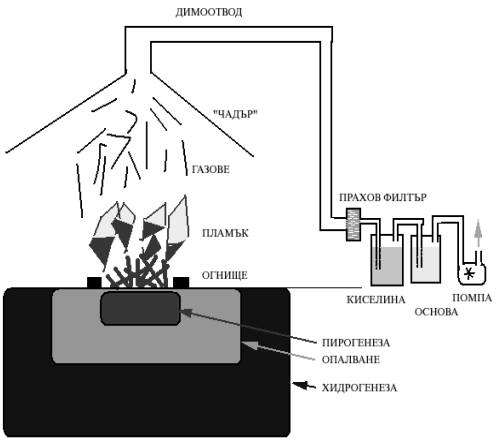
При горски пожари се изпаряват колосални количества вода, въглероден двуокис, серен двуокис, пари на металите живак, арсен, антимон, бисмут, цинк, манган и се разсейват по земната повърхност под действието на ветровете и дъждовете като формират геохимични аномалии (фиг. 1). Почвите в район на пожарище са с натрупвания от дървесна пепел с окиси

на калция, натрия, калия и фосфора (8). Освобождават се самородни метали – олово, калай, сребро, злато, мед (2, 9, 10). Самите почви се стерилизират и де-структурират. Увеличава се опасността от ерозия и оголване на склоновете с промяна на релефа. Топлинното въздействие върху оголени скали поражда термичното им напукване и формиране на „чакълдаци" (13).

В окислителните зони на полиметалните находища се формират специфични минерални съобщества от пирогенен фациес – пирогенни и пирофобни минерали (5, 6). Рязко се променя картината на геохимичното поле (3, 4). Зоната на горския пожар обеднява на леснолетливите живак (7), цинк, манган, антимон, бисмут, които излитат в атмосферата и формират вторични, безкоренни геохимични аномалии и замърсявания на почвите.



Фиг. 1



Фиг. 2

Устойчивите при висока температура минерали и новополучените пирогенни минерали – олово, мед, калай и злато остават в зоната на пожарището. Глините се изпичат при температури до 850^{o}C. Пепелите от горските пожари са наситени на окиси на алкалните метали и фосфор, което поражда поява на нови минерали (пироморфит) и минерални асоциации. Тези процеси не са изследвани, а са значими за геологията, геохимията, минералогията и опазването на околната среда. Като се има в предвид, че всеки квадратен километър горски пожар е свързан с изпичането на 1000000 тона почви до температури над 500^{o}C за време от няколко часа и факта, че годишното производство на „Кремиковци" е свързано с изпичането на 1800000 тона в пържилните пещи, става ясно за мащабите на явлението и значението му за човешката цивилизация.

Горите са основната значима растителност в планинските и полупланински райони на РБългария. Те имат голямо икономическо и екологично значение. Основно са застрашени от незаконно изсичане и горски пожари. Борбата с тези вредни явления изисква комплексен подход, използване на съвременни методи и средства, участие на съответните научни и държавни структури. Необходимо е да се изгради национална система за управление на риска при горски пожари, която до дава възможност за:

- минимизиране на вероятността за възникване на пожари
- планиране на залесяването
- своевременно откриване на пожари
- управление на овладяването и ефективно гасене
- определяне на възникващите опасности за инфраструктурата и населението
- определяне на вероятните емисии в атмосферата
- замърсявания на реки, водоеми и подпочвени води
- ликвидиране на краткосрочните и дългосрочни последствия от пожарите
- архивиране на всички значими данни за възникнали събития
- анализ на статистическия материал и приемане на решения
- моделиране на критичните процеси.

Системата трябва да има следните основни дялове и информационни слоеве:

Начално и текущо състояние на наблюдаваните обекти

Този дял има за цел да дефинира началното и текущо състояние на редица информационни слоеве. Той дава възможност за прогнози, планиране, превантивна дейност, моделиране и управление на кризисни процеси. В него влизат следните информационни слоеве:

- вид растителност и текущо състояние
- инфраструктурни обекти
- обекти с висок риск при пожар
- обекти, генериращи пожарна обстановка
- температура и влажност на почвения
- геоложка и минераложка обстановка
- техногенно състояние и причинители

Планиране и превантивни дейности

Планирането на залесителната дейност е пряко свързана с пожарогенните обекти, с високо рисковите обекти при пожар, с минераложката обстановка и други информационни слоеве от предходния раздел. Залесяването с иглолиста растителност в непосредствена близост до пожарогенни обекти (населени места, вилни зони, жп линии, сметища, промишлени обекти и др.) повишава степента на риск и вероятността за възникване на пожари (Фиг. 3). При иглолистната растителност съществува положителна обратна връзка по влажност. Залесяването с нея води до намаляване на влажността на почвата и повишаване вероятността за пожар. Тя е лесно запалима, с висока скорост на разпространение на горящия фронт и висока напрегнатост. Притежава висока степен на пазарна реализация и икономически интерес. В този раздел влизат информационни слоеве:

- стационарни пунктове за наблюдение на възникнали пожари
- горски просеки
- горски пътища
- свлачища и свлачищни процеси

Моделиране на критични процеси

Моделирането на критични процеси позволява да се симулират процеси при различни начални условия и променяща се обстановка. Дава възможност за предсказване на бъдещи състояния на системата, оперативно прогнозиране и проверка на правилността на приетите решения. При квазиустановени състояния могат да се получат зависимости за проектиране на въздействия върху обектите.Има ниска себестойност. За физическо моделиране на процеса на въздействие и емисии при горски пожар в конкретни райони ще се извършат опитни изследвания (фиг. 2).

Дистанционно откриване и наблюдение на пожарите

Дистанционното откриване се реализира от стационарни наблюдателни обекти (Мярка 226 ***„Възстановяване на горския потенциал и въвеждане на превантивни дейности”*** - **МИНИСТЕРСТВО НА ЗЕМЕДЕЛИЕТО И ХРАНИТЕ**), летателни апарати (пилотируеми и безпилотни), космически летателни апарати. Безпилотните летателни апарати имат висока ефективност при наблюдение на динамиката на пожарите и управление на гасенето на огнищата. Сателитните информационни системи позволяват оперативно наблюдение на големи територии, автоматично откриване на пожарните огнища и получаване на оперативна информация за динамиката на процеса (Фиг. 3, Фиг. 4). Сателитната информация позволява да се определи:

- температура на пожара
- мощност
- напрегнатост на фронта
- локална посока на вятъра
- площ на огнището
- координати и размери на горящия фронт
- динамика на пожара
- оценка на краткосрочни и дългосрочни последствия от пожара
- ефективност на предприетите методи и средства за гасене
- ефективност на превантивните дейности

Логистика на противодействието и минимизация на риска

Системата от информационните дялове и слоеве дава възможност за оперативна логистика на противодействието и оптимален избор на методите и средствата за борба с пожара. Отчитането на минероложката и техногенна обстановка позволява да се извърши оценка на риска за населението от вредни емисии и избор на методи и средства за предпазване. Техниката за реализация предполага наличието на високо производителна изчислителна техника, преносими терминали за работа в полеви условия, безжична връзка клиент- сървър, висока надеждност на връзките и добро покритие в пресечени терени.

Оценка на последствията от горските пожари

Оценка на последствията от горските пожар дава възможност да се минимизират на необратимите въздействия и ускори процеса на възстановяване на горските масиви и биоразнообразието.

Приложение

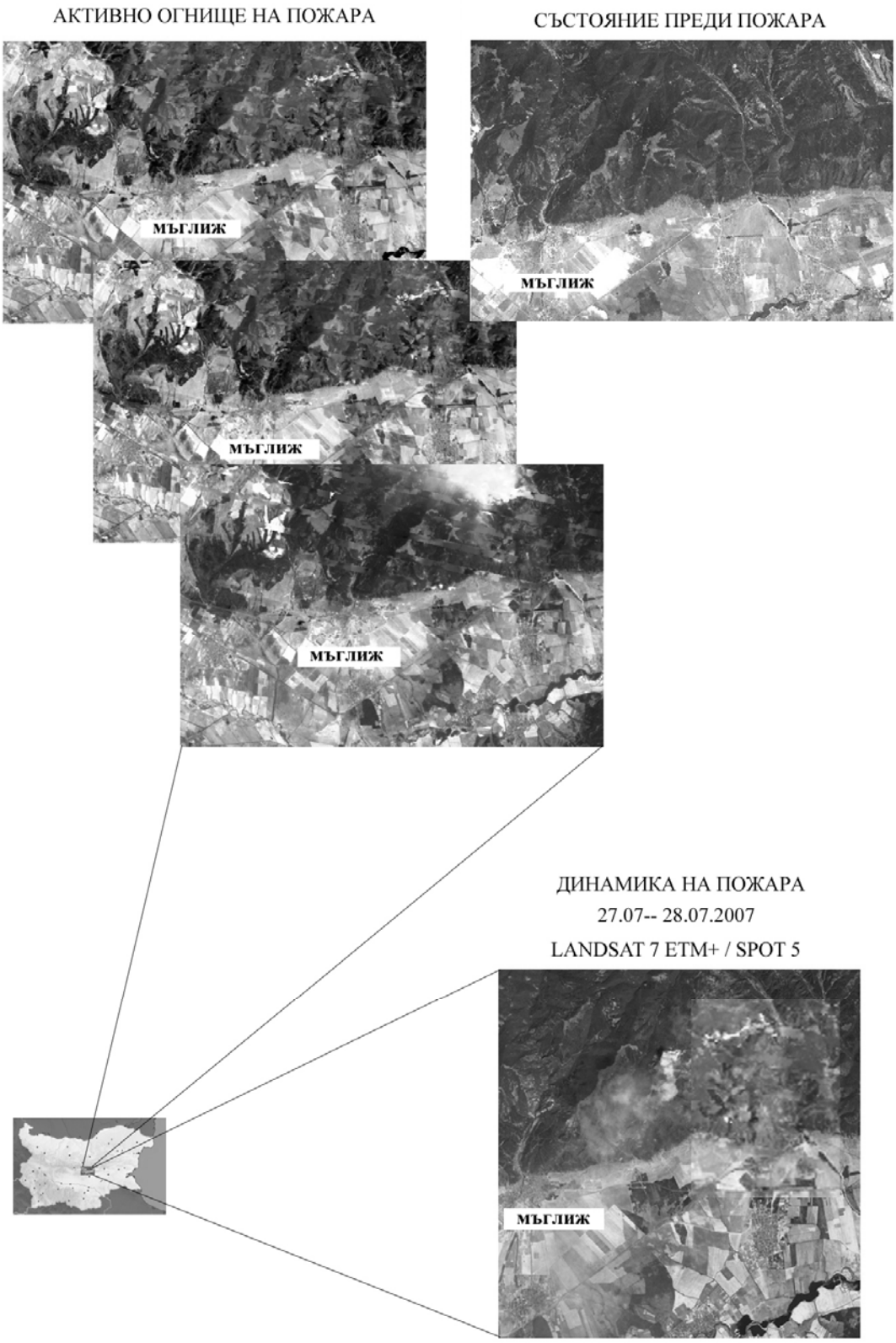
На Фиг. 1 и Фиг. 2 са представени пожари в района на Мъглиж и Столник през 2007 година, регистрирани от LANDSAT 7 ETM+. и SPOT 5. При композиране и обработка на изображенията са използвани канали 1,2,3,4,5,7 от LANDSAT 7 ETM+.

Пожарът край с. Столник се характеризира с наличие на обекти с висока степен на риск и сложна минераложжка и техногенна обстановка. До с.Бухово се намират затворените мини за добив на уранова руда, обогатителен комбинат, две хвостохранилище, речни корита и дерета с голяма степен на замърсявания с радионуклеиди.

Пожарът край Мъглиж се характеризира с голяма площ, непосредствена близост на водосборен район – р.Тунджа, използвана в цялото си поречие за питейни цели чрез система от кладенци.

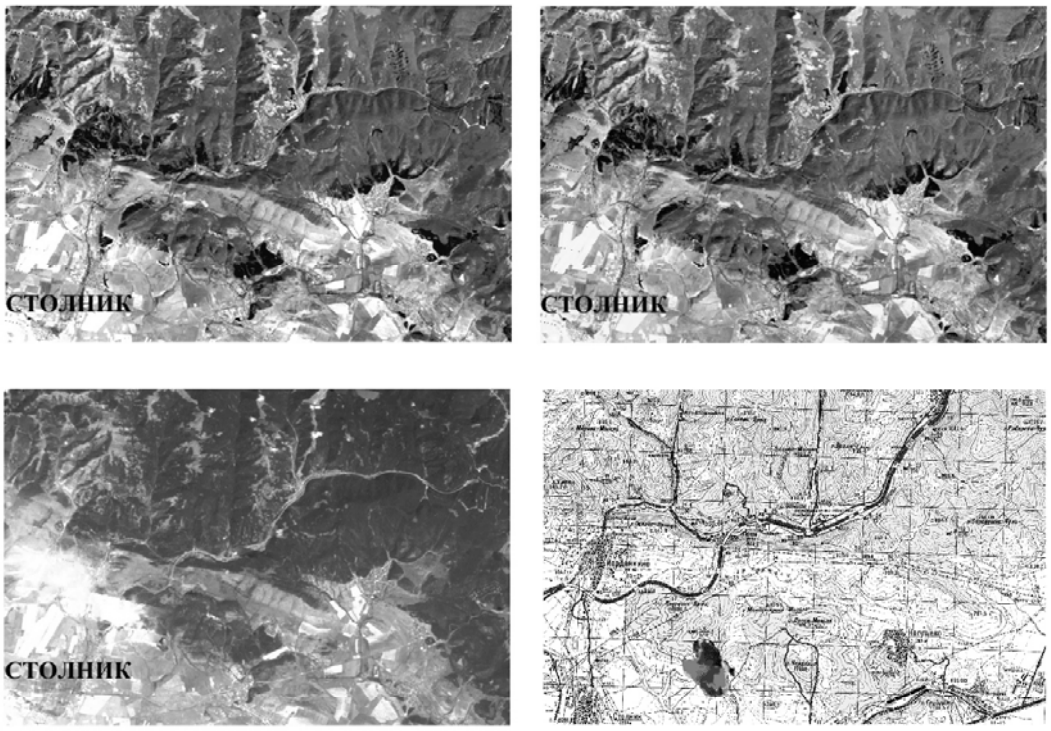
Литература:

1. А л е к с а н д р о в В. 2008. Изменение на климата: минало, настояще и бъдеще. В: “Земята – неспокойната планета”, БГ-Принт, Враца, 193-223.
2. Б е т е х т и н А. Г. 1950. Минералогия. ГОСГЕОЛИЗДАТ, М., 950
3. В и т о в О. 1999. Геохимични особености на почвите в обсега на трансевропейския коридор № 8 в участъка Дервена-Раненци, Кюстендилско. - Сб. на Съюза за защита на природата, кн. 4, С., 27 - 40.
4. В и т о в О. 2000. Литохимични ореоли на разсейване на оловото в Каменишкото понижение - Кюстендилско. - Сп. “Минно дело и геология”, 10, 16-20.
5. В и т о в О. 2008. Олово в шлихоминераложки проби от България. Юбилеен сборник 60 години специалност ГЕОЛОГИЯ. СУ „Св. Климент Охридски”, 105-108.
6. В и т о в О. 2008. Фосфати в шлихоминераложки проби от област Монтана, България. В: – Geosciences 2008, National conference, Sofia, 107-108.
7. В и т о в О., И. М а р и н о в а, И. Д и м и т р о в. 2006. Проект „Живачни замърсявания и живачни минерализации в България”. – Geosciences 2006, National conference, Sofia, 247-250.
8. К и с т А. 1988. Феноменология биогеохимии и бионеорганической химии. Ташкент, Изд. ФАН, 236.
9. К у х а р е н к о А. 1961.Минералогия россыпей. ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ, М., 320.
10. Л у н е в В. Е. 1964. Слово о свинце. МЕТАЛУРГИЯ, М., 108.
11. Н и к о л о в Т. 1996. Астрономически и орбитални въздействия върху геоложката летопис. Национална конференция на БГД, 13-15.
12. О л л и е р К. 1987. Выветривание. М., НЕДРА, 348.
13. Х а й т о в Н. 1976. Бодливата роза.

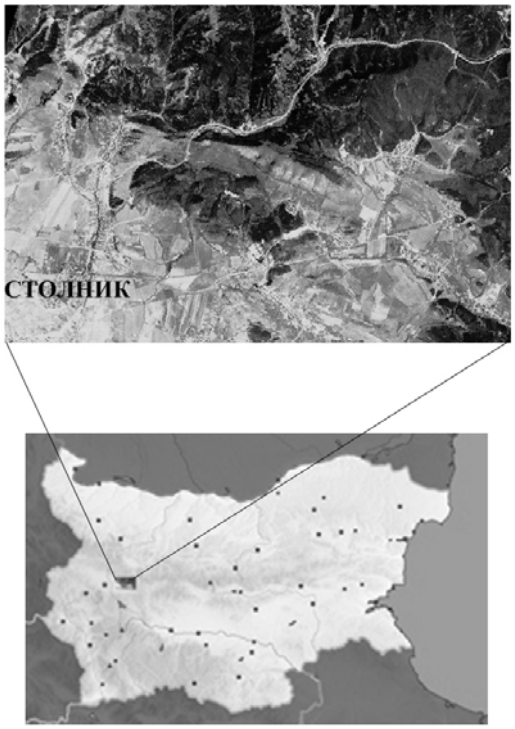

АКТИВНО ОГНИЩЕ НА ПОЖАРА
СЪСТОЯНИЕ ПРЕДИ ПОЖАРА
МЪГЛИЖ
МЪГЛИЖ
МЪГЛИЖ
МЪГЛИЖ
ДИНАМИКА НА ПОЖАРА
27.07-- 28.07.2007
LANDSAT 7 ETM+ / SPOT 5
МЪГЛИЖ

Фиг. 3

АКТИВНО ОГНИЩЕ НА ПОЖАРА - 27.07.2007



СЪСТОЯНИЕ ПРЕДИ ПОЖАРА



Фиг.4

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

THE CATASTROPHIC IRREVERSABILITY OF CLIMATIC ENGINEERING

Deyan Gotchev, Plamen Trenchev, Kontstantin Sheiretsky

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

Keywords: *climatic engineering*

Abstract: *Different points of view on possible targeted climate regulation are commented with emphasis on the risk associated with the probable unpredictability of the outcome.*

КАТАСТРОФИЧНА НЕОБРАТИМОСТ ОТ ИЗКУСТВЕНИ ИЗМЕНЕНИЯ НА КЛИМАТА

Деян Гочев, Пламен Тренчев, Константин Шейретски

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: dejan@space.bas.bg

Ключови думи: *Гея, климатични изменения, катастрофа*

Резюме: *Коментирани са различни гледни точки за възможното целенасочено регулиране на климата, като се акцентира върху риска от вероятната непредсказуемост на резултата.*

There is no comparable consensus about what the idea of climate change actually means. If we are to use the idea constructively, we first need new ways of looking at the phenomenon and making sense of it. Not only is the physical climate changing, but the idea of climate change is now active across the full range of human endeavours. *Climate change has moved from being a predominantly physical phenomenon to being a social one*. Any confusion surrounding the term “Geo-engineering” could stall the debate on what may become a key component of the fight against climate change. A specific definition of geo-engineering as the “deliberate large-scale manipulation of the planetary environment to counteract anthropogenic climate change” divides geo-engineering into two types: carbon dioxide removal (CDR) that acts to removes carbon dioxide from the atmosphere and solar radiation management (SRM), which involves reflecting sunlight back into space. New technologies that remove carbon from the atmosphere could be needed to combat man-made climate change. There’s a range of proposals such as launching giant mirrors into interstellar space to reflect the Sun’s rays, or injecting iron into the world’s oceans to rapidly increase the amount of phytoplankton that consume carbon dioxide. CDR technologies would be best suited to combat climate change. These include capturing carbon dioxide from ambient air as well as using land to soak up carbon. However, that SRM methods, such as constructing giant sunshades in space and pumping aerosols into the atmosphere to reflect sunlight, would not be long-term solutions and their usage offers potentially dangerous consequences. The point is that all of these geo-engineering proposals are related to the climate — specifically, technological solutions to minimizing the effects of anthropogenic climate change. For example, which theoretically could only be done at HAARP facility, ULF-waves in the ionosphere would knock the particles out of their natural spin, sending them tumbling down into the lower atmosphere to be harmlessly reabsorbed.

Climate change becomes an idea around which calls for environmental justice are announced, revealing the human urge to right wrongs. One way I do this is to rethink our discourses about climate change in terms of four enduring myths. I use "myths" not to imply falsehoods but in the anthropological sense - stories we tell that embody deeper assumptions about the world around us. First is the *Edenic* myth- climate is cast as part of a fragile natural world that needs to be protected. It

shows that we are uneasy with the unsought powers we now have to change the global climate. Next, the *Apocalyptic* myth reveals our endemic worry about the future, but also acts as a call to action. Then there is the *Promethean* myth about climate as something we must control, revealing our desire for dominance and mastery over nature but also that we lack the wisdom and humility to exercise it. Finally, the *Themisian* myth talks about climate change using the language of justice and equity. The value in identifying these mythical stories in our discourses about climate change is that they allow us to see climate change not as simply an environmental problem to be solved, but as an idea that is being mobilized in various ways around the world. If we continue to naively understand the climate system as something to be mastered and controlled, then we will have missed the main opportunities offered us by climate change. From a practical perspective, that means rethinking our responses to climate change. Rather than placing ourselves in a "fight against climate change" we should use the idea of climate change to rethink and renegotiate our wider social and political goals. For one thing, climate change allows us to examine our projects more closely and more honestly than we have been used to, whether they be projects of trade, community-building, poverty reduction, demographic management, social and psychological health, personal well-being or self-determination. Climate change demands that we focus on the long-term implications of our short-term choices and recognize the global reach of our actions. This means asking both "what is the impact of this project on the climate?" and also "how does the reality of climate change alter how we can achieve this goal?"

Climate change also teaches us to rethink what we really want for ourselves and humanity. The four mythical ways of thinking about climate change reflect back to us truths about the human condition that are both comforting and disturbing. They suggest that even were we to know precisely what we wanted - wealth, communal harmony, social justice or mere survival - we are limited in our abilities to acquire or deliver those goals. Having established that climate change is as much an idea as a physical phenomenon, we can deploy it in positive and creative ways. It can stimulate new thinking about technology. It can arouse new interest in how science and culture interrelate. It can galvanise new social movements to explore new ways of living in urban and rural settings. It can touch each one of us as we reflect on the goals and values that matter to us. And, of course, the idea of climate change can invigorate efforts to protect ourselves from the hazards of climate change. It is important to note that these creative uses of the idea of climate change do not demand consensus over its meaning. Indeed, they may be hindered by the search for agreement. They thrive in conditions of pluralism. Nor are they uses that will necessarily lead to stabilizing climate - they will not "solve" climate change. This does not imply passivity in the face of change, however. Nor does it allow us to deny that our actions on this planet are changing the climate. But it does suggest that making climate control our number one political priority might not be the most fruitful way of using the idea of climate change.

The world's climates will keep on changing, with human influences now inextricably entangled with those of nature. So too will the idea of climate change keep changing as we find new ways of using it to meet our needs. We will continue to create and tell new stories about climate change and mobilize these stories in support of our projects. Whereas a modernist reading of climate may once have regarded it as merely a physical condition for human action, we must now come to terms with climate change operating simultaneously as an overlying, but more fluid, imaginative condition of human existence. Many policymakers have traditionally seen climate models as irrelevant, but some argue that recent advances are making such models an essential tool in informing policy choices. A quick tour of the Internet reveals some very strong feelings on the subject of climate models. Unsurprisingly, on climate contrarian sites, such models are described in all sorts of unflattering terms and dismissed out of hand as fundamentally useless. However, in more rational forums, and sometimes even among scientists themselves, one occasionally comes across a basic ignorance of whether climate models are any good, and, even more importantly, what they are good for. By the time one gets to policymakers, climate models are seen at best as black boxes, and at worst as simply irrelevant to their detailed concerns. However, climate models – appropriately used – might have a vitally important part to play in breaking through some of the log jams now hampering policymakers. Models of any stripe are simply quantitative or numerical expressions of the theories we have for how the real world works. This gives us a hint: models are useful for tying together causes and effects in complex systems where answers are often only obvious in hindsight. We can apply them for climate changes in the past – global changes in temperature or rainfall patterns inferred from the paleoclimate data for instance – and help attribute events to causes. Indeed, the attribution of any particular climate trend or set of events is inherently a model-based exercise. Without a way of telling the difference that any particular cause might have, how can we recognize its fingerprint in the real world? The other use is in helping chart the course of the future. For the climate, there are two kinds of possible predictability. The first is based on extrapolating seasonal and interannual changes based on precise knowledge of today's state of the atmosphere and ocean combined with an understanding of how the various modes of variability in the ocean might develop. Whether these efforts can provide useful

information on regional climate on year-to-year and longer timescales is currently being explored. The more usual source of predictability, however, is considering the long-term changes related to increases in greenhouse gases, a volcanic eruption or other changes in the composition of the atmosphere. The first relies on a thorough understanding of patterns like El Niño or the North Atlantic ocean circulation, while the second tries to average over that variability to predict changes in the mean state. For this second kind of prediction, you always need a scenario for what might happen to the drivers of climate change. Will carbon dioxide concentrations continue to increase? Will air pollution continue to decrease in the developed world but increase in the developing world? How fast will tropical deforestation progress? These scenarios are highly dependent on economics or political decisions and so qualify easily for the "hard prediction" category. Nonetheless, economists do their best to make a range of reasonable estimates for plausible futures and calculate the resulting changes in emissions. But climate is complex. There are multiple causes, giving rise to multiple effects such that the interactions among the various components – like low-level ozone, aerosols (airborne particles) and clouds – can get hideously complicated. Ozone near the ground is created from the soup of emissions from car exhausts, factories and fires, and it is a public-health problem as well as a greenhouse gas. Aerosols too can come from multiple sources: sulphur-dioxide emissions from coal-burning power plants produce sulphate aerosols in the air; black carbon (soot) and organic-carbon aerosols come from incomplete combustion of biomass and even from the complex organic molecules emitted by plants. They all interact directly with the Sun's radiation to either block it (for sulphates) or increase absorption (black carbon). They also have indirect effects by changing how easy it is for clouds to form, or by changing how reflective snow is (black carbon effectively makes the snow dirtier).

Since 1980, the tropical North Atlantic has been warming by an average of a quarter-degree Celsius (a half-degree Fahrenheit) per decade. Though this number sounds small, it can translate to big impacts on hurricanes, which thrive on warmer water. More than two-thirds of this upward trend in recent decades can be attributed to changes in African dust storm and tropical volcano activity during that time. African dust and other airborne particles can suppress hurricane activity by reducing how much sunlight reaches the ocean and keeping the sea surface cool. Dusty years predict mild hurricane seasons, while years with low dust activity have been linked to stronger and more frequent storms. About 70 percent of it is just being forced by the combination of dust and volcanoes, and about a quarter of it is just from the dust storms themselves. The result suggests that only about 30 percent of the observed Atlantic temperature increases are due to other factors, such as a warming climate. This adjustment brings the estimate of global warming impact on Atlantic more into line with the smaller degree of ocean warming seen elsewhere, such as the Pacific. Volcanoes are naturally unpredictable and thus difficult to include in climate models. Satellite research of dust-storm activity is relatively young, and no one yet understands what drives dust variability from year to year. Scientists have a new tool for understanding how events in one region, such as wildfires, can affect air quality in areas far away. Observations from NASA's Multi-angle Imaging Spectro-Radiometer (MISR) show that the plumes of dust, smoke and particles from wildfires or volcanoes often rise past the atmospheric boundary layer, the turbulent lowest portion of the atmosphere, and are injected into the less-turbulent and higher free troposphere. The aerosols can remain concentrated there for long periods and also be transported great distances. One of the project's goals is to generate data based on actual observations of biomass burning emissions from wildfires that can be used in global atmospheric models. The frequency of wildfires has increased over the past few decades, and such fires may be even more common in a future, warmer climate. Predicting the effects of climate change on air quality requires the ability to accurately model smoke injection and long-range transport. Even tiny, easily overlooked events can completely change the behaviour of a complex system, to the point where there is no apparent order to most natural systems we deal with in everyday life. Scientists who study "chaos" - which they define as extreme sensitivity to infinitesimally small tweaks in the initial conditions - have observed this kind of behaviour only in the deterministic world described by classical physics. The weather is one familiar case.

Science, however, has made tremendous progress by trying to break things down into their component parts. Frequently, these studies are carried out by separate scientists, in separate institutions under separate grants and with separate goals. While this has led to a great deal of insight, it has also tended to divorce the science from policy. Because of scientists' focus on single-factor experiments we have not historically provided enough information for policymakers to properly weigh up these different effects. Neither have we clearly identified the key sectors around the world that might provide win-win-win scenarios for people worried about climate, air quality and ecosystems. However, scientific and computational advances in climate modelling and validation over the last few years now mean that we can do a much better job. We can therefore now start to directly answer the questions that policymakers are raising – and some of the results may be surprising. a recognition of the net climate impact may help bridge the current gaps in the international negotiations on a climate treaty. Like a full life-cycle analysis for judging the impact on net emissions of a switch in energy-

generation technologies, a full Earth-system analysis should become the new standard in judging climate-policy proposals. All climate models are wrong, but some of them are useful, and by working more closely to answer the questions that are actually being posed by policymakers, we can make them more useful still.

References:

1. http://cryptome.org/0001/usa-disasters15.htm.
2. http://cryptome.org/dodi/space-weather.pdf.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

PHENOTYPE CRANIOLOGICAL VARIATION OF THE TWO SEXES OF THE ZOO-MONITOR SPECIES A. FLAVICOLLIS IN AGRICULTURAL ECOSYSTEMS IN BULGARIA

Georgi Markov

Institute of Zoology - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: geomar@datacom.bg

***Key words**: Apodemus flavicollis, Zoo-monitor, Craniometrical variation*

***Abstract:** Craniological analysis of specimens of the Yellow-necked mouse (Apodemus flavicollis) from agricultural region in North-Eastern Bulgaria was carried out. The degree of sexual dimorphism of the studied craniometrical measurements was revealed through: (i) variation flow and (ii) assessment of the degree of comparative variation. The obtained results extend the knowledge about population characteristics of the zoo-monitor A. flavicollis regarding the assessment of phenotype population variation of the two sexes under agricultural conditions. The established characteristics constitute substantial morphological basis for further eco-physiological studies of this zoo-monitor species in agricultural ecosystems in Bulgaria.*

ФЕНОТИПНА КРАНИОЛОГИЧНА ИЗМЕНЧИВОСТ НА ДВАТА ПОЛА НА ЗООМОНИТОРНИЯ ВИД *A. FLAVICOLLIS* В АГРОЕКОСИСТЕМИТЕ В СЕВЕРОИЗТОЧНА БЪЛГАРИЯ

Георги Марков

Институт по зоология - Българска Академия на науките
e-mail: geomar@datacom.bg

***Ключови думи**: Зоомонитор; краниометрична изменчивост; Apodemus flavicollis;*

***Резюме:** Проведен е краниологичен анализ на представители на жълто гърлата горска мишка (Apodemus flavicollis), обитаващи агрорегион в Североизточна България. Чрез анализът на: (i) потока на изменчивост и (ii) оценка на степенната на сравнителна изменчивост е разкрита степента на проява на полов диморфизъм при изследваните краниометрични показатели. Получените резултати разширяват знанията за популационните характеристики на зомонитора A. flavicollis, с оглед оценката на популационната изменчивостта на краниологичния фенотип на двата му пола, при условията на развитие на биоиндикатора в характерен по вид на прилагана агротехника и ландшафт агагрорегион в Североизточна България Установените характеристики предоставят солидна морфологична база за последващи детайлни еколого-физиологични изследвания на този зоомонитор в агроекосистемите в България.*

Introduction

Because of the complex character of pollution in agricultural ecosystems, the application of bio-indication and bio-monitoring of the environment there requires criteria and methods reflecting adequately the anthropogenic influence on different levels of organization of biological matter: macromolecules, cells, organisms, populations and biocoenoses.

The anthropogenically modified combination of physical, chemical and biological parameters of the environment plays an important role in formation of morphological parameters, their deformations and alterations in the living organisms. The idea that morphological changes in mammals inhabiting polluted environments could be used as indicators of human impact is based on the hypothesis that ecological conditions in each one ecosystem have a very strong influence on the formation of morphological characteristics of the populations inhabiting there and regulates them reliably as an undividable entity [1]. This hypothesis is the starting base in application of investigations

of structure, composition, statics and dynamics of populations, through the morphological approaches of population morphology, in the system of biological monitoring of the environment. The use of morphological deformations of mammals, inhabiting polluted environments, as indicators of anthropogenic impact, is very effective, especially when the combination of anthropogenic factors is difficult to be measured directly; this is most often the case of diffuse pollution of agricultural ecosystems as a result of agrotechnological procedures. The knowledge about the range of natural variation of organisms under conditions of change and breach of biotic processes in ecosystems due to anthropogenic influence represents a necessary condition for correct analysis of the data obtained from biomonitoring of the environment using zoomonitor biological species.

The application of morphobiological zoomonitoring in agricultural regions of the country is based on the knowledge gained in the field of population morphology; in order to analyze the variation of morphological characters in eco-physiological investigations of population dynamics it applies the following methods: (i) “variation flow” – provides information about the relative functional importance of the studied characters on the grounds of practically deduced assumption that functionally important characters have relatively lower variation; (ii) “analysis of comparative variation” – based on the experimentally established postulate that each morphological character strives for retaining its place in different compared operational units, independently of the differences in absolute values of the coefficient of variation; (iii) “morphological profiles” – the same morphological characters of populations are compared not by absolute values, but by relative values representing the ratio of their absolute variation to a chosen operational unit defined as “standard” [4]. Different modifications of these methods have been used successfully in the biological monitoring applied in ecological monitoring. Craniologically characterized populations of zoomonitors represent a good starting base for all subsequent investigations in particular regions reflecting the vast diversity of possible biological analyses carried out in the process of bioindication. If some of the parameters of the studied morpho-genetic structures are beyond of the presumable variation range, a real necessity arises to analyze the observed deviations from ecological point of view.

The aim of the present investigation was to analyze the variation of morphological characters through combined application of the three main morphobiological methods, and to assess the degree of craniometrical variation of the two sexes of the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) inhabiting agricultural ecosystem in Northeastern Bulgaria.

Because of the incorrectly adopted understanding that this species doesn’t express any sexual craniometrical dimorphism, during the last decades all classical morphobiological characteristics of the wood mouse have been analyzed using pooled samples of males and females. This necessitated the assessment of phenotype craniological variation of the two sexes of the zoomonitor species *A. flacicollis* in agricultural ecosystems in Northeastern Bulgaria. The absence of possibility to differentiate unambiguously the studied specimens of the morphologically sibling species *A. flacicollis* and *A. sylvaticus* have also made it difficult to obtain correct morphobiological characterization of the species. This difficulty have been bridged over with the craniological complex of characters based on biochemical-genetically determined specimens of the two sibling wood mice in Bulgaria, which is able to classify correctly 100% of the studied specimens as *A. sylvaticus* or *A. flavicollis* [5]. This possibility for massive craniological species determination of the wood mice premised that the biological diversity could be assessed correctly as regards species morphobiological variation and local craniometrical characteristics under specific ecological conditions in the main natural and agricultural ecosystems in the country inhabited by these animals.

Materials and Methods

The study was carried out in biotopes typical for the wood mice situated in agricultural ecosystems near the town of Shoumen. In the craniometrical analysis were included only adult specimens; their age was determined on the grounds of tooth system condition. Initially, caught wood mice were distinguished as *A. sylvaticus* specimens using the craniological character complex for species determination [5] with 100% ability for differentiation between *A. sylvaticus* and *A. flavicollis.*

Craniometrical characteristics of *A. sylvaticus* was based on craniometrical complex of characters including all known till now metric parameters of the wood mouse skull from Europe, which were established to describe well the craniometrical structure of these species. The used craniometrical complex includes 32 characters: V1 – Condylobasal length; V2 – Basal length; V3 – Basilar length; V4 Condylobasilar length; V5 – Occipital length; V6 – Diastema length; V7 – Length of incisive foramen; V8 – Length of visceral part; V9 – Length of brain part; V10 – Length of nasal bones; V11 – Length of upper molar series (alveolar); V12 - Length of upper molar series (coronar); V13 – Length of bulla ossea; V14 – Interorbital width; V15 – Occipital width; V16 – Width of nasal bones; V17 – Palatal length; V18 – Rostrum width; V19 – Palatinal length; V20 – Zygomatic width; V21 – Rostrum height; V22 – Height of brain case; V23 – Width of brain case; V24 – Thickness of incisive. V27 -

Articular height; V30- Length of the lower molars row (alveoli); V31-Mandible length; V32-Length of the lower molars row (crown)

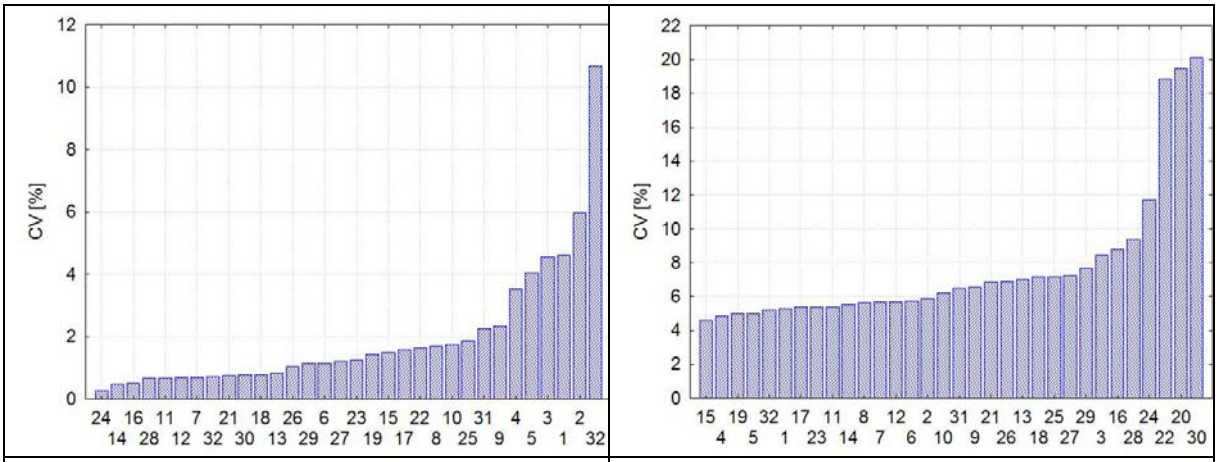
In the craniometrical characterization of the two sexes were used 36 male and 40 female *A. flavicollis*.

The univariate description of the craniological structure was based on the basic statistical parameters of the studied skull characters – mean values (X), etc. At population level the degree of sexual dimorphism of the studied craniometrical characters was revealed through: (i) variation flow, (ii) assessment of degree of comparative variation and (iii) morphological profiles. The presence of sexual dimorphism in each one of the studied characters was tested by the Coefficient of sexual dimorphism (Dsex) computed as percentage difference between the mean values of the character in the males and in the females divided by the mean value of the character in males.

.

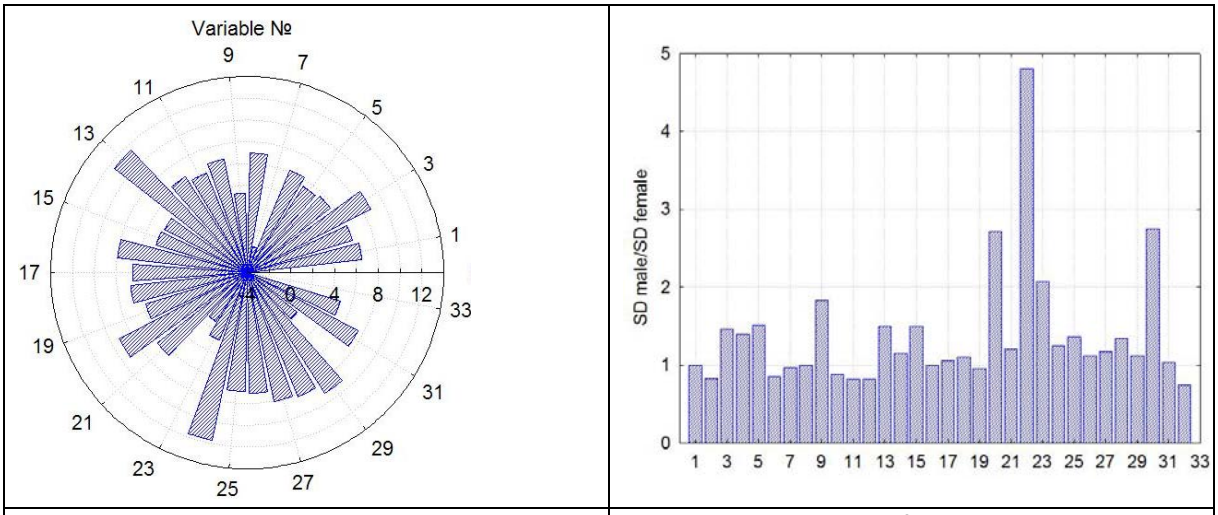
Results and Discussion

Application of “variation flow” method resulted in arrangement of relative variation of similar characters in females (Fig. 1a) and males (Fig. 1b). The specific pattern of arrangement of the characters by the values of relative variation in the two sexes was established. It was within the framework typical for the rodents.



a b

Fig. 1 Variation flow of skull measurements in female (a) and male (b) yellow-necked wood mice (*Apodemus flavicollis*) from agricultural ecosystem in Northeastern Bulgaria. Craniometrical characters on the abscissa are in increased order.



a b

Fig. 2 Values of the coefficient of sexual dimorphism (a) and relative value of the absolute variation (males towards females) of similar craniometrical characters in the two sexes of yellow-necked wood mouse (*Apodemus flavicollis*) from agricultural ecosystem in Northeastern Bulgaria.

The evaluation of the differences in the mean values of the studied craniometrical characters in the two sexes confirmed the presence of craniometrical sexual dimorphism in the adult yellow-necked wood mice in Northeastern Bulgaria(graphically presented in Fig 2a).

The coefficient of sexual dimorphism (Dsex) of all studied characters was from 1.5% to 11%; except for V7 the mean values of craniometrical characters in males were higher than in females.

The comparison of morphological profiles of the two sexes in yellow-necked wood mouse (Fig. 2b) showed that: (i) the established absolute variation was in total lower in the craniometrical characters of females, the higher individual value amounted to 11%; in males, the relative maximum variation of some characters reached 20%; (ii) a trend to higher absolute variation of the studied craniometrical characters in males was revealed; (iii) in view of the established relative values of characters absolute variation in females, it is supposed that the typical limits of absolute craniometrical variation in the two sexes were revealed.

Conclusion

All the results of the analysis of population craniometrical characteristics of the two sexes of the yellow-necked wood mouse (A. flavicollis) from North-Eastern Bulgaria revealed the sexual specificity of its craniometrical characteristics, and unequivocally determined their importance for the analysis of morphological variation in the two sexes in ecological-morphological researches for biological monitoring of agricultural ecosystems in Northeastern Bulgaria.

Acknowledgements: This paper was supported by a grant extended under Contract No.1513/2005 with the Scientific Research Fund at the Bulgarian Ministry of Education.

References:

1. Mayr E. 1974. Populations, species and evolution. Moscow, Mir, 460 pp. (In Russian).
2. Markov G., I. Atanassova. 2004. Population craniometrical characteristics of the two sexes in the wood mouse (*Apodemus sylvaticus* Linnaeus) in Northeastern Bulgaria. Collection of scientific works of *Bishop Konstantin Preslavski* University of Shoumen, Natural Sciences, 385-389
3. National program for biomonitoring of Bulgaria. 1990. [Eds. D. Peev, S. Gerassimov], Sofia, Gea Libris, 240 pp.
4. Yablokov A. V. 1966. Izmenchivost' mlekopitayushchih. Moscow, 346 pp. (In Russian).
5. Chassovnikarova Ts., G. Markov. 2007. Wood mice (*Apodemus sylvaticus* Linnaeus, 1758 and *Apodemus flavicollis* Melchior, 1834) from Bulgaria: craniometric characteristics and species discrimination. Forest science 3: 39-52

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

RISK ASSESSMENT OF OUTBREAK OF RODENTS AS MAIN PESTS OF AGRICULTURAL CROPS IN BULGARIA IN 2009

Georgi Markov[1], Orlin Dekov[2], Maria Kocheva[1]

[1]Institute of Zoology - Bulgarian Academy of Sciences
[2]Institute for Plant Protection - National Service for Plant Protection
e-mail: geomar@datacom.bg

***Key words**: voles, risk assessment, rodents' outbreak, chemical pest control*

***Abstract:** The need of chemical pest control is discussed based on assessment of the common vole numbers carried out in rapeseed and autumn cereals fields in the regions of Razgrad, Pleven and Bourgas. Common vole was chosen as a model species to assess the risk of agricultural pests' outbreak in Bulgaria in 2009 and the need of chemical control. In autumn, under climatic conditions typical for the studied regions, voles' reproductive period comes to an end and their numbers reaches maximum value. The analysis of the autumn numbers of the common vole showed possible voles' outbreak in 2009 in the Central part of Danube plain, in Loudogorie, Dobroudzha, the South-Eastern parts of the country and the fields of Western Bulgaria. It is pointed that: (i) the real assessment of the risk of development of voles' populations under particular ecological conditions and agrotechnologies applied in different agricultural regions enables the balanced approach of chemical control using rodenticides without excessive environmental changes; (ii) in all cases of chemical pest control, relevant chemicals should be applied only in amounts corresponding to the degree of anthropogenic transformation of the treated lands.*

ОЦЕНКА НА РИСКА ОТ МАСОВО НАМНОЖАВАНЕ НА ГРИЗАЧИ - ОСНОВНИ ВРЕДИТЕЛИ ПО СЕЛСКОСТОПАНСКИТЕ КУЛТУРИ В БЪЛГАРИЯ ПРЕЗ 2009 г.

Георги Марков[1], Орлин Деков[2], Мария Кочева[1]

[1]Институт по зоология - Българска академия на науките
[2]Институт за защита на растенията - Национална служба за растителна защита
e-mail: geomar@datacom.bg

***Ключови думи**: полевка, оценка на риска, гризачи, масово намножаване, химическа борба.*

***Резюме:** На основата на анализ на данните от проведеното обследване на агроекосистеми и оценка размера на популационното развитие на обикновената полевка в посеви от рапица и есенни житни в районите на Разград, Плевен и Бургас се дискутира необходимостта от провеждане на химическа борба с тях. С оглед оценка на риска от масово намножаване през 2009 г на гризачи - вредители по селскостопанските култури в България и необходимостта от провеждане на химическа борба с тях, като моделен обект е избрана обикновената полевка. Подложените на анализ есенни отчитания на числеността на полевката, тогава когато при характерните за изследваните региони климатични условия, полевките завършват своя размножителен период и тяхната численост достига своята максимална стойност за годишния цикъл на своето развитие показват че за 2009 г се очертава развитие на масово намножаване на полевката в Централната част на Дунавската равнина, Лудогорието, Добруджа, Югоизточните части на страната и Полетата в Западна България. Постулира се, че: (i) реално оцененият риск от развитието на нейните популации при конкретните екологични условия и прилагани селскостопански техники, в различните агрорегиони създава възможност за балансиран подход при провеждането на химическата борба с родентициди, който да съхрани реколтата, но и да не предизвиква прекомерни промени в природната среда; (ii) във всички случай при провеждането на химическата борба с «вредителите», химичните вещества следва да се използват само в размери съответстващи на това в каква степен е преобразувана от човека, обработваната с тях територия.*

Introduction

Nowadays it is beyond doubt that the only way to reduce damages caused by small mammals to the crops and to save a significant part of these crops is numbers control of particular rodent populations. Harmful impact of some rodent species on people's life have been confirmed by the investigations of the World Health Organization pointing that the damages caused by these pests reached up 33 million tones annually, an amount of food enough for 130 million of people [1].

Damages caused by pest rodents have necessitated the development of a system for control of particular species. Special government programs for control of pest rodents have been put in action in many countries; at the same time the methods for pest control become more and more refined all over the world. Chemical industry provides practically unlimited amounts of synthetic substances at relatively low pieces; thereby, it is possible to limit the pest numbers in agricultural ecosystems to admissible margins. Dozens of modern highly toxic rodenticides have been allowed and put into practice for this purpose all over the world; the modern equipment used for application of rodenticides' allows treating billions of hectares of agricultural lands.

Chemical pest control is based on the misconception that this is the only way to save the crops and although applied in high dosages, the used substances are harmless; thus, a real opportunity of misuse is revealed. This negative trend is particularly strong when people are determined to provide their subsistence by all means, and excessive use of rodenticides inevitably breaks the balance in nature.

About 30-40 years ago the widespread use of chemical substances in agricultural ecosystems caused unintentional extermination of harmless and even useful animals and strongly distorted the ecological balance in natural and transformed landscapes. Unreasonable use of strong poisons over large areas, both cultivated and untouched with reserved natural balance, endangers seriously not only the nature, but the man too. Therefore, taking the point of view of nature protection, a reasonable question could be brought up: if the applied methods of control of particular groups of organisms inevitably cause damages on the biological diversity, should the modern society use them at all? Although artificially created, the agricultural ecosystems provide favorable conditions for massive reproduction of "pest" animals; and the other point of view, supported widely by farmers, asserts that pest control could be successful only if carried out by artificial means as well. So, we would hardly leave chemical pest control in the nearest future.

Thus, it becomes indispensable to work out a compromise between the control of numbers of particular "pest" species in agricultural ecosystems, preservation of biggest part of the food resources of mankind and conservation of biological diversity of nature. The system for extermination of particular pest species should be improved in a way diminishing the contradiction between extermination and decrease of biological diversity. Therefore, reliable data about actual and/or expected outbreak of rodents as main agricultural pests are needed to carry out chemical pest control in agricultural ecosystems with aims and scale commensurate to the expected results.

The main agricultural areas in Bulgaria are periodically invaded by pest rodents in high numbers. These are the grey voles *Microtus arvalis* and *Microtus levis*. Because of their high reproductive potential, voles become agricultural pests in huge numbers. During the short periods of depression of vole's numbers these areas are dominated by the wood mice *Apodemus flavicollis* and *Apodemus sylvaticus* together with the wild species of the house mouse: steppe mouse *Mus spicilegus* Petenyi in North Bulgaria and Balkan short-tailed mouse *Mus macedonicus* Petrov & Ruzic in South Bulgaria. The two voles' species are morphologically sibling species and it is impossible to differentiate between them under field conditions; moreover, in many regions of the country they occur sympatrically in agricultural areas. Because of relatively equalized harmful impact of the two voles' species the numbers of these pests should be assessed as a generalized total of the numbers of the two species in studied areas. Differentiation between the two wood mice species in the regions of their sympatric occurrence is also difficult because their exterior characteristics vary widely and even overlap. At the same time, their harmful impact is also relatively equalized and allows again expressing their numbers as a generalized total of the numbers of wood mice. Therefore, the grey voles, the wood mice and wild species of the house mouse represent the main pests when numbers control should be carried out, risk of outbreak in numbers of pest rodents should be assessed and the course of their propagation should be traced.

As a model species in assessment of the risk of pest rodents' outbreak in 2009 in Bulgaria and estimation of necessity of chemical control, the common vole was chosen. The common vole is the most abundant agricultural pest species among the small rodents inhabiting Bulgaria. It is a typical steppe inhabitant, bound up with open plains and especially with agricultural areas. The common vole had permanently changed its original habitats – natural riverside meadows surrounded in the past with vast woodlands and steppes – for anthropogenically created ecosystems providing much more food. Being polygamous, with post-natal estrus and well-expressed capability of females to feed numerous

offspring, this species is adapted to intensive reproduction and possesses high reproductive potential – in average 5-6 cubs per litter. Such high reproductive potential combined with voles' capability to breed monthly all over the year, makes them a risk factor in agriculture and subject to people's attention because of expected possible damages. Obtaining a real risk assessment of development of voles' populations under specific ecological conditions and applied agrotechnologies in different agricultural regions would afford the opportunity to work out a balanced approach in application of rodenticides in chemical pest control, which would keep the crops without excessive environmental changes.

Both climate and factors determining it vary widely over large territories; as larger the areas, more inaccurate become the averaged characteristics. At the same time, because of diverse relief, soils, micro-climatic features, vegetation, type and quality of applied agrotechnologies, living conditions for pest rodents are heterogeneous and shift asynchronously over the territory of the country. In different regions, in the same year, there could be different combinations of ecological conditions influencing voles' ability to breed and survive. For that reason, the integral analysis of numbers dynamics of voles should include typical and compact region, as regards climatic conditions, structure and composition of main agricultural ecosystems inhabited by voles.

The present report aimed to analyze the data obtained during the examination of population development of common vole in rapeseed and autumn cereals fields in the regions of Razgrad, Pleven and Bourgas, carried out together with the local Regional Plant Protection Offices in order to assess the risk of pest rodents outbreak in 2009 as well as the necessity of chemical pest control.

Materials and Methods

The density of voles in invaded rapeseed and autumn cereals fields characterized vole populations in each studied operational unit. According to the number of colonies found in the studied fields, vole's population density was divided into following groups: a) single colonies; b) 10–20 colonies per ha; c) 20–50 colonies per ha; d) 50–80 colonies per ha; e) over 80 colonies per ha. The analysis included autumn observations carried out in October, when voles' reproductive cycle came to an end under typical climatic conditions of the studied regions and their numbers reached annual peak.

Results and Discussion

Voles' population density in rapeseed and autumn cereals fields in autumn of 2009 established as number of colonies per hectare as well as year observations on local climatic conditions allowed drawing following inferences.

Significant increase of voles' numbers was observed in stubbles, reaped sunflower and maize fields, and roadside strips in agricultural regions of Razgrad, Pleven and Bourgas districts. The available information allowed suggesting that a similar process – increase in voles' numbers during the studied period – took place in agricultural regions of Montana, Vratsa, Rousse, Dobrich and Varna. The density in autumn cereals was also high – 40 to 80 colonies per ha.

Rapeseed is very vulnerable to voles' attack, especially in the initial vegetation stages, when the plants are still small and voles gnaw them through. A single vole could destroy 1–3 m^2 daily depending on the sowing density. The damages significantly decrease as the plants grow up and accumulate foliage, as voles feed on separate leaves instead of eating the whole plant. These biological features of cultivated plants together with the biological features of the "pest" species itself necessitate immediate voles control; crops, sowed later and germinating in the middle of October – beginning of November should be treated as well as ones with 3–4 small leaves and 2–4 cm high.

According to general criteria for assessment of cyclic nature of voles' population development [2]; [3], established density in colonies per hectare and relationship between common vole numbers and climatic characteristics in Bulgaria [4] unambiguously suggested that the common vole responded to the favorable climatic and trophic conditions during the second half of summer and in autumn by large-scale reproduction and increase of population numbers. Forecasts for the near future suggested as favorable climatic conditions for voles as they were during the study; and it is quite possible to expect an extended reproductive period implying increase in numbers and damages caused to crops. An outbreak of voles is likely to take place in the central part of Danube plain, in Loudogorie, Dobroudzha, and South-Eastern parts of the country as well as in the fields of Western Bulgaria.

Common vole is a species experiencing very unstable, moreover, cyclic changes in numbers, so the complex investigation of both biotic and abiotic factors impact on voles' numbers is of great importance for successful rational regulation of species numbers in agricultural ecosystems. The obtained results could help in working out a scientifically well-grounded strategy for forecasts and regulation of numbers of these agricultural pests, both under standard climatic conditions and in case

of extreme changes in ecological conditions of agricultural ecosystems. In order to assess the risk of pest rodents outbreaks, to create a basis for adequate reaction in case of possible future voles' outbreaks in Bulgarian agricultural ecosystems, and to carry out voles' control commensurate to danger of losses of agricultural production, considering different degree of harmfulness and different course of numbers dynamics in some regions of the country, National Agency for Plant Protection should organize:

1. Stations for permanent specialized observation of voles' populations in Regional Offices for Plant Protection in Vratsa, (Montana), Pleven, Rousse, (Razgrad), Dobrich, Sofia (Pernik), Stara Zagora (Sliven).
2. The rest regional offices should carry out standard minimum spring and autumn observations. In case of danger, control should become more frequent and intensified.
3. It is mandatory to carry out voles' control based on integral approach and mainly on autumn populations.

In all cases of chemical pest control the relevant chemicals should be applied only in amounts corresponding to the degree of anthropogenic transformation of treated lands.

Acknowledgements: This paper was supported by a grant extended under Contract No.1513/2005 with the Scientific Research Fund at the Bulgarian Ministry of Education.

References:

1. M e e h a n A. P. Rats and mice, their biology and control. Rentokil Ltd. 1984. Printed and bound in Great Britain by Brown Knight. Truscott Ltd. p. 158
2. G l a d k i n a T. 1976. Logical model of numbers dynamics of the common vole in Kaliningrad District. *Proceedings of the Institute for Plant Protection.* 50:24-75 (Leningrad). (In Russian)
3. G l a d k i n a T., I. P o l y a k o v . 1973. Preconditions for long-term forecast of numbers of pest rodents in Trans-Caucasus. *Proceedings of the Institute for Plant Protection,* 39: 42-49 (Leningrad). (In Russian)
4. M a r k o v G., O. D e k o v , M. K o c h e v a . 2004. Drought Impacts on Agricultural Pests. p. 171-182. In: Knight, G., I. Raev, M. Staneva. [Ed.]. Drought in Bulgaria: a contemporary Analog for Climate Change. MPG Books Ltd, Bodmin Cornwall, p. 336.

Session 5

Space Materials Science and Nanotechnology

Chairman: Sen. Res. Stavri Stavrev
Secretary: Res. Fell. Zdravka Karagyozova

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

НОВИ САМОСМАЗВАЩИ СЕ АНТИФРИКЦИОННИ МАТЕРИАЛИ ЗА РАБОТА В ЕКСТРЕМНИ УСЛОВИЯ

Юлика Симеонова, Георги Сотиров, Меди Аструкова, Тинка Грозданова

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: JSimeonova@space.bas.bg

Ключови думи: *композитни материали, сухо триене във вакуум, ММС смазки, космическа техника.*

NEW SELF-LUBRICATING ANTIFRICTIONAL MATERIALS INTENDED TO OPERATE IN EXTREME CONDITIONS

Yulika Simeonova, Georgi Sotirov, Medi Asroukova, Tinka Grozdanova

Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: JSimeonova@space.bas.bg

Keywords: *composite materials, dry friction in vacuum, MMC lubricants, space equipment.*

Abstract: *New wear-resistant materials of the IPM class for the friction couples working in extreme conditions (raised load in the contact, great speed, dry friction in vacuum, including in space conditions) have been created.*

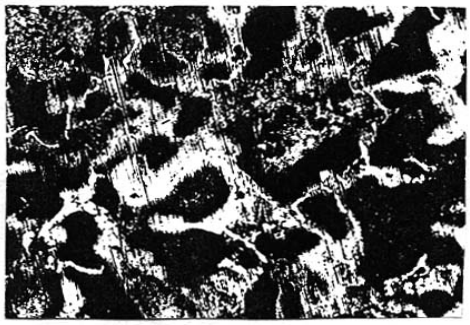
During the long research cooperation between IPM at NAN of Ukraine and SRI of BAS, a complex material study has been conducted to characterize materials by the most modern methods for analysis of the structure, phase structure, surface features and basic tribological parameters and characteristics in different friction modes in extreme conditions, including high vacuum. New generalized technical scientific information on the tribological properties and the materials properties of the IPM manifested during their operation at dry friction in vacuum and in air, in view of their practical use in space engineering, vacuum mechanical engineering and ground-based technologies.

Въведение

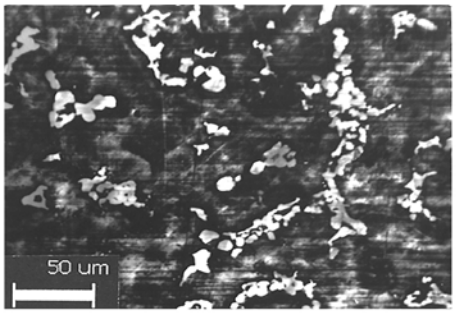
Разработените материали имат сложна хетерогенна структура, изградена от различни елементи и фази. Това са композити на медна основа, легирани с манган, никел, или калай, съдържащи фосфор и олово. Тяхната структура е показана на Фиг. 1-3. Общото в нея са глобулите на Pb и твърдата решетка от Cu_3P.

Използваната технология е съобразена с изискванията за космическо използване на материалите. Съществена тяхна особеност е, че ролята на елементите в структурата им е строго диференцирана. Част от тях изпълнява ролята на матрица. Това са медта и нейните сплави. Останалите елементи, като Pb или MoS_2, действат като смазка в трибоконтакта.

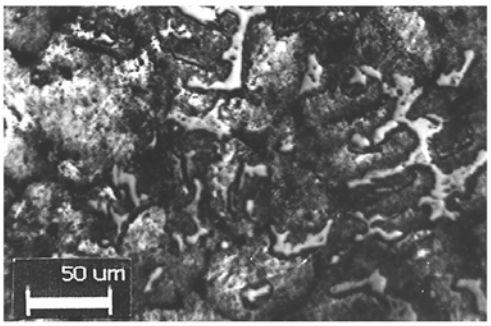
Основният технологичен принцип при създаването на тези композити е насочен към формиране на високохетерогенната структура, осигуряваща добри антифрикционни свойства и характеристики, като малък коефициент на триене, износоустойчивост, увеличено ниво на натоварване, адаптивност на триещата се повърхност.



Фиг. 1. Микроструктура на **ИПМ-301 /**х 500/.

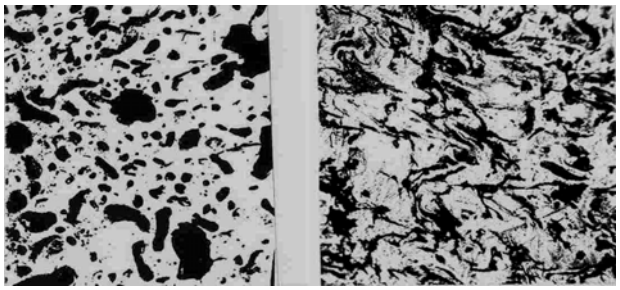


Фиг. 2. Микроструктура на **ИПМ-304 /**х 300/



Фиг. 3. Микроструктура на **ИПМ-305 /**х 300/.

В процеса на триене Pb излиза на повърхността и образува тънък слой. Настъпва ефект на самосмазване в контакта, осигуряващ надеждна и продължителна експлоатация при тежки режими на работа, адаптирайки повърхността на триене към него. Тази наша хипотеза беше успешно доказана при работата на материала **ИПМ-301** в космически условия на станцията «МИР» в продължение на 5 години (1996 – 2001) [1].



Фиг. 4. Повърхностна структура на материала **ИПМ-301** преди и след сухо триене във вакуум (тъмните глобули са **Pb**) /х 200/

Тази специфична структура предпазва триещата се повърхност от нарастващата адхезия при сухото триене във вакуум.

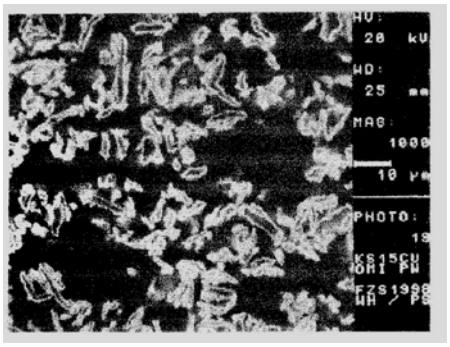
Легирането на медта с Mn, Sn или Ni подобрява механичните свойства на материалите. Те образуват с Cu твърди разтвори, увеличаващи якостта на матрицата, което повишава способността за натоварване в контакта при сухото триене. Твърдата фаза Cu_3P ограничава нарастващата пластична деформация в зоната на контакта и пречи за образуването на центрове на задиране и зацепване [2].

Оловото е ефективна смазка, но основен негов недостатък е токсичността**,** която го прави неприложим в екологично отношение. По тази причина забраната за използване на Pb в световен мащаб е предстояща, особено в космическите изследвания. Затова съществува стремеж оловото да бъде заменено с други ефективни твърдотелни смазки.

В това отношение интерес представлява използването на молибденовия дисулфид MoS_2**.** Неговата слоиста структура обуславя свойствата му на ефективна смазка при триенето във въздух и особено във вакуум [3,4]. Затова в структурата на материала **ИПМ-304** оловото беше заменено с MoS_2 при запазване на останалите елементи в нея.

ESA-ESTEC–Холандия разработи интересен антифрикционния материал **KS15***,* който е изграден от частици MoS_2, покрити електролитно с тънък слой **Cu**, а след това запресовани в медна матрица [5]. Материалът KS15 има високи трибопоказатели, но не гарантира дълготрайност при продължително триене. Практиката показва, че антифрикционните свойства на композита значително се подобряват след вграждането на MoS_2 в неговата структур – Фиг. 5.

Фиг. 5. Микроструктура на **ИПМ-306** /x 300/



Фиг. 6. Микроструктура на **KS15** /x 300/

Експериментални резултати

Получените резултати убедително показват, че материалите **ИПМ** притежават антифрикционни свойства, осигуряващи висока стабилност и надеждност на триещите механизми при продължителна работа, включително в космически условия.

В таблица 1 са показани обобщените стойности на основните трибопараметри при сухо триене на три от материалите при различни режими на триене, както и параметрите на материала **LB9** (Glacier BS1400LB4-**C**) [6,7] за сравнение.

Таблица 1

Материали	**Режим на сухо триене**	**Коефициент на триене**	**Интензитет на износване, [mm^3/N.m]**
ИПМ-301	Товар 2N Скорост 0,2 m/s Скорост 1,0 m/s	 0,23 0,21	 5.10^{-5} 2.10^{-5}
ИПМ-304	Товар 2N Скорост 0,2 m/s Скорост 1,0 m/s Скорост 0,2 m/s Товор 10N Товар 20N	 0,22 0,12 0,15 0,19	 2.10^{-5} 8.10^{-6} 6.10^{-6} 1.10^{-5}
ИПМ-305	Товар 2N Скорост 0,2 m/s Скорост 1,0 m/s Товар 10N Скорост 0,2 m/s	 0,23 0,19 0,21	 5.10^{-5} 4.10^{-5} 5.10^{-5}
LB9 (Glacier)	Товар 2N Скорост 0,2 m/s	 0,18	 1.10^{-5}

От посочените данни се вижда, че материалите **ИПМ** и **LB9** по трибологични показатели са сравними. Материалът **LB9** широко се използва в космическата техника в чужбина**.,** но при тежките режими на триене **ИПМ-304 г**о превъзхожда, издържайки 10 пъти по-голям товар при едни и същи трибопараметри.

Получените експериментални резултати от изследването на **ИПМ-306** са много насърчителни. В таблица 2 са дадени получените обобщени данни за композитите **ИПМ-306** и **ИПМ-304**. Първият по състав повтаря композита **ИПМ-304**, но Pb е заменено с MoS_2. Трибологичните измервания на двата материала са извършени при еднакви условия на сухо триене във вакуум 1.10^{-5} mbar при средно тежки режими на натоварване.

Таблица 2

Материали	**Коефициент на триене**	**Интензитет на износване [mm^3/N.m]**
IPM - 306 (MoS_2)	0,050 - 0,062	$< 1.10^{-6}$
IPM - 304 (Pb)	0,15 - 0,18	$6.10^{-6} - 1.10^{-5}$

Проведеното комплексното изследване на материалите **ИПМ** дава основание да се твърди, че получените резултати отговарят на изискванията за космическо приложение, съгласно международните норми. Според тях те са подходящи за лагери, шарнири и винтово-гаечни предавки със степен на износване по-малка от $\mathbf{10^{-5}}$ и коефициент на триене $\mathbf{F \leq 0,25.}$

При експлоатация в земни условия плъзгащи лагери от **ИПМ-301** и стомана, според съвременните изисквания за надеждност, осигурят работен ресурс от 500 до 1200 часа при работа в екстремни условия с коефициент на триене около 0,10, интензитет на износване не повече от 8.10^{-3} μ/км при скорост на плъзгане 1,2 – 2,0 м/s и товар 5 MPa.

При работа в земни условия при трибодвойки от **ИПМ-306** и стомана 45 се достигат коефициент на триене 0,10 и интензитет на износване $(3 – 8).10^{-3}$ μ/км при налягане 0,1 MPa и скорост на плъзгане 1,2 – 2,0 м/s. При въртеливо движение със скорост 1,2 – 2,0 м/s срокът на експлоатация на лагерите достига 480 – 1520 часа. [8].

Заключение

1. При съвместната изследователска работа на учени и специалисти от ИПМ при НАН на Украйна и ИКИ при БАН е създаден нов клас високоефективни самосмазващи се композитни материали за сухо триене във вакуум и въздух.

2. Опитът показа, че тези материали могат да работят ефективно в среди без смазка, кислород и влага при отсъствие на задиране, зацепване и пренос на материал в трибоконтакта при сухото триене.

3. В класа материали **ИПМ** е създаден самосмазващ се композитен материал с екологично съобразен антифрикционен компонент, подходящ за експлоатация в космически и в земни условия.

Благодарности

Изказваме нашата искрена благодарност на акад. А. Г. Косторнов, д-р О. И. Фущич и на н. с. Т. М. Чевичелова за плодотворното сътрудничество и активното участие в провежданите научни изследвания.

Благодарим на Европейската Комисия за предоставеното ни финансиране по Контракт No. HPRI –CT – 1999-00024 – User II-49 – 2002.

Литература:

1. Yuga A. I., T. M. Chevichelova, Yu. M. Simeonova, T. G. Nazarsky. Application of a New Antifriction Material at Tribological Junctions of Space Research Equipment, Proceedings of 2-nd World Tribology Congress, Vienna, 2001, Session “TRIBOLOGY IN EXTREME SITUATIONS”, 734.
2. Simeonova Yu. Study of new materials and coatings with improved antifrictional properties for space applications, Work of Habilitation, IKI-BAS, Sofia, 2004.
3. Savage R. H. Jour. Appl. Phys., v. 19, No 1, 1948
4. Bussel M. E. Chemistry Department at Washington University, http://chem.wwu.edu/dept.shtm, 2006.
5. Pambaguiam L., A. Merstallinger. Self-lubricating copper matrix composite with high contents of lubricants, Proc. 2-nd World Tribology Congress, 2001, Vienna, Austria
6. Simeonova Yu., G. Sotirov. Study of the parameters of new antifriction materials under dry friction vacuum conditions, Report, BAS, ARC-Seibersdorf, Austria, ARC-W-0136, 2 -30, (Data Bank of the European Major Research Infrastructure - AMTT), 2002.
7. Simeonova Yu., G. Sotirov. Triboparameters of New Antifrictional Materials under Dry Friction Vacuum Conditions for Space Applications, Proceedings of the Int. Conference on Resent Advances in Space Technologies, Istanbul, Turkey, 2003, 567-569.
8. Косторнов А. Г., О. И. Фушчич, Т. М. Чевычелова, Ю. М. Симеонова, А. Д. Костенко. Закономерности трения, износа и целенаправленного синтеза поверхностей трения композиционных самосмазывающихся материалов, Порошковая металлургия, № 3/4, 2007, 11-19.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

EFFECT OF CONSTANT ELECTRIC FIELD ON THE ELECTRONIC STATES IN GRADED-GAP QUANTUM WELLS

Adelina Miteva[1], Stoyan Vlaev[2]

[1]Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
[2] Unidad Académica de Física, Universidad Autónoma de Zacatecas,
Calzada Solidaridad Esquina con Paseo La Bufa, Zacatecas 98060, ZAC., México
e-mail: admiteva@phys.bas.bg

Keywords: *quantum confined Stark effect, graded-gap quantum well, AlGaAs, tight-binding method, electronic states*

Abstract: *Investigation of the electric-field dependence of electronic and optical properties in semiconductor nanostructures (quantum wells) is of great interest due to the possibility of making various fast electro-optical devices. In this work we study in detail the influence of the longitudinal constant electric field on the energy values of a digital quantum well $Al_xGa_{1-x}As/GaAs$ structure and its equivalent graded-composition analog quantum well. We calculate the energies of the electron and hole bound states, the energies of the main optical transitions and their Stark shifts. The spatial distributions of the main electronic and hole states at various given values of the applied electric field are also calculated. The semi-empirical tight-binding approximation in the spin dependent sp^3s^* basis is used and is carried out by surface Green function matching employing an algorithm previously developed and used to study inhomogeneous systems. The aim of these calculations is to find out in detail to what extent these two structures have similar or different properties in the presence of an applied electric field. We compare our results with the results for conventional rectangular quantum well and with experimental data for quantum wells with similar parameters.*

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СОСТОЯНИЯ КВАНТОВЫХ ЯМ ПЕРЕМЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

Аделина Митева[1], Стоян Влаев[2]

[1]Институт космических исследований - Болгарская академия наук, София, БОЛГАРИЯ
[2]Автономный Университет Закатекас, Zacatecas, MÉXICO
Электронная почта: admiteva@phys.bas.bg

Ключевые слова: *квантово-размерный эффект Штарка, полупроводниковые квантовые ямы, AlGaAs, метод сильной связи.*

Аннотация: *Исследование влияния электрического поля на электронные и оптические свойства полупроводниковых наноструктур (квантовых ям) представляет большой интерес в связи с возможностью изготовления различных быстрых электро-оптических приборов. В данной работе мы подробно изучаем влияние постоянного продольного электрического поля на значения энергий двух структур: цифровой квантовой ямы $Al_xGa_{1-x}As/GaAs$ и ее эквивалентной аналоговой квантовой ямы. Мы рассчитали энергии связанных состояний электронов и дырок, энергии основных оптических переходов и их Штарк сдвиги. Пространственное распределение основных электронных и дырочных состояний при наложении различных заданных значений приложенного электрического поля также рассчитываются. Используется полуэмпирическое приближение сильной связи в зависящем от спина базисе sp3s * и осуществляется сшивание поверхностей методом функций Грина с использованием алгоритма, разработанного ранее, и используемого для изучения неоднородных систем. Цель этих расчетов узнать подробнее, в какой степени эти две структуры имеют схожие или различные свойства в присутствии приложенного электрического поля. Мы сравниваем наши результаты с результатами для обычной прямоугольной квантовой ямы и с экспериментальными данными для квантовых ям с аналогичными параметрами.*

S.J.Vlaev was Professor at Unidad Académica de Física, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. During the final revision of this paper, Prof. Vlaev died on 14 Novenber 2009.

Introduction

Semiconductor nanostructures (superlattices and quantum wells) are already employed in electronic and optoelectronic devices. Many semiconductor devices with built-in quantum wells work under application of an electric field [1,2]. In semiconductor quantum wells (QWs), sharp excitonic absorption peaks are clearly observed even at room temperature. When an electric field is applied perpendicular to the QW layers, the energy of the fundamental absorption edge shifts by a large amount without severe broadening of the exciton resonance. This is the well-known quantum confined Stark effect (QCSE). These properties enable one to utilize QWs for high-performance room temperature optoelectronic devices. Moreover, to improve the performance of these optical devices, band structure modifications in QWs have also been investigated. The electric field effects (Stark effects) on the graded-gap QW structures, where the band gap of the well is inclined along the growth direction, are one of the most promising among the modifications for applications of making various fast optoelectronic devices [1-4]. The modification of the well potential shape can create different optical properties and thus optimize nanostructure-based devices compared to conventional rectangular QWs (RQWs).

In this paper we present a realistic tight-binding (TB) numerical calculation of the energy values for the main bound electronic and hole states as well as their spatial distributions in graded-gap QWs of two different types – analog (AQW) and digital (DQW) without and under application of a constant electric field. AQWs are realized by the analog alloy method by varying the alloy composition linearly in the AlGaAs well layer, i.e. one growth directly inhomogeneous QWs with different composition profiles. However, with this experimental growth method, it is technically difficult to control the alloy composition precisely in the narrow well region, and there will be some structural non-uniformities among the QW. To solve this problem, an alternative approach called the digital alloy approximation was applied in [5,6]. In this approach a supposedly equivalent QW is growing, where the AQW is being replaced by a sequence of wells and barriers with the same well depth but with a programmed sequence of varying widths. Although analog and digital structures are regarded as equivalent, some doubts have been raised [5-8].

The aim of the present work is to explore this issue further in terms of a realistic model, which allows one to calculate not only average properties but also detailed features. A comparative study will be carried out of the two structures shown in Fig. 1 as a practical example of analog versus digital QWs under an applied electric field.

Model and Method

We study AlAs/Al_xGa_{1-x}As/AlAs QWs with the graded-gap well structures (Fig. 1). The external constant electric field *F* is applied to the QWs parallel to the growth axis [001]. Similar structure is partially investigated experimentally and theoretically in [5-7]. Theoretical works about the electric field effect in analog and digital QW systems have been done mainly in the effective mass approximation. In the calculations we use the sp^3s^* spin-dependent semi-empirical tight-binding model as it is described in [8,9]. The virtual crystal approximation is used for the description of the TB parameters for the ternary compound. The surface Green function matching technique is developed in [9,10] and is applied for calculating the Green function of the infinite system (AlAs) containing the finite inhomogenious slab. Here the presence of an external static electric field is defined similarly to [11,12].

The electric field is applied to the structure under study at two points in the barrier regions (AlAs) situated at the distance of 5 monolayers (MLs) from the edges of the graded-gap QWs. The width of both QWs under study is 36 MLs (102 Å). The zero value of the intensity of applied electric field *F* is defined at the point which corresponds to 5 MLs from the left edge of the QWs. In numerical calculations we use a wide range of electric fields, from -200 to +200 kV/cm with a step of 5 kV/cm. We also made calculations for the conventional rectangular QW (RQW) in order to compare it with our results. The RQW has a 36 MLs (102 Å) GaAs well and AlAs barriers. The calculations are made at the center of the two-dimensional Brillouin zone.

Results

Fig. 2 displays the calculated ground state energies of the conduction E(C1) and valence E(HH1), E(LH1) states in the three QWs versus the applied constant electric field. We notice that the electric field effects are similar, but not equal, for the three QWs under consideration. For the valence states, at the same value of the electric field F, the Stark effects are stronger for the AQW and the DQW, than for the RQW. For the electron energy the tendency is opposite.

Fig. 3 shows the Stark shifts of the main optical transition energy E(C1-HH1) from the applied external constant electric field for the three QWs. The Stark shift of the energy is defined as the

absolute value of the difference of this energy at a given electric field minus the value of this energy at field zero. The dependence of the Stark shift for the three QWs is similar. The increase of the field increases the Stark shifts. This increasing is better pronounced for DQW than for AQW, for all values of the field *F*. This increasing is also better pronounced for RQW than for both DQW and AQW, in the region of large values of the applied electric field. For low electric fields (smaller than ~ 25 kV/cm) the Stark shifts of RQW are smaller than for both DQW and AQW. The conclusion is that DQW structure probably will be applicable to high-speed optical modulators with low driving voltages.

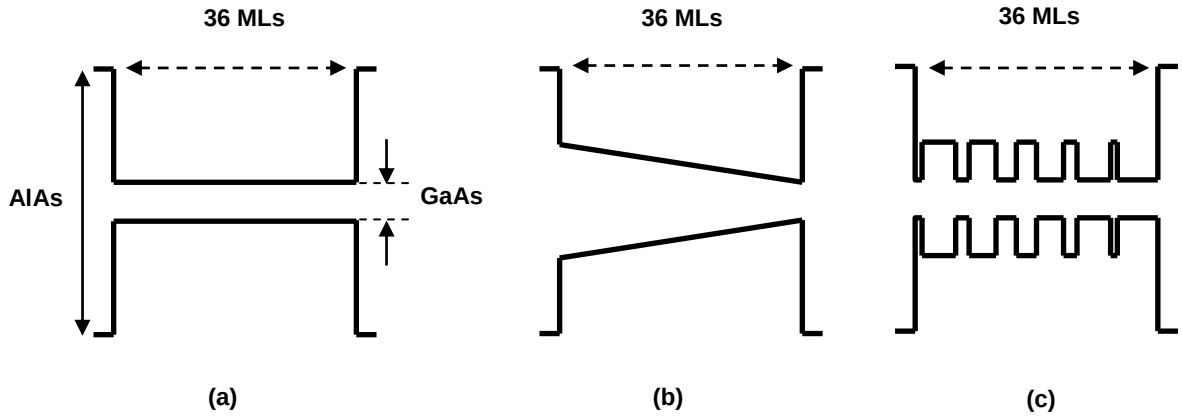


Fig. 1. Schematic band diagram of: (a) conventional rectangular QW (RQW); (b) genuine analog graded-gap QW (AQW); (c) the equivalent digital graded-gap QW (DQW). (a) The alloy composition x of the well is 0, i.e. pure GaAs. (b) The alloy composition of $Al_xGa_{1-x}As$ in the well varies linearly from x=0.3 to x=0.0 (from the left to the right side of the QW). (b) The alloy composition x of the inserted $Al_xGa_{1-x}As$ barrier layers is 0.3, the minimum width of the structure is one monolayer (ML), the composition of the wells of the inserted region is x=0. In three cases we have pure AlAs at the barriers.

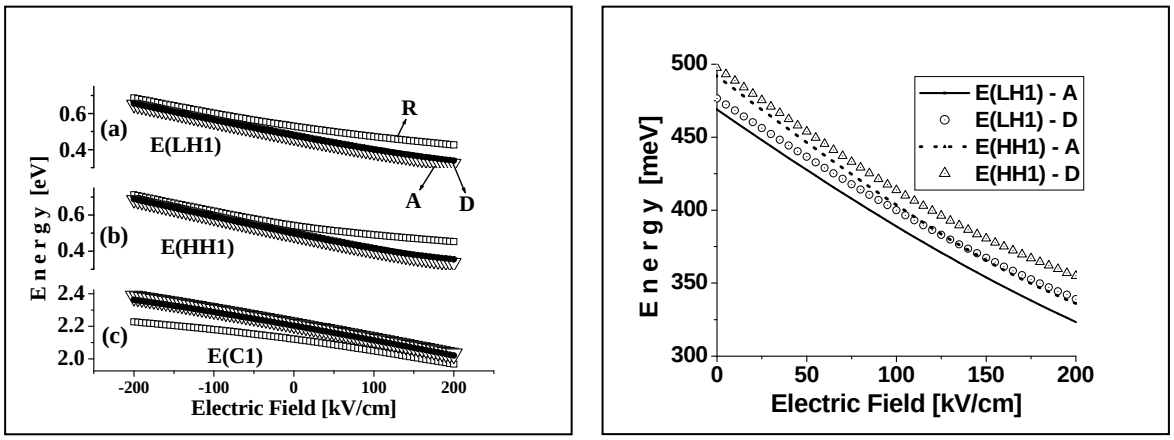


Fig. 2. The dependence of the ground state energies for: (a) – E(LH1) light holes; (b) – E(HH1) heavy holes; (c) – E(C1) electrons, on the applied electric field strength. On the left part of the figure: A (AQW) – triangles, D (DQW) – circles, R (RQW) – squares. On the right part – the same dependence for heavy and light holes, for AQWs and DQWs, as indicated on the figure.

Table 1 gives some differences of the Stark shifts measured and calculated for DQW and RQW in [5] (see Fig. 3, [5]). These results are compared with the calculated here results with the tight-binding model described above. The calculation in [5] was done in the effective mass approximation. The experimental data for the Stark shifts in [5] were obtained by absorption current spectroscopy method. The discrepancies are likely due to the difference between real and ideal DQW structures. However, the calculated values are for the ideal QW, which actually differs from that of the measured composition profile. Here the Stark shift energies were calculated not at room temperature but at temperature T=0K. That is the exciton effects are not included in the calculations.

The results of the total spectral strength spatial distributions are depicted in Fig. 4. The applied electric field intensity *F* is -100 kV/cm. For the three QWs there is a complete overlap of the spatial

distributions at F=0. A displacement of the spatial distributions of C1, HH1 and LH1 states appears at electric field $F \neq 0$. It is larger for analog and digital QWs than for rectangular QW. In the DQW case some features begin to emerge and reflect its multiwell structure [8]. This type of behavior, of course, never appears in an AQW.

Table 1. A comparison of the calculated values with the calculated and experimental values from the literature [5] for the Stark shifts (in meV) of E(C1-HH1) for AQWs, DQWs and RQWs. The applied electric field F intensity is given in kV/cm.

Electric field F, [kV/cm]	Stark shift of E(C1-HH1), [meV]						
	RQW			DQW			AQW
	This work	[5]		This work	[5]		This work
		Theor.	Exp.		Theor.	Exp.	
50	5,7	4		2,9	7,5		2,2
100	20,3	14		8,9	18,2		6,9
20	0,8		0,38	0,8			0,6
25	1,5		0,85	1,1			0,9
35	2,9		1,3	1,7			1,4
10	0,1			0,4		0,9	0,3
60	8			3,8		9,4	3
90	16,9			7,4		13	5,8

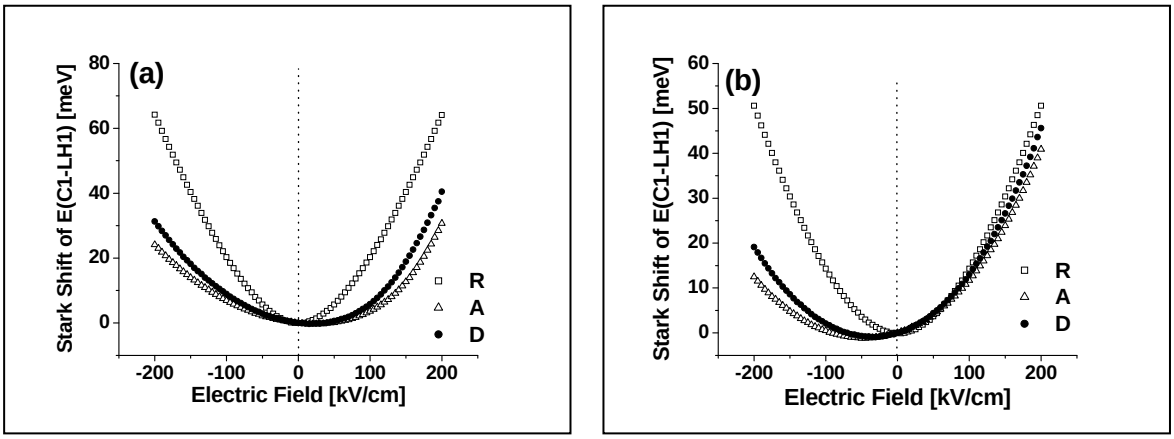


Fig. 3. The Stark shifts of the main transition energies: (a) energy shift of E(C1-HH1) and (b) the same for the energy E(C1-LH1); A (AQW) – triangles, D (DQW) – circles, R (RQW) – squares.

Similar results concerning the calculation of the ground state energies of the conduction E(C1) and valence E(HH1), E(LH1) states in three QWs in dependance of applied constant electric field F were already published and discussed in [6,7].

Concluding remarks

The real purpose of this calculation is to make a detailed comparative study of the AQW and DQW structures in the presence of applied electric field. We also would like to demonstrate the practical use of the applied calculation method. Although the two QW structures are considered as equivalent, there is lack of detailed investigation on this issue. Our calculations allow a detailed electronic structure investigation of AQWs and DQWs in the presence of a constant electric field. On the basis of a realistic model calculation, we show that even in the Stark shifts of the main electronic energies there are some small differences in the AQW and DQW [6,7]. Nevertheless the energy eigenvalues of these two QWs are quite similar they have some different properties [6,7]. We find also differences in the spatial distributions of the electron and hole spectral strength for these two QWs. In the case of DQW, its multiwell nature becomes quite obvious.

The actual composition profiles experimentally obtained may differ significantly from those of the ideal DQW stricture. Then a more realistic calculation would require taking account of the

measured composition profile. With the method used here there would be no difficulty in taking in full account of any details of a realistic model that one might want to study. The work is in progress in this direction.

Such investigations will help to find a QW potential profile with better Stark effect characteristics. The investigation of the electric field effects on the optical properties of the QW structures with graded-gap potential profiles is essential for the optimization of QW-based devices.

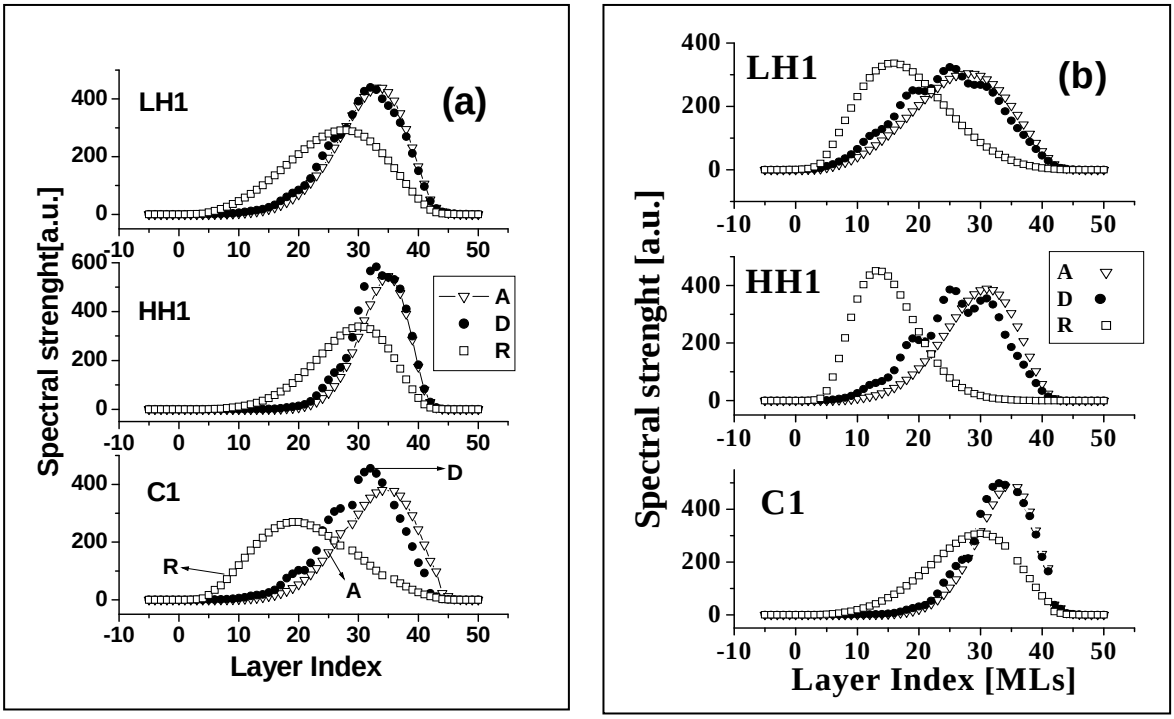


Fig. 4. Spatial distributions of the total spectral strength for C1, HH1 and LH1 states in A (AQW) – triangles, D (DQW) – circles, R (RQW) – squares. The electric field intensity is: F = -50 kV/cm in Fig. 4(a) and F = -100 kV/cm in Fig. 4(b).

References:

1. A l f e r o v Z. I., The double heterostructure concept and its applications in physics, electronics and technology, Rev. Mod. Phys., v. 73 (2001), 769-782.
2. D i C a r l o A., Microscopic theory of nanostructured semiconductor devices: beyond the envelope-function approximation, Semicond. Sci. Technol., v. 18 (2003) R1-R31.
3. S i n g h J., Physics of Semiconductors and Heterostructures (McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1993).
4. W e i s b u c h C., B. V i n t e r, Quantum Semiconductor Structures (Academic Press Limited, London, 1991).
5. I s h i k a w a T., K. T a d a, Observation of Quantum-Confined Stark Effect in a Graded-Gap Quantum Well, Jpn. J. Appl. Phys., v. 28 (1989) L1982-L1984.
6. M i t e v a A. M., S. J. V l a e v, Electric field influence on the electronic states in graded-gap quantum wells, in Nanoscience&Nanotechnology 5, eds. E. Balabanova and I. Dragieva (Heron Press, Sofia, 2005), 62-64.
7. M i t e v a A. M., S. J. V l a e v, Electric field influence on the electronic states of digital versus analog graded-gap quantum wells, in Nanoscience&Nanotechnology 9, eds. E. Balabanova and I. Dragieva ("BPS" Ltd., Sofia, 2009), 21-23.
8. V l a e v S. J., F. G a r c i a - M o l i n e r, V. R. V e l a s c o, Electronic states of digital versus analog graded quantum wells, Phys. Rev. B, v. 52 (1995) 13784-13788.
9. V l a e v S. J., V. R. V e l a s c o, F. G a r c i a - M o l I n e r, ,Electronic states in graded composition heterostructures, Phys. Rev. B, v. 49 (1994) 11222-11229; Tight-binding calculation of electronic states in a triangular symmetrical quantum wells, ibid., v. 50, (1994) 4577 - 4580; Tight-binding calculation of electronic states in an inverse parabolic quantum well, ibid., v. 51 (1995) 7321 - 7324.
10. G a r c i a - M o l i n e r F., V. R. V e l a s c o, Theory of Single and Multiple Interfaces. The Method of Surface Green Function Matching (World Scientific, Singapore, 1993).
11. V l a e v S. J., A. M. M i t e v a, D. A. C o n t r e r a s - S o l o r i o, V. R. V e l a s c o, Stark shift effects in rectangular and graded gap quantum wells, Surf. Sci., v. 424 (1999) 331-339.
12. V l a e v S. J., A. M. M i t e v a, D. A. C o n t r e r a s - S o l o r I o, V. R. V e l a s c o, Stark effect in diffused quantum wells, Superlat. and Microstruct., v. 26 (1999) 325-332.

Session 6

Warfare and Space

Chairman: Prof. Zhivko Zhekov
Secretary: Tsveta Srebrova, MS

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ЕВОЛЮЦИЯ НА МЕЖДУНАРОДНИТЕ КОСМИЧЕСКИ ИНСТИТУЦИИ IAF, IAA, COSPAR, IISL, ESA И КОСМИЧЕСКОТО БЪДЕЩЕ НА СВЕТА В КРИЗИ

Здравко Андонов

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mails: zda1952@bas.bg; zda.cosmos@gmail.com; zda@abv.bg

Ключови думи: *Международни космически институции; Космос; 6n-D Стратегически иновации на Космическите Науки; Глобални и Космически Кризи; 6n-D Бъдещето на Света – Четвъртата Вълна.*

Абстракт: *ГЕНЕРАЛНО РЕЗЮМЕ: Изследването представя еволюцията на международните космически институции IAF, IAA, COSPAR, IISL, ESA и космическото бъдеще на Света в кризи. Главната гледна точка е фокусирана върху развитие парадигмите от доклада IAC-60' "Scientific Cosmos Strategies and East-West Cosmos Strategy Evolution (EW-CSE) since IAF, IAA, COSPAR, IISL, NASA, ESA, NATO etc. generations up to SDI (Strategic Defence Initiative)". "Modus Vivendi" е върховата критична ситуация за цялата "История на Цивилизациите" на Земята – Годината 1962 на Карибската криза – Балансирана с 13-IAF Congress – Varna-BG-1962 - Космополитен конгрес на аерокосмическите Лидери и Стратези – Образец за консолидация на междуродните институции и учените в кризи с цел: - Гарантиране устойчиво 6n-D Бъдещето на Света – "Четвъртата Вълна" – Животът във Вселената.*

ИНОВАЦИОННА МОТИВАЦИЯ И ЦЕЛ: *Иновационната мотивация е Космическата Парадигма, че "Решението на Катастрофичните и Цивилизационните Проблеми на Земята и в Космоса е само едно: Обединени R&D от ООН (успоредно с двете главни програми на ООН – UNDP-UNEP) в UN Cosmical Program (UNCP) за преход от "Третата Вълна" към "Четвъртата 6n-D Вълна"... Мотивирана е 6n-D Синергетична Системна Интеграция на Стратегически иновации от Космическите Науки за консолидация на Правителствени и Неправителствени организации (GO & NGO Government & Non-Government Organizations) със стратегическа цел – превенция на Живота във Вселената и решаване на космически кризи.*

АВАНГАРДНА НАУЧНА МЕТОДОЛОГИЯ: *Космическа, цивилизационна и институционална Синергетика, развиваща парадигмите на Ерих Янч и Иля Пригожин за "Самоорганизиращата се Вселена"...*

ИНОВАЦИОНЕН РЕЗУЛТАТ: *Нови Стратегически Инициативи: 1. SSDI (Strategic Space Defence Initiative – Стратегическа Космическа Отбранителна Инициатива - СКОИ) без кардинално базирани на Земята радарни и космически управляващи системи; 2. Проект-Предложение за NISDI (New International Space Defence Initiative – Нова Международна SDI) & GC-SDS (Global Chances Space Defence Initiative – SDI за Глобалните Промени) за ООН-страните и специално за глобално изследване на полуостровите; 3. Откритие на пробив в Слънчевата корона в инфрачервения IR и ултравиолетовия UV спектър и научна хипотеза за корелация с "Теорията за саморазкъсващата се Вселена", фатални за бъдещето на Света.*

EVOLUTION OF INTERNATIONAL SPACE INSTITUTIONS IAF, IAA, COSPAR, IISL, ESA AND COSMICAL WORLD' FUTURE IN CRISES

Zdravko Andonov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mails: zda1952@bas.bg; zda.cosmos@gmail.com; zda@abv.bg

Keywords: *International Space Institutions, Cosmos, 6n-D Strategic Innovations of Space Sciences; Global and Space Crises, 6n-D World's Future – The Fourth Wave*

Abstract: *GENERAL SUMMARY: The Research represents evolution of international space institutions IAF, IAA, COSPAR, IISL, ESA and the Cosmical World's future in crises. The main point of view is to develop paradigms of IAC-60' paper "Scientific Cosmos Strategies and East-West Cosmos Strategy Evolution (EW-CSE) since IAF, IAA, COSPAR, IISL, NASA, ESA, NATO etc. generations up to SDI (Strategic Defence Initiative)". The "Modus Vivendi" is the top critical situation for all Earth Civilizations' History – The Year (1962) of the Caribbean*

Crisis – Balanced with 13-IAF Congress – Varna-BG-1962 - Cosmopolitan Congress of Aero-Space Leaders & Strategists – Consolidation Paradigms of International Institutions and Scientists in Crises with Aim: Guaranteeing Sustainable 6n-D Future of the World – The Fourth Wave – Life in the Universe.

INNOVATIVE MOTIVATION and PURPOSE: *The innovative motivation is the Cosmical Paradigm that "The Decision of Earth & Cosmos Catastrophic and Civilizational problems is only one: UN R&D (parallel with UNDP-UNEP) of UN Cosmical Program (UNCP) for transition from "The Third Wave" to "The Fourth Wave"… The 6n-D Synergetic System Integration is a motive for consolidation of the GOs and NGOs (Non-Government Organizations) to protect Life in the Universe and mitigate Cosmical Crises.*

ADVANCED SCIENTIFIC METHODOLOGY: *Cosmos, Civilization's and Institutional Synergetics, developing Erich Jantsch and Ilya Prigogine Paradigms for "Self-Organizing Universe".*

INNOVATIVE RESULT: *New Strategical Initiatives: 1. 6n-D Strategic Space Defence Initiative without Earth based radars and Space Control Systems. 2. Project-Proposal for New International Space Defence System & Global Chances Defence System for UN Countries, especially for the Global Peninsulas Regions. 3. Discovery of "Sun Crown Rupture" in infrared IR and ultraviolet UV spectrum and Scientific Hypothesis to correlation with "Theory of Self-Rupturing Universe", fatal for World's Future…*

Пролог: *Това мое научно изследване на учен-изследовател е посветено на:*

1. 140 – годишнината на БАН – основана на 11 октомври 1879 г. с 1-ви Президент – Марин Дринов.

2. 100 – годишнината на академик В. П. Глушко (acad. V. P. Glushko – Born - 02.IX.1908) - бащата на ракетите "Енергия" – използвани за руската совалка Buran Space Shuttles.

3. 90-годишнината на проф. дфмн Никола Стилиянов Калицин (Prof. DSc Nikola Stilijanov Kalitzin - Dec. 1, 1918 - Aug. 10, 1970) – Автор на "Multitemporal Theory of Relativity" – иноватор, развиващ научните достижения на H. Poincare, A. Einstein, K. E. Tsiolkovsky, A. M. Lyapunov; Иноватор на Relativistic rockets, Photon & Hyper-Photon Rockets...

4. 60-годишнината на IAF, основан на 1-ви IACongress – Paris – Sep. 30 - Oct. 3, 1950, с 1-ви Президент - Eugen Albert Sänger (Saenger).

5. 50-годишнината на NASA – основана - Oct. 1, 1958 – Велик Предизвикател в космическата ера!...

6. 40- годишнината от "1-то човешко кацане на Луната - Юли 20, 1969 – Лунна експедиция – Апполо 11 (Нийл Алдън Армстронг – Командир на мисията; Майкъл Коллинс – Пилот на командния модул, Едуин Юджиин Алдрин – Пилот на Лунния модул…

7. 40-годишнината ИКИ – БАН – 1-та Българска космическа институция.

8. 30-годишнината от полета на 1-я български космонавт – Георги Иванов - 10-ти април 1979г.

9. 100-годишнината от нобеловата награда по физика на Г. Маркони – 3-ти дек. 1909г. – иноватор на радио-съобщенията, на ефектите на йоносферата за пренос на радиовълни и мн. др.

10. Световната година на Астрономията 2009, 600-годишнината от създаването на 1-я телескоп от Галилео Галилей и на 30 годишнината от откритията в холографската оптика на народния гений Трифон Ц. Трифонов, разкриващи нови "Вселени на Науката".

IMPORTANT REMARK: - *This R&D is only one Personal strategic point of view on the "Evolution of International Space Institutions IAF, IAA, COSPAR, IISL, ESA and Cosmical World' Future in Crises"!*

The Author – Dec. 07, 2009.

Въведение

Еволюцията [1-30] на стратегически космически институции **IAF, IAA, COSPAR, IISL** към **ООН** и на **ESA** е в пряка функционална мултидименсионална и мултипараметрична връзка с космическото бъдеще на Света [4-6,18]**.** Генезисът и еволюцията на тези институции за периода 1950-2009г. с най-важните резолюции на **ООН** [6], стратегически договори и инициативи, в т.ч. **SDI,** са подложени на стратегически критичен анализ в трудовете на **IAC'60** [6]. *Тук попълваме стратегически важни липси [6,11,18, 21,29,30], както за генезиса, така и за преодоляването на най-важните световни кризи от 1-я до 60-я конгрес на IAF за периода 1950-2009г. [6,11].* Специално отбелязваме *сензационна информация за стратегическия инициатор* на IAF-IAA Александър Ананов [4,6,11] – Фиг. 1: - "Свой вклад во французскую науку армяне вносят с 19-го века. Одним из пионеров французской космонавтики был **Александр Ананов**" (http://analitika.at.ua/news/2009-07-19-10870). "**Alexandre Ananoff**: - Writer. Leading populiser of space-flight in France and driving force behind the founding of the IAF. Russian-born aerospace and science writer who published the encylopedic L'Astronautique in March 1950. Ananoff was a leading advocate for spaceflight in France and also instrumental in the founding of the International Astronautical Federation"**.** Тъй като Света няма никаква разумна алтернатива за развитие освен космическата, следва абсолютно категорично да подчертаем, че само инвестициите в космическите науки и космическите изследвания [1-30] дават и ще продължават да дават най-важните стратегически резултати и стратегически приложения, без които Земната Цивилизация нито би могла да оцелява, нито да се развива в космически измерения, в космически времена и пространства**…**

Европейската наука [7-18] изостава от гребена на **Третата вълна** в Науката [1-7,16-30] с около 22-30 години. Но Световната Наука в началото на 21 век, над 100 години след началото на СТО (Специалната Теория на Относителността), съдейки по обзорните статии в Nature & Science през 2005 г. [10], е категорично регресирала от великите достижения в Науката не само на ***Хамилтън, Поанкаре, Айнщайн, Хокинг, Попов и Калицин*** [1-20,22-25], но и в огромна степен от достиженията на пионерите на **IAF, IAA, COSPAR, NASA, ESA** и др. [6] – **E. A. Sänger, T. von Karman, H. C. van de Hulst, W. Von Braun; J. Kaplan, R. Porter, Л.И. Седов,**

А.А. Благонравов. Великите "зад кадър": **М.К. Тихонравов, С.П. Королев, М.В. Келдыш, С.Н. Вернов** и мн. др., без достъп до **IAF-IAA-COSPAR,** остават безпрецедентни космически титани**.**

Само една година след лансирането от **Р. Рейгън на SDI** [6] през 1984 г. в нея са инвестирани 120 млр. щ.д. или над 6 пъти годишния бюджет на NASA от последните 6 години. Преди това само през 1978 г. по т.н. "космическа конспирация" в САЩ емигрират 3 млн. елитни европейски учени. Възможно ли е Европа **(ESA)** да догони в космическите науки и изследвания САЩ и да поддържа паритет с Русия, Китай, Индия, Япония и Ю. Корея [6] без пълна консолидация с новите европейски държави от Централна и Източна Европа, в т.ч. България, която винаги е била стратегически мост в отношенията Изток-Запад**?!** Отговорът е – твърдо **не!**

Критика на космически институции и космическото бъдеще в кризи

Най-старите академии в Света [4] – Италианската - Accademia dei Lincei (1603), Френската "L'Académie française", Немската - German Academy of Natural Scientists "Leopoldina" (1652г.) Английската - UK' Academy of Sciences (1660г.), Руската – РАН (1724), Шведската – Royal Swedish Academy of Sciences (1739г.), Американската - The National Academy of Sciences (1863), изживяват ренесанс и *стратезите на **IAF-IAA-COSPAR** дават указания за връщане към академичните парадигми за работа и творчество* [6,11,21,22]**.** В този смисъл за бъдещите поколения, а и за всички отговорни фактори днес в **UN & EU**, е изключително важно да знаят, 52 години след създаване в BG секция на **IAF**, при какъв статус работят учените от **ИКИ-БАН** [1-6,11]**.** В тази забележителна световна година към датата **01.XII.2009 г.** – денят на влизане в законна сила на **Лисабонския договор** и на **Лисабонската стратегия в областта на Науката (ЛСОН),** вместо абсолютно задължителните за нея бюджетни средства от **min 3% БВП (със стремеж към 4%), БАН получава с 10 млн. по-малко от миналогодишните 0.12%БВП или 15 пъти под екзистен-минимума на ЛСОН!** А в момента **БАН** дава **60%** от научната продукция по световни стандарти и би следвало да получава по Лисабонския договор (ратифициран закон) min **1.8% БВП** вместо **0.12%** за 2009 г., редуцирани ad-hoc от ГЕРБ (с 20% за 2009 г.) и намален с още 10 млн. лв. за 2010г. Т.е., **БАН е незаконно репресиран 15 пъти (1500% относителна репресия)** и при **10-20** пъти по-големи западно-европейски бюджети и заплати на учените, в абсолютни стойности **репресията на учените от БАН е цели 150-300 пъти** [4]**!!!** *Творчеството в БАН е подвиг, който трябва да бъде разбран от **ESF, EU – EP, EC, ESA** [4] и т.н.* Независимо от всяка икономическа криза, и най-вече по време на кризи, инвестициите в Наука са единственият правилен изход [6-29]**.** И по силата на **ЛСОН** – абсолютно задължителни за всяко правителство на **EU**. В проекта за **Евро-конституция**, ръководен от **Жискар Д"Естен**, като *единствено стратегическо направление съществуваха космическите науки и космическите изследвания***.** Неслучайно и **ESF**, атестирала **БАН** в 2009 г., за **ESF-стратегията** си отбелязва единствено **Space-Strategy 2007-2010.** Да – в началото на 21 век, когато в Света има само **2-3** стратегически компетентни институции и не повече от **3-4 стратегически компетентни учени**, без нито едно стратегически компетентно правителство, когато се говори и пише за стратегия, всичко трябва да започва и да свършва с космическите изследвания [1-30]**.** За съжаление нито **ESF**, нито най-ерудираният учен на **ESA**, представил по време на предишното *Правителство на С. Б. Сакскобурготски*, филмиран доклад **"NASA-ESA - System for all Systems"**, нямаха стратегическа компетентност върху нито един **мегатренд** и нито един **мегаградиент** на една **"Strategic System for all Systems"** [6]**…** Това не значи, че не трябва да продължим ***преговорите за влизане на BG в ESA***! Напротив! Защото загубим ли достойнство и то без абсолютно никакво стратегическо основание пред чужди и наши "доброжелатели" – ***БАН, България, Европа и Светът могат да загубят всичко най-ценно***, сътворено от гениални български, европейски и световни учени през последните **140** години**... Бюджетът за 2010 година като ценностна система от 3% БВП спешно трябва да бъде наложен от Еврокомисарят по Наука**, независимо от неоколониалната политика на **WB** и **IMF.**

Единствените международни институции, компетентни да дават и то само хипотетични експертни оценки на **ИКИ-БАН** остават най-стратегическите институции в **ООН** и в Света – **IAF, IAA, COSPAR, ISLI** [6] **…** Техният **"International Programme Committee for the 60th International Astronautical Congress"**, давайки пълен ход на стратегическия доклад **"Scientific Cosmos Strategies and East-West Cosmos Strategy Evolution since IAF, IAA, COSPAR, NASA, ESA and NATO Generation up to SDI",** априори приема, че в исторически план нивото на **космическите науки и космическите изследвания** в България, в **БАН** и респективно **в ИКИ-БАН са на високо световно ниво** в най-престижната научна категория **"E4. 43rd HISTORY OF ASTRONAUTICS SYMPOSIUM - Scientific and Technical History"** [4,6]**…** Нещо много повече – което се знае от малцина учени и специалисти в Света по национална, глобална и космическа сигурност и устойчиво развитие – стратегическите космически научни оценки и изводи [2,4,5,6]

пряко и косвено вече доведоха до невероятни **позитивни промени в Европа и в Света**, дори по **най-важните стратегически договори и предизвикателства в историята на съвременния Свят като SDI на Р. Рейгън** [6,29], целяща "импотентност" на ядрените оръжия**.**

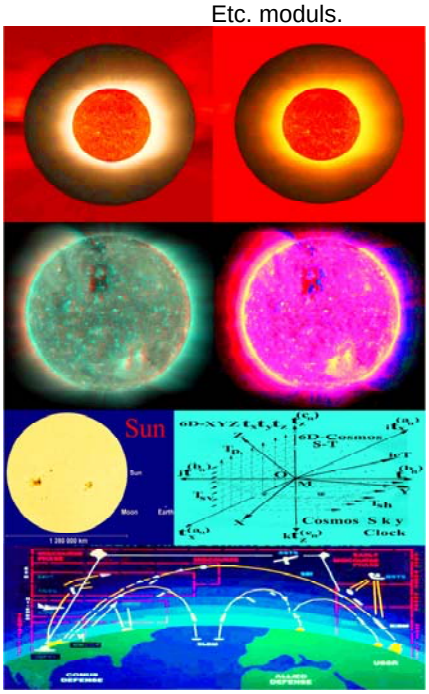
Космическото бъдеще на Света в кризи, отчитайки опита за периода **1950-2009гг.,** може да продължи успешно след **21в.** в **The Forth Wave** [6], само ако бъде изследван мъдро опита от безпрецедентния **IAC'13-1962 – Varna** [21] на световните лидери на **IAF, IAA, COSPAR, IISL, ESA** и способността да бъде намиран **"Modus Vivendi"** за всяка глобална и космическа криза. Стратегическият преглед и еволюцията на IAF, IAA, COSPAR, IISL, ESA/NASA са показани add-hoc на **IAC'60** и на Фиг.1-4**:** Стратегическата инициатива за **IAF** (Фиг.1)**;** Глобалната синергетика (Фиг.2); Безпомощността на **SDI** по време на кризи (Фиг.3); Новата космическа стратегия (Фиг.4)**.**

Фиг. 1. Творчески портрет-орнаментура, посветен на Александър Ананов - Стратегически инициатор за създаването на МАФ – Международната Астранавтическа Федерация – Париж, 30.IX.1950 г.
Fig. 1. Creative Portrait-Ornamenture, devoted to Alexandre Ananoff – Strategic Initiator for IAF (International Astronautical Federation) generation - Paris – Sep. 30, 1950.

Фиг. 2. Синергетичният Космос – Наш Дом – В миналото, сегашното и бъдещето! – IAF – Център на космически институции. – Синергетика на световни космически институции, важни за стратегическата научна космическа еволюция: UN, ICSU, UNESCO, IAF, IAA, COSPAR, IISL, NASA, ESA, NATO, NSF, ESF и др.
Fig. 2. The Synergetic Cosmos – Our Home – In the Past, Present and Future! - IAF - Centrum of all Cosmos Institutions. Synergetics of World-Wide Cosmical Institutions, important for Scientific Cosmos Strategy Evolution: UN, ICSU, UNESCO, IAF, IAA, COSPAR, IISL, NASA, ESA, NATO, NSF, ESF, Etc.

Фиг. 3. Системна интеграция за американската SDI (Strategic (Space) Defense Initiative) – Стратегическа (Космическа) Инициатива за Отбрана с модули на NASA-GEODSS-SATCOM и др.

Fig. 3. System Integration for US' SDI – Strategic (Space) Defense Initiative with NASA-GEODSS-SATCOM Etc. moduls.



Фиг. 4. Системна интеграция: *Мониторинг на Сл. с-ма (СС)* & *Нова Инициатива SDI* за СС – Откритие (З. А.) на пробив в короната на Слънцето (SOHO-ESA/NASA) – Х-за (З.А.) за глобални промени.

Fig. 4. System Integration: Sun System (SS) Monitoring & New Initiative SDI for SS – Discovery (Z.A.): Sun Crown Rupture (SOHO-ESA/NASA) – Brain New (Z. Andonov's) Hypothesis for Global Changes…

Заключение и изводи

За устойчиво развитие на Света и неговото космическо бъдеще в условия на кризи е необходимо IAF, IAA, COSPAR, IISL, ESA да предприемат Нови Стратегически Инициативи:

1. SSDI (Strategic Space Defense Initiative – Стратегическа Космическа Отбранителна Инициатива - СКОИ) без кардинални радарни и космически управляващи системи на Земята [4-6].

2. Проект-Предложение за NISDI (New International Space Defence Initiative – Нова Международна SDI) & GC-SDS (Global Chances Space Defence Initiative – SDI за Глобалните Промени) за ООН-страните и специално – Мониторинг на Слънцето и глобално изследване на полуостровите.

3. Мониторинг върху «Откритието на пробив в Слънчевата корона в инфрачервения IR и ултравиолетовия UV спектър» (Фиг. 4) и на научната хипотеза на Автора за връзка с "Теорията за саморазкъсващата се Вселена"[8], фатални за бъдещето на Света. Налице е спешна необходимост от важни стратегически решения на ООН и неговите най-стратегически космически институции IAF, IAA, COSPAR, IISL с пълно съдействие на NASA, ESA, JAXA, Ross-Cosmos и др. върху актуалните глобални и космически промени – жизненоважни за живота на Земята и във Вселената [1-9,18,28].

Литература – References:

1. A n d o n o v Z. D., 1999: The Paradigm of Stephen Hawking and the Challenges of Civilizations and Cosmos to the IIIth -Millenium**.** – Proc., International Conf. – "30-Years Space Research in Bulgaria", Sofia, p.117-120**.**
2. A n d o n o v Z. D., 2006: Thinking Experiments in Remote Sensing of Earth and Cosmos. – Proceedings – SENS - Varna, BG, http://www.space.bas.bg/astro/ sens2006/Cd/ R6.pdf, Session 3, Paper No. R6, p. 1-7.
3. A n d o n o v Z. D., 2008: Space-Time Propulsion from Cosmology of Times to Time of Photon Interstellar Spacecrafts and Transcendent Time Machines. – Proc. of Congress "Space Propulsion 2008", Session 49 "Advance Propulsion 1", Heraklion - Greece, 5-8.V.2008, File 42-199.PDF, p. 1-10.
4. A n d o n o v Z. D., 2009: http://cosmostimescosmologyseti.blogspot.com/.
5. A n d o n o v Z. D., 2009: Strategic RS-EO Paradigms in Cosmical Geophysics and MultiDimensional Space-Times Synergetics. – Proc. – 5th Congress of BGS – EAGE-SEG, CD – Special Topic, Paper 6571, p. 1-5.
6. A n d o n o v Z. D., 2009: Scientific Cosmos Strategies and East-West Cosmos Strategy Evolution Since IAF, IAA, COSPAR, NASA, ESA and NATO generation up to S D I – Proc. of IAF-IAC'60, Daejeon - Korea, 12-16 October 2009, DVD "Manuscripts & Presentations", E4.2. Scientific&Technical History, IAC-09-E4.2.9, p. 1-11.
7. B u r k e W. L., 1988: Space-Time, Geometry, Cosmology. - University of California, Santa Cruz - Mill Valley, California, 416 pp.
8. C a s t l e d e n R., 2008: Discoveries That Changed the World. – Omnipress, 477 pp.
9. C l a r k K. M., 1969: Civilisation: a Personal View. New York: Harper & Row, 1969, 432 pp.
10. C o l e s P., 2005: The state of the Universe. – NATURE, Vol. 433/Issue No. 7023, p. 248-256.
11. C O S P A R, H. C. van de Hulst (President), 1960: SPACE RESEARCH I – Proceedings of The First International Space Science Symposium - NICE, January 11-16, 1960, North-Holland Publishing Company - Amsterdam, 1195 pp.
12. D i r a c P. A. M., 1958: Generalized Hamiltonian Dynamics. – Royal Society, Vol. 246, p. 326—332.
13. D y s o n F. J., 1991: Butterflies and Superstrings. - World Treasury– N. Y., L. Brown, 1991, p. 128-145.
14. E i n s t e i n A., 1949: RELATIVITY - The Special & The General Theory. – Methuen & Co., London, 150 pp.
15. E g e l a n d A., Ø. H o l t e r, A. O m h o l t, 1973: Cosmic geophysics - Universitetsforlagt, Oslo, 544 p.
16. G r i b b i n J., 2000: The Birth of Time: How We Measured the Age of the Universe. - Orion Publishing Co, ISBN 0753809966, 2000, 224 pp.
17. H a w k i n g S. W., G.F.R. E l l i s, 1973: The Large Scale Structure of Space-Time. - "Cambridge University Press", 391 pp.
18. H u b e r M., J. A. B l e e k e r, J. G e i s s, 2002: The Century of Space Science. - Publisher: Springer; ISBN-10: 0792371968, 1868 pp.
19. K a l i t z i n N. S., 1958: Über eine einheitliche Feldtheorie. WZHUmnR-B., 7 (2), 207—215.
20. K a l i t z i n N. S., 1975: Multitemporal theory of relativity. - Publishing House - Bulgarian Academy of Sciences, 123 pp., & http://www.collections/canada/wbin/resanet/resultsm/Relativity+Physics.
21. M i s h e v D., 2004: Space Research in Bulgaria. ISBN 954-430-994-2, BAS Publishing House, 247 p.
22. N e l s o n Don A., 2004: NASA New Millennium Problems & Solutions - Resource Team Ltd UK, Quest, London & http://www.nasaproblems.com/,Xlibris,252 p.
23. P o i n c a r e H., 1892: Les Methodes Nouvelles de la Mecanique Celeste: - Vol. I-III - Paris, 1892. – Russian: - Изд. "Наука", Москва, 1971, т. I - 771 с.; т. II - 999 с.; т. III - 771 с.
24. П о п о в К., 1955: Математические основы теории необратимых термодинамических процессов. ЖЭТФизики, АН СССР, М., Т. 28, Вып. 3, с. 257-282.
25. P o p o f f K., 1956: Les bases mathematique der la theorie des processus ther-modynamique irreversibles. Mem. Sei. Phys. 63, Gauthier-Villard, Paris, 1956, 85 pp.
26. P o p p e r K. R., 2001: All Life is Problem Solving, Publisher - Routledge, 190 p.
27. P r i g o g i n e I., I. S t e n g e r s, 1986: La Nouvelle Alliance. Metamorphose de la Science. - Editions Galimard, 1986; - "Science & Art", S., 1989, 342 pp.
28. S a g a n C., 1980: Cosmos. – N.Y.: Random House, 1980. – BG – „БАРД", 2004, 347 с.
29. U S D e p a r t m e n t o f S t a t e, 1984: - Bureau of Publik Affairs, Washington, D.C., 76 p.
30. W a l l e r J., 2002-2005: Einstein's Luck: The Truth behind Some of the Greatest Scientific Discoveries. - Oxford, 2002, 308 p.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА МОДЕРНИЗАЦИЯ НА БОРДОВИТЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМИ ЗА РАДИОЕЛЕКТРОННА ЗАЩИТА НА ВЕРТОЛЕТИ МИ-17 И МИ-24

Георги Сотиров

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: gsotirov@space.bas.bg

STREAMLINING OPTIONS FOR THE ON-BOARD ECCM SYSTEMS OF MI-17 AND MI-24 HELICOPTERS

Georgi Sotirov

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

Key words: *ECCM system, modernization, avionics, NATO requirements*

Abstract*: Evaluation of the streamlining options for on-board ECCM systems is considered. Analysis and different streamlining options are presented.*

Присъединяването на Република България към НАТО и подготовката на сили за развръщане, участието на вертолети от ВВС на БА в операции по поддържане на мира и изискват от ВВС способности за оперативно взаимодействие с въоръжените сили на НАТО.

Изпълнението на Целите за партньорство налага възстановяване на летателната годност на вертолетите Ми-17 и Ми-24 и модернизация на комуникационното и навигационно оборудване, системата за планиране на полетите, средствата за наблюдение, опознаване, самозащита и системите за запис и анализ на полетната информация, с цел постигане на изискванията на стандартите на НАТО и ИКАО.

В съответствие с изискванията на стандартите на НАТО [1-3,] и практиката на новоприетите страни - членки на НАТО модернизацията на БРК и в частност на бордовите системи за радиоелектронна защита (РЕЗ) на вертолети Ми-17 и Ми-24 следва да бъде насочена към:

1. Постигане на оперативна съвместимост на авионията.
2. Повишаване на информационния потенциал.
3. Повишаване на точността, надеждността и многофункционал-ността на авионията.
4. Подобряване на ергономичността на кабината на вертолета.
5. Минимизиране на логическата зависимост и създаване на съвместимост с логистичното осигуряване в НАТО.

Особено голямо внимание се обръща на подобряване защитата от радиосмущения и повишаване на бойните възможности на съвременните бойни вертолети в сложните условия на радиоелектронно противодействие.

Анализът на съвременните технически достижения и тенденции на развитие на бордовото радиоелектронно оборудване, заложените изисквания и регламентиращите стандартизационни документи позволяват да бъдат обосновани общите изисквания към модернизиране на бордовите системи и средства за РЕЗ на вертолети Ми-17и Ми-24 [4-6]:

- да интегрира в единен комплекс с общо управление и индикация новите и съществуващи системи за радиоелектронна защита;
- структурата на БСРЕЗ да бъде с отворена модулна архитектура, позволяваща последващо усъвършенстване.

Използването на интегрирана система за РЕЗ позволява:

- да се обединят всички бордови системи и средства за осигуряване на защитата на самолета/ вертолета ;
- намаляване претоварването едновременно във въздуха и на земята;
- осигуряване на съвременни възможности за водене на РЕЗ с или без натискане на бутони;

- получаване и корелиране на информацията от всички източници на системата с цел разширяване на възможностите за своевременно предупреждение и работа на системата;
- оптимизация на органите за управление и изобразяване на информацията.

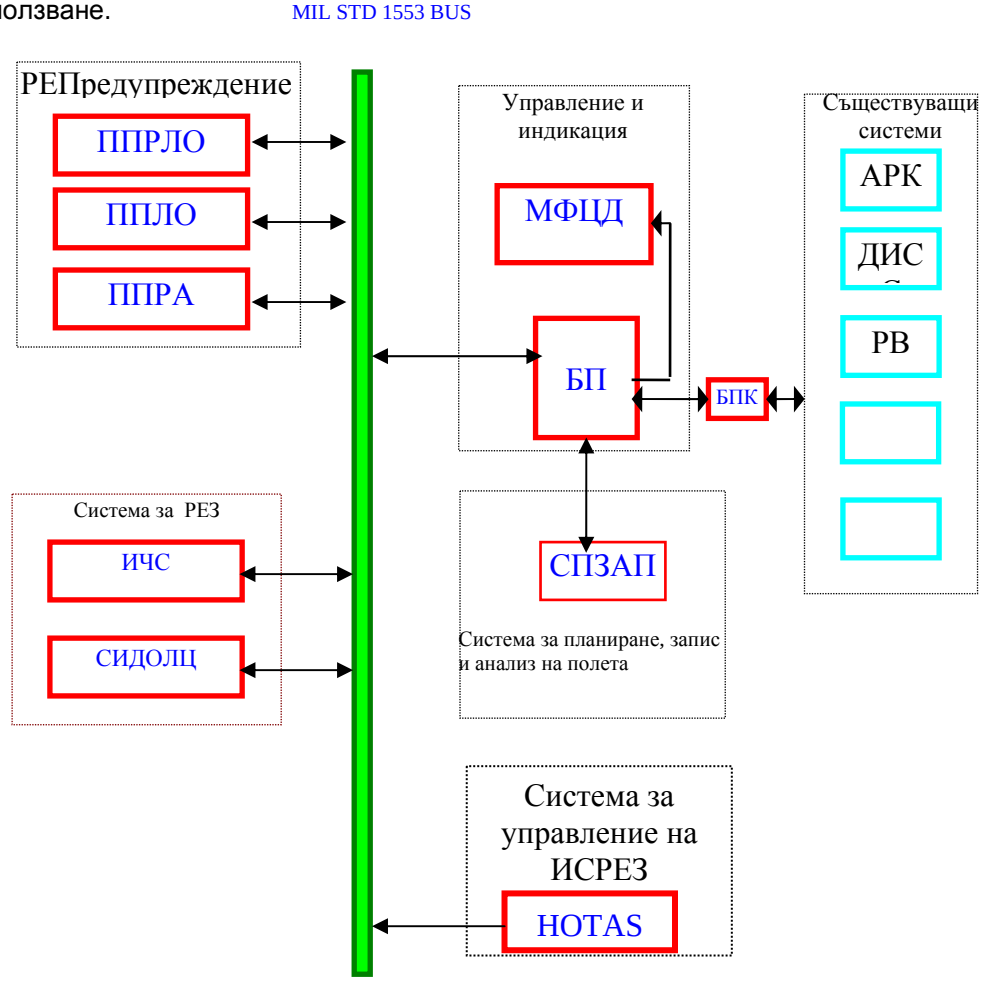
Едно от важните направления за развитието на бойната авиация е в повишаване на информационния потенциал на самолетите и вертолетите, представляващ реализирано на борда на летателния апарат информационно и структурно изобилие на получаваната информация с различна физическа природа чрез комплексирането и на базата на съвременни алгоритми и изчислители. Той позволява по-пълна оценка на тактическата обстановка, избор и прилагане на печеливша тактика. Постигането на тази цел предполага поетапно интегриране на вертолетите с високотехнологични C4I системи.

Повишаването на многофункционалността, точността и надеждността на авиониката и въоръжението позволява постигането на съвременно за авиационната платформа ниво на бойния потенциал и осигуряване на висока ефективност в използуването на самолета и вертолета.

Наличието на режим “инициализиране и въвеждане / извличане на данни” като основен за самолета и вертолета способства за затваряне на пълния полетен цикъл на предполетна подготовка до разбора и дава възможност за обективна оценка на действията на екипажите и усъвършенствуване на тактиката им.

С по-високите нива на ергономия на кабината на самолета и вертолета се постига нарастване на ефективността на функциониране на системата пилот-самолет/вертолет-пункт за управление, което повишава сумарния и боен потенциал. Подобен подход изисква задълбочен анализ на ергатическата система летец/вертолет-среда при включване на новото бордово оборудване, с произтичащите от това изводи и препоръки.

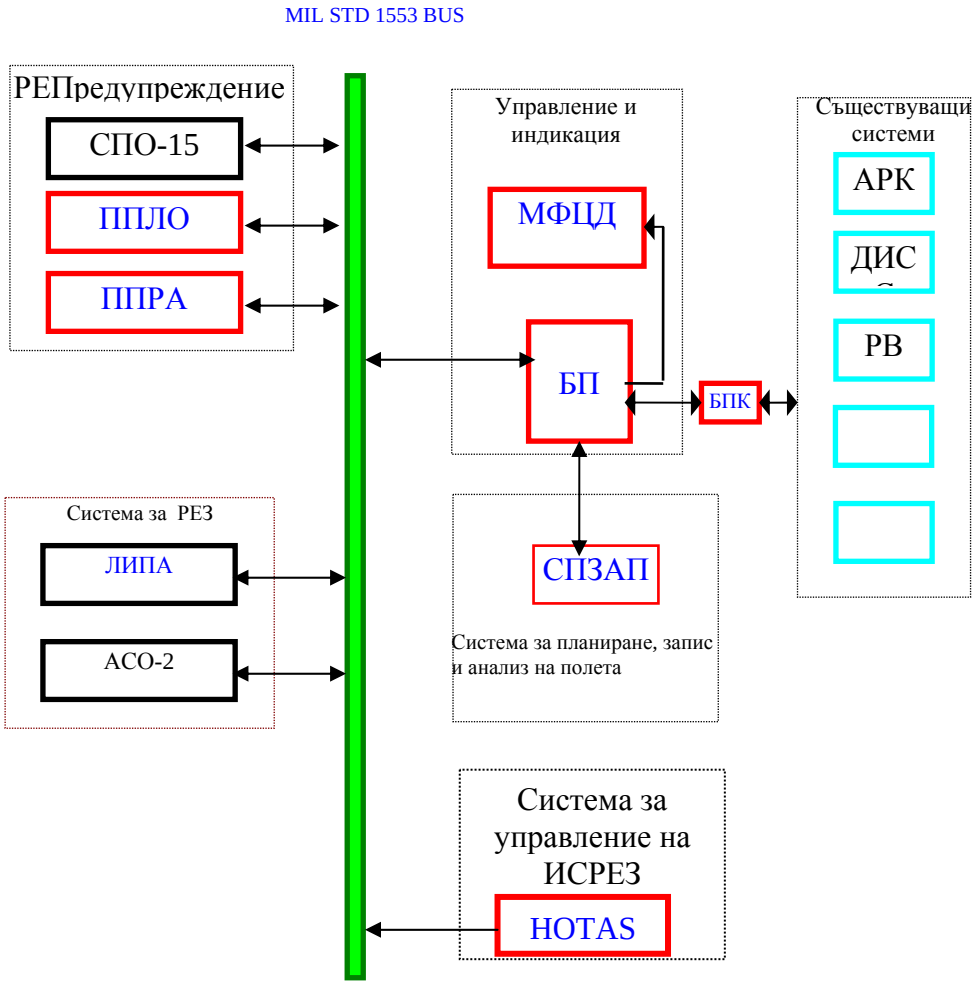
Минимизирането на логистичната зависимост увеличава автономността и мобилността на авиационните формирования. То се изразява в намаляване на зависимостта на самолета/вертолета от: летищната инфраструктура, от системите за управление, навигация и комуникация и от специализираното наземно оборудване за осигуряване на полетите, както и на снижаване на необходимата квалификация на наземния състав. Това води до намаляване на времето за подготовка на вертолета за повторен полет и увеличаване на интензивността на неговото използване.



Фиг.1. Вариант 1: Пълна модернизация на средствата за РЕЗ на Ми-17 и Ми-24

Анализът на съвременните технически достижения и тенденции на развитие, регламентиращите стандартизационни документи на НАТО да бъдат предложени следните варианти на модернизация на БСРЕП: Пълна; Частична и Минимална.

Блок схемата на вариант пълна модернизация на СРЕЗ, е представен на фиг.1 включва бордови процесор БП, който чрез цифрова шина 1553 Mil BUS управлява системите и средствата за радиоелектронно предупреждение и РЕЗ, като необходимата тактическа информация на СРЕЗ се изобразява на многофункционален цветен дисплей МФЦД. Вместо щатните средства за радиоелектронно предупреждение АСО - 2 и изделие “Липа” се предвижда използването на съвременни приемник за радиолокационно предупреждение (ППРЛО), приемник за предупреждение при лазерно облъчване (ППЛО) и приемник за предупреждение при ракетна атака (ППРА). За осигуряването на ефективна защита се предвижда използването на нови инфрачервен смутител (ИЧС) и система за изстрелване на диполни отражатели и лъжливи цели (СИДОЛЦ). Блокът за преобразуване и комутация (БПК), осигурява интерфейс между съществуващото бордово оборудване и БП.

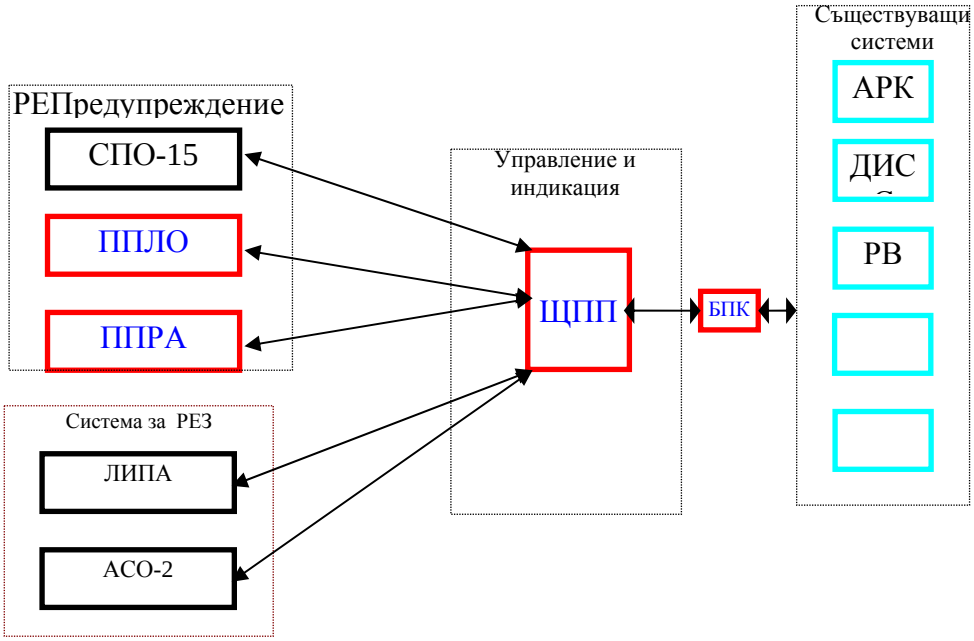


Фиг. 2. Вариант 2: Частична модернизация на СРЕЗ на Ми-17 и Ми-24

В сравнение с пълната модернизация, вариант 2 на СРЕЗ покрива изискванията на НАТО при по-малък обем ново оборудване. Въвеждането на нови ППЛО и ППРА, интегрирани с БП повишават точността и надеждността на СРЕЗ и опростява софтуерното му интегриране. Използуването на щатните средства за радиоелектронно предупреждение СПО -15 и РЕЗ – АСО - 2 и изделие “Липа” не влошават характеристиките на системата, но налагат спрягане с мултиплексната шина 1553.

Наличието на цифрова шина 1553 и БП позволява последващо усъвършенствуване с други военни радиоелектронни системи при допълнителни изисквания на НАТО без определени ограничения.

Вариант минимално допустима модернизация на СРЕЗ осигурява достигането на долния праг на изискванията на НАТО, като максимално са използувани възможностите на наличното оборудване – щатните средства за РЕЗ – АСО - 2 и изделие “Липа” и радиоелектронно предупреждение СПО - 15. Новите ППЛО и ППРА са със самостоятелно управление и индикация. Вариант 3 е относително бърз за реализиране, но има съществен недостатък, че поради отсъствие на цифрова шина и БП се ограничава последващо модернизиране на СРЕЗ.



Фиг. 3. Вариант 3: Минимална модернизация на СРЕЗ на Ми-17 и Ми-24

Сравнителният анализ на предлаганите варианти на модернизация на БРК показва, че вариант 1 най-пълно покрива общите изисквания на проекта за модернизация на СРЕЗ. Наличието на нови системи и средства за радиоелектронно предупреждение и РЕЗ повишават качеството и ефективността на РЕЗ и оперативната съвместимост по изискването на НАТО.

От разгледаните три варианта най-висока стойност на критерия ефективност/стойност по отношение постигането на целите на модернизацията има вариант 1. Този вариант напълно удовлетворява целите на проекта и позволява решаването и на следващи изисквания на НАТО без големи финансови разходи и изменения на конструкцията на вертолета и системите.

Предложеният анализ на СРЕЗ и посоченият оптимален вариант са внедрени в разработените и утвърдени проекти [1,2] на МО за модернизация на бордовите радиоелектронни комплекси (БРЕК) на вертолети Ми-17 и Ми-24 на въоръжение в БА, при което се постига повишаване на бойната ефективност и експлоатационна надеждност на вертолетите.

Литература:

1. С о т и р о в Г., П. С. Г е ц о в и др. Възстанавяване и модернизация на вертолет Ми-17. Отчет на ИКИ-БАН, 85 стр, 2002 г.
2. С о т и р о в Г., П. С. Г е ц о в и др. Възстановяване и модернизация на вертолет Ми-24. Отчет на ИКИ-БАН, 87 стр, 2002 г.
3. С о т и р о в Г. Анализ и оценка на възможностите за модернизация на бордовия радиоелектронен комплекс на вертолети Ми-17 и Ми-24. Сборник трудове от Конференция с международно участие “Модернизация на въоръжение и техника“-“Хемус-2004”, Пловдив, 26-29 Май 2004 г., стр. 333-33
4. С о т и р о в Г.С. Анализ и оценка на възможностите за модернизация на бордовите системи и средства за радиоелектронна защита на вертолети Ми-17 и Ми-24. Юбилейна научна сесия 2009 на факултет ”Авиационен” на НВУ “40 години от стъпването на човек на Луната и 30 години от полета на първия български космонавт”, 23-24 април 2009 (под печат)
5. Технически описания на изделия – Ми-17 и Ми-24.
6. MIL-E5400–General Specification for Aerospace Electronic Equipment.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

GROUND IFF SYSTEMS STREAMLINING ACCORDING TO NATO'S REQUIREMENTS

Georgi Sotirov

Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gsotirov@space.bas.bg

Key words: *IFF systems*, *moddernization of IFF, secondary surveillance rada*r

Abstract*: The project aims to support the streamlining of Bulgarian Air Forces in the process of upgrading their IFF capabilities according to the Bulgarian Army goals and the recent NATO and ICAO requirements. The project involves comprehensive hardware and software upgrade of obsolete Russian type stand-alone IFF systems and provides options for the systems to be integrated as medium- to long-range sensors in all types of modern autonomous and centralized air defence and ATC systems.*

Bulgaria started activities associated with modernization of its national IFF system in 1995 and those activities were focused on the particular needs for flight security, air space surveillance and participation in combined action NATO military forces.

The activities that have been considered include:

- Transponder installation on airborne platforms to operate in IFF Mode 3 A/C;
- Modernization of Russian radar P37 for ASOC air space surveillance requirements;
- Modernization of MiG-29 Transponder and Interrogator;
- Modernization of the Russian radar P18 for air space surveillance for ATC and Air Defence Systems;
- Modernization of the Russian radar P14 for air space surveillance for Air Defence Systems;
- Modernization of Mi-17 and Mi-24 Transponders;
- Modernization of Graff Ignatievo and Krumovo military air bases with new surveillance secondary ATC radar and modernization of the Russian radar RSP10.

The fundamental technical requirements for IFF systems are defined by STANAG 4193 and ICAO documentation. Analysis on trends of development and existing IFF system shown that there no benefit in adopting an IFF Mk XA capable system only as all modern equipment is capable of IFF MkXII with only a crypto unit to be added for Mode 4.

At the moment development and implementation of the Bulgarian National System for IFF is one of leading and important goals of Armed Forces. For that reason it is necessary to look for suitable approaches for its realization and modernization of existing equipment IFF system is very convenient for that purpose.

In paper are presented results of modernization of the one ground Russian type of IFF system 1L22 without NATO and ICAO capabilities, realized by working team from Space Research Institute at the Bulgarian Academy of Sciences and Bitova Electronika AD company.

In modernized system like integrated equipment is implemented EADS MSSR 2000 I secondary surveillance radar (fig.1). The project includes deep hardware and software upgrade of obsolete Russian type stand-alone IFF system and provide capabilities, systems to be integrated as medium to long range sensor in all types of modern autonomous and centralized air defence and ATC systems.

Fig. 1

The used MSSR 2000 I meets current FAA, STANAG 4193 p. I-IV, ICAO Vol.III Annex 10 and EUROCONTROL EMS Functional Specification v.3.08 standard requirements for Monopulse Secondary Surveillance Radars with Mk XII and Mode S capabilities.

The MSSR 2000 I is a newly developed interrogator system aimed at replacing military and civil interrogators. In addition, it fulfils requirements for Mode S systems and holds provisions for the military Mode 5.

The MSSR 2000 I interrogator incorporates own data processing and tracking functions delivering IFF/ATC Mode S track data. Hence the MSSR 2000 I can be operated autonomously within its area of coverage. If linked to a radar data network, it is capable of receiving and executing interrogating requests and disseminating corresponding results. Its modular architecture, its digital programmable signal processing, its software controlled post-processing and system management concept supports customized configurations and performance optimization for application in different systems – military and civil ATC, air defence radars, airport approach control radars and mobile air surveillance vessels.

Surveillance and identification modes:

- Military – 1, 2, 3, 4;
- Civilian – 3/A, C, Mode S;
- Monopulse mode;
- Mode 5 – upgradeable.

Directed interrogation

For military applications, it may be essential to reduce the HF emission as far as possible. To fulfill such requirements the MSSR 2000 I is not only able to provide silent sectors but can also be run with directed interrogations. These externally commanded interrogations guarantee a selective identification with every combination of interrogation modes MkXII and Mode S.

Power management

For each interrogation the transmission power is individually selected out up to six different power levels (2 dB steps). Using Mode S the optimal transmission power is selected, depending on the range of target to be interrogated. For MkXII modes, a transmission power map (16 sectors, 6rings) can be programmed to optimally adapt the transmissions power to environmental boundary conditions.

BASIC TECHNICAL SPECIFICATION

- Transmit frequency -1030 MHz nominal;
- Centre receiver frequency -1060 MHz nominal
- Output power at antenna port - 500 W (2000 W option);
- Target load capability - 1500 targets in 360º ;
  - 400 targets in 45º;
  - 75 targets in 3.5º;
- Range resolution - ≤ 75 m;
- Azimuth resolution - ≤ 0.72 º;
- Solid State Transmitter with output power management;
- Electronic Countermeasures & Anti jamming Capabilities;
- 14 bit azimuth encoder resolution;
- programmable sector mode;
- 220/360 V, 50 Hz standard power source;
- integration in centralized air defence systems;

Modernized subsystems

Antenna system (fig.2)

Fig. 2

- 3 - channel monopulse;
- SUM,DIF,OMNI –channels;
- 50 Ohm impedance;
- 4.5º main beam width;

Antenna rotation system

- digital loop stabilization;
- 2kW / 3-phase inverter;
- up to 8 min^{-1}

On board GIS system

- digital 3D terrain based on radar position;

Positioning and time standards

- GPS time/positioning subsystem

MSSR module integration (fig.3)

- 19” Rack-Mount standard
- Structured cable system

Anti-FIRE signalization

- Interfaces and synchronization

Communication interfaces and HI-level systems integration

- HDLC, ASTERIX, ASOC-ICD Ver.03 communication protocols;
- Dedicated protocol converter;

Fig. 3

- Ethernet 10/100 Mbps;
- TCP/IP, UDP protocols
- Cable and Fiber Optical Interfaces to the civilian and military ATC systems;

- Frequency management
- VoIP and teleconferencing capabilities.

Power Supply

- 6 kVA UPS and diesel generator

The modernized systems type BT-1, BT-1- 01 and ST- 68УМ-BT was successfully tested by Bulgarian Military Executive Agency

References:

1. STANAG 4193 Technical Characteristics of IFF MK XA and MK XII Interrogators and Transponders Part I: General Description of the System 12-NOV-1990
2. STANAG 4193 Technical Characteristics of IFF MK XA and MK XII Interrogators and Transponders Part II: Performance in the Presence of Electronic Countermeasures 12-NOV-1990
3. STANAG 4193 Technical Characteristics of IFF MK XA and MK XII Interrogators and Transponders Part III: IFF Installed System Characteristics 12-NOV-1990
4. STANAG 4193 Technical Characteristics of IFF MK XA and MK XII Interrogators and Transponders Part IV: Technical Characteristics of Mode S in Military Interrogators and Transponders.12-APR-1999
5. MIL-STD-810F Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests, 01. Jan 2000.
6. MIL-STD-461E Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment, 20-AUG-1999
7. ICAO Aeronautical Telecommunications Annex 10, Second Edition of Volume IV July 1998, Surveillance Radar and Collision Avoidance Systems, Amendment 1-73.
8. EN 60215 Safety Requirements for Radio Transmitting Equipment 1990.
9. EN 60950 Safety Requirements for General Electronic Equipment.
10. EUROCONTROL European Mode S Station Functional Specification Edition 3.01, 13 December 1999 SUR.ET2.ST03.3114-SPC-01-00
11. EUROCONTROL Proposed Eurocontrol Standard for Radar Data Exchange (Part 1) Document Ref. SUR.ET1.ST05.2000 SUR.ET2.ST03.3114-SPC-01-00.
12. POEMS Document for Radar Data Exchange, Part 4 Transmission of Monoradar Target Reports, SUR.ET2.ST03.3115-SPC-04-01, Edition: 1.3; Edition Date: 12 March 1999; Status: Proposed Issue.
13. POEMS Document for Radar Data Exchange Part 2b Transmission of Monoradar Service Messages, SUR.ET2.ST03.3226-SPC-02b-01 Edition: 1.3, Edition Date: 16.March 1999, Status: Proposed Issue & POEMS Document for Transmission of Monoradar Service Messages ADDITIONAL NOTE, Edition: 1.3, Edition Date: 16 March 1999.
14. Maintenance Manual EADS MSSR 2000I 500 W.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ИЗСЛЕДВАНЕ РОЛЯТА НА АВТОМАТ ЗА НАДЛЪЖНО УПРАВЛЕНИЕ ПРИ МАНЬОВЪР В ТРАНСЗВУКОВИЯ ДИАПАЗОН

Димитър Йорданов, Константин Методиев

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: djordanov@space.bas.bg, komet@space.bas.bg

STUDYING THE PART OF LONGITUDINAL CONTROL AUTOMATION DURING MANEUVERING WITHIN THE TRANSONIC RANGE

Dimitar Jordanov, Konstantin Metodiev

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: djordanov@space.bas.bg, komet@space.bas.bg

Ключови думи: *Динамика на полета, Matlab – Simulink, пространствен маньовър*

Резюме: *В настоящия доклад са изложени резултатите, получени чрез моделиране на движението на летателен апарат при изпълнение на пространствен маньовър „възходяща спирала" в трансзвуковия скоростен диапазон. При намаляване на скоростта на полета, характерно се явява преместването на надлъжната координата на аеродинамичния фокус по ъгъл на атака напред, което е съпроводено и с намаляване на надлъжната статична устойчивост на самолета по претоварване. Възниква неуравновесен кабриращ момент, благодарение на който самолетът увеличава ъгъла на тангажа, нормалното претоварване и коефициентът на подемна сила. Явлението се нарича „скоростен подхват" и е обект на изследване в доклада с помощта на програмен пакет „Matlab – Simulink" в контур "пилот-система за управление-самолет".*

1. Увод

В предлаганата работа се показват резултати от изследване поведението на контура "пилот – система за управление – самолет" при изпълнение на пространствен маньовър. В конкретния случай е моделирано в "Matlab-Simulink" изпълнение на "възходяща спирала". За изкривяване на траекторията в хоризонтална плоскост (завой) се използва хоризонталната съставляваща на подемната сила Ysinγ, която се образува при наклон на самолета в страната на завоя. За изпълнение на пространствения маньовър за минимално време е необходимо на максимална скорост (за свръхзвуковите самолети, обикновено M ≥ 1) самолетът да се въведе в завоя с наклон близък до 90º и претоварване близко до максимално допустимото експлоатационно. В такива случаи скоростта се намалява от свръхзвукова на дозвукова и фигурата се нарича "форсиран завой". Преминаването на трансзвуковата зона в посока от свръхзвукови на дозвукови скорости става на големи претоварвания, ъгли на атака и коефициенти на подемна сила, като самолетът има тенденцията да кабрира енергично от преместването на аеродинамичния фокус напред. Това в практиката се нарича "скоростен подхват" [3] или "околозвуков подхват" [8].

2. Изследван проблем

В зависимост от условията на въвеждане във фигурата, ако "скоростният подхват" не бъде своевременно париран с отпускане на лоста и намаляване на усилието, се развива втора фаза на аварийна ситуация, провокирана от реалните свойства на самолета на големи ъгли на атака, т. нар. "**сривен подхват**" (допълнително енергично самопроизволно кабриране от откъсването на потока в краищата на стреловидното крило). Двете фази на непариран подхват в трансзвуковата зона извеждат самолета на опасни за конструкцията претоварвания или срив

в свредел (на височини над 4000 м). Тези особености в трансзвуковата зона създават сериозни ограничения за бойното използване на самолета и до масовото въвеждане на електродистанционните системи с астатичен автомат за надлъжно управление са били причина за летателни произшествия, които са се класифицирали като грешки на пилота. В своята същност тези летателни произшествия са провокирани от промяната на режима на обтичане на самолета – от свръхзвуков на дозвуков. В инструкциите по техника на пилотиране от 60-те години има предупреждения за опасността от "скоростен подхват" при преминаване на трансзвуковата зона с големи маневрени претоварвания. Проблемите са включени в особените случаи на маневрената авиация [3], [8] и се изучават в курсовете по аеродинамика и динамика на полета. С въвеждането на астатични автомати за надлъжно управление на самолетите след 80-те години работата на пилота значително се облекчава, защото парирането на "скоростния подхват" при целесъобразна настройка може да става от автомата.

В конкретния модел са отразени всички споменати особености и най-неблагоприятни съчетания на обстоятелства, които провокират развитието на **потенциално опасен "скоростен подхват", при който се надвишават разрешените експлоатационни претоварвания за самолета ($n_{y,e}$ = 7). Целта на изследването** е да се демонстрира ролята на автомата за надлъжно управление за повишаване безопасността на полетите.

3. Начин за решаване на проблема

Самолетът е с центровка, която на дозвукови скорости осигурява достатъчна надлъжна устойчивост по претоварване (dm_z/dC_y = –0.13), а на свръхзвукови скорости от вълновия кризис фокусът се премества назад по средната аеродинамична хорда и самолетът придобива характерната за свръхзвукови скорости по-голяма надлъжна устойчивост по претоварване (dm_z/dC_y = –0.42). Такава компоновка е характерна за по-старото поколение самолети (60 години на 20-ти век) и има неблагоприятно поведение в трансзвуковия диапазон при намаляване на скоростта. Моделираната системата за управление на самолета е с бордови компютър, в който се формира закон с астатичен автомат за надлъжно управление и командата в надлъжния канал (отбелязан с индекс "в" – за височина) от пилота към управляемия хоризонтален стабилизатор се задава съвместно от пилота и автомата по следния закон:

$$(1)\quad \varphi_в = K_в \Delta X_{в,пилот} + K_д \omega_z + K_i \int_{t_0}^{t_1} \left(\Delta n_y + K_x \Delta X_{в,пилот}\right) dt$$

Автомат за устойчивост не е нужен, защото самолетът е създаден по концепцията за пасивно управление (има гарантирана от компоновката надлъжна статическа устойчивост по претоварване на дозвукови скорости).

В закона $K_в$ (1/m) е предавателното отношение на системата за надлъжно управление. В общ случай то може да е променливо по режима, но при системи с електродистанционно управление може да се приеме и постоянна величина при удовлетворяване на изискванията за характеристиките на управляемост по усилие и преместване на командния орган, с който пилотът реализира процеса на управление. В конкретния случай, за трансзвуковия диапазон Кв =1 (радиани/метри) и е с постоянно значение. Тази величина, заедно с приведената към лоста за управление коравина на пружинно-натоварващия механизъм $C_в$ = 800 (N/m), определят усилията за пилотиране, които за необратимото бустерно управление се формират изкуствено по зададени характеристики на управляемост. В конкретния случай за трансзвуковия диапазон чрез системата за управление са гарантирани характеристики на управляемост $dP_в/dn_y$ = –25N; $dX_в/dn_y$ = –31.5 mm, което съответства на нормативните характеристики за управление с централен лост в кабината. Предавателните числа на автомата за демпфиране $K_д$, и пред интегралния член K_i се подбират от условията на приемлив преходен процес. Предавателното число K_x (дименсия 1/m) е равно на абсолютната стойност на обратната величина на характеристиката на надлъжна управляемост $dX_в/dn_y$.

В изследването се анализира ролята на автомат при следния закон за управление на органа за надлъжно управление (управляем хоризонтален стабилизатор):

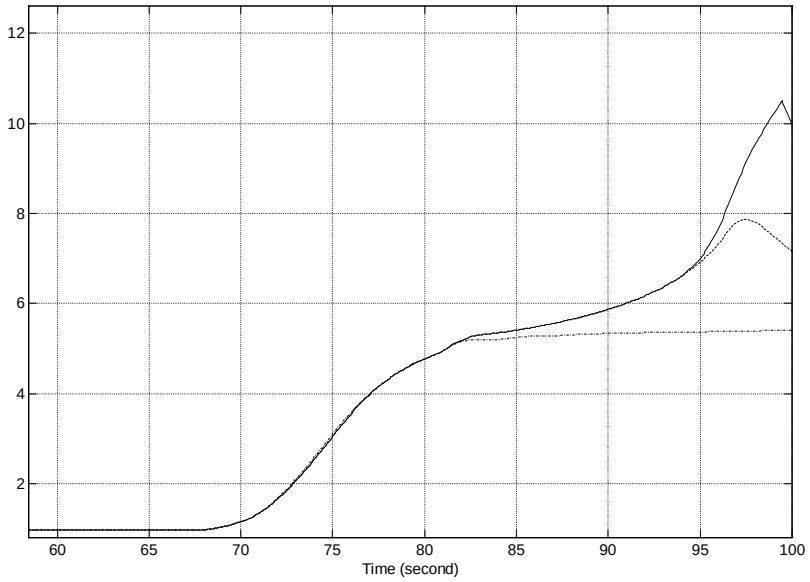
$$(2)\quad \varphi_{в,rad} = 1\Delta X_{в,пилот,метри} + 0.03\omega_{z,rad/s} + 0.015\int_{t_0}^{t_1} \left(\Delta n_y + 25\Delta X_{в,пилот,метри}\right) dt$$

Чрез моделиране е демонстрирано преимуществото на такъв тип управление в надлъжния канал в трансзвуковия диапазон, където автоматът освобождава пилота от необходимостта за париране на "скоростен подхват" при намаляване на скоростта в

маньовъра от свръхзвукова на дозвукова. Траекторията се моделира на височини около 3000 m на форсажен (до M = 1.1) и максимален режим на двигателя (след влизане в завоя).

4. Резултати

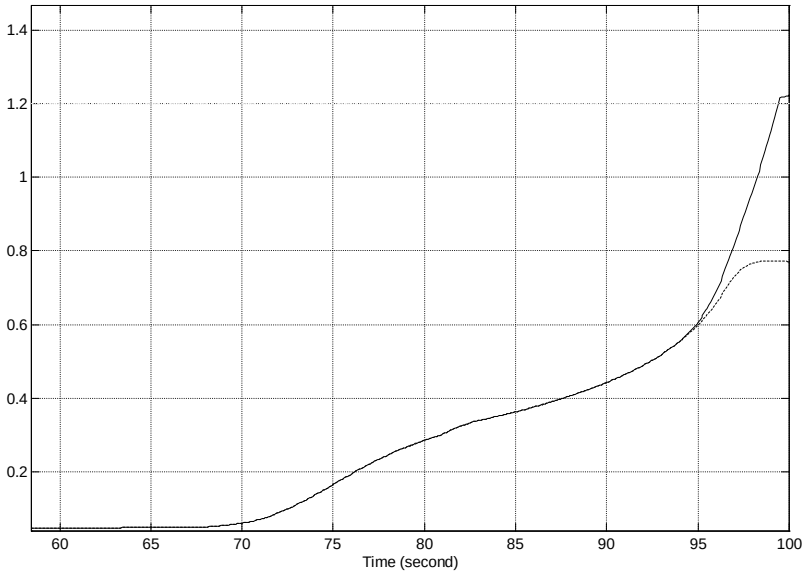
За илюстриране на проблема, на фигура 1 са показани на един график три симулации – изменение на нормалното претоварване във “форсиран завой” в транзвуковия диапазон.



Фиг. 1. Изменение на нормалното претоварване във “форсирания завой” на трансзвукови скорости:

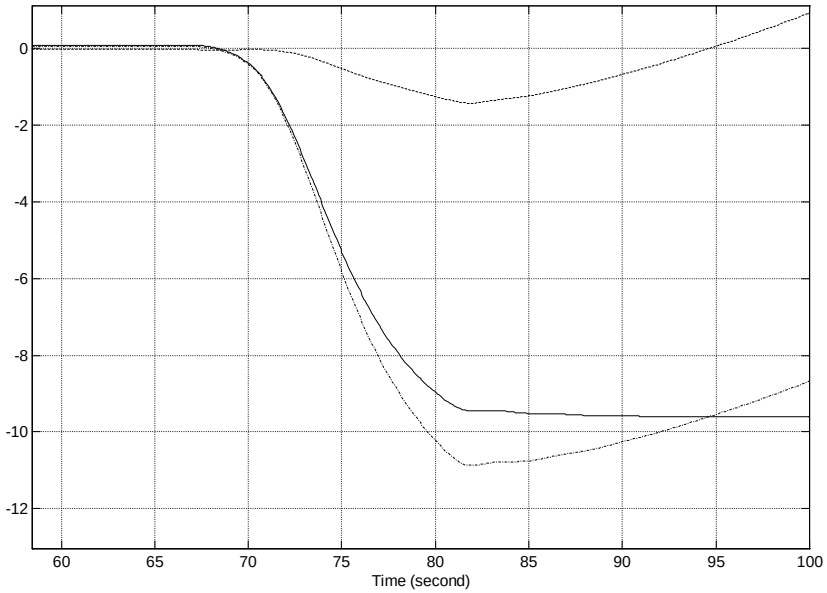
- непариран “скоростен подхват”, който преминава в “сривен подхват” – в t = 98 s – претоварването n_y = 11.5 и превишава експлоатационното $n_{y_експл}$ = 7;
- непариран “скоростен подхват”, при който изкуствено е блокирано при моделиране развитието на втората фаза (на “сривния подхват”) – претоварването само от “скоростния подхват” се повишава от $n_y \approx 5$ до $n_y \approx 8$ в t = 97 s;
- нормално изпълнение на пространствената траектория с работа на пилота в контур с астатичен автомат за надлъжно управление – претоварването е стабилизирано между n_y = 5 и n_y = 5.5.

На фигура 2 е показано изменението на коефициента на подемна сила в два случая на непариран “скоростен подхват”. В резултат на развитието на двете фази на подхвата самолетът в t = 99 s достига максималния коефициент на подемна сила $C_{y\text{-}max}$ = 1.2 и след това ситуацията се развива в посока сваляне на крило и свредел.



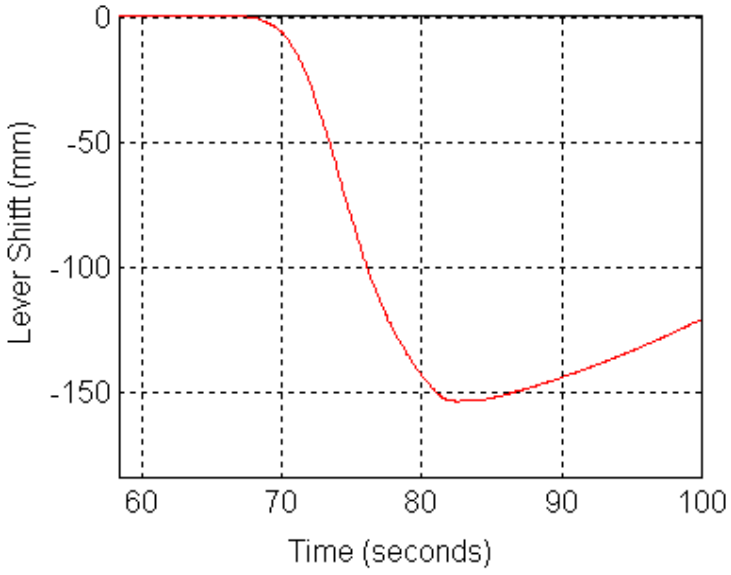
Фиг. 2. Изменение на коефициента на подемната сила C_y в непариран подхват при изпълнение на форсиран завой в трансзвуковата зона – след t = 96 s е показан вторият етап на подхвата (само от скоростен подхват C_y нараства до C_y =0.77)

На фигура 3 е показан резултат от моделирано изпълнение на фигурата от пилота при система за управление с астатичен автомат за надлъжно управление по претоварване.



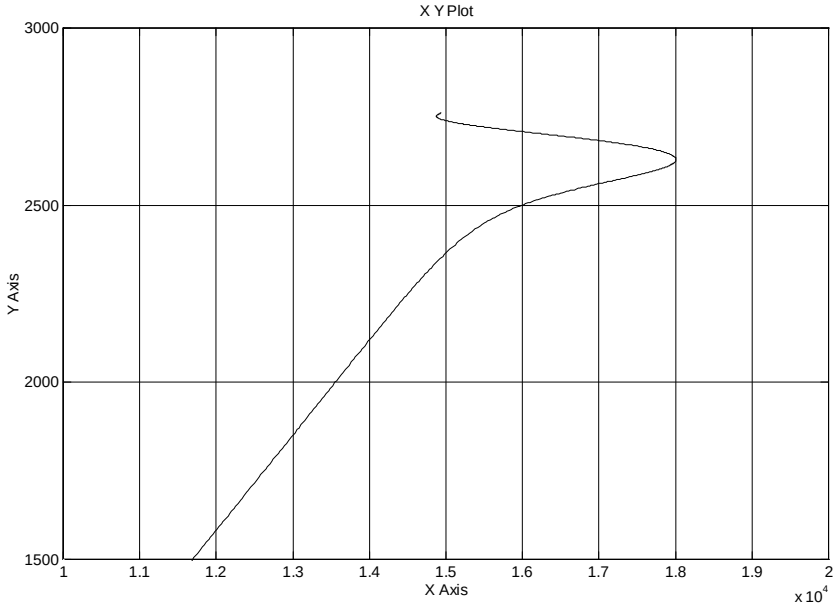
Фиг. 3. Отклонение на управляемия стабилизатор в градуси – от командата на пилота (цяла линия) и автомата за надлъжно управление (прекъсната линия); общото отклонение е сума от двете команди и например в t = 82 s $\varphi_{в\text{-}85s} \approx -11^{o}$ (“на кабриране”)

“Пилотът” (от модела) не се е опитвал да парира тенденцията за самопроизволно кабриране в “скоростния подхват”. Това се забелязва по отклонението на стабилизатора формирано само от него след t = 80 s (цяла линия). Автоматът извършва потребното връщане на стабилизатора леко в посока към неутрално положение след 80 s (прекъсната линия в горната част на графика). Реалното отклонение на стабилизатора при изпълнение на фигурата е сума от двете съставни на закона за управление. Моделирането в “Matlab-Simulink” позволява да се разделят двете функции и команди и да се демонстрира ролята на автомата за повишаване на безопасността на полета.

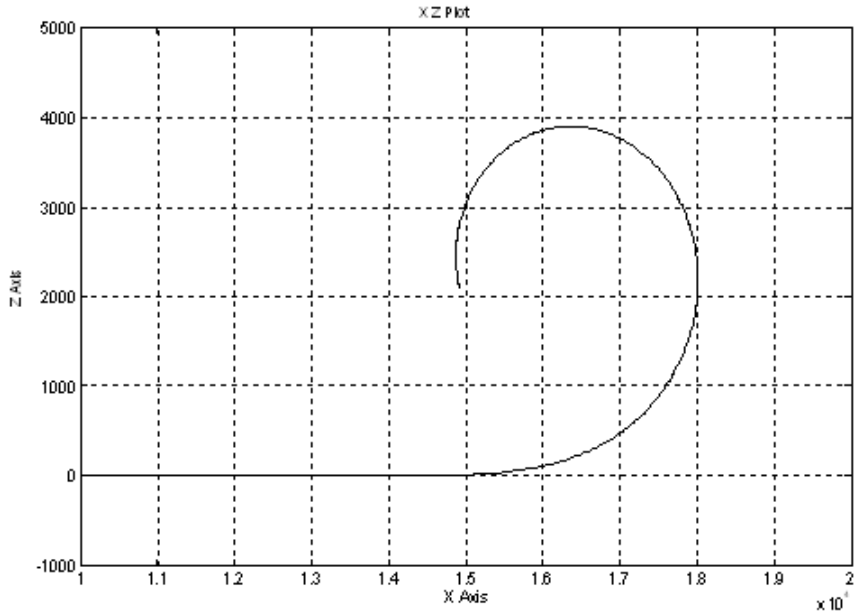


Фиг. 4. Усилие, с което моделът на пилота “управлява” самолет без **астатически автомат за надлъжно управление**

По резултатите от моделиране на маньовъра на фиг.4 (при изключен автомат за надлъжно управление) след 80 секунда, независимо от намаляването на скоростта в трансзвуковия диапазон “пилотът-модел” намалява усилието, за да парира тенденцията за кабриране в “скоростния подхват”. Преместването на лоста в 80 s достига 185 mm, а в 100 s моделът на пилота връща лоста напред до 150 mm. Претоварването е стабилизирано от модела на пилота на n_y = 5.5, а самолетът е изпълнил форсиран ляв завой на 270º като част от възходяща спирала – фиг. 5 и фиг. 6.



Фиг. 5. Проекция на траекторията във вертикална плоскост

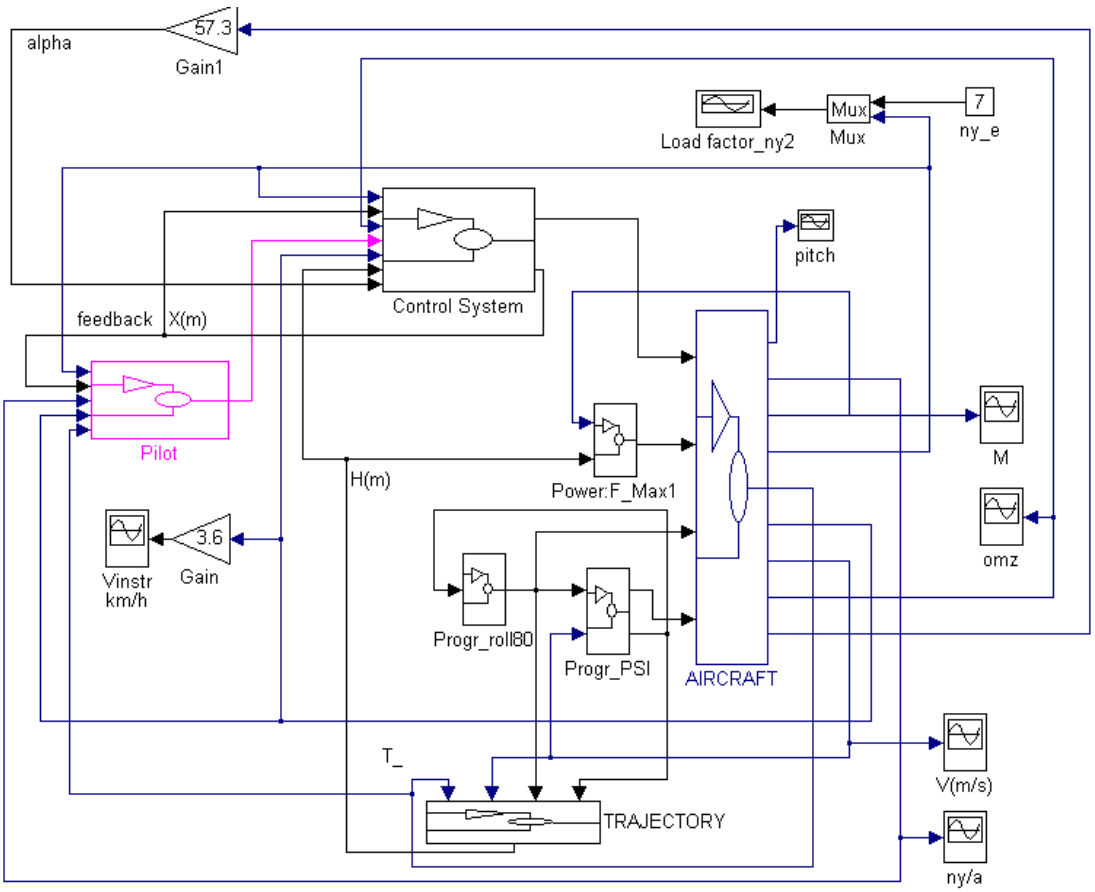


Фиг. 6. Проекция на траекторията в хоризонтална плоскост

Проблемът на парирането на “скоростния подхват” е, че се изисква прецизно движение с органите за управление (примерно около 2.50...30 за около 10 секунди по фиг. 3), което пилотите обикновено не дозират точно, защото работят в дефицит от време при неблагоприятни характеристики на устойчивост и управляемост. В резултат на по-груби действия може да се получи “надлъжна разкачка” на самолета (колебателна неустойчивост) и срив на маньовъра. Самолетът се намира много близо до експлоатационните ограничения и “разкачката” се получава след преминаване на дозвукови скорости главно от това, че при груби действия по стабилизация на претоварването се навлиза в зоната на големите ъгли на атака,

където от откъсването на потока в краищата на стреловидното крило самолетът става практически неутрален и даже неустойчив по претоварване. Това може да продължи няколко секунди (например 5...6 секунди) и в зависимост от действията на пилота самолетът може да излезе от зоната на неустойчивост или да задълбочи неблагоприятното развитие на проблема. Стабилизацията на неутрален самолет е много трудна задача за пилота защото той трябва рязко да намали коефициента си на усилване (т.е. усилието, с което движи лоста за управление), за да запази устойчивостта на целия контур "пилот – система за управление – самолет"). При неутрален самолет на много малки отклонения от стабилизатора реакцията на самолета е с големи изменения на ъгъла на атака (нараства коефициентът на усилване на самолета). В контура за управление това нарастване на коефициента на усилване на самолета трябва да бъде компенсирано с намаляване на коефициента на усилване на пилота, за да се запази устойчив процесът на управление. Тази пренастройка за кратко време е много трудна задача за пилота. Ако самолетът стане надлъжно апериодично неустойчив, процесът на стабилизацията става невъзможен. Това е доказано от практиката и препоръката на пилотите-изпитатели е да се фиксира лостът в близост до неутрално положение, вследствие на което пилотът се изключва от контура за управление и самолетът сам излиза от "разкачката". Ситуацията на такова неблагоприятно развитие на "скоростния подхват" не може да бъде тренирана в реален полет защото е потенциално опасна и препоръките за парирането й са дефинирани по редки събития. Единствен надежден метод за изследването е адекватното компютърно симулиране. В [3] и [8] са представени резултати от моделирани и реални полетни ситуации на "скоростен (околозвуков) подхват", които потвърждават адекватността на предлагания модел в "Matlab-Simulink".

Общият вид на модела в "Matlab-Simulink", използван за изследователски цели, е показан на фиг. 7. Особеното в него е , че в контура е включен детерминиран модел на среден пилот с гъвкави обратни връзки по усилие и преместване, а моделът на самолета е реализиран по уравненията за надлъжно движение. Потребните за маньовъра данни от страничното движение са програмно зададени (наклон $\gamma_0 = f(t)$). Програмно зададено в модела е и управлението на двигателя.



Фиг. 7. Общ вид на модела

Изводи:

- Проведеното моделиране дава възможност да се изследва сложно явление в трансзвуковата зона, проблемна за пилотажа поради същественото изменение на аеродинамичните характеристики.
- Чрез моделиране сравнително леко се решава проблемът за настройката на предавателните числа в автомата за надлъжно управление.
- Моделът може да бъде използван в обучението и изследователска дейност по динамика на полета и системи за управление и безопасност на полетите.

Литература:

1. Бюшгенс Г., Р. Студнев. Динамика продольного и бокового движения, изд. “Машиностроение”, Москва, 1979 г.
2. Михалев И., Б. Окоемов, И. Павлина, М. Чикулаев, Н. Эйдинов. Системы автоматического управления самолетом – методы анализа и расчета, изд. ”Машиностроение”, Москва 1971 г.
3. Галашев Е., Н. Лысенко и др. Аэродинамика и динамика полета маневренных самолетов, “Военное издательство”, Москва 1984 г., стр.235...240
4. Гультяев А. MATLAB 5.2 Имитационного моделирования в среде Windows - практическое пособие, Санкт Петербург, изд. “Корона принт”, 1999 г.
5. Денисов В., В. Онищенко. Инженерная психология в авиации и космонавтике, изд. ”Машиностроение”, Москва, 1972 г.
6. Йорданов Д. Летателни апарати – системи за управление, изд. “Мадара Принт”- АД, 1999 г. (кн. 16 от поредица "Библиотека на авиоспециалиста")
7. Йорданов Д. Компютърни модели на системи за управление на самолети и хеликоптери 2005 г., 2006 г. – учебно пособие в две части, изд. на ТУ-София.
8. Калачев Г. Самолет, летчик и безопасность полета, изд. ”Машиностроение”, Москва 1979 г. – стр.119...139

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

КОСМИЧЕСКО РАЗУЗНАВАНЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИЕТО НА ДИСТАНЦИОННОТО НАБЛЮДЕНИЕ НА ЗЕМЯТА ОТ КОСМОСА

Петър Стоянов, Венцислав Марков, Михаил Михов, Георги Кипров

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: pstoyanov@abv.bg; vmarkov@space.bas.bg

Ключови думи: *дистанционно наблюдение, оптикоелектронни и радиолокационни космически системи*

Резюме: Дефинирано е понятието дистанционно наблюдение на Земята. Представени са перспективните насоки за подобряване на основните технически характеристики на апаратурата. Разгледани са назначението и възможностите на оптикоелектронните космически апарати от ново поколение – WorldView-1, WorldView-2 и GeoEye-1, както и радиолокационните системи TerraSAR-X и Cosmo-SkyMed. Формулирани са основните тенденции в развитието на дистанционното наблюдение на Земята от Космоса.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF REMOTE SENSING ON EARTH FROM SPACE

Petar Stoyanov, Ventsislav Markov, Michail Mikov, Georgi Kiprov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: pstoyanov@abv.bg; vmarkov@space.bas.bg

Keywords: *Remote observation, Optical electronic and radiolocation space systems*

Abstract: *The notion "Remote Earth Observation" has been defined. The long-term terms of reference for improving the main technical characteristics of the apparatuses have been also presented. The purpose and abilities of the new-generation optical electronic space apparatuses WorldView-1, WorldView-2 and GeoEye-1 have been considered as well as the radiolocation systems TerraSAR-X and Cosmo-SkyMed. In addition, the main tends for development of remote Earth surface observation from space have been also formulated.*

Същност на дистанционните наблюдения на Земята от Космоса

Същността на понятието *"Дистанционно изследване на Земята от Космоса"* включва наблюдение и измерване на енергетичните и поляризационни характеристики на собственото и отразено излъчване на сушата, океана и атмосферата на Земята в различни области на електромагнитния спектър. По тези характеристики се определят местоположението на обектите, описват се характерът и времевата динамика на развитието и състоянието им. Така се изследват основните природни образувания и явления, природните ресурси на Земята, околната среда, както и редица параметри на антропогенните обекти и образувания. Това е и общият смисъл на дистанционните аерокосмически изследвания, независимо от различните наименования в различните езици: *remote sensing* (английски), *дистанционное зондирование Земли* (руски), *fernerkundung* (немски), *teledetection* (френски) и т.н. Напоследък все по-често се употребява и един друг термин, който ще бъде възприет в последващото изложение – *Earth Observation – наблюдение на Земята.*

В съвременния стремително изменящ се свят ставаме свидетели на непрекъснати революционни технологични изменения. Ако XX век вече стана век на цифровите технологии, то XXI век можем смело да наречем век на космическите цифрови технологии. Това дава отражение на първо място в непрекъснатото подобряване на основните характеристики на

апаратурата за дистанционно наблюдение на Земята (ДНЗ) от Космоса и качеството на данните, добивани от тази апаратура. Перспективните насоки в тяхното развитие се свеждат до:

- увеличаване на пространственото разрешение;
- разширяване на динамичния диапазон;
- разширяване на възможностите за получаване на стереоснимки;
- подобряване на геометрическите характеристики на изображенията;
- разширяване на мултиспектралните възможности;
- подобряване на точността на изходните данни без опорни точки;
- увеличаване на ширината на сниманата полоса;
- усъвършенстване на възможностите за заснемане на големи площи за един маршрут.

Данните с високо пространствено разрешение от съвременните космически апарати (КА) станаха важен инструмент за решаване на практически задачи от държавно, регионално и местно управление, геопространствена основа за приемане на решения на различно ниво.

Съгласно приетата класификация на космическото разузнаване, космическите системи за наблюдение са:

- космическо фоторазузнаване;
- оптикоелектронно космическо разузнаване;
- радиолокационно космическо разузнаване.

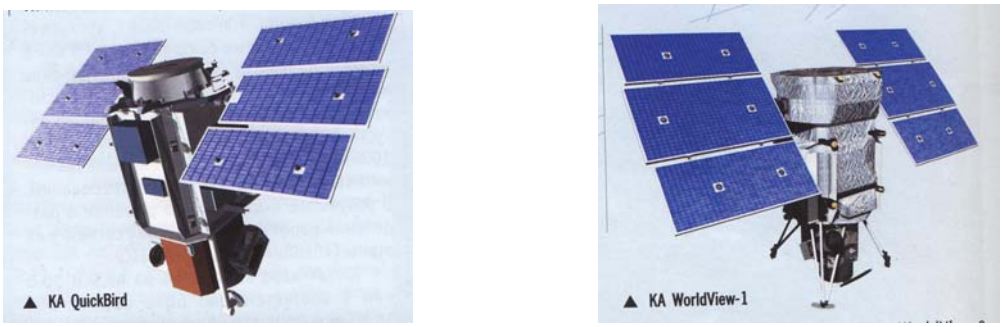
Космическото фоторазузнаване е най-стария способ за дистанционно наблюдение на Земята – разработката на тези системи започва още през 50 – те години на миналия век в САЩ, Русия и малко по-късно в Китай. Може да се твърди, че в резултат на дългогодишната експлоатация тези системи са достигнали своя апогей в техническо, оперативно и технологично ниво. Затова по-надолу ще бъде отделено място на останалите два способа за дистанционно наблюдение на Земята.

Оптикоелектрони КА за ДНЗ от ново поколение

Спътниковите системи за оптикоелектронно разузнаване са предназначени за осигуряване на непрекъснат обзор на който и да е участък от земната повърхност, за получаване на изображения с висока разрешаваща способност на обектите и предаването на тези изображения в център за приемане и обработка на информацията в мащаб на времето, близък до реалния. Характерна особеност е, че за получаване на изображението на разузнавания обект вместо фотокамера се използва оптикоелектронна система, включваща дългофокусен оптически телескоп на принципа на сканиращия радиометър и фотоприемник на основата на многоелементни ПЗС-матрици.

Основни отличителни особености на оптикоелектрони КА от ново поколение за ДНЗ са тяхната безпрецедентна производителност, в това число и в режим на стереоснимки, а също възможност за получаване на данни с пространствено разрешение не по-лошо от 0.5 m с точност без наземни опорни точки не по-лоша от 5 m (средноквадратично отклонение). Такива КА са спътниците WorldView–1, WorldView–2 и GeoEye–1.

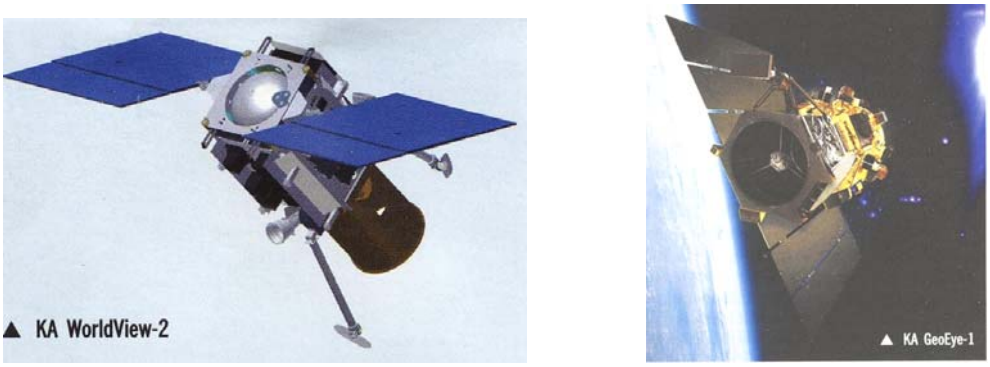
Космическият апарат WorldView–1 успешно е изведен в орбита на 18 септември 2007 г. от авиобаза Ванденберг (САЩ). Собственик на спътника е компания DigitalGlobe (САЩ). В проекта за създаване на спътника са взели участие такива компании, като Ball Aerospace (платформа, интеграция), Eastman Kodak (оптическа камера), ITT (интеграция), BAE Systems (система за обработка). Спътникът WorldView–1 е изведен на околоземна слънчево–сихронна орбита с височина 480 km, осигуряваща преминаването му над кой и да е район от Земята всеки 1–2 дена (в зависимост от географската ширина). WorldView–1 може да изпълнява снимки само в панхроматичен режим с пространствено разрешение 0.5 m, а точността на получаваните данни без наземни опорни точки е не по-лоша от 5 m. В сравнение със своя предшественик – КА QuickBird – на спътника са използвани принципно нови технологични решения за осигуряване на висока производителност на снимане, качество и точност на координатното привързване на изображенията. изчисления срока за оставане на орбита е не по-малко от 7 години.



Фиг. 1. Космически апарати QuickBird и WorldView – 1

Космическият апарат WorldView–2 на компанията DigitalGlobe е планиран за извеждане в орбита в края на 2008 **г.** WorldView–2 ще позволи да се получават цифрови изображения на земната повърхност с пространствено разрешение 0.46 m в панхроматичен режим и 1.8 m в мултиспектрален режим при снимки в надир. В сравнение с КА QuickBird и WorldView–1 кардинално са подобрени възможностите за получаване на мултиспектрални изображения. Количеството спектрални канали са увеличени до осем. Точността на получаваните данни без наземни опорни точки е не по-лоша от 5 m, а разчетния срок за пребиваване в орбита е не по-малко от 7 години.

Космическият апарат GeoEye–1 е планиран за изстрелване през април – май 2008 г. Собственик на спътника е компания GeoEye (САЩ). Планира се спътника да бъде изведен на полярна слънчево–синхронна орбита с височина 684 km, осигуряваща неговото преминаване над кой и да е район от Земята всеки 1–3 дни в зависимост от географската ширина. Спътникът GeoEye–1 е предназначен за получаване на цифрови изображения на земната повърхност с пространствено разрешение 0.41 m в панхроматичен режим и 1.65 m в мултиспектрален режим при снимки в надир. Спътникът GeoEye–1 ще притежава висока маневреност, което ще му позволи да получава голям обем от данни за едно прелитане. Отличителна особеност на апарата се явява възможността за получаване на високоточни изображения (до 2 m) без наземно привързване. Разчетният срок за пребиваване на орбита е не по-малко от 7 години.



Фиг. 2. Космически апарати WorldView–2 и GeoEye

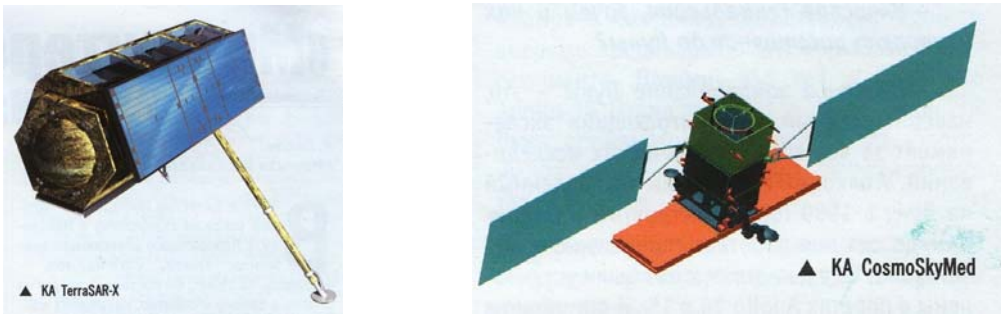
Необходимо е да се отбележи, че всички оптикоелектронни КА от ново поколение, независимо от това че ще се конкурират помежду си, всеки от тях заема своя ниша. КА WorldView–1 е конструиран така, че да се достигне най-висока производителност и възможност за заснемане на големи територии, в това число и в режим «стерео». Данните, получавани от КА GeoEye–1, ще притежават най-висока точност на характеристиките без наземни точки на привързване, макар че по производителност ще отстъпва на WorldView–1 и WorldView–2. На свой ред КА WorldView–2 ще бъде най-производителният КА за ДНЗ с възможност за снимки в голям брой спектрални канали, което значително разширява възможностите за използване на данни за решаване на различни задачи.

Радиолокационни КА за ДНЗ от ново поколение

Радиолокационните космически системи за наблюдение имат редица неоспорими преимущества, по-важните от които са независимост от метеорологичните условия и времето на денонощието, съчетание от широка полоса на големи разстояния и висока разрешаваща способност, многорежимност и гъвкавост на управление работата на РСА, позволяващи бързо изменение на положението и размера на зоната на обзора, разрешаващата способност и формата за представяне на информацията и висока оперативност на получаване на данните от сондирането, близка до реалния мащаб от време.

Радиолокационната информация е незаменима при екстремни ситуации, решаването на задачи в полярните райони, в картографията, лесовъдството, търсенето на нефт и др. Снимането в сантиметровия X - диапазон (дължина на вълната – 3 см) дава високодетайлни радиолокационни изображения с разрешение, близко по качество на изображенията от оптическите системи. Системите от дециметровия L-диапазон (дължина на вълната – 23 см) позволяват да се води наблюдение през листата на дърветата. И накрая РСА от Р-диапазона (дължина на вълната – 70 см) осигурява сондиране под слой суха почва.

Основни отличителни особености на радиолокационните КА със свръхвисоко разрешение от ново поколение са пространствено разрешение до 1 m, възможността за снимане с различна поляризация, възможност за последваща интерферометрична обработка за получаване на високоточни цифрови модели на релефа и откриване на движещи се цели на земната повърхност. Такива апарати са спътниците TerraSAR-X и Cosmo-SkyMed.



Фиг. 3. Космически апарати TerraSAR-X и Cosmo-SkyMed

Спътникът TerraSAR-X, разработен от Германския аерокосмически център (DLR) и компания EADS Astrium GmbH, беше изстрелян на 15 юли 2007 г. от космодрума Байконур. Спътникът беше изведен на слънчево–синхронна полярна орбита с височина 514 km и наклон 97.44*. Разчетния срок за пребиваване на орбита на апарата TerraSAR-X е около 5 години. Оборудването на спътника с нов радар със синтезирана апертура позволява да се изпълняват интерферометрични снимки на земната повърхност с безпрецедентното пространствено разрешение от 1 m. Радарът прави снимки на земната повърхност в X-диапазон (дължина на вълната 3.1 cm) с изменяема поляризация на излъчването (HH, VH, HV, VV) при ъгъл на снимане от 20* до 55*.

Серията космически апарати с двойно назначение Cosmo-SkyMed 1-4 (Constellation of Small Satellites for Mediterranean Basin Observation – Съзвездие от малки спътници за наблюдение на Средиземноморския басейн), разработвана от Италианската космическа агенция (ASI) съвместно с Министерството на отбраната на Италия (MoD), ще бъде напълно развита в близките 2-3 години. Първият апарат от серията спътници е изведен на орбита на 7 юни 2007 г. от авиобаза Вандерберг (САЩ) с височина 619.6 km и наклон 97.86*. Всички спътници от групировката ще бъдат снабдени с радари със синтезирана апертура, позволяващи правенето на интерферометрични снимки на земната повърхност с пространствено разрешение по-добро от 1 метър. Радарът ще снима земната повърхност в X - диапазон (3.1cm) с изменяема поляризация на излъчването (HH, VH, HV,VV), в диапазона на снимачни ъгли от 20* до 50*. Разчетния срок на пребиваване на орбита на всеки апарат Cosmo-SkyMed е около 5 години. Спътникът ще бъде експлоатиран от италианската компания Telespazio.

Заключение

Могат да се отделят няколко основни тенденции в развитието на дистанционното наблюдение но Земята от Космоса:

- рязко увеличаване на космическите апарати (КА) за ДНЗ на орбита;
- развитие на националните програми за ДНЗ, появяване на нови “играчи”;
- развитие на системите за получаване, обработка и предоставяне на данните на потребителите;
- подобряване на основните характеристики на апаратурата за ДНЗ и качеството на данните;
- появяване на КА за ДНЗ от ново поколение със свръх високо разрешение;
- появяване на радарни КА за ДНЗ със свръх високо разрешение и възможности за интерферометрична обработка;
- увеличаване на скоростта на предаване на данните;
- съкращаване на времето за доставка на данните на потребителите – развитие на концепцията за “виртуални станции”;
- широко използване на мрежовите технологии и възможностите на интернет и т.н.

По такъв начин смело можем да причислим Дистанционното наблюдение на Земята към тези високотехнологични отрасли, които се развиват с изключително високи темпове. По-нататъшния прогрес в този отрасъл ще бъде свързан в значителна степен с развитието на технологията за обработка и разпространение до потребителите в нужния му вид на колосалния обем от данни, получаван с помощта на новите космически апарати за ДНЗ. Това от своя страна предявява твърде високи изисквания към нивото на подготовка на потребителите, а също изисква изключително ефективна работа на всички звена от системата за осигуряване на крайния потребител със своевременна и качествена геопространствена информация.

Литература:

1. К а ш к и н В. Б., А. И. С у х и н и н, Дистанционное зондирование земли из космоса, Лотос, М. 2001;
2. М а р д и р о с я н Г., Аерокосмически методи в екелогията и изучаването на околната среда, част1, С., Марин Дринов, 2003;
3. R i s h a r d s J., X i n p i n g R i k h a u s e z, Remote sensing digital image analysis, 2006;
4. www.infoterra.de/;
5. www.novosti-kosmonavtiki.ru/

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

КОСМИЧЕСКО РАЗУЗНАВАНЕ. СИСТЕМА ЗА КОНТРОЛ НА КОСМИЧЕСКОТО ПРОСТРАНСТВО

Петър Стоянов, Венцислав Марков, Михаил Михов, Георги Кипров

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: pstoyanov@abv.bg, vmarkov@space.bas.bg

Ключови думи: *космическо пространство, контрол, лазерно – оптични и радиолокационни комплекси*

Резюме: *В статията е обоснована необходимостта космическите държави да водят наблюдение на космическото пространство. Представени са източниците на открита информация за орбиталните характеристики на спътниците, изведени в Космоса. Определени са основните задачи на контролът на космическото пространство като специфичен вид разузнавателна дейност. Предложена е структурна схема на Системата за контрол на космическото пространство. Подробно е описан състава, функциите и взаимовръзките на лазерно – оптичния и радиолокационен комплекси и средствата за изчисление и управление.*

SPACE RECONNAISSANCE CONTROL SYSTEM OF SPACE

Petar Stoyanov, Vencislav Markov, Mihail Mihov, Georgi Kiprov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: pstoyanov@abv.bg; vmarkov@space.bas.bg

Keywords*: space, control, laser - optical and radar complexes*

Abstract: *The article justified the need for space states to keep surveillance of space. Presented are the sources of non classified information to the orbital characteristics of satellites out in space. Certain basic tasks of control of space as a specific type of intelligence activity are presented. Proposed is a structural diagram of control system of space. Detailed composition, functions and interrelationships of the laser - optical and Radio direction complexes and methods of calculation and management are described.*

Въведение

Всяка космическа държава ако иска да съхрани своя статус както в научно, така и в отбранително значение, достига до разбиране на необходимостта да води наблюдение на космическото пространство. Космическите обекти вече са добре каталогизирани, достъпни са за систематическо наблюдение и заради това е възможно да бъдат детайлно и независимо изучавани. Основа за това изучаване са траекторните характеристики на спътниците. Разпределяйки космическите апарати по височина, наклон и екцентрицет на орбитата може да се определят мястото на изстрелване и типа на използвания носител за всеки от определените класове спътници. Особеностите на всяка от разглежданите групи (параметри на орбитата, количество и взаимно разположение на едновременно функциониране на апаратите, продължителност и характер на прекратяване на тяхното съществуване) след това могат да се съпоставят с характеристиките, които трябва да притежават спътниковите системи за решаване на различни задачи за граждански или военни цели.

Източник на открита информация за орбиталните характеристики на съветските спътници са били преди всичко официалните съобщения на ТАСС (сега за руските спътници – съобщенията на ИТАР-ТАСС) за техните извеждания в орбита. Тези съобщения съдържат

параметрите на началната орбита на всеки спътник – период на въртене, наклон, височината на апогея и перигея, а от 1988 г. и типа на ракетата носител.

Освен това обединената система за въздушно – космическа отбрана на САЩ и Канада (НОРАД), както и аналогичната руска система, следейки всички обекти в околоземното пространство, публикува част от своите данни в открития печат. Таблици с така наречените "двуредови орбитални елементи" се разпространяват чрез Центъра за космически полети на НАСА, а също ежеседмично постъпват в международната мрежа за електронна поща "Internet". Аналогични сводки за орбиталните елементи на изкуствените спътници на Земята ежемесечно се издават от Кралския астронавтически институт на Великобритания, използващ мрежа от станции за оптическо наблюдение.

Таблиците на Центъра на НАСА или на Кралския астронавтически институт съдържат значително повече подробности, отколкото съобщенията на ТАСС (ИТАР-ТАСС), а тяхното обновяване позволява да се следи маневрирането на спътниците на орбита. Оптическите наблюдения позволяват освен орбиталните параметри да се оцени и размера на апарата по видимия отблясък, а по зависимостта на отблясъка от времето и ъгъла на осветяване от Слънцето да се съди за неговата форма и способа на ориентация.

Данни за поведението на спътниците в радиодиапазона се публикуват от така наричаната Кетеринска група за следене, представляваща неформално обединение на радиолюбителите от редица страни, прослушващи и анализиращи сигналите от различни спътници.

Резултатите от предварителния анализ на изброените първоизточници ежемесечно се публикуват в редица периодични списания – "Flight International", "Spaceflight", "Новости Космонавтики" и др. В публикуваните в тях таблици се указва международния регистрационен номер, мястото на изстрелване и общото назначение на всеки космически апарат, а също и типа на ракетата – носител. Често се публикуват също и орбиталните елементи както и съобщения за естественото или преднамерено сваляне на апаратите от орбита.

По-детайлни обзори, специално посветени на космическите програми на различните страни, ежегодно се публикуват от независими експерти от САЩ, Русия, Великобритания и др., а всеки пет години – от Изследователската служба на Конгреса на САЩ.

Трябва да се отбележи, че всички изброени източници се базират изключително на открита, несекретна информация. И тази информация се оказва напълно достатъчна за отъждествяване на назначението на космическите системи, а нейния анализ позволява без реални загуби за националната безопасност да се състави достатъчно пълна представа за характера и мащабите на гражданските и военни космически програми на отделните държави.

Тази информация обаче значително отстъпва по обем на данните, необходими за съставянето на пълната картина на обстановката в космическото пространство. Затова всички големи космически държави използват свои, национални технически средства и разузнавателна дейност за наблюдение на космическото пространство. Това предполага на първо място изграждане на собствена Система за контрол на космическото пространство.

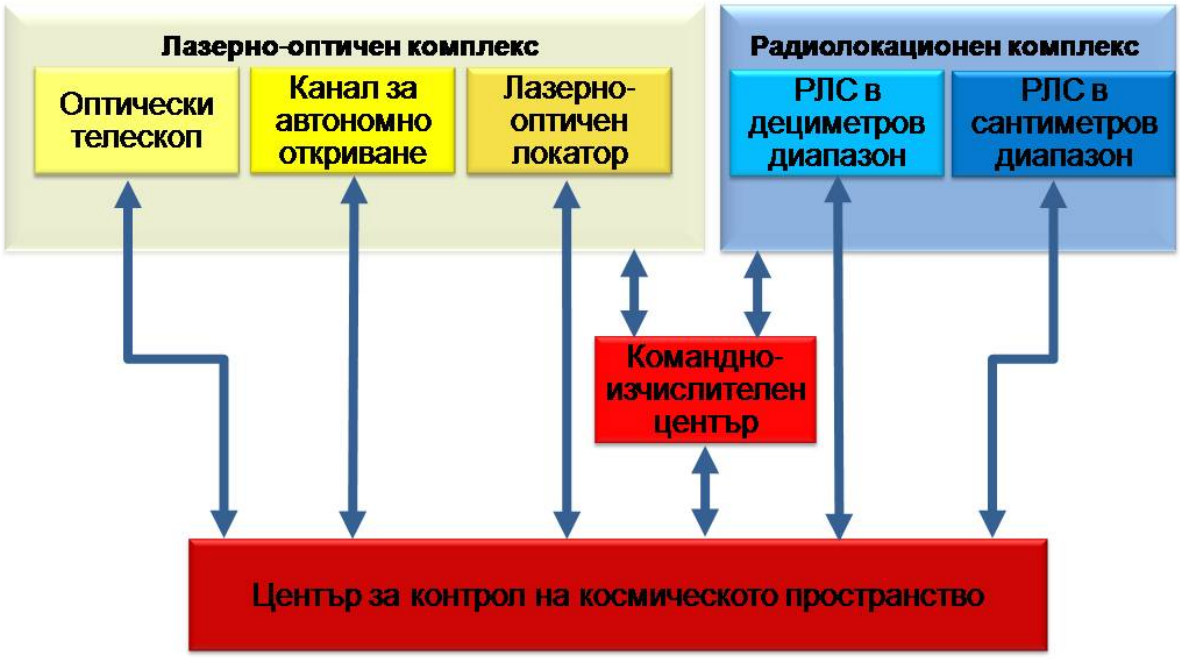
Структура и характеристики на Системата за контрол на космическото пространство

Контролът на космическото пространство е специфичен вид разузнавателна дейност, която включва решаването на няколко основни задачи:

- откриване на космическите обекти;
- определяне на техническите им характеристики;
- разпознаване на обектите.

Този контрол започва с системното наблюдаване на полусферата на небосвода, откриване на космическите обекти и определяне на техните траекторни параметри. След това се извършва тяхното фотографиране, т.е. получаване на оптически изображения, които позволяват да се определят външния вид и параметрите на движение около центъра на тежестта. Следващият етап на контрола е определяне и каталогизация на отражателните характеристики на космическия обект в дециметровия, сантиметровия и оптическия диапазон. И в заключителния етап се извършва разпознаване на обекта, определяне на неговата принадлежност, назначение и технически характеристики.

Структурната схема на такава Система за контрол на космическото пространство е показана на фиг. 1.



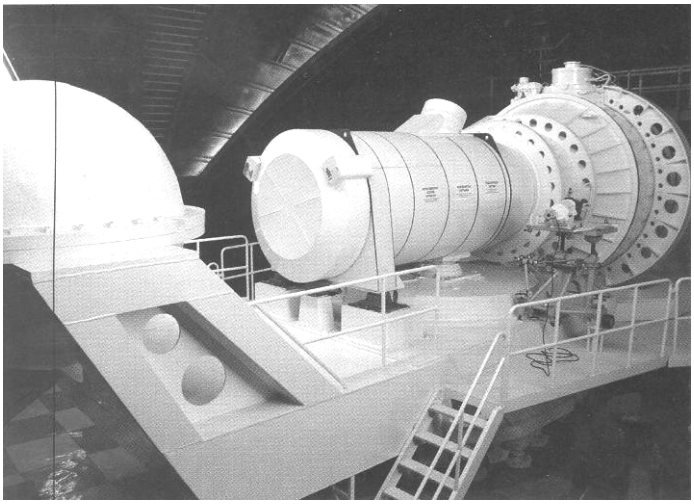
Фиг. 1. Структурна схема на Системата за контрол на космическото пространство

От схемата се вижда, че Системата за контрол на космическото пространство се състои от:

- лазерно – оптичен комплекс;
- радиолокационен комплекс;
- средства за изчисления и управление.

Лазерно – оптическият комплекс като правило се разполага на голяма височина, обикновено на върха някоя планина, където атмосферата е много по-чиста, а нощите със чисто, безоблачно небе са значително повече, отколкото в равнината.

Основен инструмент на лазерно – оптичния комплекс е оптическия телескоп с остронасочена бленда (фиг. 2). Той е разположен в кула с отварящ се по време на работа купол.

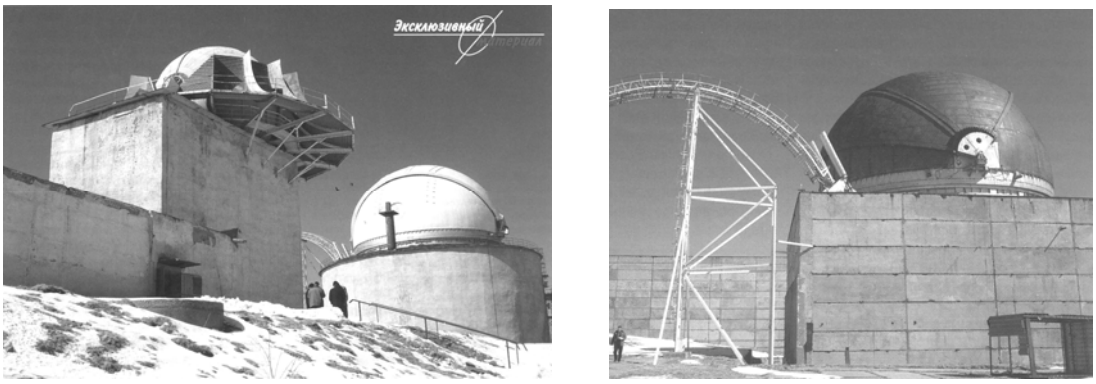


Фиг. 2. Оптически телескоп на лазерно – оптическия комплекс

Именно този телескоп, работейки в състава на оптико – електронната система, позволява да се получат изображения на космическите обекти като отражение на слънчевата светлина. Съпровождането на космическия обект с телескопа осигурява получаването на информация за построяване на неговата орбита. След компютърна обработка данните постъпват в Център за контрол на космическото пространство (ЦККП).

Оптическия телескоп се управлява по предварително зададена програма и съпровожда предварително избрани обекти от ЦККП. Това означава, че той следи вече открити и опознати обекти в космическото пространство.

Освен големия телескоп, в състава на лазерно – оптичния комплекс е разположена апаратура на пасивния канал за автономно откриване на космически обекти. Оптичните средства на този канал реагират автоматично на появяването на неизвестни обекти в небесната сфера, определят техните характеристики и ги сравняват с изградения каталог на космически обекти. Освен това, при необходимост, средствата на този канал разтоварват оптичния телескоп, когато на него постъпват много цели за наблюдение.

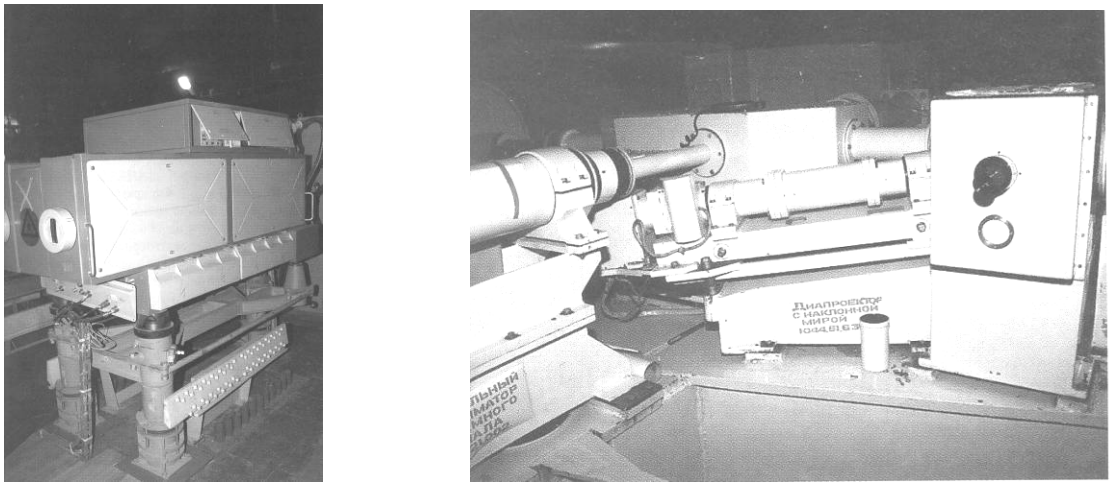


Фиг. 3. Оптичния телескоп (вляво) и пасивния канал за автономно откриване (вдясно)

Апаратурата на пасивния канал за автономно откриване автоматично обработва получената информация и я предава в ЦККП.

Основен недостатък на описаните оптични средства са ограниченията от характера на времето и на денонощието. Те могат да работят само през нощта и само при отсъствие на облачност.

Този недостатък може да бъде компенсиран от лазерно – оптичния локатор. За разлика от пасивния канал, който обработва отразената от обекта слънчева светлина, активния остронасочен приемо – предаващ канал сам излъчва лазерен лъч към космическия обект и приема и обработва отразения от него сигнал.



Фиг. 4. Апаратура на лазерно – оптичния локатор

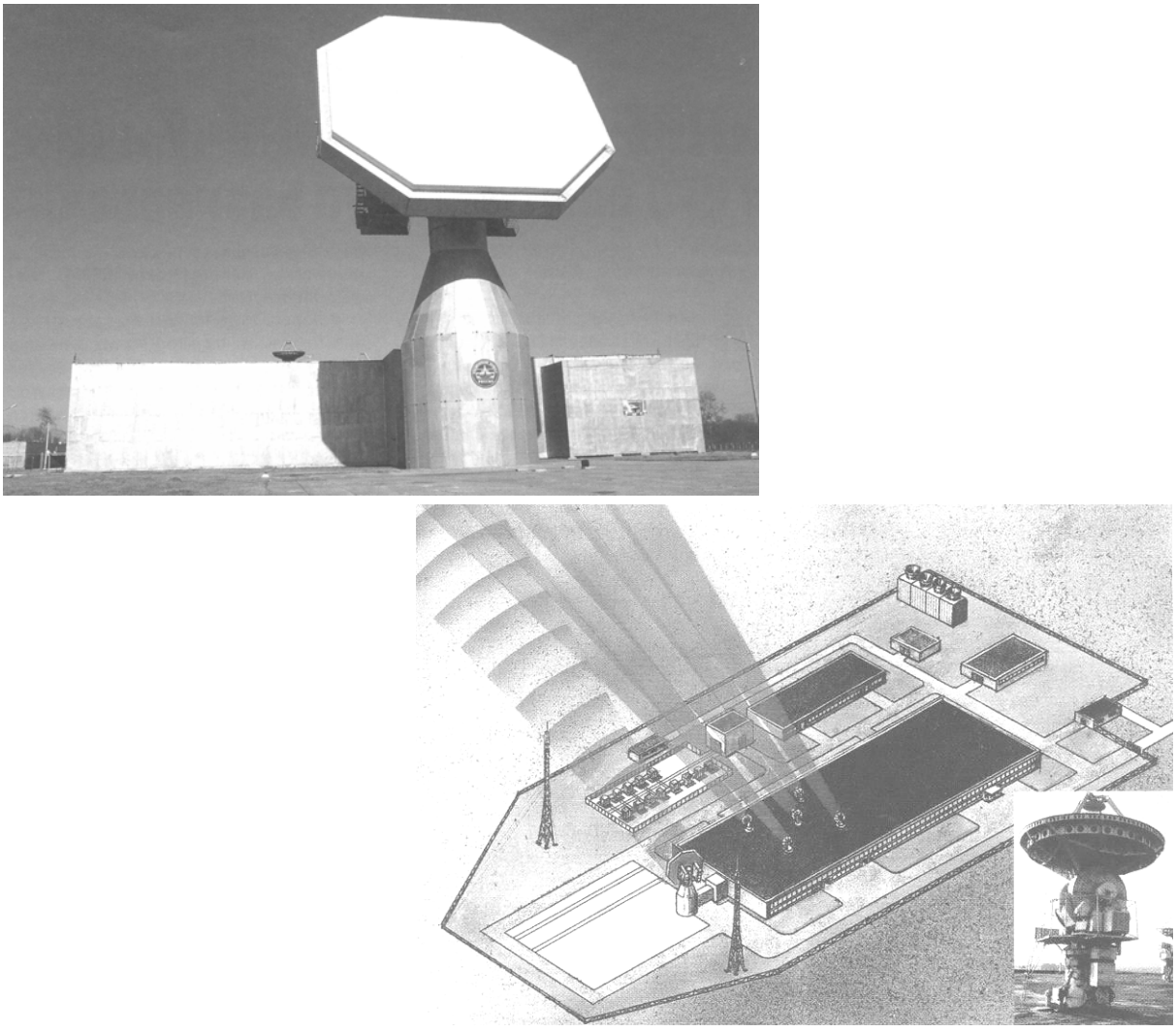
Зоната на действие на лазерно – оптичния локатор е горната полусфера, ограничена от минимален ъгъл на мястото 10* в пасивен и 30* в активен режим.

Така комплектувания лазерно – оптичен комплекс добива оптическа координатна и некоординатна информация със свръхвисоко разрешение за обектите в космическото пространство.

Обикновено в непосредствена близост до лазерно – оптичния комплекс се разполага и другия основен елемент на системата за контрол на космическото пространство – радиолокационния комплекс. Той включва два типа радиолокационни станции (РЛС) – работещи в дециметров и в сантиметров честотни диапазони. Зоната на действие на този комплекс е горната полусфера а радиуса на действие е от порядъка на 3500 km.

Съвременната РЛС от дециметровия диапазон включва в себе си приемо – предавателна антенна решетка с електронно сканиране на лъча и апертура с размери 20 X 20 m (фиг. 5).

РЛС от сантиметровия диапазон обикновено включва няколко (до пет) въртящи се параболични антени, които работят по принципа на интерферометъра, благодарение на което много точно измерват елементите на орбитата на космическите обекти.



Фиг. 5. Общ план и антенни системи на радиолокационния комплекс

Системата за контрол на космическото пространство работи при взаимодействие на всички канали в следната последователност. РЛС от дециметровия диапазон открива обекта и измерва неговите орбитални характеристики. Тези данни се използват за насочване на РЛС от сантиметровия диапазон, която значително по-точно измерва пространственото разположение на открития космически обект. Едновременно с това, данните от РЛС в дециметровия диапазон се предават и на пасивния канал за автономно откриване, който определя изображението на обекта от отразената слънчева светлина. В крайна сметка се получава портрет на космическия обект във всички необходими диапазони.

Комплексното управление на лазерно – оптичните и радиолокационни апаратури се осъществява от Командно – изчислителния център, свързан непосредствено с Центъра за контрол на космическото пространство, където се предава цялата добита информация за по-нататъшна обработка и каталогизация. Центърът поддържа компютъризиран обновляем каталог на всички обекти в орбита, чертае траекториите на движение, чертае диаграма на текущата им позиция, бъдещите орбитални пътища и предсказва времената и общите положения на важните обекти, навлизащи в земната атмосфера. От 1957 г. насам са каталогизирани 24000 космически обекта, много от които вече навлязоха и изгоряха в земната атмосфера. Счита се, че текущо има около 8000 космически обекта на орбита, които се следят от Системите за контрол на космическото пространство.

По данни на открития печат Руската Система за контрол на космическото пространство се намира на върха на планината Чапал, близо до станция Зеленчукская, в Карачево – Черкаска област. Аналогичният Американски център е развърнат в планината Cheyene, област Колорадо Спрингс, щата Колорадо.

Заключение

В заключение могат да се направят следните основни изводи:

- всички мощни космически държави изграждат свои национални Системи за контрол на космическото пространство;
- тези Системи представляват сложен комплекс от лазерно – оптични и радиолокационни добиващи средства и електронно изчислителна апаратура за контрол и управление. Като структура и назначение те са аналогични за различните държави, като се различават по техническо и технологично ниво в зависимост от конкретните възможностите на страната;
- Системите за контрол на космическото пространство откриват, определят параметрите, разпознават и следят всички космически обекти на орбита.

Литература:

1. Т а р а с е н к о П. Ф. Военные ьязенты советской космонавтики, Агентство российской печати, Москва, 1992
2. www.xnetbg.com
3. www.novosti-kosmonavtiki.ru
4. www.infotera.de

Session 7

Astrophysics and Nonlinear Dynamics

Chairman: Prof. Nikolay Erokhin
Secretary: Res. Fell. Daniela Boneva

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

СЕРФИНГ ЗАРЯДОВ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЕ С ПЛАВНОЙ ОГИБАЮЩЕЙ АМПЛИТУДЫ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ

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

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

Ключевые слова: *серфиг зарядов, космическая плазма, ультрарелятивистское ускорение, электромагнитные волны в плазме, ускорение заряженных частиц.*

Абстракт: *Рассмотрено ультрарелятивистское ускорение заряженных частиц пакетами электромагнитных волн конечной амплитуды с плавной огибающей в космической плазме (механизм серфинга зарядов на волнах). Задача сведена к анализу нелинейного, нестационарного уравнения второго порядка для фазы одной из волн на траектории частицы, которое решается численно. Целью работы является исследование эффективности ускорения заряженных частиц волновым пакетом с плавной огибающей его амплитуды. Изучена временная динамика колебаний ускоряемого заряда в эффективном потенциале волнового пакета в зависимости от его пространственного размера. На плоскости начальных данных область захвата частиц в режим ультрарелятивистского ускорения является достаточно широкой по начальной фазе волны на траектории заряда. Максимальная энергия ускоренных частиц возрастает пропорционально ширине локализованного в пространстве волнового пакета. Эффективность ускорения существенно зависит от отношения групповой и фазовой скоростей на несущей частоте и возрастает при сближении этих скоростей.*

CHARGE PARTICLES SURFATRON ACCELERATION BY A SET OF ELECTROMAGNETIC WAVES WITH SMOOTH ENVELOPE IN SPACE PLASMAS

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

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

Key words: *surfatron acceleration, space plasma, highly relativistic acceleration, electromagnetic wave in plasma, charged particles capture by wave.*

Abstract: *Ultrarelativistic acceleration of charged particles by packages of finite amplitude electromagnetic waves with smooth envelope in space plasma (surfing mechanism of charges on waves) is considered. The problem is solved through numerical simulation of the second order nonlinear, non-stationary equation for phase one of the waves on the particles' trajectory. The main purpose is to analyze the charged particles efficiency acceleration by smooth envelope amplitude wave package. The temporal dynamics of accelerated charges is studied depending on wave package effective potential and region spatial size. On the initial data area plane, particles' capture in the regime of ultrarelativistic acceleration is sufficiently wide for the initial wave phase on a charge trajectory. The accelerated particles energy maximum increases proportionally to the wave package width. Acceleration efficiency essentially depends on the packet group velocity and phase one ratio on carrying frequency and increases with rapprochement of these velocities.*

Введение

Исследование механизмов формирования потоков ультрарелятивистских частиц входит в число актуальных задач астрофизики и представляет интерес для проблемы генерации космических лучей. Одним из главных механизмов формирования потоков ультрарелятивистских частиц является серфинг зарядов на электромагнитных волнах в космической плазме [1-6].

Для оценок числа ускоренных частиц, их максимальной энергии и энергетических спектров необходим, в частности, анализ условий захвата заряженных частиц в режим сильного ускорения, эффективности ускорения при воздействии пакетов из волн конечной амплитуды.

В настоящем докладе изложены результаты численных расчетов захвата и сильного ускорения зарядов в магнитоактивной плазме при воздействии локализованного в пространстве пакета электромагнитных волн конечной амплитуды.

Считая амплитуды волн пакета заданными и постоянными, а также учитывая интегралы движения для ускоряемых заряженных частиц задача сведена к анализу нестационарного, нелинейного уравнения второго порядка диссипативного типа для несущей фазы волнового пакета на траектории частицы.

Волны распространяются поперек достаточно слабого внешнего магнитного поля. Максимальная амплитуда пакета выше порогового значения, что обеспечивает реализацию механизма серфинга. Изучена временная динамика колебаний ускоряемого заряда в эффективном потенциале в зависимости от начального значения фазы и релятивистского фактора частицы.

Проведены предварительные расчеты ускорения локализованным в пространстве пакетом с несущей частотой и достаточно плавной огибающей его амплитуды (гауссовское распределение волн по волновым векторам).

При захвате частицы в режим сильного ускорения с течением времени несущая фаза волнового пакета на траектории захваченной частицы медленно выходит на некоторое асимптотическое значение, что является характерной особенностью механизма серфинга. Компоненты импульса захваченного заряда и его релятивистский фактор увеличиваются практически линейно с ростом времени, что соответствует постоянному темпу ускорения захваченной волной частицы. При выборе релятивистских значений фазовой скорости волны наибольшее ускорение идет по направлению распространения волны. В обратном случае – низких значений фазовой скорости основное ускорение происходит вдоль волнового фронта

Основные уравнения и численные расчеты

Считая нелинейные эффекты для ускоряющих волн малыми полагаем, что амплитуды волн ниже характерного поля релятивистской нелиней-ности $\sigma = e E_0 / m c \omega << 1$.

Захват в режим серфинга происходит для амплитуд волны выше следующего порога $\sigma > u \gamma_p = u / (1 - \beta_p^2)^{1/2}$.

Рассмотрим непрерывный волновой спектр с несущей частотой $\omega_0 = \omega(k_0)$. Для замедленной плазменной волны ($ck_0 > \omega_0$) используем дисперсионное уравнение с обозначениями $Y = \omega_0 / \omega_{pe}$, $X = ck_0 / \omega_{pe}$, $\nu = \omega_{He} / \omega_{pe}$

$$Y^2 = 1 + 0.5 (X^2 + \nu^2) - [\nu^2 + 0.25 (X^2 - \nu^2)^2]^{0.5}. \quad (1)$$

Здесь параметр Y^2 находится в интервале значений $1 < Y^2 < 1 + \nu^2$. Поскольку нелинейным взаимодействием мод в пакете пренебрегается параметр ν^2 нужно считать малым. Согласно (4) это означает, что отношение отношение групповой скорости к фазовой на несущей частоте будет малым. Важно отметить, что $X > 1$ и частотный спектр очень узкий. Используя (1) легко вычислить скорости $v_g \approx \omega_{pe} \omega_{He}^2 / c^2 k_0^3$, $v_p \approx \omega_{pe} / k_0$. Для гауссовского спектра волн имеем

$$E_x(x,t) = E_m \exp[- \zeta^2 / L^2] \cos (\omega_0 t - k_0 x), \quad (2)$$

где $\zeta = x - v_g(k_0) t$, $L = 1 / k_p$ есть полуширина локализованного волнового пакета, двиущегося со скоростью $v_g(k_0)$. Другие компоненты полей E_y, H_z находятся по аналогии с (2).

Согласно (5) характерное время пересечения захваченным зарядом волнового пакета порядка $\delta t \sim 2L / v_p$ или в безразмерных переменных имеем $\delta\tau \sim 2L k_0$. За это время (в случае $v_g / v_p << 1$) центр волнового пакета сместится на расстояние $\delta x \sim 2L v_g / v_p << 2L$. Численные расчеты показали, что сильное (ультрарелятивистское ускорение захваченных зарядов имеет место в случае времен удержания частиц пакетом в ускоряющей фазе поля порядка $\tau_1 \geq 10^4$.

Следовательно, условие $2L\ k_0 \geq 10^4$ обеспечивает длительное удержание и сильное ускорение зарядов локализованным волновым пакетом в магнитоактивной плазме.
При численных расчетах серфинга зарядов на волновом пакете задачу можно упростить. Во-первых, можно пренебречь вихревыми компонентами волновых полей E_y , H_z и для фазы пакета на несущей частоте $\Psi_0(\tau) = (\omega_0\, t - k_0\, x)$ использовать уравнение

(3) $$\gamma\, \beta_{p0}\, d^2\Psi_0 / d\tau^2 - (1 - \beta_x^2) \cdot (e\, E_x / mc\omega_0) - u_0\, \beta_y = 0,$$

где $E_x(x,t)$ определено формулой (2), $\beta_{p0} = \omega_0 / ck_0$, $\gamma = (1 + h^2 + r_0^2)^{0.5} / (1 - \beta_x^2)^{0.5}$, $r_0 = \gamma\, \beta_y$ и учтен интеграл движения $J = \gamma\, \beta_y + u_0\, \beta_{p0}\, (\Psi_0 - \tau)$, а выражение для интеграла h следующее $\gamma\, \beta_z = \text{const} \equiv h$. Компонента скорости заряда β_x в выражении (3) задана формулой $\beta_x = \beta_{p0} [1 - (d\Psi_0 / d\tau)]$. Отметим, что эффекты частотной дисперсии малы и (3) вполне пригодно для описания рассматриваемого эффекта при выполнении условия на входящие параметры задачи $\tau_1^2 << (X_0^2 / \nu)^4 \cdot (\omega_{pe}\, L / c)^4$. Границы x_1 , x_2 области $x_1 < x < x_2$, в которой имеют место захват заряда волновым пакетом и последующее его ускорение, находятся из условия $u_0\, \gamma_{p0} < (eE_m / mc\omega_0) \cdot \exp(- \zeta^2 / L^2)$.

Для замедленной волны $Y^2 = 1 + 0.5\, (X^2 + \nu^2) - [\, \nu^2 + 0.25\, (X^2 - \nu^2)^2\,]^{0.5}$, что дает $v_g \approx \omega_{pe}\, \omega_{He}^2 / c^2 k^3$; $d^2\, \omega / dk^2 \approx - 3\omega_{pe}\, \omega_{He}^2 / c^2 k^4$.
Берем волновой пакет с гауссовским распределением по амплитудам вида
$E_x(x,t) = \int dk\, E(k) \exp (i\omega t - ikx)$, $E(k) = E_m \exp [- (\delta k / k_p)^2]$, Полагаем $k = k_0 + \delta k$,
тогда $\omega t - kx = \Psi_0 - \zeta \cdot \delta k + \mu \cdot (\delta k)^2$, где $\zeta = x - v_g t$, $\mu = 0.5\, t\, d^2\omega / dk^2$, $L_p = 1 / k_p$ характерная полуширина пакета в пространстве. В итоге поле волнового пакета определяется формулой (2). Уравнение для несущей фазы на траектории заряда с учетом явного вида коэффициентов дано ниже ($\beta \equiv \beta_{p0}$)

(4)
$$\frac{d^2}{dt^2}\Psi - \frac{\left[1-\beta^2\left(1-\frac{d}{dt}\Psi(\tau)\right)\right]^{1.5}}{\beta\sqrt{1+h^2+\left[J+\beta.u.\left(\tau-\Psi(\tau)\right)\right]^2}}.\sigma.e^{-\left(\frac{0.8t-\Psi(\tau)}{\rho}\right)^2}.\cos\left(\Psi(\tau)\right) -$$

$$-\frac{u.\left[J+\beta.u.\left(\tau-\Psi(\tau)\right)\right]}{\beta.\left[1+h^2+\left[J+\beta.u.\left(\tau-\Psi(\tau)\right)\right]^2\right]}.\left[1-\beta^2\left(1-\frac{d}{dt}\Psi(\tau)\right)^2\right]=0$$

Уравнение (4) решалось численно, в частности, для следуюших значений исходных параметров : $u = 0.1$, $\beta_{p0} = 0.4$, $h = 500$, $g = 0$, $\rho = 10^4$.

Проведенные расчеты показали, что в зоне волнового пакета, где амплитуда электрического выше порогового значения, при нахождении заряда в диапазоне благоприятных фаз (который оказался достаточно широким), а скорость заряда в направлении распространения волнового пакета соответствует условию реализации черенковского резонанса, имеют место захват и последующее сильное релятивистское ускорение зарядов локализованным волновым пакетом.

Установлено, что набор энергии частицей возрастает с увеличением характерной полуширины (по амплитуде электрического поля) движущегося с групповой скоростью волнового пакета. Следовательно, генерация потоков ускоренных частиц в космической плазме за счет механизма серфинга возможна и при взаимодействии зарядов с локализованными пакетами электромагнитных волн.

Согласно численным расчетам при ускорении захваченной частицы ее релятивистский фактор и поперечные к внешнему магнитному полю компоненты импульса возрастают пропорционально времени удержания заряда волновым пакетом в эффективной потенциальной яме. Поперечные компоненты скорости заряда выходят на асимптотические

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

На рисунках ниже представлены результаты расчетов для ряда ситуаций. Выявлено, что оптимальным условием высокой эффективности ускорения частиц локализованным волновым пакетом является близость фазовой и групповой скоростей на несущей частоте т.е. при $\delta = v_g / v_p \approx 1$. Счет проводился до времен порядка $\tau \sim 500000$, ускорение частицы происходит на временах порядка 42000.

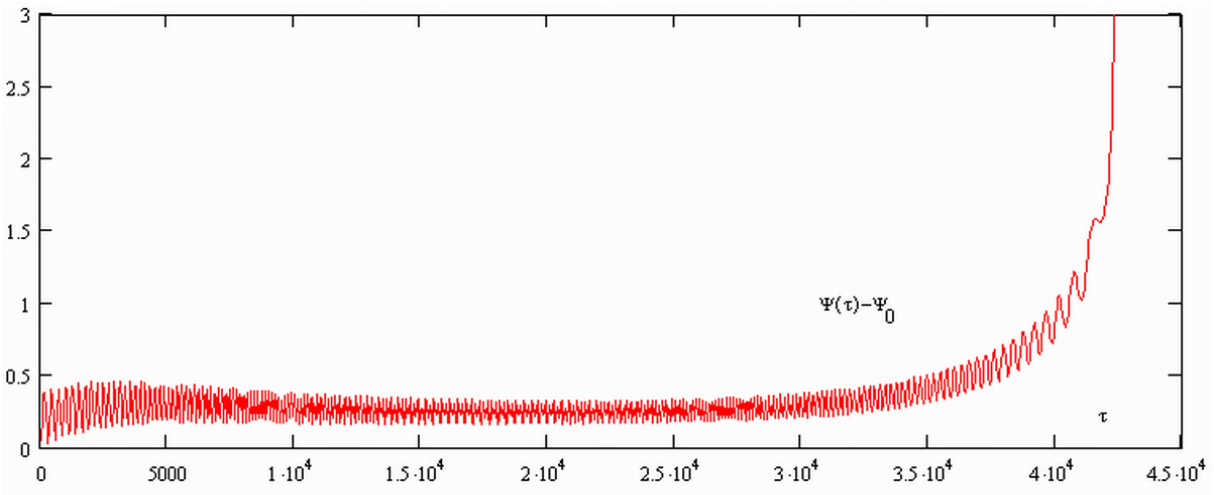


Рис.1. Динамика фазы на траектории ускоряемой частицы для $\delta = v_g / v_p = 0.2$

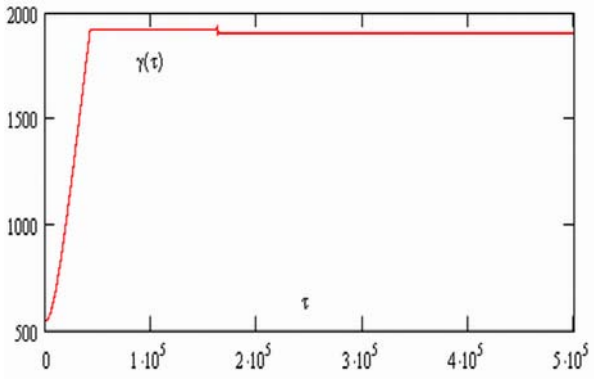


Рис.2. График зависимости релятивистского фактора ускоряемой частицы от времени.

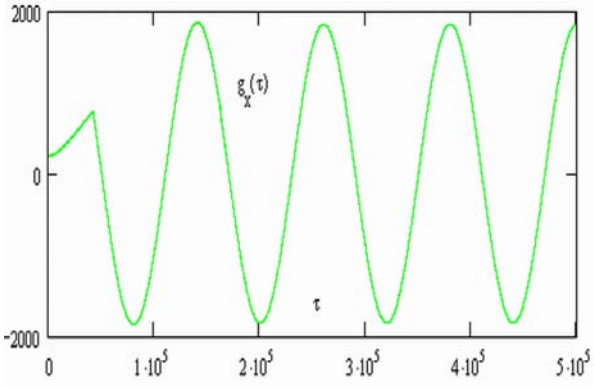


Рис.3. График зависимости x-компоненты импульса ускоряемой частицы от времени.

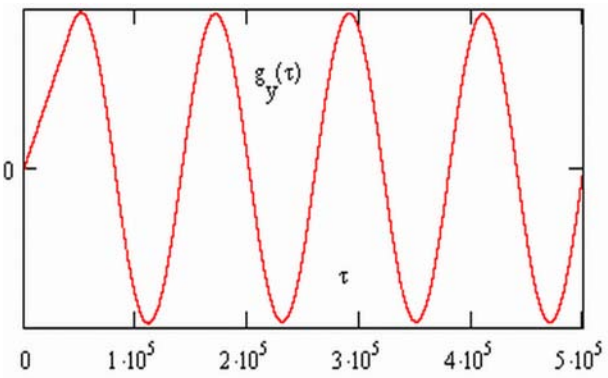


Рис.4. График зависимости y-компоненты импульса ускоряемой частицы от времени. Как видим, после ускорения заряда пакетом наблюдается гировращение частицы.

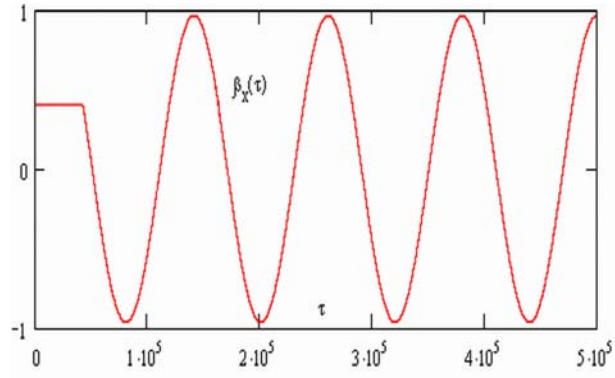


Рис.5. График зависимости x-компоненты скорости ускоряемой частицы от времени. Полная поперечная (относительно внешнего магнитного поля) скорость заряда после пролета пакета практически не меняется.

Таким образом расчеты показали, что при благоприятном выборе параметров имеют место захват и последующее ускорение частиц локализованным в пространстве волновым пакетом. Для иллюстрации ниже приведен график (рис.6) поперечной (к внешнему магнитному полю) компоненты скорости заряда $\beta_f(\tau) = \{ [\beta_x(\tau)]^2 + [\beta_y(\tau)]^2 \}^{0.5}$. Для данного случая ускорение частицы имеет место (рис.7) на интервале времени τ от 140000 до 170000. Вне этого интервала наблюдается гировращение частицы под действием внешнего магнитного поля

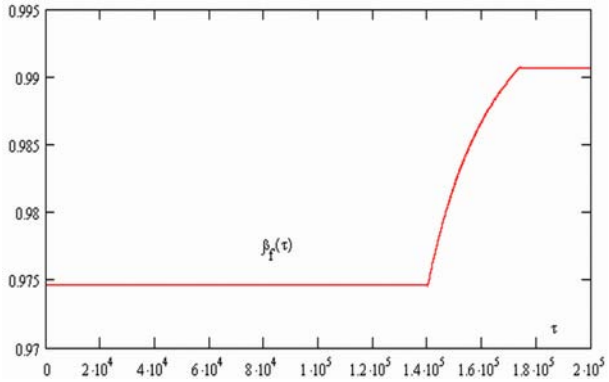


Рис.6. График поперечной (к внешнему магнитному полю) компоненты скорости заряда

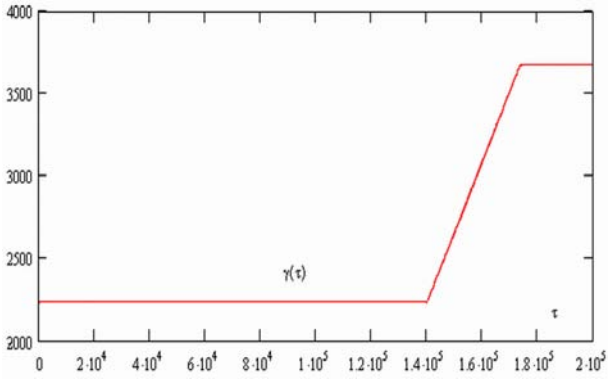


Рис.7. График релятивистского фактора частицы при ускорении локализованным пакетом электромагнитных волн.

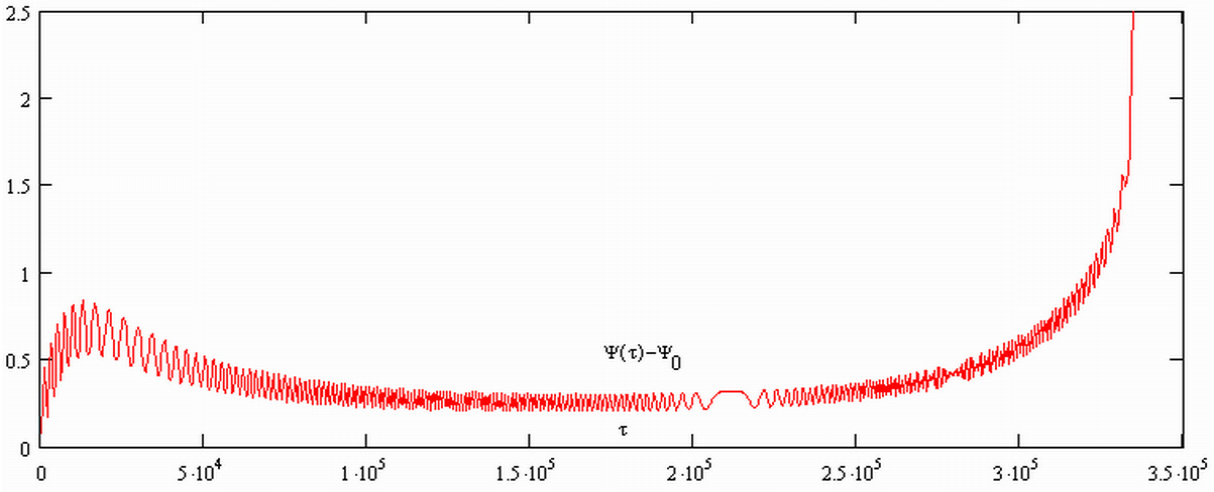


Рис.8. Временной ход несущей фазы волнового пакета на траектории ускоряемого заряда при $\delta = v_g / v_p = 0.9$. Время ускорения возросло почти на порядок по сравнению со случаем, показанным на рис.1.

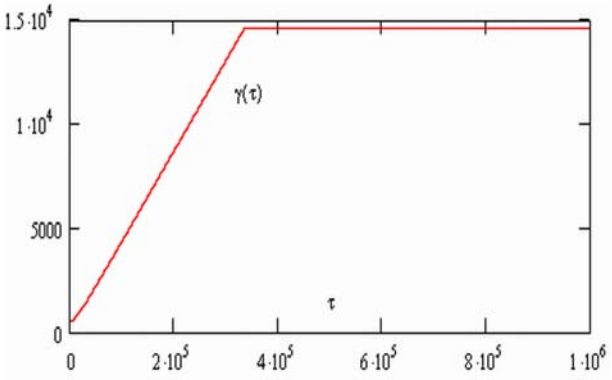


Рис.9. График зависимости релятивистского фактора ускоряемой частицы от времени для $\delta = v_g / v_p = 0.9$.

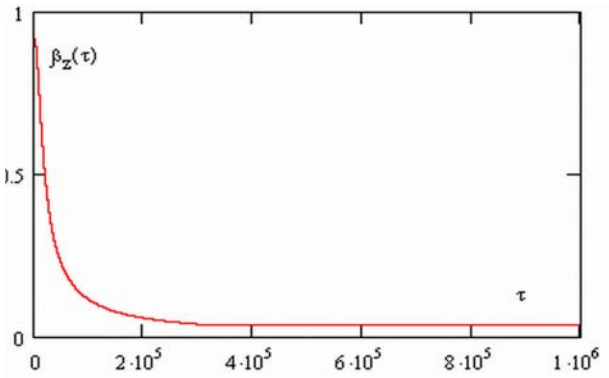


Рис.10. График зависимости z-компоненты скорости ускоряемой частицы от времени.

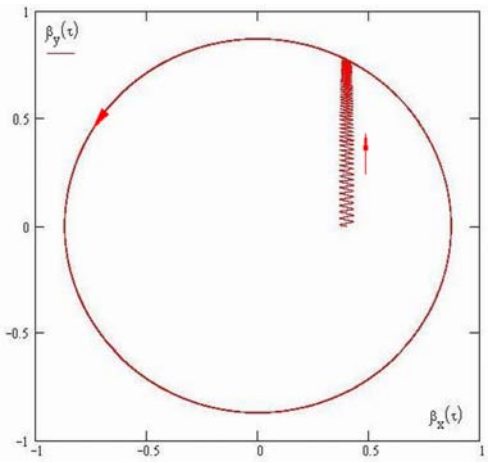


Рис.11. Зависимость скорости заряда от времени.

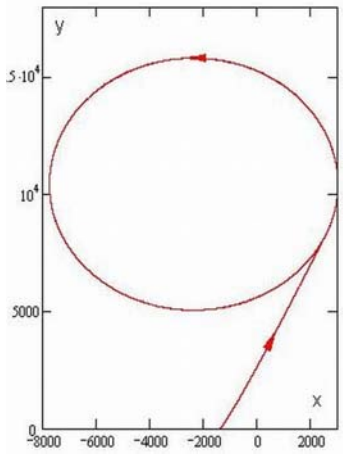


Рис.12. Траектория заряда в плоскости (x, y).

Заключение

Рассмотрено ультрарелятивистское ускорение заряженных частиц локализованными в пространстве пакетами электромагнитными волнами конечной амплитуды в космической плазме (механизм серфинга зарядов). Задача сведена к анализу нелинейного, нестационарного уравнения второго порядка для несущей фазы пакета на траектории частицы, которое решается численно.

При захвате частиц в режим серфинга поперечные к внешнему магнитному полю компоненты импульса захваченной частицы увеличивались практически линейно с ростом времени, а поперечные (относительно внешнего магнитного поля) компоненты скорости заряда были практически постоянны.

В расчетах рассмотрен вариант, когда совершив, например, один гирооборот (волновой пакет за это время еще не успел существенно сместиться в пространстве) частица может при благоприятной фазе попасть в черенковский резонанс. В этом случае имеют место ее захват с последующим сильным ускорением. Согласно расчетам реализация черенковского резонанса частицы с пакетом требует достаточно малых отстроек компоненты скорости заряда вдоль направления распространения пакета от фазовой скорости (рис. 8÷14)

Из проведенного анализа следует необходимость более подробного последующего изучения возможности захвата и последующего ускорения частиц волновым пакетом после серии их гирооборотов во внешнем магнитном поле.

Разумеется, что при этом частица должна находиться в зоне волнового пакета, где амплитуда волнового электрического поля выше порогового (для реализации серфинга) значения. Однако такая постановка задачи требует существенного увеличения времени вычислений в каждом варианте выбора исходных параметров задачи поскольку после серии гирооборотов заряда фаза волнового пакета на несущей частоте должна попасть в диапазон, благоприятный для захвата частицы в режим серфинга. Оптимальным условием резкого повышения эффективности серфотронного ускорения заряженных частиц является близость фазовой и групповой скоростей на несущей частоте пакета.

Проведенное исследование представляет интерес для интерпретации экспериментальных данных по регистрации потоков релятивистских частиц в космических условиях включая околоземное пространство. В частности, как указывалось ранее одним из возможных механизмов генерации космических лучей является серфинг заряженных частиц на электромагнитных волнах. В последующем анализе предполагается выполнить анализ параметров астрофизической плазмы и определить области, в которых данный механизм генерации ускоренных частиц наиболее вероятен.

Литература:

1. K a t s o u l e a s N., J. D a w s o n. Physical Review Letters, 1983, v.51, № 5, p.392.
2. Г р и б о в Б. Э., Р. З. С а г д е е в, В. Д. Ш а п и р о, В. И. Ш е в ч е н к о. Письма в ЖЭТФ, 1985, т.42, вып.2, с.54.
3. Е р о х и н Н. С., С. С. М о и с е е в, Р. З. С а г д е е в. Письма в Астрономический журнал,1989, т.15, № 1,с.3.
4. К и ч и г и н Г. Н. ЖЭТФ, 2001, т.119, вып.6, с.1038.
5. E r o k h i n N., N. Z o l n i k o v a, R. S h k e v o v, L. M i k h a i l o v s k a y a, P. T r e n c h e v. Доклади на Българската академия на науките, 2007, т.60, № 9, с.967.
6. E r o k h i n N. S., N. N. Z o l n i k o v a, P. P. G r i n e v i c h, L. A. M i k h a i l o v s k a y a. Problems of Atomic Science and Technology, серия ″Плазменная электроника″, 2006, No 5, P.152.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ТЕОРИЯТА НА ФРАКТАЛИТЕ В ИЗСЛЕДВАНЕТО НА ЗЕМНИ И ПЛАНЕТАРНИ РЕЛЕФИ

Стилиян Луков[1], Румен Шкевов[1], Димитринка Томова[2] , Николай Ерохин[3]

[1]Институт за космически изследвания – Българска академия на науките, София, България
[2]Софийски университет – София, България
[3]Институт за космически изследвания – Руска академия на науките, Москва, Русия
e-mail: slukov@space.bas.bg

Абстракт: *Предложен е модел на земни и планетарни куполовидни планински релефи.Базата на модела представлява нов тип геометричен фрактал, наречен "Главен тетраедър и присъединени вторични тетраедри". Описан е алгоритъма за построяване на фрактала, който е реализиран с използуване на компютърната програма "AUTOCAD". В заключението се отбелязва, че предлагания модел описва удовлетворително фракталните свойства на реалните куполовидни планински релефи на Земята и планетите. Получените резултати могат да намерят приложение в анализа на изображенията, получени при дистанционно сондиране на Земята и планетите.*

Ключови думи: *Фрактали, земни и планетарни релефи, компютърно моделиране*

FRACTAL THEORY APPLICATIONS IN EARTH AND PLANETARY LANDSCAPE INVESTIGATION

Stiliyan Lukov[1], Rumen Shkevov[1], Dimitrinka Tomova[2], Nikolay Erokhin[3]

[1]Space Research Institute – Bulgarian Academy of Scienses, Sofia, Bulgaria,
[2]Sofia University – Sofia, Bulgaria,
[2]Space Research Institute – Russian Academy of Scienses, Moscow, Russia,
e-mail: slukov@space.bas.bg

Abstract: *A Model of the Domical-like Mountain Landscape is proposed in the work. The l basis on the Model is a New Geometrical Fractal called "A Main Tetrahedron with assosiate secondary tetrahedrons". The construct rule of this Fractal is described and accomplished by the computer programme AUTOCAD. In the conclusion, it is noted that the proposed model describes sufficiently well the fractal properties of the real Domical-like Earth and Planetary Mountains. The obtained results may be applied in the Remote Sensing Image Processing.*

Key words: *Fractals, Earth and Planetary landscapes, computer modelling.*

Въведение

Създаването на теорията на фракталите [1] разкри нови възможности за математическо моделиране на природните обекти, притежаващи сложна структура и самоподобни свойства. Такива обекти са, например, морската брегова линия, руслото на реките, релефа на земната повърхност и повърхността на планетите от слънчевата система, които понастоящем се изследват най-вече дистанционно [2]. При това възниква необходимостта от математично, включително и компютърно моделиране на земните и планетарни релефи с цел по-нататъшен анализ и обработка на получените изображения.

Настоящата работа касае приложението на фракталите в моделирането на релефа на повърхността на Земята и планетите. Следва да отбележим, че в тази област се провеждат доста интензивни изследвания, резултатите от които са отразени в редица работи (например, [3 – 5]). По-специално, в работи [4, 5] се предлагат съответни алгоритми за построяване на модела на релефа, основаващи се на класическите (геометричните) фрактали, които

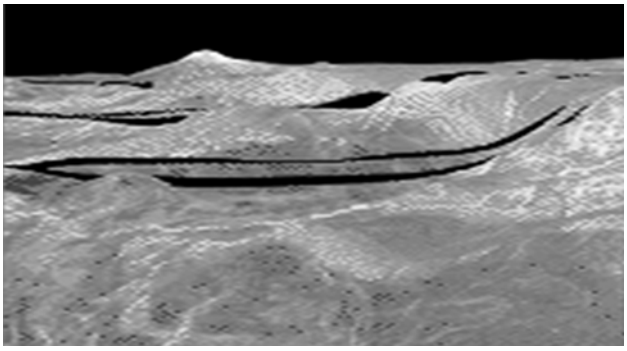
впоследствие се модифицират, включително и с въвеждане на случайни изменения, с цел постигане на максимално приближение на модела до реалния обект. Тук ние предлагаме подобен алгоритъм, за който се предполага, че е подходящ за релефи със специфична куполовидна структура. При това, първоначално построения моделен релеф впоследствие се видоизменя (ирегуляризира) по съответен начин, с цел постигане, както беше посочено по-горе, на по-добро съответствие на модела с реалния релеф. Построената на базата на предлагания алгоритъм релефна структура се сравнява с експериментални (наблюдателни) данни за съответни реални релефи в конкретни области.

1. Куполовидни планински релефи – самоподобна фрактална структура

Наблюденията на планинските куполовидни терени показват, че в болшинството случаи дадена група възвишения са съставени от едно основно най-високо възвишение (основен купол) и няколко близко разположени по-малки възвишения (странични или присъединени куполи) (Фиг.1 - 3).

Фиг. 1. Снимка на куполовиден планински релеф - “Тевно езеро” (Пирин, България)

Фиг. 2. Снимка на куполовиден планински релеф - “Скалисти планини” (Канада)



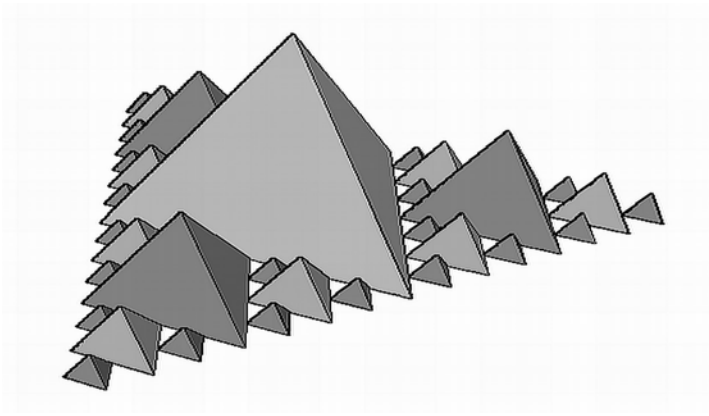
Фиг. 3. Радиолокационна снимка на част от повърхността на Венера

2. Фрактален модел на куполовиден планински релеф

Самите планински куполи имат повече или по-малко неправилна форма, но в основни линии тя наподобава пирамидална структура, което дава основание в нашия стилизиран модел да представим реалната форма на планинските възвишения чрез геометрични пирамиди със съответнен тип и размери. Тази структура притежава определени самоподобни фрактални свойства. Това дава основание в основата на алгоритъма да се положи построяването на геометрично правилен фрактал тип "Главен тетраедър с присъединени вторични тетраедри". По-нататък за приближаване на идеалния геометричен фрактал към реалния планински релеф се въвеждат съответни изменения – изместване на присъединените елементи, изменение на големината на ръба и височината на тетраедрите, завъртване на същите и изкривяване на равнината, върху която са разположени тетраедрите.

2.1. Изходен фрактал

В най-простия случай за основа се взема правилен тетраедър с единична дължина на реброто $a_0=1$. Същият се разполага върху равнина и към средните точки на основата му се присъединяват с върха на триъгълната им основа три по-малки тетраедри с дължина на реброто $a_1=1/2$, както е показано на фиг.1. По-нататък процеса се повтаря, като към вторичните тетраедри се присъединяват нови пирамиди с ребро $a_2=1/4$ и т.н.



Фиг. 4. Построяване на геометричния фрактал
"Тетраедър с присъединени вторични тетраедри"

За точно такъв фрактал няма данни в литературата, но някои от неговите основни характеристики могат да бъдат установени елементарно.

Така, можем да посочим, че разглежданият фрактал е от типа "отворени фрактали", тъй като с увеличение на броя на итерациите неговия периметър неограничено нараства, въпреки че това става със все по-бавно темпо. Освен това, с увеличение на броя на итерациите плътността на покриване на равнината от триъгълните основи на тетраедрите също неограничено расте.

Коефициентът на "размножение", т.е. увеличение на сумарния обем на тетраедрите и фракталната размерност имат съответно следните стойности

$$(1) \qquad k = \frac{11}{8} \approx 1{,}375\,; \quad d_F = \frac{\lg 11}{\lg 2} \approx 3{,}4577.$$

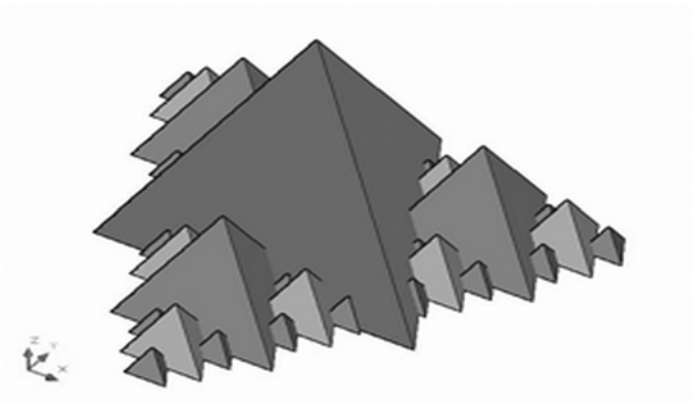
2.2. Изменения на изходния фрактал

а) Изместване на присъединените елементи

Както показват наблюденията, присъединените елементи на планинските куполовидни терени в общия случай са не просто долепени към основния купен, но могат да бъдат отдалечени или да проникват навътре в него. По тази причина като втори етап на предлагания алгоритъм се въвежда елемент "изместване на присъединените елементи". Същият се реализира, като всяка един от по-малките тетраедри се измества навън или навътре по направление на секущата на основата на централния тетраедър. Когато страничните тетраедри

навлизат в централния тетраедър, се получава пресичане на съответните геометрични фигури (Фиг. 2).

Удобно е да се въведе “относително” изместване $\Delta l = \pm \frac{l}{h}$, където *l, h* са съответно дължината на абсолютното изместване и дължината на секущата на триъгълната основа на централния тетраедър. Знакът (+) съответствува на приближаване (навлизане), о знака (-) – на отдалечаване на страничните тела от централното тяло.



Фиг. 5. Изместване на присъединените тетраедри навътре в главния тетраедър

б) Въвеждане на случайни изменения

Тъй като реалните форми на релефа само в общи линии наподобават строгите геометрични форми, то за приближаване на модела към реалния обект, в предлагания алгоритъм се влючват случайни изменения в малки граници на построения фрактал от строго геометричната структура. Това може да стане по множество начини, например

- изменение на големината на присъединените елементи (изменение на страната на страничните тетраедри)

(2) $$a_i^{\ j} = a_{0i}^{\ j}\left(1 \pm \delta_i^{\ j}\right),$$

където a_{0i}^{j} – начална дължина на реброто на присъединения тетраедър от дадена итерация, δ_i^{j} « 1 – случайни числа (в общия случай различни за различните итерации), *i, j* – съответно, номер на елемента и номер на итерацията;

- изменение в малки граници на височината на отделните тетраедри (отклонение от геометрията на тетраедъра)

(3) $$h_i^{\ j} = h_{0i}^{\ j}\left(1 \pm \delta_i^{\ j}\right)$$

- изменение на отместването на страничните елементи

(4) $$d_i^{\ j} = d_{0i}^{\ j}\left(1 \pm \delta_i^{\ j}\right).$$

- изместване на точката на присъединяване от средата на страната на основния тетраедър

(5) $$p_i^{\ j} = \left(\frac{1}{2}\right) a_i^{\ j}\left(1 \pm \delta_i^{\ j}\right).$$

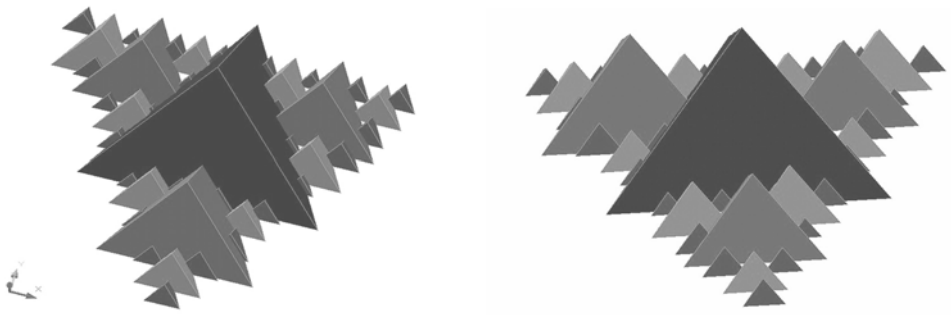
Аналогично могат да се въведат и други изменения – например, завъртване на присъединените елементи относно направлението на секущата на основата на централния тетраедър, изкривяване на равнината върху която се разполагат тетраедрите и пр.

в) Изглаждане на формите

Накрая, при построяване на фракталния модел на релефа може да се въведе процедура “изглаждане” на върховете и ръбовете на тетраедрите. Това е необходимо само в случая, когато в реалния релеф се наблюдава заобленост на формите, получена в резултат на ерозия или други природни фактори.

3. Примерна реализация на модела

Описаният по-горе алгоритъм за построяване на фракталния модел на релефа на земна и планетарна повърхност беше реализиран чрез използуване на стандартната програма “AUTOCAD”. Последната позволява автоматична промяна на стереометричната проекция на чертежа, което имитира изменение на ъгъла (ъглите) под които се прави наблюдението (и заснемането) на релефа от самолет, космическа сонда и пр. (фиг. 6а, b).



a) b)

Фиг. 6. Примерна реализация на фракталния модел на куполовиден планински релеф – поглед a) “отгоре” и b) “отстрани”

Простото визуално сравнение показва, че моделът в общи линии позволява да се представи самоподобния фрактален характер на структурата на реалните релефи. По-съществена е, обаче, възможността на базата на модела да се направи фрактално-статистически анализ на съответните релефи по данни от сондирането (например, на базата на радиолокационни изображения, както е изображението на част от повърхността на Венера, показано но фиг.3). При това, следва да се вземе предвид обстоятелството, че фрактално-статистическите свойства на реалните релефи в общия случай се променят от точка към точка. Това позволява да се говори за “случайни фрактални полета” и да се прави съответен фрактален анализ на същите, подобно на фракталния анализ на времевите редове [6].

Заключение

Основните резултати в настоящата работа могат да бъдат резюмирани накратко така:

а)Предложен е фрактален модел на куполовиден планински релеф, основан на геометрично правилния фрактал тип “Основен тетраедър с присъединени вторични тетраедри” и е описан алгоритъма за построяване на модела;

б)Направено е сравнение на примерната реализация на модела с изображения на реални планински релефи, от което следва, че предлаганият модел отразява правилно главната особеност на тези релефи – самоподобния фрактален характер на тяхната структура;

в)Набелязани са пътища за по-нататъшно развитие и усъвършенствуване на модела чрез въвеждане на фрактален анализ на случайни релефни полета, подобно на фракталния анализ на случайни времеви редове.

Литература:

1. M a n d e l b r o t B. B. The Fractal Geometry of Nature. – N.Y., Freeman. – 468 p.
2. P o t a p o v A. A., V. A. G e r m a n. Fractal Selection of Artificial Objects from Radar Images on Inhomogeneous Background //Proc. Of the Fourth Symp. “Physics and Engineering of Millimeter and Sub-Millimeter Waves” – Kharkov (Ukraine); Kharkov State University, 2001, v.1, p. 268-270.
3. B u r r o u g h P. Fractal dimensions of landscapes and other environmental data // Nature, 294, (1981), 240-243.
4. P r u s i n k i e w i c z P., M. H a m m e l. A Fractal Model of Mountains with Rivers, Proc. Of Graphics Interface’93, p. 174-180, May 1993, Held in Toronto, Ontario, 19-21 May, 1993.
5. T r e m b l a y Y., A. R o b e r t s, D. C o s t a. Fractal landscape method: an alternative approach to measuring area – restricted searching behavior // The Journal of Experimental Biology, 210, 935-945, 2007.
6. A c c a r d o A., M. A f f i n i t o, M. C a r r o z z i and F. B o u q u e t. Use of the fractal dimension for the analysis of electroencephalographic time series, Computer Appl. in Life Sciences, Neurobiology and Bioinformatics, Springer, April 05, 2002.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

РЕЗУЛТАТИ ОТ ЧИСЛЕНОТО МОДЕЛИРАНЕ НА УСКОРЯВАНЕТО НА ЗАРЕДЕНИ ЧАСТИЦИ ВЪВ ВЪНШНО ЕЛЕКТРИЧЕСКО ПОЛЕ

Стилиян Луков[1], Румен Шкевов[1], Николай Ерохин[2]

[1]Институт за космически изследвания – БАН,
[2]Институт космических исследований – РАН
e-mail: slukov@space.bas.bg

Абстракт: *Изследван е процесът на ускоряване на заредени частици в космическата плазма и, по-специално, влиянието на радиационната сила на триене върху това ускоряване. Получени са числени решения на уравнението на движение на частиците с добавъчен член, отчитащ реакцията на излъчването. Резултатите от численото моделиране при отчитане на радиационната сила на триене се сравняват с тези, получени при пренебрегване на тази сила. Проведените изследвания могат да намерят приложение при създаване на модели на процесите на ускоряване на заредени частици с високи енергии в космическата плазма.*

Ключови думи: *Ускоряване на заредени частици, уравнение на движението, електрически полета.*

NUMERICAL CALCULATIONS MODELLING RESULTS OF PARTICLE ACCELERATED MOVEMENT IN THE EXTERNAL ELECTRICAL FIELD

Stiliyan Lukov[1], Rumen Shkevov[1], Nikolay Erokhin[2]

[1]Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
[2]Space Research Institute – Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail: slukov@space.bas.bg

Abstract*: Acceleration process of charged particles in space plasma is discussed, taking into account the radiation reaction force. Numerical calculations of the movement equations including the radiation reaction force term are made. The results of the obtained movement parameters are compared with those without radiation reaction force factor and they are shown in the drawings. The results can be applied in space plasma and high energy particles investigations.*

Key words: *Charged particles acceleration, movement equation, electrical fields.*

Въведение

Изясняването на механизмите на ускоряване на заредените частици в космическото пространство има важно значение за обяснение на ултрависоките енергии на тези частици, регистрирани от космическите сонди. Следва да се отбележи, че в тази област са предложени и се изследват множество механизми, но засега няма окончателно решение на проблема. По всяка вероятност, следва да се приеме, че на практика се реализират множество механизми на ускоряване на заредените частици, като всеки един от тях действа в съответните условия и в съответната скала от енергии. Тук ние изследваме един сравнително прост механизъм на ускоряване на заредени частици – под действие на външно постоянно електрическо поле. При това възниква въпроса за изясняване на ролята на неизбежните ограничаващи фактори, влияещи на темпа на ускоряване на частиците. Един такъв фактор се явява т.н. “радиационна сила на триене”, възникваща като реакция на излъчването на ускорената частица. Обикновено се счита, че влиянието на тази сила е много слабо и на практика може да се пренебрегне. Обаче, както се указва в [1], при релативистки скорости на движение радиационната сила на триене може да стане съществена и даже доминираща върху движението на ускоряваната

частица. В настоящата работа ние целим количествено изясняване на влиянието на реакцията на излъчването върху движението на ускорена частица във външно постоянно електрическо поле. Това става на базата на решаване на уравнението на движение на ултрарелативистката частица, допълнено с член, отчитащ влиянието на радиационната сила на триене.

1. Основни уравнения

В наша предишна работа [2] беше изведен приближен израз за тази сила, валиден за случая на постоянно ускорение. В случая, когато външната ускоряваща сила, ускорението и скоростта на частицата са колинеарни, този израз (в система единици SI) има следния вид

$$\vec{F}_R = \frac{e^2}{6\pi\varepsilon_0 c^3} a^2 v \vec{e}_F , \quad (1)$$

където v, a – съответно, скорост и ускорение на частицата, $\vec{e}_F$ - единичен вектор по направление на външната ускоряваща сила.

В дадения случай външната ускоряваща сила се явява постоянното електрическо поле $\vec{E}$, за което приемаме, че е насочено по направление на остта X

$$\vec{E} = E_0 \vec{e}_X , \quad E_0 = const . \quad (2)$$

Тогава уравнението на движение на ускоряваната частица в релативистка форма има вида

$$\frac{d}{dt}\left[\frac{m_0 v}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\right] + \frac{e^2}{6\pi\varepsilon_0 c^3}\left[\frac{d}{dt}\left(\frac{v}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\right)\right]^2 \left(\frac{v}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\right) = eE_0 , \quad (3)$$

където m_0, e - съответно, релативистката маса и електрически заряд на частицата.

Тъй като при отсъствие на радиационната сила на триене ускорението на частицата ще бъде постоянно, можем да положим

$$a = \frac{d}{dt}\left(\frac{v}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\right) = \frac{eE_0}{m_0} = const .$$

Замествайки в (3) получаваме

$$\frac{d\gamma}{dt} + \alpha\gamma = \sigma , \quad (4)$$

където е означено

$$\gamma = \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} , \qquad \beta = \frac{v}{c} , \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{e^4 {E_0}^2}{6\pi\varepsilon_0 {m_0}^3 c^5} ; \quad \sigma = \frac{eE_0}{m_0 c} . \quad (6)$$

Горните константи имат размерност $[1/s]$ в системата SI.

Уравнението (4) описва движението на частица под действие на външна ускоряваща сила при наличие на съпротивително триене. В дадения случай «триенето» се създава от реакцията на излъчването на ускорено движещата се частица.

От (6) се вижда, че радиационното триене се оказва пропорционално на квадрата на напрегнатостта на външното поле, което съответствува на израза за радиационната сила в релативистичния случай, получен в [1].

Както е известно, уравнението (6) има аналитично решение

$$\gamma(t) = \frac{\sigma}{\alpha} - C_1 \exp(-\alpha t) . \quad (7)$$

Тук C_1 е интеграционна константа, която можем да определим от началното условие – при $t = 0$ имаме $\gamma(t) = 0$, откъдето получаваме $C_1 = -\frac{\sigma}{\alpha}$.

След заместване в (7) получаваме

(8) $$\gamma(t) = \frac{\sigma}{\alpha}\left[1 - \exp(-\alpha t)\right].$$

Разлагайки експонентата в ред, можем да получим

(9) $$\gamma(t) = \sigma\left(t - \frac{1}{2}\alpha t^2 + \frac{1}{6}\alpha^2 t^3 - .....\right).$$

В нулево приближение, когато се запазва само първия член на разлагането, имаме

(10) $$\gamma_0(t) = \sigma t.$$

По този начин, изразът (9) дава решението на уравнението на движение на частицата с отчитане на радиационната сила на триене, докато изразът (10) дава решението в случая, когато тази сила се пренебрегва.

За изясняване на влиянието на радиационното триене естествено е да се въведе функция на разликата

(11) $$\Delta\gamma(t) = \frac{\gamma_0(t) - \gamma(t)}{\gamma_0(t)},$$

или в проценти

(12) $$\Delta\gamma(t)\% = 100\frac{\gamma_0(t) - \gamma(t)}{\gamma_0(t)}.$$

Въпреки, че релативисткият фактор $\gamma(t)$ дава представа за влиянието на радиационната сила на триене върху ускоряването на заредената частица, полезно е да се разгледа и изменението на относителната скорост $\beta(t) = \frac{v(t)}{c}$ на частицата в хода на ускорението на същата.

За тази цел от (5) правим обратното преобразуване и получаваме функционалните уравнения

(13) $$\beta(t) = \frac{\gamma(t)}{\sqrt{1 + [\gamma(t)]^2}}; \qquad \beta_0(t) = \frac{\gamma_0(t)}{\sqrt{1 + [\gamma_0(t)]^2}},$$

а също така уравнението на разликата

(14) $$\Theta(t) = \frac{\beta_0(t) - \beta(t)}{\beta_0(t)},$$

или в проценти

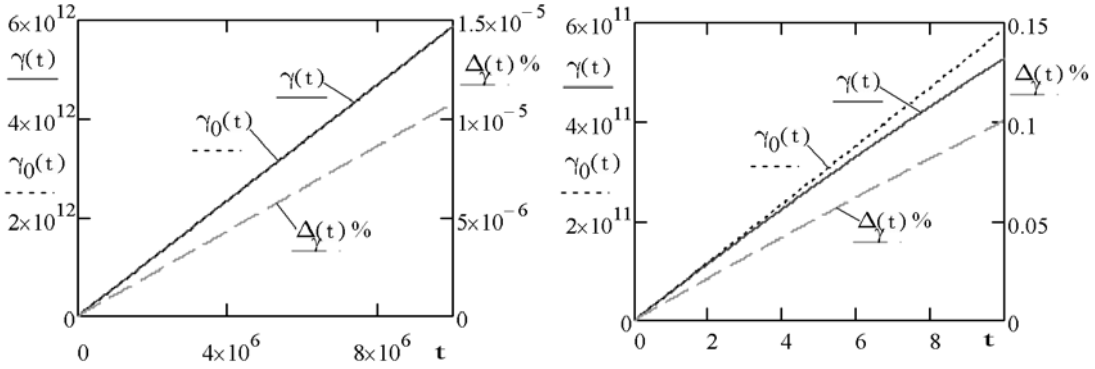
(15) $$\Theta(t)\% = 100\frac{\beta_0(t) - \beta(t)}{\beta_0(t)}.$$

2. Числени резултати

За провеждане на числения "експеримент" с цел количествена оценка на влиянието на радиационната сила на триене върху ускорението на заредената частица под действие на външно постоянно електрическо поле, от нас беше използувана компютърната програма "MATCAD" . При това, в качеството на аргумент при решаването на основните уравнения беше взето реалното време $t[s]$, а в качеството на параметър – напрегнатостта на външното постоянно и еднородно електрическо поле $E_0[V/m]$. Всички размерни величини са изразени в система мерни единици SI.

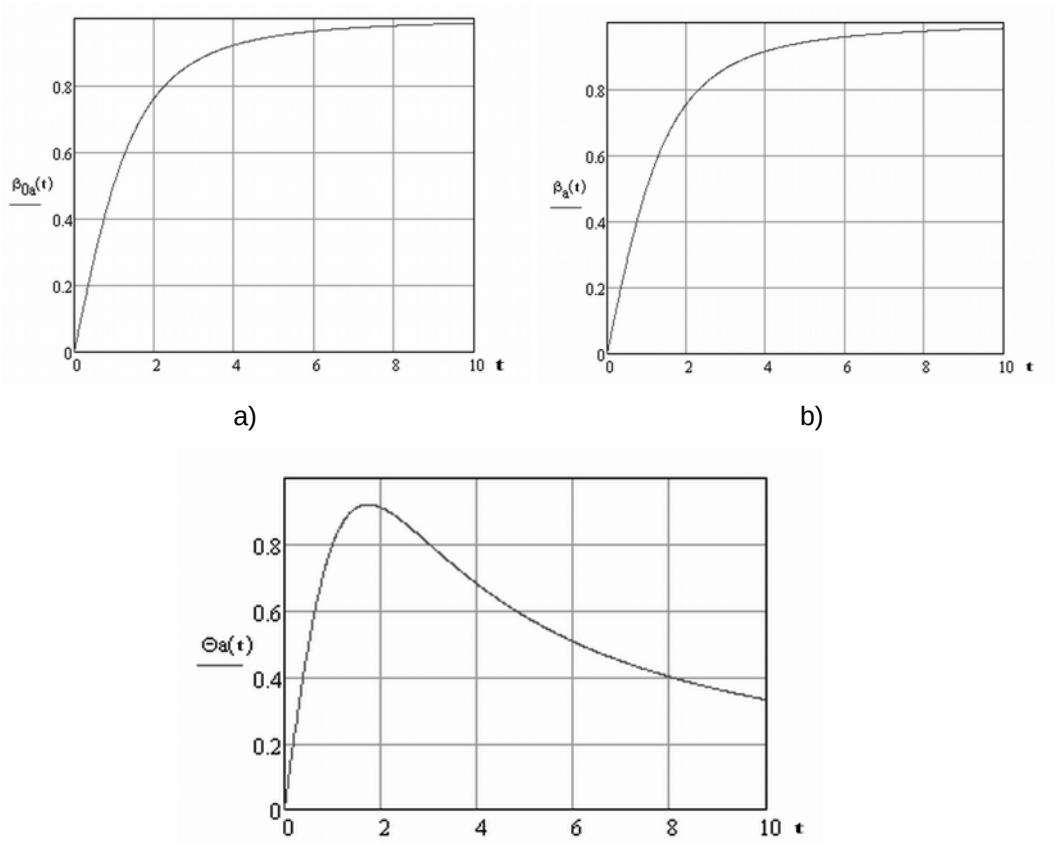
На Фиг.1a, b са представени графически расчетните зависимости на величините $\gamma(t), \gamma_0(t), \Delta\gamma\%(t)$, съответно, при сравнително малки $(\approx 1000V/m)$ и при големи $(\approx 10^8 V/m)$ напрегнатости на външното електрическо поле.

На Фиг.2a, b, c са представени, съответно, получените зависимости на величините $\beta(t), \beta_0(t), \Theta\%(t)$ при големи напрегнатости на ускоряващото електрическо поле $\left(\approx 10^8 V/m\right)$.



a) b)

Фиг. 1. Разчетни стойности на релативисткия фактор $\gamma(t)$, съответно, a) при относително малка $\left(E_0 \approx 1000 V/m\right)$ и b) при относително голяма $\left(E_0 \approx 10^8 V/m\right)$ напрегнатост на външното електрическо поле



a) b)

c)

Фиг. 2. Разчетни стойности на a) $\beta_0(t)$, b) $\beta(t)$ и c) $\Theta(t)$ при относително относително голяма $\left(E_0 \approx 10^8 V/m\right)$ напрегнатост на външното електрическо поле

3. Обсъждане на резултатите

Получените резултати от числения експеримент показват, че при сравнително малки напрегнатости на външното ускоряващо електрическо поле влиянието на радиационната сила на триене върху движението на заредената частица е нищожно дори при много големи времена на ускоряване $\left(t \geq 10^6 s\right)$ (Фиг.1a) и напълно може да се пренебрегне. Но, при големи напрегнатости на полето $\left(E_0 \geq 10^8 V/m\right)$ (Фиг.1b) влиянието на радиационното триене става вече забележимо дори при сравнително малки времена на ускоряване $\left(t \approx 10s\right)$. При такива грамадни напрегнатости на ускоряващото електрическо поле частицата много бързо достига ултрарелативистки скорости. По тази причина отличието между относителната скорост на частицата при пренебрегване на радиационното триене $\beta_0(t)$ (Фиг.2a) и при отчитане на същото $\beta(t)$ (Фиг.2b) е незабележимо. В същото време изчислената относителна разлика на тези величини $\Theta\%(t)$ (Фиг.2c) е от порядъка на части от процента. Прави впечатление времевата зависимост на тази величина – започвайки от нула, същата бързо нараства, достига до определен максимум, след което бавно намалява, стремейки се асимптотично към определена постоянна стойност. Този ход на кривата $\Theta\%(t)$ вероятно е свързан със специфичния характер на изменение на ускорението на частицата – в началните моменти, когато ускорението е голямо, са големи и радиационните загуби, които оказват влияние и на скоростта на частицата, а впоследствие, когато скоростта на последната достига релативистки стойности, ускорението намалява, в резултат на което падат и радиационните загуби. Разбира се, за точното количествено изясняване на тази зависимост е необходимо да се вземе предвид релативисткия характер на ускорението на частицата и да се изследва числено, което може да бъде обект на следваща работа.

Ще отбележим още, че разглежданите тук характерни стойности на напрегнатостта на ускоряващото поле $\left(E_0 \geq 10^8 V/m\right)$ и време на ускоряване $\left(t \approx 10s\right)$, което при субсветлинни скорости на движение на частиците изисква грамадни размери на областта на ускоряване $\left(L \approx 10^6 m\right)$, поставят естествено въпроса къде на практика биха могли да се реализират тези условия? Според нас, естествена реализация на разглеждания мащаб на величините е възможна в астрофизически условия и, в частност, в близост до радиопулсарите. Съвременните модели на тези обекти предполагат, че в тяхната околност могат да възникват електрически полета с огромна напрегнатост – до $10^8 - 10^9 V/m$ [3]. Това означава, че разглеждания тук механизъм на ускоряване на заредени частици може да намира реализация именно в областите на радиопулсарите. При това, част от енергията на ускоряваните частици ще се отнася от електромагнитното излъчване, играейки в същото време ролята на спиращо триене.

4. Изводи

4.1. На базата на числен експеримент е изследван процеса на ускоряване на заредени частици във външно постоянно електрическо поле с отчитане на радиационната сила на триене.

4.2. Получените резултати показват, че при сравнително малки напрегнатости на ускоряващото поле влиянието на реакцията на излъчването е нищожно и може да се пренебрегне, докато при много големи напрегнатости $\left(E_0 \geq 10^8 V/m\right)$ това влияние става забележимо.

4.3. Разглежданият сравнително прост механизъм на ускоряване на заредени частици би могъл да се реализира в областите в близост до радиопулсарите, където се предполага възникването на електрически полета с огромна напрегнатост.

Литература:

1. Л а н д а у Л. Д., Е. М. Л и ф ш и ц. Теоретическая физика в десяти томах, том II Теория поля, М., Физматлит, 2001.
2. L u k o v S.L, N. S. E r o k h i n, D. I. T o m o v a, R. S h k e v o v, P. T r e n c h e v, K. S h e i r e t s k i. On the charged particles movement in the external accelerated fields. Proceedings of Fourth Scientific Conference with International Participation "SENS 2009", 4 –7 June 2008, Varna, Sunny Beach, Bulgaria – p.p.33-38.
3. М а л о в И. Ф. Радиопульсары, М., “Наука”, 2004.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

THEORETICAL MODELLING OF ACCRETION DISCS IN CYG X-1 AND SGR A*'

Krasimira Yankova

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

ТЕОРЕТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ НА АКРЕЦИОННИ ДИСКОВЕ В CYG X-1 И SGR A*'

Красимира Янкова

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

Keywords: *magneto-hydrodynamic, accretion disk, instabilities*

Abstract: *The paper considers the magneto-hydrodynamics of a hot advection accretion disk. The interaction between plasma and magnetic field is examined. The appearance and activity of the instabilities in the flow is discussed. The results describing the 2D radial structure of the disk are shown. The development of the flow in the equatorial plane on disk is analyzed. The problem in the cases of binary system and AGN is discussed.*

Introduction

In this paper we use the results from theoretical 2D-model treatment in [3], [4], [6] for description of the processes in concrete real objects. We got the dimensionless functions of physical parameters of the magnetic disk and coefficients of periodicity k_φ and ω respectively, for the relations on development of characteristics with φ and t, from the dimensionless variable off the center x. The local wave numbers obtained in [2] is qualitative different from coefficients [7]. We will choose two well-known objects:

Cyg X-1 – invisible component of binary system (BS) in constellation Cygnet – candidate low massive black hole (BH).

SgrA*– probable representative of super-massive BH. Nucleus of our galaxy is not selected accidentally. This is most near to us object of that type.

The choice of this BS is not accidental, too. Cyg X-1 and more AGN have many mutual ait. In theirs spectra we find low and high state in X-ray range, reflection from inner regions of disk, K_α of iron, and γ-ray, too.

General intelligence for objects:

Cyg X-1 is in constellation Cygnet be away ~2,5kpc from the Earth. It is CBS – spectroscopic binary. Supergiant M ~20M_o and 9^m, class O9,7Iab and compact object M ~10M_o, who orbited with P ~ 5^d,6. We can observe lighting variation with selfsame period from stream gas HeII – mass transfer in the system. BH occupy substance stellar wind from the other component, who's extreme near its Roche volume and through the orbital moment is formed Accretion Disk. Observations show and variable circular polarization, which also varies with the period of binary. It requires a magnetic source. Characteristic size of the field of BH coincides with Dyadosphere.

Cyg X-1 is highly variable X-ray and optical range of the spectrum, her periods ranging from milliseconds to years. Its X-ray luminosity is of the order of ~2-8.10^{27}erg s^{-1}. 80 per cent of time is in quiet the state (soft X-ray ~ 2-20keV) and the rest in high (hard X-ray ~ 40-450keV). In the spectrum registered K_α line of iron from the outer part of the disc. There has been a reflection from inner radii in

the outer regions of the disc. Received γ-ray with E> 100 κeV and short gamma bursts ~1MeV in the inner region is associated with the behavior of a hot e^--p^+ plasma (κT~400 κeV).

SgrA*: Milky Way is slightly active galaxy; type Sb or Sc on the Hubble. She contains about 400 billion stars. Her mass is ~$2.10^{11}M_o$, luminosity ~10^{44}erg s^{-1}, diameter ~ 30kpc, r_{balch}~700pc, height of the galactic disk ~300-500pc, distance between spirals 1,4kpc and the magnetic field ~$3,5.10^{-6}$G. Its center is located in the constellation Sagittarius. At the core are located two objects: SgrA West (thermal source) and SgrA East (nebula - a remnant of SN with non-thermal radiation). Emission in the region has a varied nature. Main contribution to the nearest IR, Opt and UV-radiation has rings of stars, a high energy cosmic ray's γ-ray coming from interactions in interstellar space, and soft γ-ray and X-ray (soft and hard) come from non-thermal Synchrotron radio-source SgrA*, which is associated with the compact object in the region HII of SgrA West and coincides with an accuracy of **±0,1**″ a dynamic center of the **G**alaxy. In the spectrum of we registered Br γ-emission, which is associated with mini-spirals (spirally of? Accretion disk), K_α of diverse highly ionized elements from the outer edge and the line annihilation 511eV inside and 10keV emission from the shell (? corona) covering the region.

Results for the concrete sources and interpretation

Here we will use the potentialities on the developed model at two concrete objects, representatives of low massive and super-massive BH.

We concur from observation, numerical results and simulations, initial values for the physical parameters of the accretion disks in our objects and we obtain their developments.

Rift in surface distribution of the density shows beginning of the spiral at x ~ 0.8 (Fig.1). Moreover, the increasing density manifested Non symmetric nature of the flow. (Fig.1a) shown how in the binary, the orbit rings obtained ellipticity and their center deviates from that of the disk (shifting). We observe similar behavior and in other object, but part of material this disc return back into the outer tor (or semi-tor).

Velocity of the flow is formed in two branches (Fig.2). Retarder inflowing and outflow. This only shows the presence of circulatory structures of micro-level, but unfortunately gives no information on their size. Feature is that in binary inflow and outflow in the disk becomes more intense than in galactic nucleus.

Figure 3: the sound speed also have two main branches across the disk. Judging by the upper branch for Cyg X-1 (3a) each ring has a full range of densely arranged gaskets. They could consider random disturbances (within error) if was not spinning in the sprigs surfaces, which connects them with the fast sound waves in the flow and respectively the various levels of local compaction.

In SgrA * (3b) we have two well-formed individual branches, which extend to the outer radius of Keplerian disk. Rings are formed without complementary gaskets.

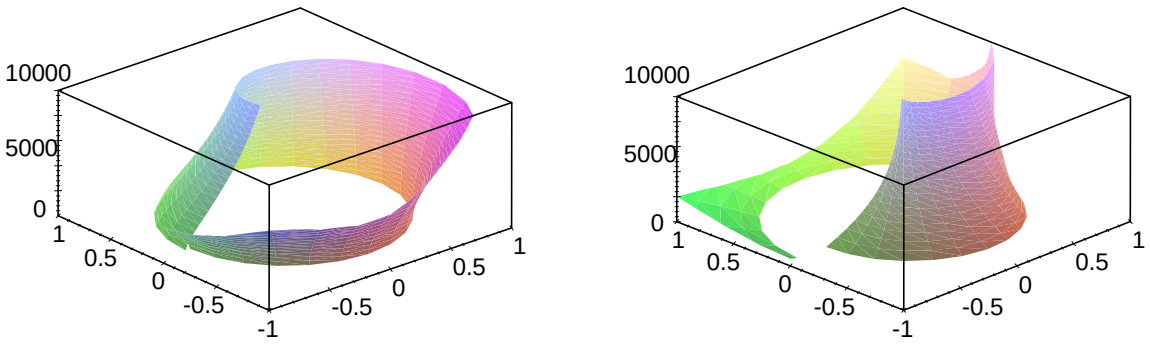


Fig. 1: $f_1(X, Y)$ – dimensionless function of density distribution in non-axe-symmetric MHD model for Cyg X-1 (left) and for Sgr A* (right).

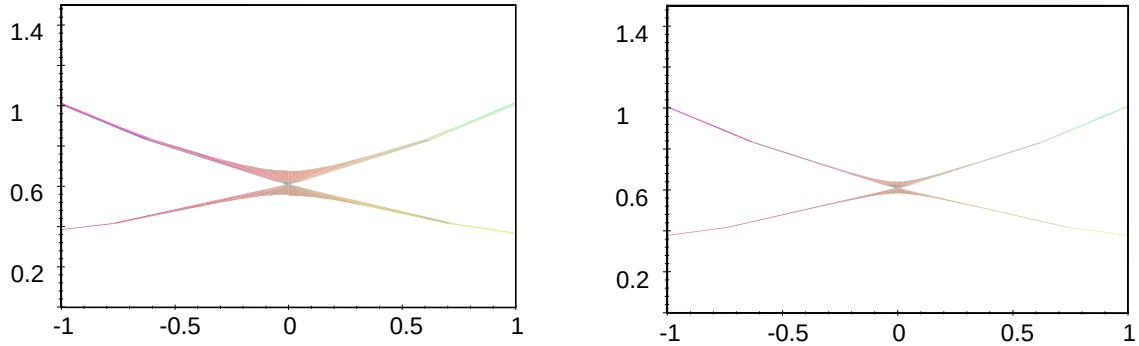


Fig. 2: That is a dimensionless function of radial velocity $f_2(X, Y)$ for Cyg X-1 (left) and for Sgr A* (right).

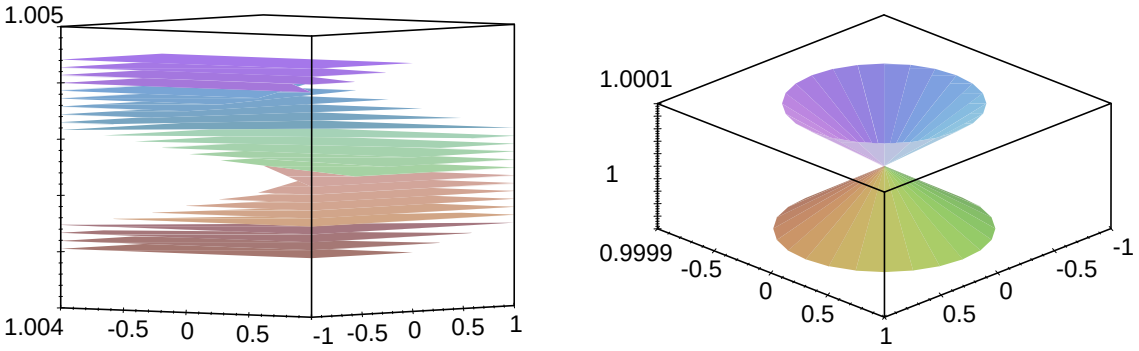


Fig. 3: That is a dimensionless function of sonic velocity distribution $f_3(X, Y)$ in the disc for Cyg X-1 (left) and for Sgr A* (right).

Fig. 4: B_r increases both inwards and outwards in both halves of the disc. Since preserves the same sign, such conduct shall be consistent with displacement of the center given density (1a, 4a). Function (4b) suggests the existence of groups MRN with different size (in levels 1~1.04, 9~11, 10^3~$4*10^3$…) and exchange of energy between low and high harmonicas in the spectrum sizes. In other words: fragmentation and consolidation with absorption of energy from the environment.

Fig. 5: for Cyg X-1 projection shows that the disk has many different sized loops - positive and negative (against the tide). Function did not show any clustering around discrete values dimensions, as we saw (4b). Unlike Sgr A *, where increasing by leaps (5b) support the idea inspired by the distribution of radial component.

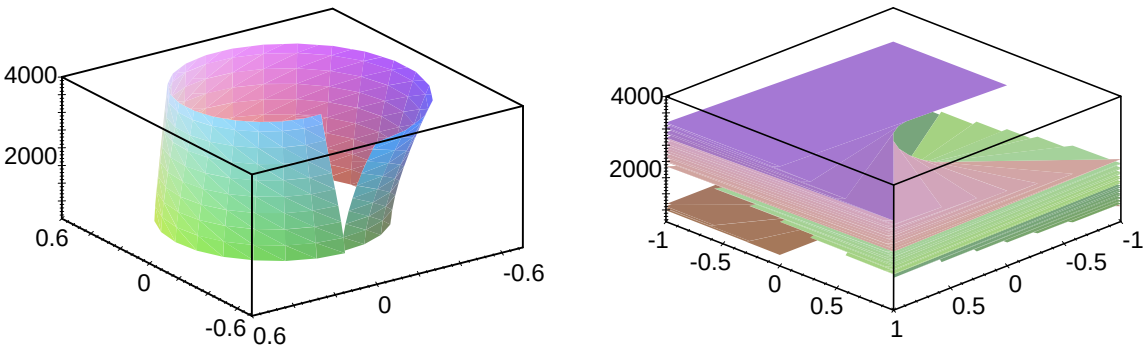


Fig. 4: That is a dimensionless function of radial component of the magnetic field distribution $f_5(X, Y)$ for Cyg X-1 (left) and for Sgr A* (right).

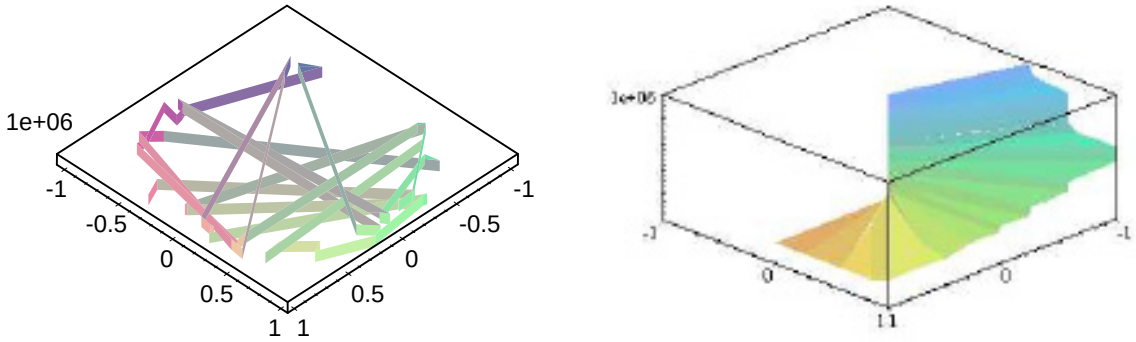


Fig. 5: That is a dimensionless function of azimuth component of the magnetic field distribution $f_6(X, Y)$ for Cyg X-1 (left) and for Sgr A* (right).

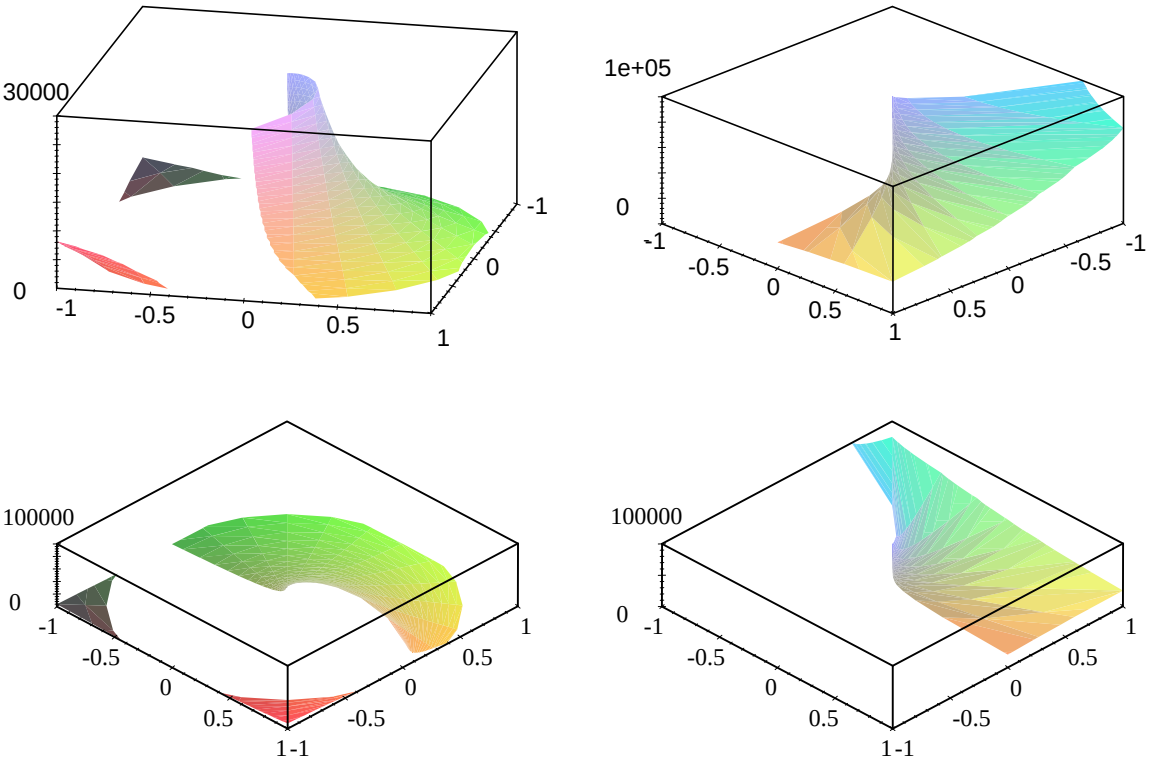


Fig. 6: That is a dimensionless function of the magneto-sound velocity distribution f(X, Y) for Cyg X-1 (left) and for Sgr A* (right).

Magneto-acoustic speed resembles the behavior of the radial field, but with an increasing asymmetry in the disk. FIG.6 (a)

Magneto-acoustic speed resembles the behavior of the azimuthally field, but increased smoothly. FIG.6 (b)

Conclusions

Main conclusions for the two sites, what we may make of these results are:

0 The model enables to obtain a description of a specific subject without ignoring its individual characteristics, even in the event of similar processes can to see the differences. In Figure 1 in both the object appears spiral, but the overall behavior of the density is different in the two cases. In Fig. 2 is seen different intensity of accretion in two sources.

o Different densities in the layers of a ring in Cyg X-1 may lead to the formation of fluid lightguides and to ensure an advection and in a colder environment (not related to the natural processes of absorption and scattering in the disc, but with refraction of already formed radiation in the layers). While in SgrA * rings are formed without complementary congestion –

no lightguides. However there are formed accretion channels [see 5] – Feature of this disc is the fact that at different levels simultaneously realize and violates the condition for the existence of magneto-rotational instability. This helps a lot of substance to penetrate through equatorial window, because disc flow itself has a relatively colder component.

- Instabilities not only increase its linear dimensions, but they are consolidated and eating each other. Sign that are implement 2D turbulence [1]. View of sound and alfenova velocities and components of the field of SgrA * gives reason to believe that in part of the disk covered by the corona, if it is satisfied $\alpha_m \rho^{1/2} < v_a/v_s$ there are other preconditions for the emergence of magnetic Turing instability. So generate two-dimensional vortices whose dimensions could be grouped according to discrete values. Their consolidation leads to increased with leaps B_φ and v_a in 2D. Appear of magnetic-Turing instability in SgrA * shows that in this disc developed simultaneously as three-dimensional magneto-rotational instability associated with the instability of Parker and two-dimensional magneto-rotational instability associated with Turing-instability. Mechanism substantially is assured of enabling environment in which there are processes of accelerating particles.

References:

1. B i s k a m p D., MHD Turbulence, Cambridge University Press.
2. Я н к о в а Кр. Д., Л. Г. Ф и л и п о в, ” Areas of action instabilities a disk according to the parameters - mu formulations of task”, collection of reports Jubilee Scientific Session 2003 ”100 години от полета на братя Райт”, Volume 1:210-214, Dolna Mitropoliya, 2003.
3. I a n k o v a Kr. D., L. G. F i l i p o v, ”Influence of the magnetic field of the compact object on the accretion disk – results’’ BAM 2004, Aerospace Research in Bulgaria, No. 20, p. 167 - 170 (2005). *http://www.space.bas.bg/astro/Rogen2004/StPh-2.pdf*
4. I a n k o v a Kr. D., ”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*
5. I a n k o v a Kr. D., ”Development of coefficients k_φ and ω in accretion flow”, *Proceedings:* Fourth Advanced Research Workshop: GAS’07, BULGARIA, *http://tcpa.uni-sofia.bg/conf/GAS/files/Krasimira_Iankova.pdf,* 2009.
6. Y a n k o v a Kr. ‘‘Stability and evolution of magnetic accretion disk”, Proc. VI Serbian-Bulgarian Astronomical Conference, Belgrade 7-11 May 2008, Eds. M. S. Dimitrievi, M. Tsvetkov, L. Popov, V. Golev. Publ. Astr. Soc. "Rudjer Boљkovi ", No. 9, 2009, 327-333, *http://aquila.skyarchive.org/6_SBAC/pdfs/31.pdf.*
7. Y a n k o v a Kr. “Theoretical modeling of accretion discs. Correlation of the global coefficients with the distributions of local wave numbers in the disc”, *Proceedings:* International Conference MSS-09"MODE CONVERSION, COHERENT STRUCTURES AND TURBULENCE", Moscow, 23–25 November2009, 409-414.

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

MODELS OF VORTICES DURING THE ACCRETION PROCESSES IN CLOSE BINARY STAR SYSTEMS

Daniela Boneva, Lachezar Filipov

Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: danvasan@space.bas.bg; lfilipov@space.bas.bg

Keywords: *accretion discs, binary stars, structures, spiral wave*

Abstract. *The examinations in the paper below are related to the problem of structures in the accretion flow around close binary stars. The main reason for studying vorticity is the assumption of many authors, which points to the basic role of these formations in angular momentum transportation through the accretion discs. The current survey presents results, which have been obtained applying different methods to the base features of accretion flow around close binary stars. Theoretical methods have been used in conjunction with numerical simulations that lead to obtaining the next graphical models of accretion processes. These models reveal: initially unstable behaviour of the flow; transitional states; spiral structure formation and spiral solutions of the ruling equations; vorticity undulations near the contact region of the two object's matter flows.*

Introduction

In astrophysics, examinations of accretion disc's structure, as a global formation or as locally patterns along accretion flow, are still actual. Most investigated of them are vortex formations and spiral configurations. Vortices may play at least two important roles regarding accretion disc dynamics. First, they could lead to an efficient angular momentum transport process in regions in which the magneto-rotational instability [3] doesn't operate.

Using global 2D hydrodynamical simulation Li [10] conclude that Rossby wave instability is an efficient purely hydrodynamic mechanism for angular momentum transport in thin disc. He found that individual vortices transport angular momentum outward. Lovelace [11] found such instability give rise to Rossby vortices in the non-linear limit and the persistence of vortices would be crucial for the hydrodynamic transport of angular momentum in accretion discs. It is also suggested from authors [13] that some instabilities or turbulizations in the viscous flow are responsible for the carrying out of angular momentum.

Second, they are a very efficient way to accelerate the planetesimal formation process in protoplanetary discs [6]. However, the stability of these vortices when small 3D disturbances are imposed is largely unknown.

In the astrophysics community, this issue has been investigated mainly numerically. Shen et al. [14] examined the formation of 2D vortices starting from 2D turbulence in fully compressible simulations. According to their results, a small 3D noise added to their initially 2D configuration destroys the coherent vortices in a few orbits, relaxing the flow to its laminar state. Barranco & Marcus [4] also computed the evolution of 3D vortices using an anelastic code incorporating vertical stratification. As Shen et al. [14], they found that midplane vortices were destroyed by 3D perturbations. However, they also showed that off-midplane vortices could survive for several hundreds of orbits, leading to the possibility of a stabilizing effect due to the stratification. Johnson and Gammie [7] have performed a series of runs with zero initial vorticity and perturbation wavelengths and give one possibility of what generates the initial vorticity. They note that a residual amount of vorticity can be generated from finite-amplitude compressive perturbations.

Currently, how we have seen, an explicit answer doesn't exist. The main aim of current survey is to present our study of several models, which support explanation of physical processes of vorticity formation. In a connection with these problems research methods are specified in the next sections of our article.

The first point is based on the bifurcation theory, which is a powerful tool for analyzing the nonlinear evolution of instability behavior in pattern forming systems, such as in the accretion disc structure [8]. In this paper we present the results of performing this computation in a neighborhood of a Turing bifurcation. Also, we apply the spatial-temporal behavior of Hoph bifurcation as the key

mechanism for stability-instability activity. The second part is based on the appearing of structures as a consequently result of baroclinicity in the disc flow. To receiving of the results graphically we are applying appropriate numerical code.

2. Structures formation, as a result of applying the bifurcation analysis

Here we use a different mechanism to explain the instability operation and vorticity formations in the accretion discs. This part includes some basic bifurcation analysis, which we may apply, to detect these processes.

By definition, a bifurcation is any qualitative or topology reconstruction of the system, when the parameter of the system crosses its critical value. We initially denote the critical value of the control parameter of the system with λ_c, which is in fact a bifurcation point. When a given system passes through a bifurcation point, it may lose its stability. Then conditions for forming structures in these places grow up. The obtained results are of a global character, but they have an effect on the local behaviour. When we talk about bifurcation, we have to specify that there exist a different kind of its evidence. The essence of different kind of bifurcation is defined from the relevant amplitude equation [12].

We need bifurcation solutions, related to the spatial – temporal pattern formations. Therefore, we use the Hoph and Turing bifurcations and instabilities. Hoph instability results in spatially homogeneous temporal oscillations and its relation to Turing instability is of use for our current reasoning.

It is seen in figure (1a) these consequently transitions. The obtained results are of a global character, but they have an effect on the local behaviour. This means that in the temporal-spatial considerations of the systems, Turing and Hoph bifurcations are in action.

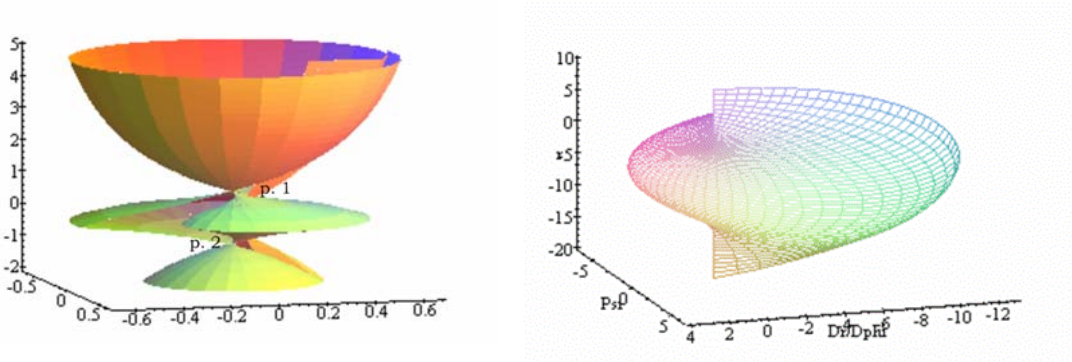


Fig. 1. a) Consequently transition through the bifurcation points 1 and 2. Increasing conditions for structure formation /left/. b) Spherical vertical structure, received by the existence of Turing instability. It is applied a 3D graphical simulations code on the equations ruling the conditions /right/.

The Turing instability is an expression of spatial model of the bifurcation area and they may cause the formation of structures, such as: spherical structures in 3D model (fig. 1b) or in a 2D consideration – the structures are limited to the appearing of spot and disturbances of laminar flow.

As a base equation, it is used the vortical transport equation and we referred to the conditions of Turing instability that follow this equation (see [1]). It is applied a numerical parameterization code, which is based on the Runge-Kutta method. For a better decipher of the results, a set-scale of [12,12,12] is more appropriate. In a result, a development of vortical spiral structures is obtained.

Hoph bifurcation is described by the amplitude equation and includes in its form periodic function. Garaud and Ogilvie find in their work [5] that the behaviour of the system depends on the Rayleigh discriminant of the rotating shear flow. The model predicts that Rayleigh unstable flows become turbulent at sufficiently large Reynolds number through a linear instability associated with a supercritical bifurcation. Here we start our studying of Hoph bifurcation using these criteria. To describe the Hoph bifurcation we represent the basic flow in dimensionless variables, satisfying the Navier-Stokes equations, so:

R - Reynolds number: $R = WL/u$; W - characteristic velocity scale; U_*- velocity field and P_*– pressure of the basic flow; L - characteristic length scale.

Lets introduce the quantities: $x = x_*/L, t = Vt_*/L, u = u_*/V, p = p_*/\rho V^2$; here $u_* p_*$ are the quantities at a given point x_* at time t_*.

The Navier-Stokes equation now is in the form, with velocity field $U(x,R)$ and pressure field $P(x,R)$:

(1) $$U.\nabla U = -\nabla P + R^{-1}\Delta U ;$$

In general U, P depend on R and there may be more then one steady solution for the same value of R and the same boundary conditions.

Our next step is to construct model amplitude equations of these ordinary differential systems.

The sequence of instabilities and changes of flow regime, as the Reynolds number increases, may be scrutinized as a physical idea by very simple model problems of bifurcation. These models represent asymptotically and local properties of many stability, instabilities and bifurcations of solutions of the Navier-Stokes equations, governing the flow of fluid.

We take the next model equations, which are constructed on the base of amplitude equations, used from Nicolis [12]:

(2a) $$\frac{dx}{dt} = -l + (a - x^2 - l^2)x ;$$

(2b) $$\frac{dl}{dt} = x + (a - x^2 - l^2)l ;$$

where $a = k(R - R_c), k > 0$;

It is seen that the only steady solution of this system is its null: $x = l = 0$. Also, we suppose that $x, l \propto e^{st}$, as $s = a \pm i$. Now, if A is complex amplitude constant then we received:

(3a) $$x(t) = \frac{1}{2}(Ae^{it} + A^* e^{-it})e^{at} ;$$

(3b) $$l(t) = -\frac{1}{2} i(Ae^{it} - A^* e^{-it})e^{at} ;$$

As we use these Eqs. (3a), (3b), we may define one simple condition for stability: when $R < R_c$ there is stability with exponential decay and at $R > R_c$ there is instability. Here R_c is our critical point value.

It is shown at the figures below, the case $R > R_c$, the periodically unstable behaviour of the system through the Hoph bifurcation point.

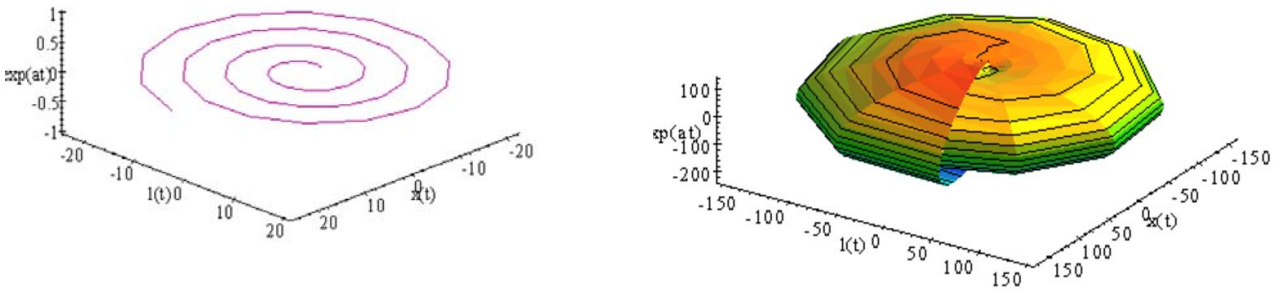


Fig. 2. Development of periodically spiral structures, as a result of the Hoph bifurcation carrying out and solutions. The difference between figure 2a /left/ and figure 2b /right/ is related to the number of performed runs in applied numerical code.

It is seen from the Fig. 2a and Fig. 2b that the solution has a spiral form and represents the results due to the bifurcation transition in the hydrodynamical flow, such as the accretion discs are. This fact confirms our initially predictions for the results in the form of structures. In this section we used the ordinary differential equations to simplify the model and we proceed from the conception of introduced form of presented bifurcations. In our future studies, for the decision of the Hoph bifurcation problem, we plan to use partial differential equations, because they contain more complete information of the fluid dynamics.

Development of vortices in accretion flow.

In this section, we are taking into account the presence of baroclinic instability in the discs. This theme is mainly considered by Klahr & Bodenheimer [9] and we have concerned to it in detail in [2]. Here, the last results are presented, as a sequel of previous research.

Further development of the baroclinic instability turns it into the source of vorticity formations in the discs. At the Fig. 3 we present our simulation of this kind of pattern growth in R, φ plane of the disc zone. We have performed a series of runs applying numerical code, with zero initial vorticity, but with initial present of turbulization value different from zero. We consider the gas-flow in the disc to be compressible and viscous.

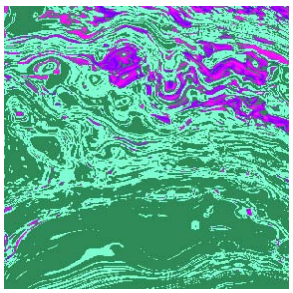


Fig.3a

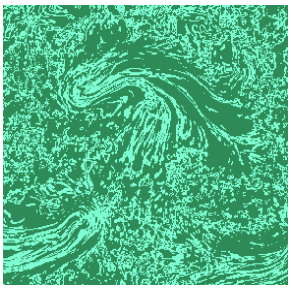


Fig.3b

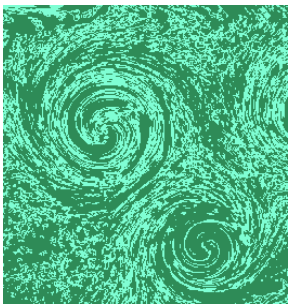


Fig.3c

Fig. 3. Simulation of the vortices formation as a result of the baroclinic instability. It is seen in the figures (3a, 3b, 3c) the consequently development of vortices: from weakly turbulization of the layers to the stage, when the separated structures become visible in the flow. The resolution is 1024 x 768 of the grid measures.

In accordance to the conditions, it is required misalignment of pressure gradient and density gradient wherever azimuthal density gradient appears. This misalignment acts as a source term for the generation of vorticity in the region of outer edge of the disc with strong density gradient.

The pictures' frames are visualizing a single vortex, which is a part of covered range of about 7.687 × 10^{-6} AU to 6.68 × 10^{-5} AU. The development of such vortex, pass through a few stages. First, it is observed a distortion of laminarity of the flow (fig. 3a) and weekly undulation of the layers (fig.3b). We confine to the stage of the vortex evolution in some steady period of their development, when they are "ready" for the angular momentum transportation (Fig. 3c).

Such vortices may propagate throughout the disc, according to the baroclinicity global character, but they are local, temporal formations. How long these vortices will live and what would be destroyed them is another unanswered questions and undecided problems. The recent numerical results of [4] indicate that vortices near the disc midplane are quickly destroyed, whereas vortices survive if they are on scale heights away from midplane.

Conclusion

One of the most vexing problems in astrophysics is how mass and angular momentum are transported in accretion disks. It is considered from many authors that the vortices have a vital role in such transfer and this is the main reason to investigate and create models of vortex development. The appearing of vortices in the disc's flow is in a conjunction with some wave processes and spiral structure formation, which is in an accordance of wave theory. Here are the base results of our studying of vortical models in accretion disc's flow:

- Using bifurcation analysis it is revealed the transitional states through the bifurcation critical point. The solutions show the model that describes initially development of spirals, related to Turing bifurcation problem. After operation of Hoph bifurcation, the results show periodically spiral wave solutions to be appeared in examined accretion flow area.

• At certain conditions and after applying an appropriate numerical model, the result shows an existence of two-dimensional vortical structures configurations. These vortices are considered as a resulting effect of foregoing baroclinic instability.

This type of vortices often observed in Two-dimensional simulations of discs in the last ten years. Vortices can be generated by Two-dimensional instability as the Rosby wave instability or baroclinic instability, which have been investigated in recent years. Tidal waves from donor star, which usually cause a development of spiral density star, could be also responsible for vorticity in accretion area. But the models of such effects are the topic of another paper.

References:

1. A n d r e e v a/B o n e v a/, D. V., F i l i p o v, L. G., D i m i t r o v a, M. M., 2002. Publ. Astr. Obs. Belgrade, **73**, 67-71
2. A n d r e e v a/B o n e v a/, D.V., 2005, Conf. Paper Coll., Space Ecology Safety, Varna, Bulgaria, 25, b. I, http://www.space.bas.bg/astro/ses2005/a3.pdf
3. B a l b u s, S. A. & H a w l e y, J. F. 1998, Reviews of Modern Physics, 70, 1
4. B a r r a n c o J. A., M a r c u s P. S., 2005, ApJ, 623, 1157-1170
5. G a r a u d, P., O g i l v i e, G., 2005, J. Fluid Mech, **530**, 145-176
6. J o h a n s e n A., A n d e r s e n A., B r a n d e r b u r g A., 2004, A&A, 417, 361
7. J o h n s o n B. M., G a m m i e C. F., 2005, ApJ, 635, 149-156
8. J u d d, S L., S i l b e r, M., 2000. Simple and Superlattice Turring Patterns in Reaction-Difusion Systems: Bifurcation, Bistability and Parameter Collapse, Physica D, v.**136**, 45-65
9. K l a h r H., B o d e n h e i m e r P., 2003, ApJ, **582**, 869-892
10. L i H., C o l g a t e S. A., W e n d r o f f B., L i s k a R., 2001, ApJ, **551**, 874
11. L o v e l a c e R.V.E., L i H., C o l g a t e S.A., N e l s o n A.F., 1999, ApJ, **513**, 805-810
12. N i c o l i s, G., 1995. Introduction to nonlinear Science, Cambridge University Press of the binary IP Pegasi', M.N.R.A.S. 290, L28.
13. P e t e r s e n M.R., S t e w a r d G.R., J u l i e n K., 2007, Ap J., 658:1252-1263
14. S h e n, Y., S t o n e, J. M., & G a r d i n e r, T. A. 2006, ApJ, 653, 513

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДИНАМИКАТА НА АВТОНОМЕН ХАОТИЧЕН ОСЦИЛАТОР ОТ ТРЕТИ РЕД

Антонио Андонов, Галина Чернева

ВТУ „Т. Каблешков", София
e-mail: andonov@vtu.bg, cherneva@vtu.bg

EXAMINATION OF THE DYNAMICS IN THIRD-ORDER AUTONOMOUS CHAOTIC OSCILLATOR

Antonio Andonov, Galina Cherneva

T. Kableshkov Higher School of Transport
e-mail: andonov@vtu.bg, cherneva@vtu.bg

Ключови думи: *нелинейни електрически вериги, фазов портрет, хаотичен атрактор*

Резюме: *В предлаганата работа са изследвани динамичните процеси в автономен хаотичен осцилатор от трети ред, генериращ хаотични сигнали, които се използват и при изграждане на космически радиолинии. Получени и анализирани са хаотичните атрактори и устойчивостта на състоянието при различни съотношения между параметрите на веригата, като в качеството на управляващ параметър е използвана големината на активното съпротивление на линейния резистор. Показано е, че дори при липса на външни въздействия, еволюцията на наблюдавания процес може да бъде от типа „цикъл-хаос" или „хаос-хаос", в зависимост от съотношението на параметрите на веригата.*

1. Въведение

Едно от най-важните достижения на нелинейната динамика през последното десетилетие е откритието на сложни хаотични движения в прости колебателни системи. Много от свойствата на хаотичните сигнали като равномерен спектър, експоненциално затихване на корелационна функция и преди всичко широколентовост, осигуряваща изключително голям коефициент на усилване при обработка на сигнала, ги прави привлекателни при изграждане на космически радиолинии. Тяхното приложение обаче е затруднено от изискването за висока прецизност при проектирането на радиолиниите към използваните хаотични генератори.

Удобен инструмент за изследване на динамиката на хаотичните системи е фазовото пространство, или пространство на състоянията. То позволява нагледно представяне на поведението им в геометрична форма. Всяко изменение на състоянието на системата във времето съответства на движение във фазовото пространство, при което се описва фазовата траектория на поцеса. Според теорията на нелинейните системи [1,2, 3], при време $t \to \infty$, фазовите траектории на процесите в тях, се стремят към устойчиви гранични множества от стойности - атрактори. Видът на атрактора е различен в зависимост от режима на веригата: стационарен режим - равновесна точка, периодичен режим - граничен цикъл [11], квазипериодичен - тор [8]. При наличие на хаотичен режим във веригата се наблюдават множества на привличане, траекториите на които не могат да се отнесат към горе изброените. Налице са странни атрактори, които се различават съществено от класическите и са критерий за съществуването на стохастичен непериодичен режим. Качественото им отличие е в наличието на специфични свивания на интегралните криви, при което всеки две съседни криви се разделечават експоненциално, но след краен интервал от време отново се приближават много близо една до друга.

366 Естествен е въпросът какво определя наличието на класически и/или странни атрактори в една нелинейна система и каква е еволюцията между тях. Този въпрос е предмет на изследване в настоящата работа чрез анализиране на изменението, което настъпва в състоянието на процесите в хаотичния генератор от трети ред, вследствие промяна на параметрите му.

2. Математичен модел

Нелинейните електрически вериги, независимо от физическата им реализация, се моделират със система нелинейни диференциални уравнения от вида:

$$\frac{dx_1}{dt} = F_1\left[\vec{x},t,\vec{y}\right]$$

(1) ..... ,

$$\frac{dx_n}{dt} = F_n\left[\vec{x},t,\vec{y}\right]$$

където $\vec{x} = \{x_1,....,x_n\}$ е множество на променливите, описващи състоянието на веригата,

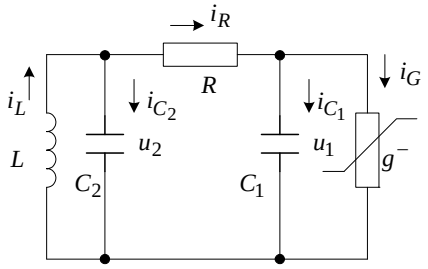
$\vec{y} = \{y_1,....,y_n\}$ е множество параметри, определящо динамиката на веригата;

$F = \{F_1,...,F_n\}$ представляват функционални зависимости, поне една от които е нелинейна;

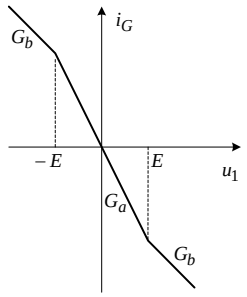
n - брой на променливите на състоянието, респ. на уравненията в системата.

За да се получи нагледно геометрично представяне на динамиката на системата, променливите x_i, $i = 1 \div n$, се разглеждат като координати на точката $\vec{x}$ в n- мерното пространство и се следи траекторията й във фазовото пространство.

Най-елементарните нелинейни вериги, за които математически е доказана възможността за генериране на хаотични сигнали, са веригите от трети ред, съдържащи нелинеен резистор с отрицателна проводимост (фиг.1) и линейно-отсечкова V-A характеристика (фиг.2), известни като вериги на Chua [3].



Фиг. 1



Фиг. 2

Уравненията, които описват процесите във веригата от фиг.1, следват непосредствено от законите на Кирхоф:

$$\begin{cases} i_{C_1} = C_1\dfrac{du_1}{dt} = i_R - i_G = \dfrac{1}{R}(u_2 - u_1) - g(u_1) \\ i_{C2} = C_2\dfrac{du_2}{dt} = i_L - i_R = \dfrac{1}{R}(u_1 - u_2) + i_L \\ L\dfrac{di_L}{dt} = -u_2 \end{cases} \quad (2)$$

,

където $g(u_1)$ е линейно-отсечкова функция с различна отрицателна проводимост $G_b - G_a - G_b$ (фиг.2), от вида [8]:

(3) $$g(u_1) = G_b u_1 + \frac{1}{2}(G_a - G_b)\left[|u_1 + E| - |u_1 - E|\right] \quad .$$

Известно е, че нелинейна система диференциални уравнения, с изключение на някои частни случаи, може да се реши само по числен път. За тази цел е по-удобно система (2) да се приведе в безразмерен вид, като се въведат променливите:

(4) $$x = \frac{u_1}{E} \quad ,$$

(5) $$y = \frac{u_2}{E} \quad ,$$

(6) $$z = \frac{i_L R}{E} \quad ,$$

(7) $$\tau = \frac{t}{RC_2}$$

(8) $$\alpha = \frac{C_2}{C_1} \quad ,$$

(9) $$\beta = \frac{R^2 C_2}{L} \quad .$$

Функцията $g(u_1)$ се заменя с

(10) $$f(x) = a_1 x + \frac{1}{2}(a_2 - a_1)\left(|x+1| - |x-1|\right) \quad ,$$

където:

(11) $$a_1 = RG_b \, ,$$

(12) $$a_2 = RG_a \, .$$

Така система (2) добива вида:

(13) $$\begin{cases} \dfrac{dx}{d\tau} = \alpha\left[y - x - f(x)\right] \\ \dfrac{dy}{d\tau} = x - y + z \\ \dfrac{dz}{d\tau} = -\beta y \end{cases} \quad .$$

В качеството на управляващи параметри, при изменението на които да се променя топологията на атрактора на състоянието, могат да се използват коефициентите α и β.

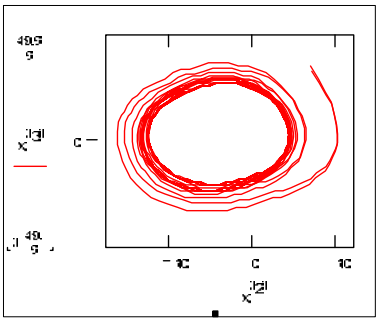
3. Числени експерименти

За базови стойности на параметрите на веригата от фиг.1 са използвани [5,6]: L= 42,3 mH, C_1 = 23,5 nF, C_2 = 235 nF, G_b = -0,409 mS, G_a = -0,758 mS, E= 1,8V. Стойността на съпротивлението на линейния резистор R е взета в качеството на управляващ параметър и се изменя в граници от 1300Ω до 1900Ω. За всяка стойност на R, респ. β, система (13) е решена в Mathcad и са построени фазовите траектории. Тъй като в случая фазовото пространство е тримерно, се прави двумерна проекция на траекториите.

От получените резултати интерес представляват следните:

1сл. $\beta = 10$ (R = 1341 Ω).

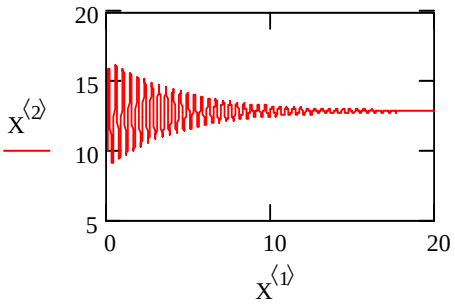
От фазовия портрет, показан на фиг.3 за този случай, се вижда, че решението се стреми към един граничен цикъл, който представлява затворена крива и съответства на периодичен режим във веригата.



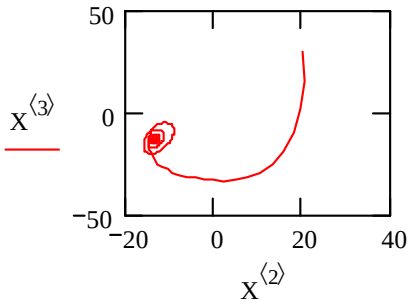
Фиг. 3

2 сл. $\beta = 15$ (R = 1643 Ω).

От вида на напрежението $u_2(t)$, дадено на фиг.4 за този случай, се вижда, че вече е налице непериодичен режим. Неговата фазова траектория е показана на фиг. 5. Тя представлява едноспирален странен атрактор.



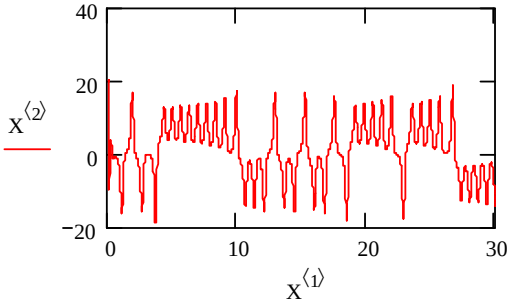
Фиг. 4



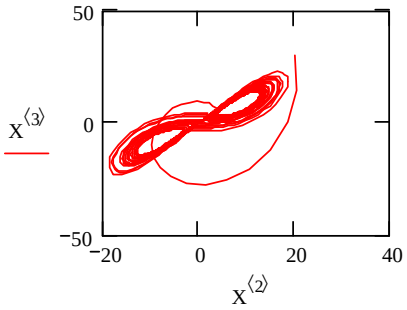
Фиг. 5

3 сл. $\beta = 18$ (R = 1800 Ω).

Отново напрежението $u_2(t)$ има непериодичен характер (фиг.6). Налице е хаотичен процес, чийто фазов портрет (фиг.7) представлява двуспирален странен атрактор.



Фиг. 6



Фиг. 7

4. Анализ на резултатите. Изводи

От направените изследвания се вижда, че вследствие изменение на параметрите на нелинейна верига от трети ред, възникват хаотични колебания като резултат от усложняването на типичен периодичен режим. Получените резултати показват, че в зависимост от големината на линейното съпротивление в разглежданата верига, динамичните процеси в нея се визуализират с класически атрактор в пространство на състоянията (граничен цикъл), или със странен атрактор, който е показател за съществуването на стохастичен режим във веригата. При по-нататъшно изменение на съпротивлението странният атрактор запазва своята топология до един момент, когато настъпва качествена промяна на структурата му – той преминава от едноспирален в двуспирален. Следователно, дори при липса на външни въздействия, еволюцията на наблюдавания процес може да бъде от типа „цикъл-хаос" или „хаос-хаос", в зависимост от съотношението на параметрите на веригата.

Литература:

1. T o r r e s L., L. A g u i r r e. Inductorless Chua's circuit, Electronic letters, Vol. 36, No 23, 2000.
2. K h a l i l H. K. Nonlinear Systems. Prentice Hall . 2001.
3. M a t s u m o t o T., L. O. C h u a. Journal of circuits, systems and computers. Special Issue on Chua.s Circuit: Paradigm for Chaos. 1993. V. 3(2).
4. C h u n g u a n g L., Ch. C h u n g u a n g. Chaos and hyperchaos in the fractional-order Rossler equations. Physica ,vol. 341, 2004.
5. K a p i t a n i a l c T. *Chaos for Engineers: Theory, Applications and Control.* Second revised edition, Berlin: Springer. 2000
6. Kolumban G., M. P. K e n n e d y, L. O. C h u a., The role of synchronisation in digital communications using chaos - part II : Chaotic modulation and chaotic synchronisation, IEEE Transactions on Circuits and Systems - I : fundamental theory and applications, Vol. 45, No. 11, 1998
7. H a r t l e y T. T., C. F. L o r e n c o, H. K. Q u a m m e r, Chaos on a fractional Chua's system, IEEE Transactions on Circuits and Systems. Theory and Applications, vol.42,1995
8. B a g h i o u s E. H., P. J a r r y, Lorenz attractor from differential equations with piecewise-linear terms, International Journal of Bifurcation and Chaos, Vol. 3, No. 1,1993
9. M a d a n R. N., C.W. W u, In Chua's circuits: A Paradigm for Chaos., World Scientific, 1993.
10. B a k e r G. L. and J. G. G o l l u b: Chaotic dynamics - an introduction, Cambridge University Press, 1996
11. Ч е р н е в а Г., А. А н д о н о в. Изследване на динамични процеси в нелинейни електрически вериги. VIII Международна научна конференция „Транспорт 2008", ВТУ „Т.Каблешков", VIII-23-VIII-26

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

СТРУКТУРА НА МАГНЕТИЗИРАН АКРЕЦИОНЕН ДИСК

Красимира Янкова, Лъчезар Филипов

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

STRUCTURE OF MAGNETIZED ACCRETION DISK

Krasimira Yankova, Lachezar Filipov

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

Резюме: *Статията разглежда магнито-хидродинамиката (МХД) на горещ адвективен диск. Изследват се взаимодействието на плазмата и полето, появата и активността на неустойчивостите в течението. Показани са радиалната структура на диска и локалното поведение на някои от величините характеризиращи потока. Дискутира се еволюцията на диска Въз основа на глобалните и локални резултати. Акцентира се на описателната сила на модела.*

Въведение

Акрецията ефективно преобразува масата на веществото в енергия. Тази енергия се трансформира в лъчение и се излъчва от дисковите повърхности. Такива обекти могат да преработят до 50% от масата на материята. Те са най мощните енергетични източници в Космоса. Акреционните дискове (АД) са и сред най разпространените обекти във Вселената не само във времево и пространствено, но и в еволюционно отношение. Примерно Квазарите са обекти с големи червени отмествания, повечето от тях принадлежат на ранната Вселена. От друга страна АД присъстват в почти всички стадии на еволюция на звездите и техните подсистеми. От прото- звездни, прото-планетни относително студени дискове до горещите АД на компактни обекти в края на живота на звездите.

Научениият интерес е провокиран от високата енергийна ефективност на тези източници. В тях се развиват редица неустойчивости и структури, които управляват разпределението на енергията. Те намират израз в огромния брой нестационарни явления, които ние наблюдаваме.

Акрецията е качествено и количествено по ефективна когато в картината се включи и наличие на магнитно поле. В процесите на взаимодействие се оформят три основни течения: диск, корона и джетове [2],които са генетично свързани. Всяка от тези мега-структури има собствена енергетика, която е част от общата, но в някои обекти може да бъде автономна за подсистемата.

За нас тук е важна основната компонента – акреционният диск понеже в процеса на неговата еволюция се създават условията за поява на другите главни компоненти от системата.

МХД МОДЕЛ: Глобални и локални резултати

Конструиран е нестационарен МХД модел на Кеплеров диск с адвекция в нормално магнитно поле:

(1) $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla.(\rho v) = 0$

(2) $\nabla.B = 0 \qquad \nabla.v = 0$

(3) $\frac{\partial v}{\partial t} + v.\nabla v = -\frac{1}{\rho}\nabla p - \nabla \Phi + (\frac{B}{4\pi\rho}.\nabla)B + \vartheta\nabla^2 v$

(4) $\frac{\partial B}{\partial t} = \nabla \times (v \times B) + \eta\nabla^2 B$

(5) $\rho T \frac{\partial S}{\partial t} - \frac{\dot{M}}{2\pi r} T \frac{\partial S}{\partial r} = Q^+ - Q^- + Q_{mag}$

(6) $p = p_r + p_g + p_m$,

Модела включва съответно: уравнение на непрекъснатост; закона за запазване на магнитния поток; уравнение на движение; уравнението на магнитната индукция; топлинният баланс и пълното налягане. Тук имаме ***v*** скоростта на потока; ***ρ*** масовата плътност; ***B*** магнитното поле; **p** налягането; $\vartheta = \alpha v_s H$ кинетичният вискозитет; $\eta = \alpha_m v_s H$ магнитният вискозитет; Q^+ - вискозната дисипация; Q_{adv} - адвективен член; Q^- - лъчисто охлаждане и $\Phi = \frac{GM}{r - r_g}$ гравитационният потенцял.

Магнитно-ротационната нестабилност (МРН) е важен механизъм за поддържане на равновесието на горещото, адвективно течение. Хидродинамичната турбулентност (ХДТ) дава главният принос за освобождаването на енергия в диска, но МРН също има основен принос. Този модел предполага,че и двата механизма са добре изразени (много мощни), но преобладава кинетичният вискозитет и това помага на диска да премине във най-вътрешните слоеве на магнитосферата.

Ние приемаме, че:

(7) $B_z = \frac{\mu}{r^3}$ за екваториалната равнина и е независимо от φ и t;

(8) $\vec{v} = (v_r, r\Omega_k = r\sqrt{\frac{GM}{r(r - r_g)^2}}, 0)$, защото диска е Кеплеров- двумерен;

(9) $\eta = v_s H$; $\alpha_m = 1$, [3]; $T = T_{vir} = \frac{GMm_i}{kr}$ и също така е адвективен.

Използваме цилиндрични координати ***(r, φ, z; t).*** Резултатите са представени в явен вид от радиалната компонента ***r.*** Глобалното решение е получено в [4] в безразмерни променливи:

$$f_1(x) = \frac{4 + c_2}{6x^6} + \frac{1 + c_1 + c_3}{x^{15/2}}\left[1 - (x - x_g)\right] + \frac{2 - c_2}{6} \; ; \qquad f_2(x) = (c_2 + 4)(x - 1) + 1$$

$$f_3(x) = \frac{c_6}{7}x^7 + \frac{x^3}{3}\left(c_7 - \frac{(3 + c_2)}{2}c_5\right) - \frac{(3 + c_2)}{6x^3} - \frac{1}{2}c_5(1 + c_1 + c_3)x^{3/2}(x - x_g - 1) +$$
$$+ \frac{1 + c_1 + c_3}{2x^{9/2}}(x - x_g - 1) + 1 - \frac{c_6}{7} - \frac{c_7}{3} + \frac{(3 + c_2)(1 + c_5)}{6}$$

$$f_4(x) = (1 - c_{13} - c_{14})x^2 + \frac{c_{13}}{x^6} + c_{14}(x - x_g) ; \qquad f_5(x) = \frac{1 + c_4}{x} - c_4$$

$$f_6(x) = -\frac{c_{10}x^2}{2c_9} - (x-1) - \frac{c_8}{2c_9 x^{7/2}} - \left(\frac{3c_8}{2c_9} - \frac{1}{c_9}\right)\frac{1}{x^{9/2}} + \frac{1+c_1}{2c_9 x^5} + \frac{2\alpha c_{11}}{c_9 x^{11/2}} +$$

$$+ \frac{9\alpha c_{11}}{4c_9 x^{13/2}} + \frac{\alpha c_{12}}{c_9 x^{17/2}} + \left[\left(\frac{3c_8}{2c_9} - \frac{1}{c_9}\right)\frac{1}{x^{9/2}} - \frac{9\alpha c_{11}}{4c_9 x^{13/2}} - \frac{\alpha c_{12}}{c_9 x^{17/2}}\right](x - x_g) +$$

$$+ \left[\frac{c_8}{2c_9 x^{7/2}} - \frac{2\alpha c_{11}}{3c_9 x^{9/2}} - \frac{1+c_1}{2c_9 x^5} - \frac{2\alpha c_{11}}{c_9 x^{11/2}}\right]\frac{1}{(x-x_g)} + \frac{2\alpha c_{11}}{3c_9 x^{9/2}}\frac{1}{(x-x_g)^2} + \frac{2c_9 - c_{10}}{2c_9}$$

$$f_7(x) = -\frac{c_2+4}{c_1 x} + \frac{c_{16}+c_{12}}{c_1 x^5} + \left[-\left(\frac{c_3}{2c_4} + c_3\right)\frac{1}{c_1 x^{3/2}} + \frac{c_{17}}{c_1 x^{9/2}}\right]\frac{1}{x - x_g} -$$

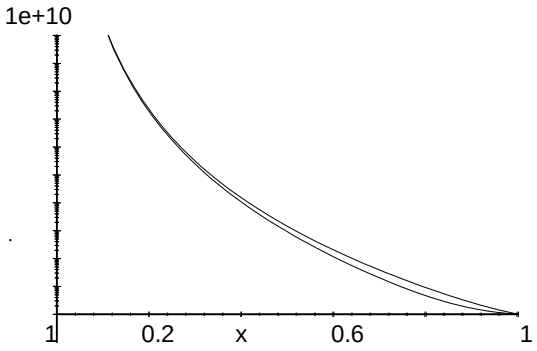
$$- \frac{c_3}{c_4 c_1 x^{1/2}}\frac{1}{(x-x_g)^2} + 1 - \frac{c_{17}}{c_1} + \frac{c_3}{c_1} + \frac{c_2+4}{c_1} - \frac{c_{16}+c_{12}}{c_1} + \frac{3c_3}{2c_4 c_1}$$

$$f_8(x) = \frac{c_{15}x^2}{2c_4 c_{11}} + \frac{c_4+1}{c_4 c_{11}}x - \frac{1}{c_4 x} - \frac{c_{16}+c_{12}}{3c_4 c_{11}x^3} - \frac{1+c_1+c_3}{c_4 c_{11} x^{1/2}}(x - x_g - 1) +$$

$$+ 1 - \frac{c_{15}}{2c_4 c_{11}} - \frac{c_4+1}{c_4 c_{11}} + \frac{1}{c_4} + \frac{c_{16}+c_{12}}{3c_4 c_{11}}$$

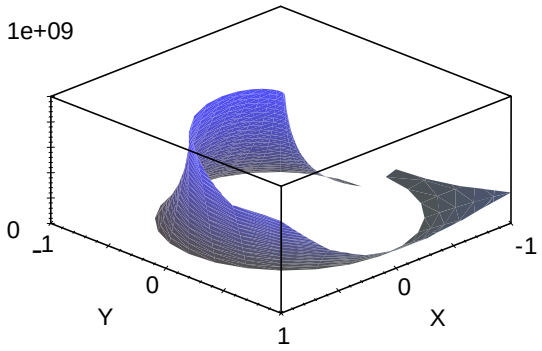
То е приближено, но дава добра идея за устойчивостта и еволюцията на диска.

Функциите f_i отговарят на ρ, v_r, v_s, B_r, B_φ в потока; дебелината H на диска и коефициентите ω и k_φ. Константите c_i са безразмерни комбинации на началните стойности ρ_0, v_{r0}... при външният ръб, където сме приели r_0 да бъде $10^3 R_g$. Тук ще илюстрираме някои от възможностите на модела за описание на радиалната структура на диска при реални обекти.



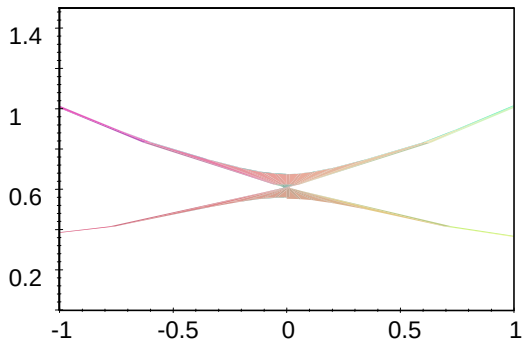
Фиг. 1: безразмерната функция на разпределение на плътността $f_1(x)$ по диска в два ключови момента от неговата еволюция: $t \approx 0$ и $t=1P \sim \Omega_0^{-1}$ след разстилането му.

На фигурата се вижда как интензивността на втичане нараства за един период.



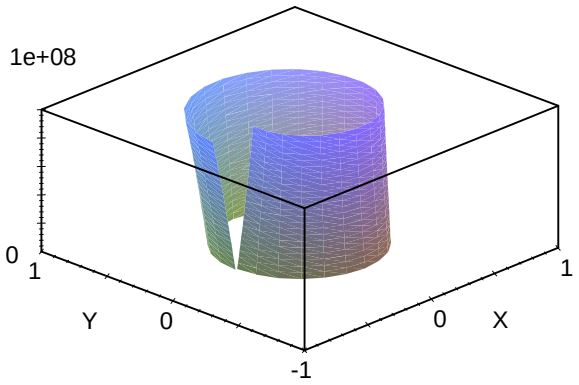
Фиг. 2: показва безразмерната функция на разпределение на масовата плътност $f_1(X, Y)$ в не-осиметричен МХД модел.

Разцепването на повърхностното разпределение обозначава началото на спиралата $x \approx 0.8 \div 0.9$.



Фиг. 3: това е безразмерна функция на разпределение на радиалната скорост $f_2(X, Y)$ в момента $t \approx \Omega_0^{-1}$.

Профил за фиксирана ъглова координата $\pm\varphi \sim const$. Профилите показват два отделени клона на функцията по целия диск. Имаме едновременно увеличаване и намаляване на радиалната скорост. Това означава, че флуида независимо преминава в двете посоки. Такова поведение подсказва недвусмислено наличие на микро- вихри по целия диск (структури, а не турбулентност, ако се дължеше на нея скоростта не би имала точно две определени приоритетни направления, би била хаотична и щяхме да наблюдаваме сумарния ефект).

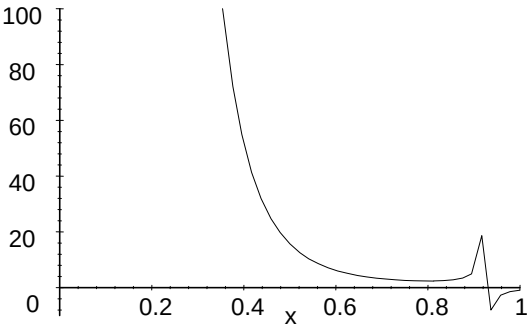


Фиг. 4: това е безразмерна функция на разпределение на радиалния компонент на магнитното поле $f_5(X, Y)$.

Скока в повърхнинното разпределение на функцията се наблюдава при $x \sim 0.5$. следователно MHD неустойчивостите се очакват за $r < 500R_g$. Това напълно се съгласува и със бързото отслабване на полето като цяло, във външните области на диска.

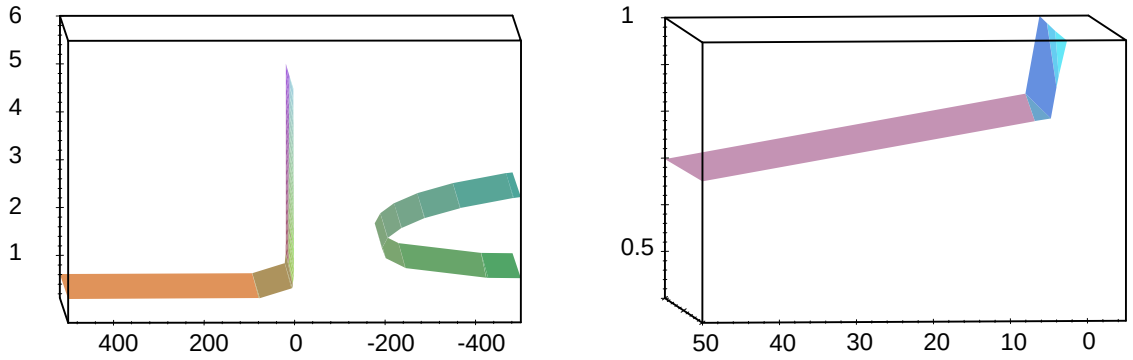
Глобалното решение може да се използва за да се получи локалното затопляне от което именно зависи появата и захранването на неустойчивостите.

$$K = \frac{\alpha a_2 \left[\frac{x}{4(x-x_g)^2} + \frac{x^2}{(x-x_g)^3} + \frac{x^3}{(x-x_g)^4} \right] + \alpha_m \left(a_6 x^6 + a_7 x^5 + a_8 x^4 \right)}{-2\frac{a_4}{\alpha_m{}^2} x^{15} - \frac{a_4}{\alpha_m{}^2} x^{13} + a_3 x^9 - a_5 x^8 + 2a_1 x^6 + a_1 x^4}$$

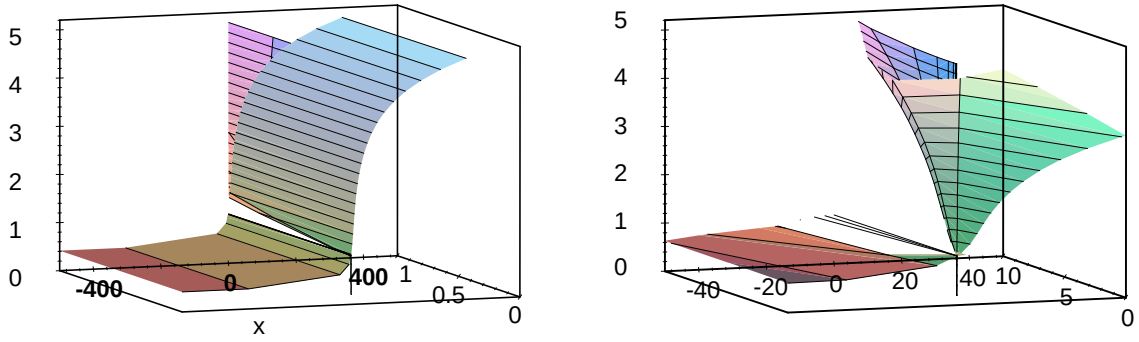


Фиг. 5: Разпределение на локалното затопляне по диска K(x).
Особеният елемент в началото на разпределението вероятно съответства на отделянето на вторичната спирала от първичния фронт.
Следва част от диска в топлинно равновесие.
И най вътрешния регион **x < 0.6**, където няма ефективно охлаждане.

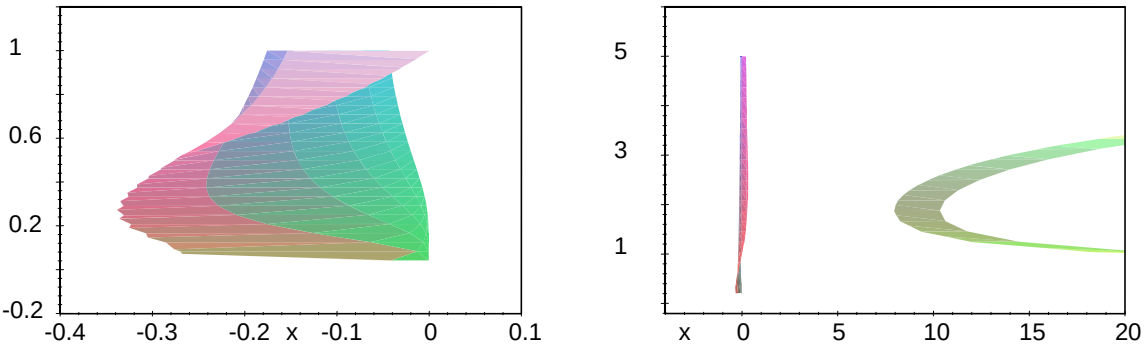
Тогава ако разгледаме локалното поведение на същите тези величини, в някакви криволинейни кутийки (в които мерим x и φ в единици R_g), те придобиват следния вид:



Фиг. 6: Локално развитие на масовата плътност



Фиг. 7: Локално развитие на радиалната скорост



Фиг. 8: Локално развитие на радиалния компонент на магнитното поле

Масовата плътност проявява своята нелинейност и неоднозначност, като при това липсата на вещество (фиг.6) в някаква област недвусмислено подсказва наличието на структура. Това напълно се съгласува и с глобалното разпределение (фиг.3) и с локалното развитие на радиалната скорост. На фиг.7 виждаме как горния клон на скоростта се нагъва точно в областта на локална липса на материя. Видимо там радиалната скорост пада и остава само ротиращата компонента. И накрая луфта (8б) и завъртането (8а) в радиалното поле завършват картината. Луфта означава, че няма магнитни линии в тази област, а завъртането в единия край и неоднозначността в другия говорят за наслагване и усукване – има структура.

Заключение

Резултатите дават нагледност за това какво се случва на макро- и микро-ниво. Паралелното им разглеждане дава възможност по-детайлно да се опишат физичните процеси. Можем да видим началото на спиралата, но също така локално хващаме и налична вихрова структура. Можем да следим промяната в интензитета на втичане във времето. А средното разпределение на затоплянето по диска носи информация за областите на ефективност на неустойчивостите.

Литература:

1. B i s k a m p D. MHD Turbulence, Cambridge University Press.
2. H a w l e y J. F., S. A. B a l b u s . AJ, 573, 749, (2002)
3. H a w l e y J. F., J. H. K r o l i k . AJ, 566, 164, 2002.
4. I a n k o v a Kr. D., L. G. F i l i p o v. ”Influence of the magnetic field of the compact object on the accretion disk – results’’ BAM 2004, Aerospace Research in Bulgaria, No. 20, p. 167–170 (2005). *http://www.space.bas.bg/astro/Rogen2004/StPh-2.pdf*

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

СЪВМЕСТНОТО СЪЩЕСТВУВАНЕ НА ДВА ВИДА ДВИЖЕНИЕ НА ТЕЛА ВЪВ ВЪНШНИЯ КРАЙ НА СЛЪНЧЕВАТА СИСТЕМА

Деян Гочев, Пламен Тренчев, Константин Шейретски

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: dejan@space.bas.bg

Ключови думи: *астероиди, облак на Оорт, фрактална размерност, атрактор*

Резюме: *Критично са анализирани представите за съществуващите обекти и движението им в граничната област на слънчевата сиситема*

THE CO-EXISTENCE OF 2 TYPES OF BODIES' MOVEMENT IN THE OUTER SOLAR SYSTEM

Deyan Gotchev, Plamen Trenchev, Kontstantin Sheiretsky

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

Keywords: *asteroids, Oort's cloud, fractal dimension, attractor*

Abstract: *For the Solar system's boundary region a critical analysis is made of the concepts of existing objects and their movements*

За коментираната област се допуска, че е една от характерните области с протопланетни обекти. Намирайки се в преддверието на междузвездното пространство за нея са валидни няколко констатации: реално липсват надеждни данни и методи за наблюдение- почти всички са косвени и по аналогия; изводите са от моделиране на задача за 2(3) тела с умозрителни приближения- няма факти, задачата е нерешима, ситуацията е за >3 тела; не се отчитат удари, радиационни влияния; известен е само частично и приблизително химическият и структурен състав на телата; неизвестни са условията за качествени преходи в агрегирането и разпадането им в дву-фазна среда от прахова плазма и над-субметрови частици; спорно е хомогенното им и изотропно разпределение; има съмнения за валидността на формата на гравитационното взаимодействие и/или за противоречивото влияние на 'тъмна материя'; очевидна, но неизвестна е ролята на запазващия се момент на въртене.

Безплодността на опитите да се скрои 'мозайка' от кинетичен и МХД-описания би стимулирала създаването на нова парадигма. Неизбежен е конфликтът 'сетива-абстракция', като за избягването на гносеологично блокиране би спомогнало синкретично разработване на анти-ентропиен подход. Разумно е да се работи в парадигмата на йерархия от 'гранични/преходни области', в които има атракторни басейни с размита устойчивост по пространствени мащаби. Преходите между последните освен от собствената синергетична еволюция се определя и от непредсказуемото квази-импулсно влияние на пертурбиращи фактори, както и от 'свързаност', съхраняваща енерго-структурен инвариант при нарастваща усложненост на системата. Тези движения са единия тип – дрейфуващи, квази-самостоятелни, някои по хиперболични траектории.

Подсказка за другия тип движение е фракталната размерност на атракторните басейни, т.е. за динамичен хаос, са кратните на 'златното сечение' ирационални стойности на

отношенията на орбитални параметри. Възможни са и някои подобия със самоорганизационни процеси в динамиката на популационно ‘ято’. Интересни са проучване са ограничителните условия за дребномащабните орбитални флуктуации по ди- и конвергиращите спирални траектории.

В митовете и фолклора, на десетки древни култури се споменава за гигантски цикъл на ‘тъмни’ и ‘златни’ времена, част от ‘голямата година’, потвърден и в изменчивостта на археологическите находки. Прецесията е едната причина и се проявява с проекцията на земната ос върху зодиака, която обяснява и редица особености в разпределението на моментите на въртене. По-неопределимата причина е поради движението на слънчевата система през разнородни области в междузвездното пространство, които влияят на процесите на Земята. Многократно и еднозначно е установено влиянието на околното електро-магнитно поле върху човешкия организъм и съзнание. Споменатите мегамащабни въздействия дестабилизират балистичните условия по външния периметър на слънчевата система, което естествено причинява катастрофични изменения и на Земята.

Натрупването на надкритичен брой наблюдателни ‘парадокси’ (напр. регистрирани от WISE ‘точкови’ инфра-червени обекти), за чието обяснение се избягват ‘ренормализционни’ трикове би преформулирало представите си за универсалност и абсолютност. Възможно е и да сме свидетели на началото на разплитането на този ‘Гордиев възел’ от несъответствия в космогоничните ни представите.

Литература:

1. http://ufn.ru/ru/articles/2007/5/b/.
2. http://ufn.ru/ru/articles/2005/2/c/.
3. http://arxiv.org/abs/0912.0596.
4. http://www.inauka.ru/astronomy/article97541.html.

Special session

Small Satellite BalkanSat

Chairman: Prof. Petar Getsov
Secretary: Sen. Res. Roumen Nedkov

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

СИСТЕМА ЗА ОРИЕНТАЦИЯ И СТАБИЛИЗАЦИЯ НА МИКРОСПЪТНИК ЗА ДИСТАНЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗЕМЯТА

Михаил Владов[1], Ион Бостан[2], Дмитрий Добров[3], Алексей Долгополов[4], Петър Гецов[5], Виктор Пътов[6], Борислав Станев[7], Теодор Бобев[8]

[1,2]Технически университет, Молдова, [3,4]"Comelpro" SRL, Молдова, Кишинев,
[5,6,7,8]Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: [1]mvladov@adm.utm.md, [2]ibostan@adm.utm.md, [3,4]Comelpro@mail.ru,
[5]director@space.bas.bg, [6]vpatov@space.bas.bg, [7,8]bstanev@space.bas.bg

Ключови думи: *Система за ориентация и стабилизация, маховици, електромагнитни бобини, магнитометър, слънчев датчик, звезден датчик, магнитна ориентация, гравитационна ориентация.*

Резюме: *Разгледани са възможностите за построяване на системата за ориентация и стабилизация (СОС) на микроспътник за дистанционно изследване на Земята. Представен е съставът на СОС, изискванията за точността, принципът за построяване. Анализирани са съществуващи системи за ориентация и стабилизация, посочени са проблеми, възникващи при построяване на такива СОС, набелязани са пътищата за решаване на тези проблеми.*

MICROSATELLITE ORIENTATION AND STABILIZATION SYSTEM FOR REMOTE SENSING OF THE EARTH

Michael Vladov[1], Ion Bostan[2], Dmitry Dobrov[3], Alexei Dolgopolov[4], Petar Getsov[5], Victor Patov[6], Borislav Stanev[7], Teodor Bobev[8]

[1,2]Technical University, Moldova, [3,4]"Comelpro" SRL, Moldova, Kishinev,
[5,6,7,8]Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: [1]mvladov@adm.utm.md, [2]ibostan@adm.utm.md, [3,4]Comelpro@mail.ru,
[5]director@space.bas.bg, [6]vpatov@space.bas.bg, [7,8]bstanev@space.bas.bg

Keywords: *Orientation and stabilization system, reaction wheels, electromagnetic coils, magnetometer, sun sensor, star sensor, magnetic orientation, gravity orientation.*

Abstract: *The possibilities for constructing a microsatellite orientation and stabilization system (OSS) for remote sensing of the Earth are considered. The composition of the OSS, the accuracy requirements and the construction principle are presented. Existing orientation and stabilization systems are analyzed, the problems arising in the construction of such OSSs are considered, the ways to solve these problems are identified.*

Основното предназначение на микроспътника (МС) с маса около 50 kg е дистанционното изследване на Земята с пространствено разрешение 25 – 30 метра, затова при построяването на системата за ориентацията и стабилизацията му (СОС) изхождаме от изискванията към точността на ориентацията на датчика за дистанционното сондиране на Земята, които на настоящия етап от разработките са следните:

– максимална грешка на ориентацията в орбиталната координатна система - не повече от 0,1°;

– грешка при определянето на ъгловата скорост по трите оси - не по-голяма от 0,002 – 0,004 °/s;

– възможност за получаване на данните за ориентацията на космическия апарат по всяко време;

– маса на системата - 5 – 10 kg;

– консумирана мощност - 10 – 15 W.

СОС трябва да функционира на кръгова орбита на височина 600 – 900 км и наклон 97 – 100° и да решава следните задачи:

– демпфиране на ъгловите скорости на МС и ориентиране на слънчевите батерии към Слънцето след извеждането на работната орбита и отделянето от средствата за извеждане;

– осигуряване на програмни завъртания на МС относно избраната координатна система;

– ориентация на МС при функционирането на орбитата относно избраната координатна система;

– подаване на информация за ъгловото положение на МС относно избраната координатна система.

За изпълнение на тези изисквания в МС е необходимо да се реализира триосна комбинирана (активно-пасивна) СОС с гравитационна щанга, реактивни колела (маховици) и токови бобини за гасене на остатъчните моменти.

В състава на СОС влизат следните елементи:

1. Датчици:

– двукоординатен слънчев датчик с грешка на измерването до 0,1°;

– звезден датчик;

– блок влакнесто-оптични измерители на ъгловите скорости;

– магнитометър с грешка на измерването до 1,0°.

2. Активни елементи:

– управляващи маховици с кинетичен момент до 0,2 N.m.s,

– електромагнитни бобини с магнитен момент до 2 $A.m^2$.

3. Пасивни елементи:

– гравитационна щанга.

4. Блок за управление.

Използването в микроспътника на конкретни изделия от изброените по-горе елементи на СОС се определя от следните критерии:

– точност;

– диапазон на измерване;

– маса и габарити;

– консумирана енергия.

Необходимо е да се включи и критерий “достъпност” (възможност за доставка и цена на елементите).

Предложените принципи за ориентация и стабилизация на МС в определена степен вече са реализирани в някои микроспътникови платформи, например Tubsat-N, Германия [1]; Sunsat, ЮАР [2]; QuikToms [3]; PROBA, Белгия [4]; ЧИБИС, Русия; Прозрачный МИР-М, Русия и др. Някои от изброените МС са в проект, някои летят, други са претърпели авария при старта или в полет.

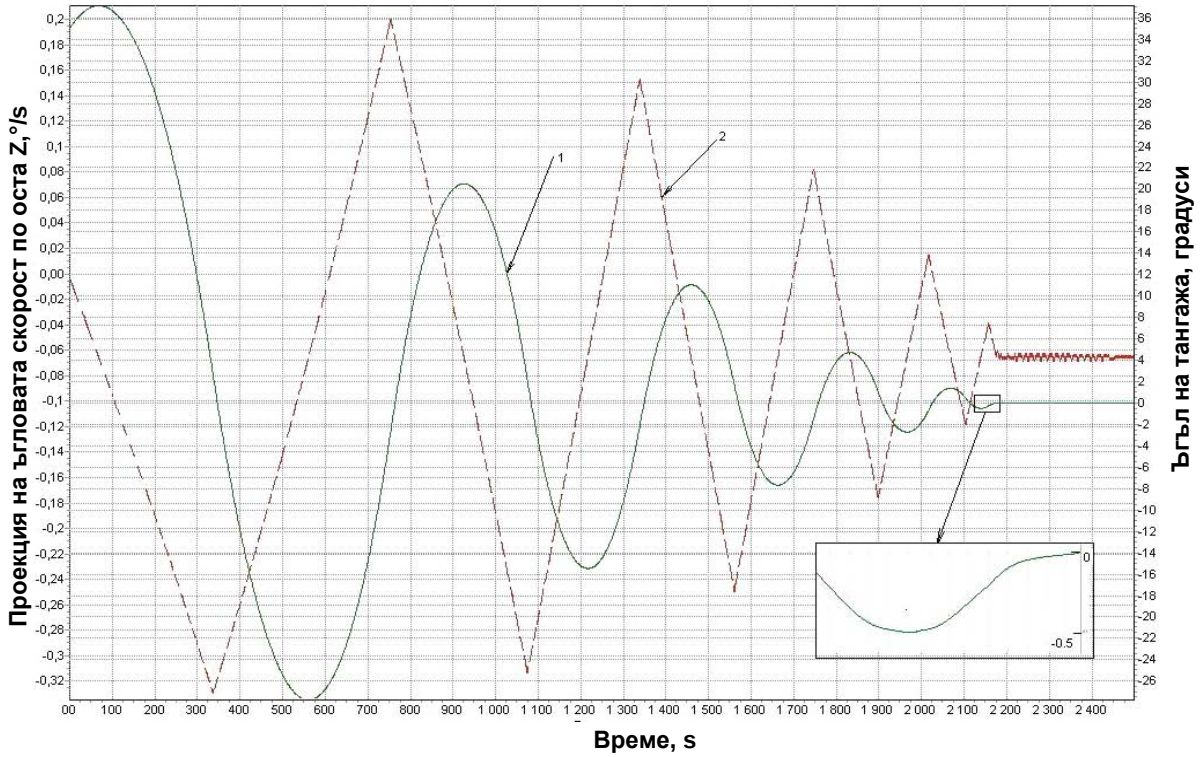
Необходимо е да се отбележи, че реализацията в МС на 3-координатен активен маховичен принцип на ориентация има определени сложности. Най-напред това е свързано с влиянието на паразитните моменти за този клас спътници, тъй като при това управляващите моменти стават, ако не сравними с паразитните, то, в крайна сметка, значително се приближават до тях, в сравнение с управляващите моменти на масивните спътници. В работата [5] е предложен алгоритъм за управление на двигателите-маховици за стабилизация на ъгловото движение на МС относно някакво избрано равновесно положение. Въртенето на спътника се погасява чрез преразпределяне на кинетичния момент между корпуса на спътника и маховиците. Но може да възникне критична ситуация, когато един или няколко маховика достигат максимално възможния кинетичен момент, което прави невъзможна работата на алгоритъма. За този случай се предвижда система за разтоварване на маховиците, която се включва при достигане от маховиците на максимални значения на кинетичния момент, например, електромагнитни бобини. Проработени са съответните алгоритми за разтоварване. Освен това, при избора на алгоритъма за управление на МС трябва да се отчита и критерия за оптималност на енергетичните загуби.

В работата [6] за СОС, използващи маховици и токови бобини, се разглежда възможността и особеностите на алгоритмите за управление с един или три маховика на борда на МС, алгоритмите за тяхното разтоварване, проблемите, свързани с включването и изключването на маховиците на борда.

Обикновено в практическите задачи за управление на ъгловото движение на спътника за формиране на управляващите сигнали се използва пропорционално-диференциален закон за управление. Проблемите в този случай са свързани с големите загуби на енергия, с точността на изпълнение на ъгловите движения, продължителното време за успокоение на спътника след завършване на развъртането. На настоящия етап авторите на тази работа съвместно разработват комбиниран закон за управление движението на спътника. При комбинираното регу-

лиране систематичните и програмните смущения се реализират с отворена схема за управление (управление по смущение), а случайните смущения – със затворена (управление по отклонение).

Прието беше някои алгоритми от горепосочените работи да се използват в програмното осигуряване на СОС на микроспътника за дистанционно изследване на Земята и те сега се намират на етапа на програмно тестване. Например, беше проведено числено моделиране на алгоритъма за управление на МС с електромагнитни бобини. В този алгоритъм за триосна магнитна стабилизация управляващият магнитен момент се състои от две съставящи - ориентираща и демпфираща. На фиг.1 е показано изменението на ъгъла на тангажа на МС във времето, от което се вижда, че стабилизирането по тангажа в границите на ±0,5° настъпва след не помалко от 30 минути. Но в зависимост от коефициентите на управлението, съотношенията на инерционните моменти, моментите на превключване на управлението, това време може да достига десетки часове. Оценката на точността на стабилизация показва, че алгоритъмът може на практика да се използва за триосна стабилизация на отделни режими на полета на МС.



Фиг. 1. Моделиране на въртеливото движение на спътника при използване на магнитна ориентации: зависимост на ъгъла на тангажа (1) и ъгловата скорост (2) от времето.

На същия програмен модел за управление при полярни орбити беше проверена възможността за управление на МС с използване на токови бобини по тангажа и крена в полярните ширини и по тангажа и курса в екваториалните ширини. Тук за триосна стабилизация на спътника в орбиталната координатна система се използва разпределен във времето закон за управление: на всеки от времевите етапи за стабилизация се използва непрекъснато по участъци едноосно управление.

Предвижда се тези алгоритми да се проверят с макет на МС на лабораторния стенд за отработка на начините за управление на ориентацията на малки космически апарати, предложен в работата [7].

За предварително успокоение на МС, веднага след отделянето от носителя се предлага да се използва така наречения B-dot алгоритъм. Той достатъчно често се използва в микроспътниците [8]. Бобините на магнитната система генерират магнитен момент, пропорционален на скоростта, с която се изменя векторът на индукцията на земното магнитно поле, взета с обратен знак. Разработено е програмно осигуряване по реализацията на този алгоритъм на МС. Беше извършено числено моделиране на алгоритъма за предварително успокоение на МС, резултатите са показани на фиг. 2.

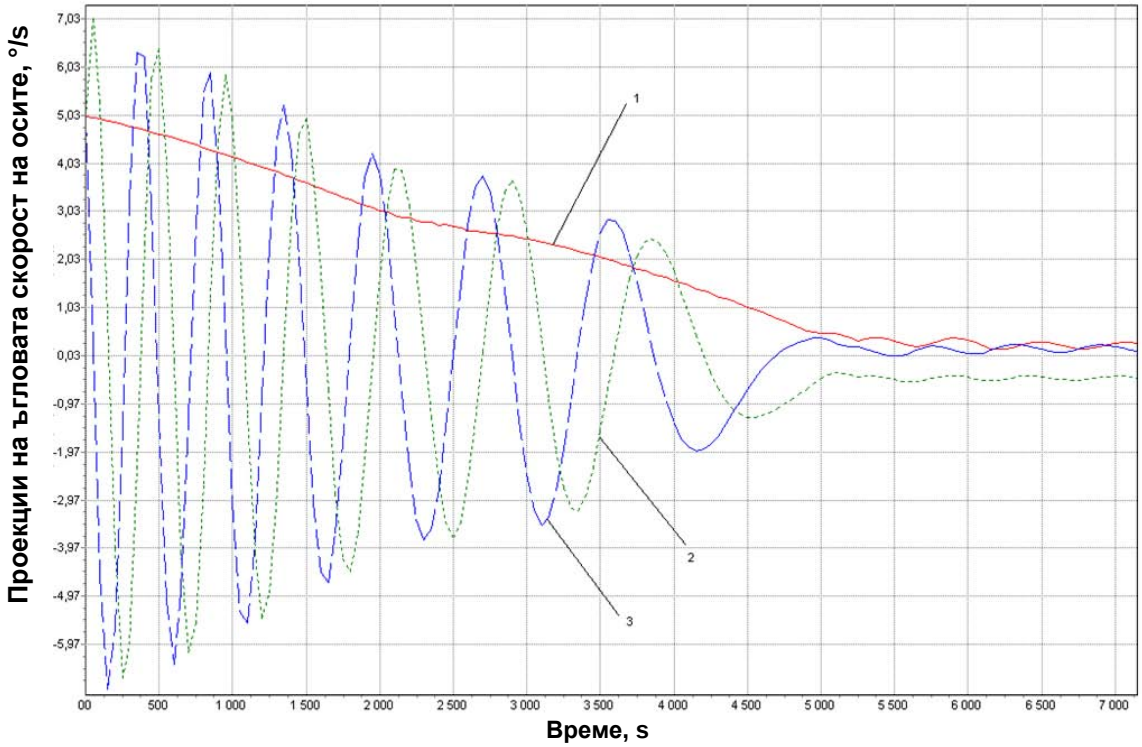


Рис. 2. Моделиране на въртеливото движение на спътника при използване на B-dot алгоритъма: зависимост на ъгловата скорост на спътника по крена (1), курса (2) и тангажа (3) от времето, начална ъглова скорост на спътника 5 °/s.

Някои от принципите за работа на СОС на МС бяха проверени с помощта на програмното осигуряване Microsatellite Modeler [9], предназначено за пресмятане движението на спътниците по произволни околоземни орбити.

За постигане на характеристиките на СОС по точност, отчитайки, че датчиците на системата имат грешка при измерването 0,1° и по-голяма, се предлага да се използва математически апарат на базата на филтъра на Калман, осигуряващ грешка при определяне на ориентацията на МС не повече от 0,1° и грешка при определяне на ъгловата скорост не повече от 0,004 – 0,01 °/s. Извършено е моделиране на системата за определяне на ориентацията с непълен състав датчици и активни елементи с използване на филтъра на Калман и пакета програми MATLAB.

Литература:

1. http://tubsat.fb12.tu-berlin.de/Tubsat-N.html
2. Новости космонавтики № 4,1999
3. www.orbimage.com
4. Новости космонавтики № 12, 2001
5. Черемисин В. В. Реализация маховичной системы ориентации и стабилизации углового движения малых спутников. Труды совещания “Управление движением малогабаритных спутников”, ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, Москва, 2006.
6. Карпенко С. О. Алгоритмы управления ориентацией микроспутников. Труды совещания “Управление движением малогабаритных спутников”, ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, Москва, 2006.
7. Зараменских И. Е., С. О. Карпенко, А. М. Овчинников, А. С. Середницкий, С. В. Фокин, Е. А. Цветков. Лабораторный стенд для отработки способов управления ориентацией малых КА. Труды совещания “Управление движением малогабаритных спутников”, ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, Москва, 2006.
8. Whitford C., D. Forrest. The CATSAT Attitude Control System. 12th AIAA/USU Conference on Small Satellites, 1998.
9. http://microsat.sm.bmstu.ru

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ТЕРИТОРИАЛНОТО ПОКРИТИЕ НА ИСЗ "БАЛКАНСАТ"

Константин Методиев, Петър Гецов

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: komet@space.bas.bg, director@space.bas.bg

DETERMINATION OF EARTH COVERAGE FOR THE ARTIFICIAL SATELLITE "BALKANSAT"

Konstantin Metodiev, Petar Getsov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: komet@space.bas.bg, director@space.bas.bg

Ключови думи: *Изкуствен спътник на Земята, орбитална динамика, зонално покритие*

Резюме: *В настоящия доклад са представени резултатите от анализа на движението на изкуствен спътник на Земята по кръгова слънчевосинхронна орбита. Поставената задача е определянето на времето на пребиваване на наземната цел в обсега на бордовия сензор, както и брой пребивавания на целта в обсег в рамките на едно денонощие. Параметрите на орбитата съвпадат с проектните на ИСЗ „БалканСат", а наземната цел е зададена на територията на гр. София. За нуждите на анализа е използван продуктът „Satellite Tool Kit" v. 6.0.0 на фирмата „Analytical Graphics, Inc" (САЩ).*

1. Въведение

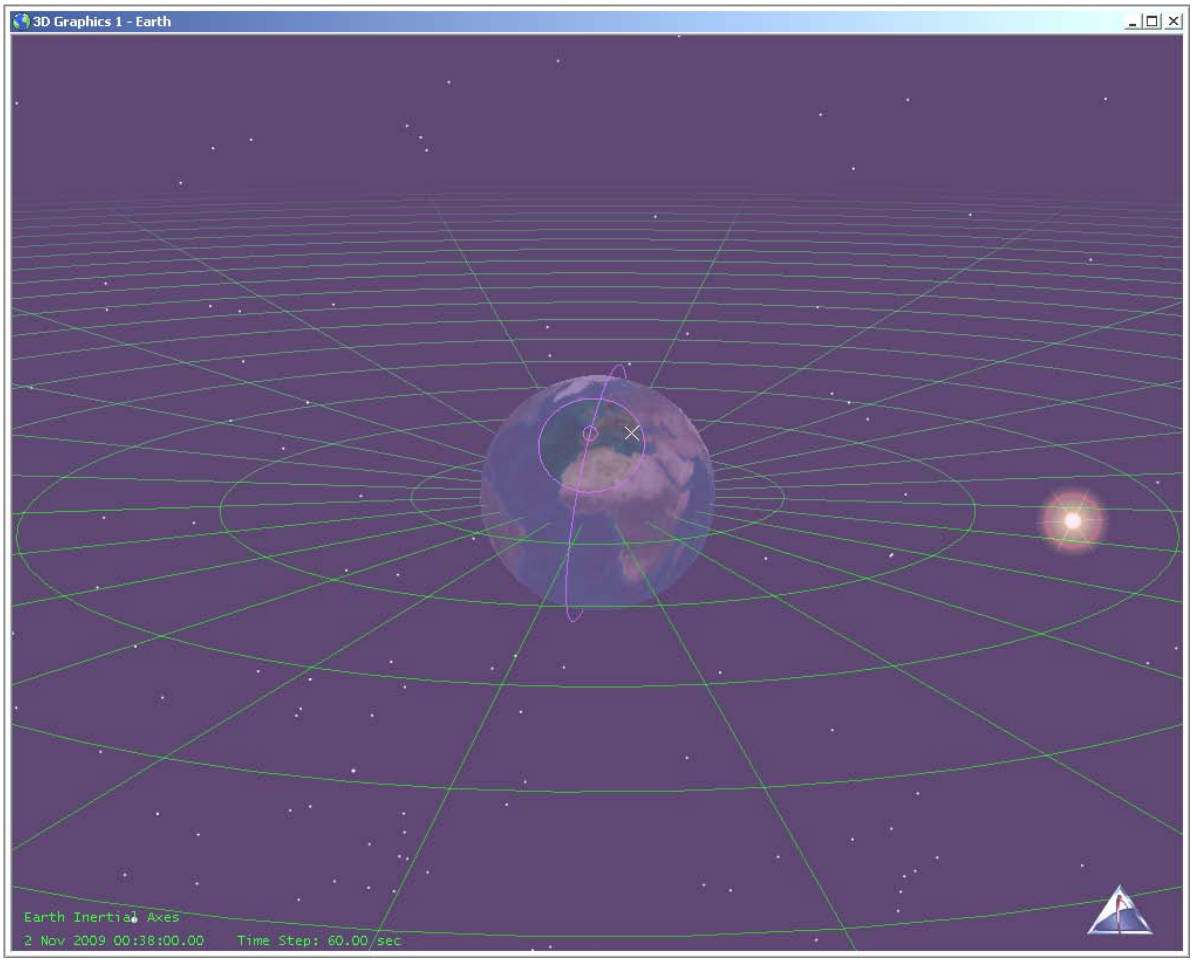
„Satellite Tool Kit" е софтуерен пакет от фирмата „Analytical Graphics, Inc.", който позволява на инженери и учени да разработват сложни симулации от динамиката на полета на летателни апарати с приложна цел. Продуктът по начало е създаден за решаване на задачи за определяне на орбити на ИСЗ. Днес с негова помощ могат да се анализират мисии на всички видове летателни апарати, плавателни съдове и наземни превозни средства.

„Satellite Tool Kit" е бил използван за първи път за анализ на орбити и оценка на видимостта на ИСЗ от наземна станция. С течение на времето софтуерът се разраства така, че с пакета е възможно да се анализират междупланетарни мисии, да се решава задачата за избягване на сблъсък в орбита, вероятност за откриване на движеща се цел по земната повърхност, задачи от балистиката и др. Наличието на 3D графична среда мотивира военните в САЩ да използват продукта за визуализация в реално време на разположението на военни подразделения по суша, въздух и вода, а така също и сателити в околоземна орбита. Решава се в последствие задачата за определяне на видимостта между отделните подразделения и сателита.

Продуктът е комерсиален, но се разпространява безплатно от фирмата производител за нуждите на образователен процес. Сериозно ограничение е фактът, че актът на издаване на всеки лиценз се разглежда отделно от гледна точка на националната сигурност на САЩ. В настоящия доклад е използвана сравнително стара версия на продукта, за която не са валидни споменатите ограничения. Резултатите от проведените изследвания се използват единствено с научна цел.

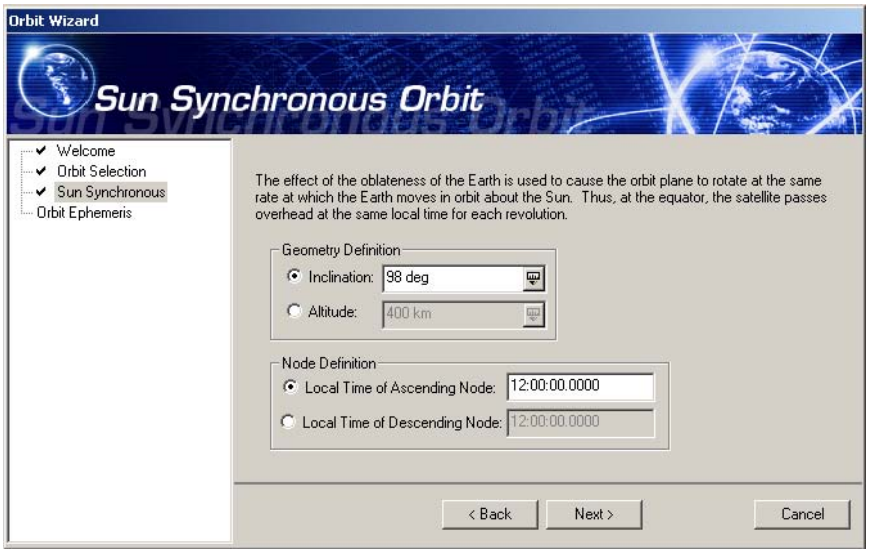
2. Начални условия на задачата

В представения симулационен модел наземната цел е неподвижна с координати 42°42'СШ, 23°20'ИД и надморска височина 550 м (град София). Обзорното поле на бордовия сензор е конус с различни стойности на ъгъла при върха (фиг. 1). Избраната координатна система е геоцентрична инерциална J2000, за която в Юлианска епоха 01 Януари 2000 координатната ос X сочи към точката на пролетното равноденствие, ос Z е ориентирана по оста на въртене на Земята и ос Y допълва системата до дясно ориентирана.



Фиг. 1

В модула „Orbit Wizard" (фиг. 2) се предлага възможност за избор на различни видове орбити от гледна точка на техния вид и ориентация на тяхната равнина. Например изборът на опция „Sun Synchronous" (слънчевосинхронна орбита) свежда диалога по-нататък до определяне на инклинацията i и местното време на линията на десния възходящ възел. Зададените стойности са съответно 98° и 12:00:00 h. На тази база софтуерът автоматично определя ъгъла на десния възходящ възел Ω = 221.273°, ексцентрицитет e = 0, главна ос a/2 = 7030.45 км, истинска аномалия v = 0°, аргумент на перигея ω = 0°. В допълнение бе зададено гравитационно смущение до 4-ти зонален хармоник, маса на спътника 50 кг и минимална стойност на ъгъла на възвишение на спътника над хоризонта 10°.



Фиг. 2.

Съображенията за избор на стойността на инклинацията следват от обстоятелството, че линията на възлите трябва да е фиксирана относно положението на Слънцето. Батин [Battin, 99] извежда формула, даваща връзка между изменението на възходящия възел с течение на времето и инклинацията на орбиталната равнина:

$$(1)\quad \frac{d\Omega}{dt} = -\frac{3}{2} J_2 \left[\frac{r_{eq}}{a\left(1-e^2\right)}\right]^2 \sqrt{\frac{\mu_E}{a^3}} \cos i$$

където

$J_2 = 0.00108263$

$r_{eq} = 6378$ км е екваториалния радиус на Земята

$a/2 \approx r_{eq} +$ ***височина*** е главната ос на орбитата

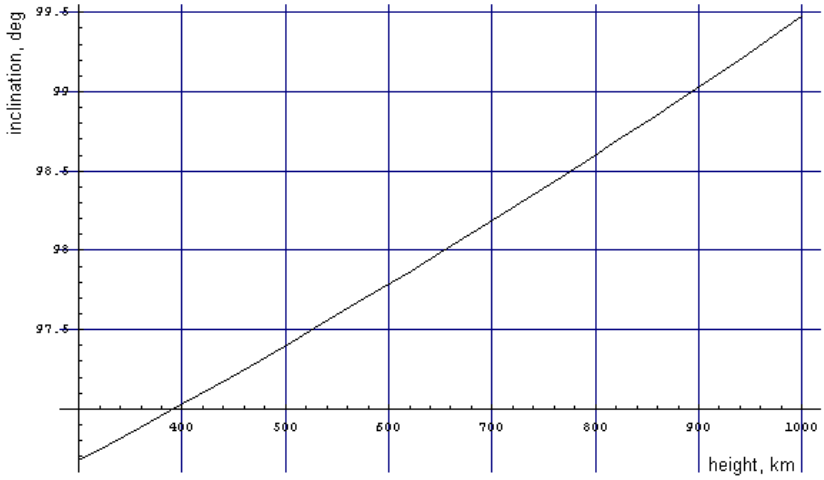
$e = 0$ ексцентрицитет

$\mu_E = 398600.4418$ km^3/s^2 е стандартен гравитационен параметър за Земята

Идеята, която се използва във формула (1), е да се приравни лявата страна dΩ/dt на главното движение на Земята около Слънцето. Последното се определя от израза:

$$(2)\quad n_E = \sqrt{\frac{\mu_S}{{a_E}^3}} = \sqrt{\frac{132712438}{149600^3 * 10^6}} = 1.99094 * 10^{-7}, s^{-1}$$

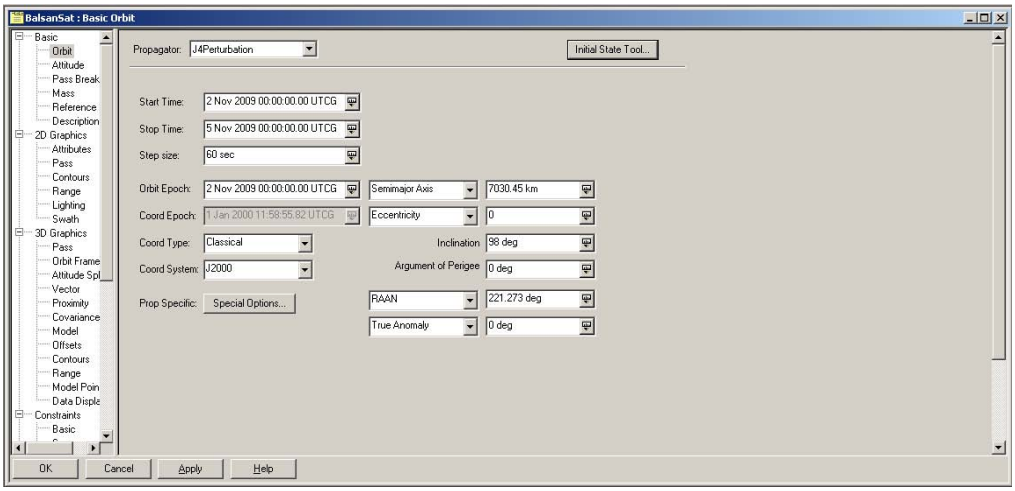
Като резултат се получава следната графика на зависимостта между необходимата за реализиране на слънчевосинхронна орбита инклинация на орбиталната равнина и височината на полета:



Фиг. 3.

Последната информация, необходима за стартиране на модела, е задаване на начална и крайна дата на проследяване на спътника. Избран бе периода 02 Ноември 2009 00:00:00 h до 05 Ноември 2009 00:00:00 h универсално време (UTCG).

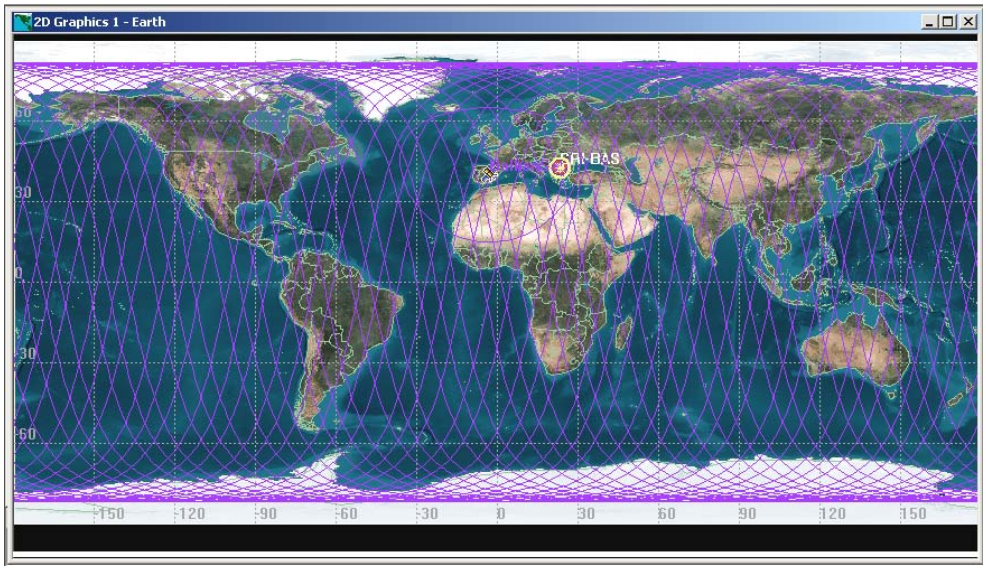
Диалоговият прозорец, в който се въвеждат описаните данни е показан на следната фигура:



Фиг. 4.

2. Резултати

Движението на подсателитната точка в посочения интервал от време е изобразено на фиг. 5. Участъците от орбитата, в които целта попада в полезрението на бордовия сензор, са изобразени с дебела линия. На фигурата е показано и обзорното поле на спътника за текущите географски координати на подсателитната точка.



Фиг .5.

В следствие на проведената симулация се получи изчерпателна информация за времето на пребиваване на спътника в обзорното поле на сензора, стойности на деклинацията и ректасцензията при изгрев и залез на спътника, време на сеанса и др. Част от резултатите, за ъгъл при върха на обзорното поле 80°, следват.

Coverage for BalkanSat-Sensor1

Access	Access Start (UTCG)	Access End (UTCG)	Duration (sec)	Asset Full Name
1	2 Nov 2009 00:30:22.72	2 Nov 2009 00:40:16.11	593.389	SRI-BAS
2	2 Nov 2009 08:17:51.83	2 Nov 2009 08:28:08.24	616.405	SRI-BAS
3	2 Nov 2009 09:52:22.85	2 Nov 2009 10:05:52.04	809.190	SRI-BAS
4	2 Nov 2009 11:31:49.34	2 Nov 2009 11:41:20.37	571.036	SRI-BAS
5	2 Nov 2009 21:44:19.89	2 Nov 2009 21:56:20.25	720.365	SRI-BAS
6	2 Nov 2009 23:20:46.43	2 Nov 2009 23:33:53.52	787.084	SRI-BAS
7	3 Nov 2009 00:59:26.04	3 Nov 2009 01:06:30.62	424.586	SRI-BAS
8	3 Nov 2009 08:44:50.26	3 Nov 2009 08:56:45.54	715.276	SRI-BAS
9	3 Nov 2009 10:20:42.12	3 Nov 2009 10:33:55.59	793.468	SRI-BAS
10	3 Nov 2009 12:02:43.08	3 Nov 2009 12:07:38.47	295.389	SRI-BAS
11	3 Nov 2009 20:39:43.92	3 Nov 2009 20:41:38.64	114.725	SRI-BAS
12	3 Nov 2009 22:12:07.98	3 Nov 2009 22:25:11.75	783.767	SRI-BAS
13	3 Nov 2009 23:49:09.61	4 Nov 2009 00:01:23.99	734.379	SRI-BAS
14	4 Nov 2009 07:40:09.96	4 Nov 2009 07:46:12.34	362.386	SRI-BAS
15	4 Nov 2009 09:12:14.66	4 Nov 2009 09:25:11.19	776.533	SRI-BAS
16	4 Nov 2009 10:49:26.34	4 Nov 2009 11:01:47.45	741.115	SRI-BAS
17	4 Nov 2009 21:04:58.97	4 Nov 2009 21:13:39.81	520.839	SRI-BAS
18	4 Nov 2009 22:40:08.84	4 Nov 2009 22:53:37.11	808.272	SRI-BAS

Разликата в резултатите е драстична ако се намали ъгъла на обзорното поле от 80° на 45°.

Coverage for BalkanSat-Sensor1

Access	Access Start (UTCG)	Access End (UTCG)	Duration (sec)	Asset Full Name
1	2 Nov 2009 09:57:22.52	2 Nov 2009 10:00:45.96	203.441	SRI-BAS
2	2 Nov 2009 23:26:34.65	2 Nov 2009 23:28:11.01	96.361	SRI-BAS
3	3 Nov 2009 10:26:26.21	3 Nov 2009 10:28:04.40	98.186	SRI-BAS
4	4 Nov 2009 22:45:18.10	4 Nov 2009 22:48:34.47	196.373	SRI-BAS

4. Дискусия

Разглежданият експериментален случай до известна степен е идеализиран, тъй като не са въведени географските особености на района около целта така, че „ниските" орбити да се отсеят, а само ограничение в ъгъла на възвишение (10°). Въпреки това, получени са 18 откривания на целта от спътника в рамките на три денонощия за ъгъл при върха на конуса 80°. Средната продължителност на един сеанс в зоната на видимост е 7.4 минути. Следва обаче да се има в предвид, че този резултат до голяма степен зависи от вида и геометричните параметри на обзорното поле на бордовия сензор. За ъгъл при върха на обзорното поле на сензора 45° се получават само 4 откривания за 3 денонощия.

Получените резултати са оптимистични, но с оглед репутацията на дискутирания софтуер авторите считат, че са реални. Програмата може да се използва за проектирането на орбитата на ИСЗ при вариране на началните параметри (особено ъгълът на линията на възлите) и така да се получи оптималната.

Литература:

[B a t t i n, 99] B a t t i n, H. R i c h a r d. An Introduction to the Mathematics and Methods of Astrodynamics, Revised Edition, Massachusetts Institute of Technology, AIAA Education Series, Published by AIAA, © 1999, 799 pages, Hardback, ISBN-10: 1-56347-342-9, ISBN-13: 978-1-56347-342-5

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ИКОНОМИЧЕСКИ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЗА АЕРОКОСМИЧЕСКИ ПРОЕКТИ

Надя Маринова

Нов български университет

Въведение

Създаването и експлоатацията на дълго живущи космически съоръжения е дълготрайна тенденция в стратегията на големите космически сили – САЩ, Русия и др.

През август 1993 г. Русия и САЩ приемат идеята да се създаде една обща космическа станция. Това решение става съставна част от договора със САЩ, който определя правилата за присъствие на Русия на пазара на услугите за изстрелване на спътници и участието в договора за неразпространение на ракетни технологии.

Проектът за МКС става действително международен, когато към Русия и САЩ се присъединяват Канада, Япония и Европейската космическа агенция. Сега в този проект са включени общо 16 страни. Основните конструктивни компоненти се доставят от САЩ и Русия. Общият вътрешен обем на МКС след нейното сглобяване на орбита е с общ обем около 1200 m3 и тегло около 400 t. Разчита се на продължителност на функциониране 15 години.

Една от основните задачи, които ще се решават на МКС е Дистанционно изследване на Земята и екологически мониторинг, която включва и отработване на нови методи и средства на дистанционното изследване и екологическия мониторинг.

Този проект се оценява на 8 млрд. USD. Разработен е за постигането на няколко цели:

- насърчаване комерсиализацията в космическите изследвания,
- разширяване на международните връзки чрез включването на международни партньори
- непрекъснато развитие на космическата наука и технологии. Космическата станция представлява платформа в ниска орбита около земята, предлагаща разнообразие от ресурси (например мощност, среда с ниска гравитация, работна сила и лабораторно пространство), които могат да бъдат използвани от НАСА, РКА (Русия), ЕСА (Европа) и други страни с амбиции за космически изследвания. Станцията е един много сложен, многомерен R&D проект, за който добрият мениджмънт е съществена необходимост.

Разработени са няколко възможни варианта и тяхното осъществяване за функционирането, ценообразуването и еволюцията на космическата станция и обхвата на ползите, които трябва да се получат от потребителите. Въпреки, че понякога е трудно да се приеме, цените въздействат на поведението и използването на образци, което от своя страна се отразява на крайните приходи от всеки проект, предвиден да оперира в продължение на дълъг период от време. Модерните икономически анализи ни въоръжават с апарат за изследване тези приложения и да се оцени тяхното въздействие върху желаните цели.

Теоретични основи

Икономическата теория, която предлага най-много прогнози е **Теория на механизмите** или **теория на осъществяването**.

(А) Основната рамка на тази теория на организационното проектиране се базира на две ключови хипотези:

1) информацията, която е необходима за постигането на организационните цели е първоначално разпръсната и е трудно да се открие чрез обикновено наблюдение; и

2) индивидите разкриват тази информация и отговарят на инструкциите и изискванията, само ако е в техен интерес да направят това. Проектантът на институционалните правила, които определят кой какво да прави и на кого да го казва и кой какви действия да изпълнява, може да не прави нищо по отношение на първоначалното разпределение на информацията или мотивите на различните действащи лица в организацията. Проектантът може само да оптимизира предмета на организационните цели до информационните и поощрителни

ограничения. Но в рамките на тези ограничения може да има широк набор от опции, някои от които да бъдат много по-желателни от други (1).

Съгласно модела на тази теория най-напред се представя описание на средата на космическата станция (онези характеристики на проекта, които наистина не са под контрола на проектанта), след това накратко се дават някои от целите, които трябва да бъдат постигнати и накрая се представят някои варианти за конкурентно ценообразуване.

Космическата Станция

Космическата станция е множествен-продукт, който е във висока степен неопределен (нестабилен), и който е обществено предприятие, т.е. има широк спектър от потребители от обществения и частния сектори.

1. Технология и разходи

Космическата Станция (КС) е многономенклатурно обществено съоръжение. Основната интензивна първоначална капиталова инвестиция произвежда един реално съществуващ обект, който предоставя поток от ресурси през цялото време, изисквайки съответно ниски и вероятно сравнително постоянни за единица оперативни разходи. Но разликите между К С и стандартното съоръжение са важни. На К С технологията не е добре разписана и разбрана. Неизвестността съществува, защото тази технология никога преди това не е оперирала в Космоса в този мащаб. Второ, ресурсите, които ще бъдат произведени са необходими също така и като входни: мощността не трябва само да бъде предоставяна на потребителите на Космическата Станция, тя също така е необходим вход за поддържането на живота и за командните системи. Тъй като има значителна несигурност относно това колко от тези ресурси ще бъдат необходими за вътрешна употреба, то съществува, преувеличена несигурност относно нетните стойности достъпни за потребителите. Тези разходи за вътрешни нужди би трябвало да бъдат известни след като К С е в пълна експлоатация, но за всички договорни споразумения, направени предварително това е една съществена несигурност. По същия начин, тъй като тази технология е нова, има голяма несигурност по отношение на разходите за конструирането и оперирането. По тази причина това е един голям и сложен проект, за който е трудно да се намерят съпоставими (сравними) усилия. Стандартното обществено предприятие или регулираните модели на съоръжения, в които има задоволителна степен на сигурност относно технологиите, разходите и изискванията са просто неприложими като модели за Космическата Станция.

2. Потребление и ползи

Вече има едно невероятно разнообразие от потребители на Космическата Станция, но основните пет категории са: комерсиалните потребители, научните и технологични мисии на НАСА и Русия, други правителствени потребители от САЩ (главно от Министерството на отбраната), международните партньори (Канада, Европейската Космическа Агенция и Япония), и всички останали. Въпреки че всеки от тези класове потребители представя различни проблеми и ограничения по отношение на ценовите политики, те имат едно общо нещо. Ползите и търсенето са до голяма степен неизвестни на тях и на проектантите и операторите от Космическата Станция. Икономистите нямат абсолютно никакъв начин да използват модерните икономически анализи, за да определят търсенето (и по тази причина, може би, да се определи добавената стойност за потребителите) както това може да бъде направено при проектирането на ценовата политика за обществените електрически съоръжения. Също така не може просто да се иска от потенциалните потребители на КС точно да формулират колко от всеки ресурс те желаят да консумират и след това да се планира приблизително сумарният отговор. Дори и те да са сигурни относно своите ползи, те имат малък стимул да разкрият цялата своя информация. Ако таксуването не зависи от техните отговори, тогава те имат стимул да преувеличават своите нужди; ако таксуването зависи от техните отговори, тогава те имат стимул да претендират само за оскъдни ползи от употребата. Няма независим пазар за данните, които НАСА и Русия може да използват, за да се провери валидността на данните. (Някои данни са достъпни чрез STS, мисиите на совалките, които с изключение на пускането на сателитите се стремят към краткотрайни изследователски проекти, пуснати в полет фактически без такса. Изглежда че има много слаба връзка между тези проекти и дълготрайните такива като си представяме Космическата Станция). Правило при ценообразуването или друг организационен избор, е че не трябва да се счита, че информацията за правилното търсене или полза е достъпна.

3. Цели при ценообразуването

За да се дадат разумни анализи на алтернативна ценова политика за Космическата Станция, трябва първо да се анализират целите. Какво означава някой да се опита да доведе до край (да се справи с) ценовата политика? Както всеки икономист трябва да очаква, двата желани резултата са: 1) възстановяване на някои или всички разходи при проектирането, разработката и операцията, и 2) използването на Космическата Станция по ефективност щом тя влезе в действие. Според Ефективността на Парето, като се даде някой отделен вектор или желани резултати, сумарните разходи за жизнения цикъл на станцията и всички нейни полезни товари трябва да бъдат минимизирани с оглед да бъдат постигнати тези резултати. Това е по-широко отколкото минимизирането само на разходите по станцията, но е подходящо от една по-широка икономическа перспектива. Минимизацията на разходите по станцията по начин, който налага значително обременяване на потребителските разходи за построяването и оперирането на техните собствени полезни товари не само ще бъде неефективно по Парето, а може да се окаже и политически рисковано за НАСА, Русия и останалите участници.

Три други цели може да бъдат поне толкова важни, колкото първите две са представянето (промоцията) на 3) комерсиализацията на космоса, 4) науката и технологията, и 5) международните връзки. Те са важни, тъй като са свързани с трите основни потребителски групи: частната индустрия, технологичните и научни мисии на НАСА, Русия и останалите партньори, както и потенциалните международни партньори. Известно е, че проектите с по-голяма организация и с по-големи общи разходи и с по-малки операционни разходи, обикновено не са в състояние за задоволят всичките пет цели едновременно. Например, един не ефективен подход да се достигнат целите от 3-5 е да се предоставят ресурсите на станцията безплатно за тези потребители. Това очевидно влиза в противоречие директно с целта за възстановяване на разходите. Не толкова очевидно е също така противоречието за ефективното използване. Твърде малко ще бъдат потребителите, които ще използват прекалено много ресурси. Така че, въпреки че малък брой потенциални потребители ще има полза от политиката на “безплатния (свободния) достъп”, една по-голяма полза може да бъде получена от по-ефективната ценова политика. Последните три цели ще спечелят повече, ако Космическата Станция е използвана и действа по един колкото е възможно по-ефективен начин и че те също така биват спъвани, ако ценовата политика е неефективна; няма конфликт с втората цел. Ефективност означава “повече точни попадения”, т.е. повече придобити ресурси за вложен паричен ресурс, което означава възможност за снабдяване с повече полезен товар от всякакъв тип.

Възможно ли е противоречивите цели за възстановяването на разходите да бъдат решени по един разумен начин? За традиционните проекти с големи разходи по организирането, ниски маргинални (странични) разходи и задоволителна степен на сигурност, икономистите предлагат ценообразуване по Ремси за максимизиране на ползите в зависимост от направените разходи. Тази политика изисква или пряко познаване на функциите на търсенето (да се изчисли добавената стойност /активното салдо/ за потребителите директно), или един татонемичен процес с малко изкривяване. Никаква опция не е достъпна за Космическата Станция: несигурността на търсенето и ползата изключват предишните, докато несигурността на разходите (комбинирана с принципа на разкритието) изключва последните.

4. Възстановяване на разходите чрез официално обявено ценообразуване по “Средна цена”

Едно просто предложение, което предвижда изпълнението на целта за възстановяване на разходите с малка вреда за ефективността би било да се таксува една цена за всеки полезен товар, равен на себестойността на полета на совалката плюс един процент, който да покрие останалите разходи по пребиваването в Космическата Станция. Това е една разумна политика само при две допускания: 1) проектантите, строителите, операторите и потребителите на Космическата Станция са един екип (в смисъла на Якоб Маршак и Раднер, 1972 г.); те са съгласни с целите на Космическата Станция и, въпреки че може би са асиметрично информирани, са готови да предоставят цялата информация, която притежават при поискване; и 2) никой от потребителите няма да промени своите решения в резултат на цената, с която е таксуван (цените са определени само въз основа на разходите, а не на ресурсите). И двете допускания са погрешни. При едното трябва да се съобразяваме само с настоящия плосък-двигател за сателити, разработен от Hughes Aircraft (Телеграфна Авиация) в отговор на ценовата политика за совалката STS, за да се разбере, че дори инженерите отговарят на ценовото стимулиране. Това е особено важно за Космическата Станция, тъй като проектът

наистина разширява потребителските класове, така че да се включват и други потребители освен финансираните от правителството на САЩ мисии.

Лесно е да се предвиди какво би се случило ако се установи “совалка плюс процент”. Полезните товари ще бъдат проектирани така че да съхранят своето тегло и дължина, но не и мощността и персонала, два от ресурсите на станцията, които са проектирани да бъдат в константно състояние на по-голямо търсене. Тъй като времето на станцията не е включено в калкулациите при таксуването, продължителните по време мисии, които изискват привличането на повече подходящи за мисиите специалисти ще бъдат предпочитани от потребителите пред кратките мисии, дори когато последните ползват само няколко ресурса на станцията. Проектантите се опитват да построят възможно най-добрата станция за възможно най-ниските предварителни (първоначални) разходи. Въпреки, че те признават нуждата да се минимизират настоящите понижени (с отстъпка от цената) разходи по построяването и оперирането, ограничения конгресен бюджет, който им се дава не поощрява компромиси във времето. Проектантите са стимулирани да минимизират разходите по построяването и да се надяват, че операционните разходи няма да бъдат твърде големи. Робототехниката се игнорира; персоналът ще го направи. Методите за консервиране на хранителните продукти ще бъдат омаловажавани; пътуванията със совалките ще бъдат увеличавани. Това няма да се извършва преднамерено, просто ще бъде един разумен отговор на ограниченията и принудата, наложени от строителите. Високите операционни разходи означават по-скъпи, или възможно по-малко, ресурси след като станцията бъде пусната в действие. Тази форма на ценова политика води безспорно до неефективност и не осъществява повечето от целите на Космическата Станция.

5. Ефективност чрез официално обявено ценообразуване по “Странични /маргинални/ разходи”

Друг начин да се повиши ефективността е да се даде цена на всеки критичен ресурс. Това може да бъде направено чрез официално обявяване на дълготрайни странични разходи или цени Рамси и споразумение да се достави търсене до възможната стойност. Всяка специфична политика създава различни приложения за нивото на получените ползи и получените приходи, но официалното обявяване на цените, които приблизително се очакват от страничните разходи определено ще доведе до това потребителите с усет към цените да проектират полезните товари за съхраняване на онези ресурси, чиято доставка е относително трудна или скъпа при разширяване. Обаче съществуват някои трудности. Екстремалната несигурност по отношение на разходите означава, че всеки потребител ще открие, че е трудно до невъзможност да се предвиди какви ще бъдат цените за маргиналните разходи или САЩ, Русия и останалите участници ще трябва да обявят официално очакваните стойности и да поемат всички рискове. Това последното изглежда не е печеливша ситуация за НАСА. Ако официално обявените цени са по-ниски от страничните /маргиналните/ разходи, тогава Конгресът на НАСА, Русия и останалите участници ще трябва да поеме загубите (като по този начин причини потенциални трудности за бъдещото финансиране на космическите изследвания в страните участници), а ако официално обявените цени са по-високи от страничните /маргиналните/ разходи, тогава потребителите ще бъдат ощетени (което също така ще причини потенциални политически затруднения). Предишния случай също не е най-ефективен. Несигурността на цените ще причини не-предразположените към риска потребители да отложат развитието на полезните товари, които трябва да тръгнат сега. Също така, със значително вариращa доставка, дори ако строителите на полезен товар чувстват, че те могат правилно да предвидят цените и действат със свои собствени скъпи P&D програми, съществува вероятността те да бъдат изразходвани в ранните години (преди подходящото разширение да е могло да се случи). За малките, краткотрайни полезни товари това може би не е голям проблем; за големите, с голяма продължителност полезни товари това би могло да се окаже нетърпимо и би могло да доведе до малко на брой от този тип мисии да се окажат ефективни.

6. Ефективност чрез контингентни (условни) договори

Официално обявените цени, дори ако те са равни на дълготрайните маргинални разходи, могат да доведат до неефективното използване на Космическата Станция, поради голямата несигурност, която се дължи на прилагането на новите технологии и поради рискови становища както на потенциалните потребители, така и на Конгреса. Когато има голяма несигурност относно разходите или доставките (голяма като процент от проекта), не контролирана нито от доставчика, нито от потребителя, и двете страни не са склонни да поемат риск, тогава договорите, в които се предвижда зависимост от обстоятелствата могат да подобрят ефективността. С мярката, която обикновено работи, те се споразумяват доставката

да бъде по-голяма при несигурен резултат (за по-малко на единица), ако доставката е голяма и разходите са ниски и да се доставя по-малко количество продукт (за повече на единица), ако доставката е оскъдна и разходите са високи. Договорите за доставка на сума, която да е в зависимост от тоталния достъпен ресурс при реализиран дълготраен маргинален разход на единица трябва да бъдат от този тип контракти.

Трудностите при подписването на такива контракти възникват при идентифицирането на подходящи "взаимно удостоверими (без скъп мониторинг /наблюдение/) и екзогенен /външен/ (независими от всякакви други действия) събития", на които да се изгради контингента (условията за зависимост от обстоятелствата) на контрактите. На Космическата Станция действителната реализация както на доставката, така и на разходите частично е под контрола на страните участници в проекта, нейните инженери и строители на станции. Например, ако НАСА контролира всички нелабораторни аспекти на станцията, тя е заинтересована да включи колкото е възможно повече от своите собствени консуматори на мощност с правото на стопанин, тъй като може да го направи. (Например мощността, която се използва за поддържането на персонала в медицинските експерименти може да бъде считана като използвана при поддържането на жизнените системи за екипажа). Подобна манипулация на разходите би било дори много трудно да бъде открита. Международните партньори и основните търговски потребители, са съответно скептични относно способността на НАСА да държи под контрол оперативните разходи (напр. много по-малко разходи за строителство). Те трябва само да погледнат на ранните предвиждания на оперативните разходи за совалката и да ги сравнят с действителните реализации в подкрепа на своите подозрения.

На станцията, почти всички лесни за наблюдение събития, които е възможно да бъдат използвани за контингентни контракти са съставен резултат от действията на един от участниците и някое екзогенно (външно) събитие. Това е много трудно да се отдели, за да бъдат удовлетворени всички страни без разширен мониторинг и одитиране (финансова проверка). Поради това е малко вероятно този тип на контингентни (условни) договори да доведе до ефективни операции на Космическата Станция. Стандартното решение на този морален рисков проблем е използването на договори от типа принсипал – агент (посредник).

7. Договори от типа принсипал – агент (посредник) /Посреднически договор/

Ако съществува морален риск, но е възможно да се организира проектът така че несигурността е или екзогенна или под контрола само на една от страните (агентът /посредникът/), и ако този агент (посредник) е по-малко склонен да поеме риск отколкото останалите (принсипалът /принсипалите/), тогава ефективният контракт се състои в отдаването на агента (посредника) пълен контрол върху проекта, давайки по този начин на агента (посредника) всички права върху несигурните ползи и отговорността за несигурните разходи и като се заплати на останалите една фиксирана такса (възможно негативна, възможно по подобен начин), която не е контингент (условие) на никоя от тях. Като един пример, НАСА може да се споразумее да достави един фиксиран вектор от ресурси на всеки потребител за някакво фиксирано плащане (което трябва да бъде договорено). Ако НАСА е рисково неутрална, това е най-ефективния контракт; ако се даде какъвто и да е друг контракт, има условия на размяна за него, при които и НАСА и потребителят не са много заинтересовани.

За големите контракти (които включват,например, една/трета от проектираната мощност да бъде доставена), НАСА не се явява рисково неутрална. Тогава ефективният контракт включва агентът (посредникът) да отстъпи някои от рисковете на принсипала в отговор на по-добри условия на търговия или при намалена фиксирана такса. При рентабилните операции това може да бъде направено чрез уреждане на участие в приходите (например принсипалът получава 20 процента от нетната печалба в отговор на инвестиции от 1 000 щатски долара), но на Космическата Станция няма пазар за повечето от получените резултати и поради това в такъв договор трябва да е предвидено при какви условия ресурсите да бъдат доставени. Потребителят, който проектира голямо искане на ресурси за продължително време може да бъде желателно да получи 20 процента от реализираните нетни ресурси на станцията в отговор на заплащането на някои фиксирани суми предварително. Този тип потребител би могъл вероятно да бъде един частен рисков капиталист, който купува, за да препродаде, или един голям, не от САЩ, правителствен потребител, като например някой от международните партньори. Този тип контракти допуска отново рисковия морален проблем, но потребителят поема този риск в отговор на някои отстъпки (концесии) в цената.

Има три други трудности при договорите от типа "принсипал-агент (посредник)". НАСА не може да поддържа свои спестявания поради финансирането от конгреса (бюджетът й се определя от конгреса); това притъпява нейните стимули като агент (посредник). По протежение на времето, еволюцията на Космическата Станция може да бъде управлявана да си съперничи

с нови потребители и нова информация; един договор за посредничество не е задължително да предоставя правилните за ситуацията стимули с интензивно обучение чрез правене. Накрая, много аспекти от използването на Космическата Станция зависят от входната информация, която се подава както от потребителите, така и от мениджърите на Космическата Станция. Ако не е възможно тя да се организира по такъв начин, че да се изолират (отделят) въздействията на всяка от страните, тогава е необходимо уреждането на някои форми на партньорство.

Когато един изходен продукт се получава като резултат от входната информация, подадена от двете страни и когато тази входна информация не може да бъде лесно наблюдавана или отделена от външните екзогенни събития, тогава договорите от типа принсипал – агент (посредник) са неподходящи.

Изводи

Приложен е икономически анализ върху ефективността на проекта за Международна Космическа Станция

Използуван е нестандартен подход, като са разгледани различните алтернативи на ценообразуване и икономически разчети

Показано е, че подобни уникални мегапроекти съдържат голяма степен на неопределеност и за да са ефективни е необходимо да се използуват адаптивни методи за анализ и икономическа оценка.

Литература:

1. A c z e l J., and C. A l s h i n a. "Synthesizing Judgments: A Functional Equation Approach", Mathematical Modelling, Vol. 9, 1993.
2. A g o g i n o A. M., O. N o u r – O m i d, W. I m a i n o, and S. S. W a n g. „Decision-ANalytic Methodology for Cost-Benefit Evaluation of Diagnostic Testers", HE Transactions, Vol. 24, No. 1 (1992).
3. A n d e r s e n E. S., K. V. G r u d e, T. H a u g, and J. R. T u r n e r. Goal Directed Project Management, Kogan Page, 1987.
4. A n d e r s o n C. C., and M. M. K. F l e m i n g. Management Control in an Engineering Matrix Organization: A Project Engineer's Perspective", Industrial Management, Vol. 32, No. 2, 1990.
5. A u T., and P. A u. Engineering Economics for Capital Investmen/t, Allyn and Bacon, Boston, 1983.
6. B a d a w a y M. K. Developing managerial Skills in Engineers and Scientists, Van Nostrand Reinhold, New York, 1982
7. B a r d J. F. "A Comparison of the Analytic Hierarchy Process with Multiattribute Utility Theory: A Case Study", HE Transactions, Vol. 24, No. 5 (1992).
8. B a r d J. F. "Evaluating Space Station Applications of Automation and Robotics", IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. EM-33, No. 2 (1986).
9. B a r d J. F. „The Costs and Benefits of a Satellite-Based System for Natural Resource Management", Socio-Economic Planning Science, Vol. 18, No. 1 (1984)
10. B a r n e s M., in Have Project, Will Manage, BBC2.
11. B a y l o r W. B., B. F. W a l h i n g. Successful project management Business book Communica Europa, 1979.
12. B e l l T. E., .Special Report on Designing and Operating a Minimum-Risk Sys-tem", IEEE Spectrum, Vol. 26, No. 6 (June 1989).
13. B e l t o n V., and T. G e a r. "On a Shortcoming of Saaty's Method of Analytic Hierarchies", Omega, Vol. 11 (1984)

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ВРЕМЕ ЗА СЪЩЕСТВУВАНЕ НА СПЪТНИК И ТЕХНИКО–ИКОНОМИЧЕСКИ ПОКАЗАТЕЛИ

Димитър Йорданов[1], Константин Методиев[1], Надя Иванова Маринова[2]

[1]Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
[2]Нов български университет
e-mail: djordanov@space.bas.bg, komet@space.bas.bg, nmarinova@nbu.bg

ARTIFICIAL EARTH SATELLITE LIFE-TIME AND TECHNICAL AND ECONOMIC PARAMETERS

Dimitar Jordanov[1], Konstantin Metodiev[1], Nadya Marinova[2]

[1]Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]New Bulgarian University
e-mail: djordanov@space.bas.bg, komet@space.bas.bg, nmarinova@nbu.bg

Ключови думи: *ефективност, стойност, дистанционни методи*

Резюме: *В конкретен пример е показана технологията за провеждане на предварителен анализ на проект за спътникова технология при дистанционно изследване на Земята. Сравнени са различни стратегии за добиване на информация за земната повърхност. Анализът е проведен в условията на предварителна неопределеност за времето за съществуване на спътника и неговото целево използване в България*

1. Орбитални параметри и ресурс от време

Времето за съществуване на спътник с целево предназначение е елемент на неопределеност в технико-икономическите анализи, обосновката и управлението на проектите за реализация на дистанционно изследване на Земята от спътници. Нормална практика за анализите е да се приемат някакви начални параметри с минимален риск за допускане на съществени грешки. Целта на настоящата публикация е да се покаже технологията за провеждане на анализи в условията на неопределеност в конкретен проект за създаване на специализиран спътник. Всички технико-икономическите разчети от такъв тип се провеждат в условията на неопределеност.

При предварителни оценки на параметрите на орбитата в т.ч. и времето на съществуване е удобно да се използват опростени методи с предварително известна степен на точност. По-долу е приведен един такъв разчет за времето на съществуване на спътник с маса 50 кг, летящ по кръгова орбита на височина 800...900 км и площ $F_м$=1 м^2 на мидела (площ на проекцията на спътника перпендикулярно на посоката на полета).

Методът е заимстван от статията „Как рассчитываются параметры орбит” в списание “Авиация и космонавтика” – март 1969 г. на Д. Жемчужин и Б. Журин [3]. В него са дадени коефициенти, с които приближено се отчитат смущенията на силно разредената среда, която не може да се интерпретира с известните закони на аеродинамиката за определяне на съпротивлението, което е главния фактор за постепенното снижение на спътника, оставен без корекции до критичната височина около 120 км и период 86.7 мин, при които спътникът не може да се задържи на орбитална траектория [4-стр. 164], [9].

В споменатата статия са приведени данни за коефициенти за кръгови орбити до височина 400 км, като се предполага, че те се променят по някаква функция без особени точки. Това позволява чрез прецизно екстраполиране да се определят данните за интересуващите ни височини.

Методът за „екстраполиране” на данни от табл. 3 на статия „Как рассчитываются параметры орбит” от рубриката „Космонавтика для всех” се свежда до определяне на полином за вертикален регрес, апроксимиращ наличните данни. Съответната процедура намира сумата от квадратите на вертикалните отклонения R^2 в множество от n зададени точки:

$$(1) \qquad R^2(x_i, a_{k+1}) = \sum_{i=1}^{n} \left[y_i - P^k(x_i, a_{k+1}) \right]^2 ,$$

където P^k в случая е рационален полином от степен k с k+1 броя коефициенти (вкл. свободния член). Тази процедура в действителност не минимизира истинските отклонения от кривата на полинома (които отклонения биха се измервали по ординатата). Въпреки че линейната сума от тези отклонения изглежда по-подходящото количество за минимизация, евентуалната употреба на абсолютни стойности би дало особени точки на функцията на първата производна, което не може да се третира аналитично. В тази ситуация се сумира квадратичното отклонение от всяка точка и резултатът се минимизира, за да се намери линията на най-доброто съответствие.

Условието за R^2 да е минимум гласи първите производни на R^2 спрямо всички коефициенти на полинома да са нули:

$$(2) \qquad \frac{\partial}{\partial a_j} R^2(x_i, a_{k+1}) = -2 \sum_{i=1}^{n} \left[y_i - P^k(x_i, a_{k+1}) \right] \frac{\partial}{\partial a_j} P^k(x_i, a_{k+1}) = 0 ,$$

където частната производна

$$(3) \qquad \frac{\partial}{\partial a_j} P^k(x_i, a_{k+1}) = x_i^{j-1}, \; j \in [1 \div k+1]$$

Например, ако горните формули се приложат за рационален полином от втора степен, то се получава следната линейна алгебрична система относно коефициентите:

$$(4) \qquad \begin{aligned} R^2(b,c,d) &= \sum_{i=1}^{n} \left[y_i - \left(b + cx_i + dx_i^2 \right) \right]^2 \\ \frac{\partial}{\partial a} R^2(b,c,d) &= -2 \sum_{i=1}^{n} \left[y_i - \left(b + cx_i + dx_i^2 \right) \right] = 0 \\ \frac{\partial}{\partial b} R^2(b,c,d) &= -2 \sum_{i=1}^{n} \left[y_i - \left(b + cx_i + dx_i^2 \right) \right] x_i = 0 \\ \frac{\partial}{\partial c} R^2(b,c,d) &= -2 \sum_{i=1}^{n} \left[y_i - \left(b + cx_i + dx_i^2 \right) \right] x_i^2 = 0 \end{aligned}$$

Системата може да се запише и в матрична нотация:

$$(5) \qquad \begin{Vmatrix} n & \sum_{i=1}^{n} x_i & \sum_{i=1}^{n} x_i^2 \\ \sum_{i=1}^{n} x_i & \sum_{i=1}^{n} x_i^2 & \sum_{i=1}^{n} x_i^3 \\ \sum_{i=1}^{n} x_i^2 & \sum_{i=1}^{n} x_i^3 & \sum_{i=1}^{n} x_i^4 \end{Vmatrix} \bullet \begin{Vmatrix} b \\ c \\ d \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} \sum_{i=1}^{n} y_i \\ \sum_{i=1}^{n} x_i y_i \\ \sum_{i=1}^{n} x_i^2 y_i \end{Vmatrix}$$

Тя се решава спрямо вектора $||b, c, d||^T$ след умножение с обратна матрица отляво.

Табл. 3 от статия [3] има вида:

Табл. 3.

№	Височина H [км]	A_{th}	B_{th}
1	200-250	-0.092	0.0005
2	250-300	-0.34	0.0015
3	300-350	-1.4	0.005
4	350-400	-3.1	0.01

Поставена е задачата да се определят коефициентите на полином от втора степен, апроксимиращ данните от табл. 3 с отчитане на стохастична грешка по ординатата (т. нар. метод на най-малките квадрати или вертикален регрес).

Общият вид на полинома е $bx^2 + cx + d$. След решаване на система (5), получените резултати са както следва:

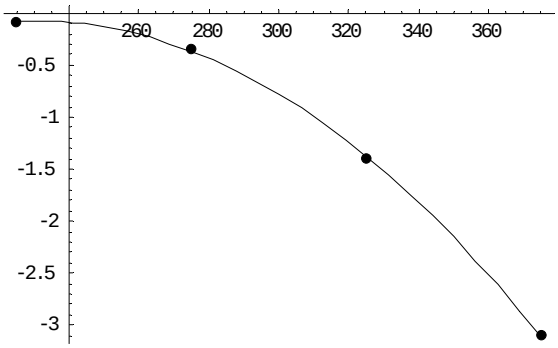
- За коефициент A_{th}:
  b = -0.00014519999999999995
  c = 0.06695199999999998
  d = -7.796850000000002
- За коефициент B_{th}:
  b = 3.9999999999999993E-7
  c = -0.000176
  d = 0.019800000000000012

От графиките на фиг.1 и фиг.2 се вижда, че точността на апроксимацията е задоволителна – кривите минават практически през зададените четири точки. Получените полиноми тогава могат да бъдат използвани за изчисляване стойностите на независимата променлива извън интервала [200÷400] км и на практика са решения в условията на неопределеност. Например, за височина на полета h = 800 км се получава

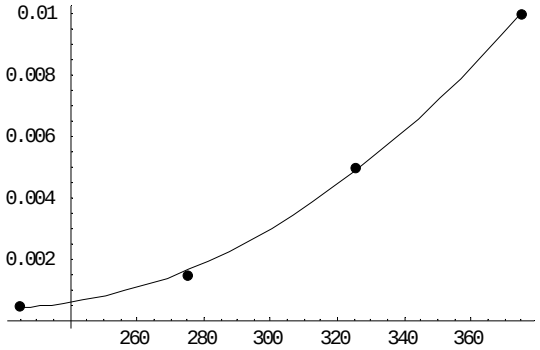
- A_{th} = -47.163249999999984
- B_{th} = 0.13499999999999995

За височина h = 900 км:

- A_{th} = -65.152049
- B_{th} = 0.18539999



Фиг. 1. Графика на функцията A_{th}=f(H, км), построена след апроксимация по зададените точки.



Фиг. 2. Графика на функцията B_{th}=f(H, км), построена след апроксимация по зададените точки.

Проверени са апроксимации и с кубичен полином, които дават резултати от този порядък, но завишени. Само практиката може да отговори точно на въпроса за реалния експлоатационен срок на спътника, но предвид приблизителния характер на отчитането на съпротивлението на разредената атмосфера е целесъобразно да се приеме апроксимацията от фигури 1 и 2. За практически разчети и технико-икономически анализи те са достатъчно надеждни. За практиката по-важно е да се знае предварително времето за целевото използване на спътника за територията на България.

Времето за съществуване (от началната орбита до изгарянето на спътника в плътните слоеве на атмосферата) се определя по формулата:

$$t_{същ} = \left(A_{th} + B_{th}h\right)\frac{m}{F_m} \quad [денонощия] \tag{6}$$

За спътник с маса m = 50 кг и площ на мидела $F_м$ = 1 м^2 се получава:

- На кръгова орбита с височина 800 км $t_{същ} \approx$ 3042 денонощия.
- За аналогична орбита на 900 км $t_{същ} \approx$ 5085 денонощия.

В графичен вид времето за съществуване на спътника е показано на фиг. 3, а динамиката на промяната на височината от смущенията на разредената атмосфера (съпротивление) на фиг. 4.

Авторите на метода от [3] определят грешката до ±15%, което е достатъчно при положение, че грешката от неточностите при интерпретиране на параметрите на атмосферата на тези височини е по-голяма в опити за по-точни разчети. Допълненията и корекциите на стандартите в тази област са непрекъснат процес. Например, в ГОСТ 4401-81, публикуван в

Интернет, последните поправки и допълнения са въведени през 2008 г. Сравнението между параметрите на атмосферата от преди 25 години [1] и след последните допълнения в стандарта на височина 200 км показва разлика повече от 30% за някои параметри.

Фиг. 3. Средна продължителност на съществуването на спътник с маса m=50кг и площ на мидела $F_м$=1м^2.

Фиг. 4. Намаляване на височината на орбитата за денонощие в метри dH(m)/dt(денонощие).

Резултатите от изчисленията, по които е построена зависимостта от фиг. 4 са показани в таблица 2.

Табл. 2.

Диапазон на височина на орбитата в километри	Средна загуба на височина в метри за денонощие	Средна загуба на височина в километри за една година
400-500	479.94	175.18
500-600	205.27	74.92
600-700	112.87	41.2
700-800	71.19	25.98
800-900	48.93	17.86

Изчисленият период Т на орбитата по методиката в [3] за диапазона от височини 800...900 км е съответно:

- T_{800} = 100.752 ± 0.08 мин (14.28 обиколки на денонощие)
- T_{900} = 102.821 ± 0.08 мин (14 обиколки на денонощие)

Базовата орбита, на която следва да бъде изведен спътник, се подбира от типа на кръговите квазигеосинхронни орбити [6]. Те осигуряват приблизително преминаване на трасето на спътника на всяко следващо денонощие през трасето на предходното денонощие.

Например, драконовският период [6- стр.191, формула III.35] за движението на спътник с наклон на орбитата 99^0, при който се предполага, че се получава преминаване над територията на България по едно и също време е $T_Ω$=102.93 мин и е за височина на орбитата 900 км. Такава орбита е и слънчевосинхронна. Спътникът за едно денонощие ще направи точно N=14 обиколки.

Въпросът, на който следва да се отговори при технико-икономически разчети и обосноваване на разходите за създаване и използване на резултатите от работата на спътника е: кога под влияние на смущенията полосата за обзор ще излезе от територията на България?

Отговори може да се получат от изследване на движението с моделиране. За технико-икономически разчети и предварителни анализи нарушенията в планирания синхрон в движението на спътника и получаването на информация за България е целесъобразно да се пресметнат по зависимост, публикувани в [6-стр.192 - уравнение III.38]. От това уравнение може ориентировъчно да се определи преместването на трасето и възможността за излизане на полосата за обзор от територията на България.

Ако височината на орбитата се намали от 900 км на 800 км трасетата се изместват денонощно на изток с приблизително 821.3км. Територията на България има приблизителна дължина в посока изток-запад около 600 км и получаваната в предвиденото време информация ще бъде за райони на изток от България. Сеанси за България отново ще се получат, когато следващо трасе попадне върху нейната територия, а това може да става през около две-три денонощия в различно време от предвиденото. Следователно, регулярността на потребната от спътника информация се променя и това може да се приеме като ограничение в експлоатацията на този спътник за територията на България. За другите балкански страни информация ще постъпва с подобно нарушение на планирания синхрон.

Темпото на загубата на височина между 900 и 800 км може да се използва за определяне на реалния експлоатационен срок за територията на България и ориентировъчните амортизационни разходи при икономическата оценка за работата на спътника.

От приведените елементарни разчети времето за реално използване на данни от спътника при орбити между 800 и 900 км е ограничено до 5.5 години. Тази цифра се обосновава с времето за снижение на орбитата между 900 и 800 км. Средната загуба на височина на денонощие в този диапазон на височините е 49 м/денонощие (табл. 2). Разликата от височини между 800 и 900 км ще се променя бавно – за 2043.7 денонощия (около 5.6 години).

След това време спътникът започва да снижава орбитата си все по-бързо и като достигне 450 км му остава по-малко от година съществуване.

На височина под 200 км спътникът ще изгори, защото температурата на повърхността му на такива височини рязко започва да расте от кинетичното нагряване. Ако се пренебрегнат топлинните потоци от земната и слънчевата радиация и от работата на оборудването, може да се определи равновесната температура на стената на сферичен по форма спътник с площ на мидела от $F_M = 1м^2$ [1]. Това е показано на фиг. 5.

Фиг. 5. Зависимост на равновесната температура $T(^0K)=f(H, км)$ на повърхността на сферичен спътник с площ на мидела $F_м = 1$ м

Между 200 и 100 км равновесната температура на повърхността на спътника ще се повиши от 175 °К до 1200 °К.

Теоретично животът на спътника като тяло в околоземното пространството е между височините 900 и 200 километра – около 14 години средно, а с отчитане на грешката от ±15% от 12 до16 години.

Експлоатационният му срок, обаче, е не повече от 5-6 години поради отсъствие на корекции на орбитата.

Експлоатационният срок на спътника може да се увеличи при намаляване на габаритите на спътника, защото темпото на снижение на орбитата от смущения също се намалява.

Удобството на провеждания анализ по метода от [3] е, че демонстрира връзката между конструктивни, експлоатационни и орбитални параметри.

2. Ефективност на работата на спътника

При изследване на операции с различни способи за добиване на информация за земната повърхност чрез наблюдение (или фотографиране) се използва обобщен индекс "ефективност – стойност" или неговата обратна величина.

Под **ефективност** на работата на техниката за дистанционни изследвания на Земята в конкретния случай следва да се разбира времето за сканиране (или фотографиране) на единица площ от повърхността в интересуващия ни район. В [6 – стр. 195] е приведена удобна графична зависимост на необходимото за пълен обзор на Земята време от ширината на полосата за обзор чрез апаратура на един космически апарат, летящ по кръгова слънчевосинхронна и квазигеосинхронна орбита с 10% препокриване на полосите. На височини на орбитите между 800 и 900km, при ширина на полосата за обзор около 200 км, времето за пълен обзор на земната повърхност е около 16 денонощия.

В [2] са приведени следните данни: при квазиполярните орбити на височина около 920 км над средната повърхност на Земята, пълният цикъл на обзора й за целите на дистанционните изследвания е 251 обиколки (LANDSAT-3). При такъв обзор се получава информация за всеки район между 81° с.ш и 81° ю.ш. Общото време за такъв обзор е 18 денонощия. Параметрите на орбитата на SPOT са близки до тези данни. По тези ориентировъчни данни могат да се получат относителни параметри – сканирана площ за единица време – E [км^2/час]. Ефективността на спътниците E [км^2/час] е определена по сканираната околна повърхнина на земното кълбо между 81^0 с.ш. и 81^0 ю.ш за 18 денонощия. Може да се приеме, че спътниците LANDSAT-3 и SPOT имат приблизително еднаква ефективност ***E = 1165225 км^2/час***. От тази информация и отчитайки територията на България може ориентировъчно да се определи времето за пълно сканиране на българската територия:

(7) $$T_{България} = 111000/E = 0.095 \quad [часа]$$

Стойността на изображенията, получавани от космоса по данни на SPOT варират от *3...11$/км^2* в зависимост от нивото на предварителната обработка и давност на изображението.

За цялата територията на България при **операция за еднократно изследване** по данни на изображения (сцени) от SPOT са нужни за актуални снимки най-вероятно около ***1221000$*** (по 11 *$/км^2).* Това е приблизително общата стойност на операцията по стратегия със спътникови технологии.

Параметърът "стойност на един час работа на спътника" по територията на България ще струва ***S ($/час) = 1221000/0.095 = 12817475 $/час.***

Индексът "Ефективност-стойност" ***I=E/S =1165225 / 12817475=0.09 км^2/$.*** при използване на данни от **SPOT**

Понякога се използва обратната величина на този индекс в размерност *($/км^2):*

(8) $$1/I = S/E = 11.1 \quad [\$/км^2]$$

Като сравнение, при операция за еднократно въздушно фотографиране, индексът *I=E/S* за добиване на информация за дистанционни изследвания с хеликоптер Bell 206 е от порядъка на $I_{Bell\ 206}$ *= 0.42 км^2/$,* а за специализиран самолет от военното разузнаване $I_{MirageIVP}$ *= 0.1 км^2/$,* изчислени по актуални цени на петрола и известна структура на разходи за операция аерофотографиране с мащаб M=1:10000 на полигон с размери 60 км x 60 км. При безпилотните самолети индексът $I_{БЛА}$ *= E/S = 0.162 км^2/$.*

Приведеният пример за сравнение между авиационни и спътникови технологии за дистанционно изследване на Земята е **характерен за единични мисии** или с периодичност 4...5 години (например, инвентаризация на горски масиви).

Подходът за оценка и управление на проект за дистанционно изследване на природни бедствия и екокатастрофи има друга специфика. За разлика от обичайните природни процеси с предсказуема периодичност, природните бедствия имат случаен характер и за идентификацията и изследването им се налага **непрекъснатост на наблюдението** на големи територии. Такива мисии са икономически неизгодни за авиационни технологии. За тях единствено спътниковите технологии са без алтернатива.

Стойността на проект за създаване на космически апарат се оценява по класически икономически методи (**калкулиране на всички разходи** по пера или при известна структура на разходите по **специфичните разходи** на едно перо). Последният метод за предварителни оценки е по-малко рискован за грешки защото е прост и евентуалните грешки по различните пера на разходите не се наслагват. Той може да бъде илюстриран с пример. Ако са известни разходите за материали, апаратура и комплектоващи изделия $S_{апаратура}$, които се закупуват, то при предположение, че в общата структура на разходите те са 50% (специфичният разход за апаратура е $\bar{S}_{апаратура}$ = 0.5), общата стойност на разходите

(9) $$S = S_{апаратура} \Big/ \overline{S}_{ааппратура}$$

В конкретния пример общите разходи са 2 пъти по-големи от разходите за закупуване на апаратура.

Основите за икономическа оценка на проект за космически апарат в най-общ вид са представени в [4 – стр. 643].

При разработка на проект за спътникови технологии и неговата икономическа оценка, най-важно е да се определят пределно ясно целите на извеждането на спътник.

Изводи:

- Разгледаният критерии “ефективност/стойност” позволява да се разграничат предимствата по отделните стратегии за получаване на информация от дистанционно изследване на Земята.
- Направената математическа обработка на данни от известна методика за определяне на ресурса на спътника разширява нейната приложимост и дава решения за технико-икономически анализи в условията на неопределеност.
- Спътниковите технологии с предоставяне на изображения от специализирани спътници с комерсиален характер са препоръчителни за дистанционни изследвания пред всички други стратегии за получаване на нужните резултати при голям обем на работата и еднократно изследване. Резултатите от тях са прецизно обработени до ниво, съобразено с цената.
- По критерия *I[км/$]=E/S*, еднократните операции със спътници и самолети за територията на България са съпоставими.
- Самолетните и хеликоптерните технологии са удобни поради мобилност и възможност за повторение на изследванията при нужда и в условия на развиващи се процеси.
- Военните специализирани самолети – разузнавачи (U-2, MirageIVP) са подходящи за работа на големи площи, където ефективността на използване на машината е по-висока.
- Хеликоптерите са удобни за дистанционни изследвания на малки площи (например полигони с размери 60x60 км, колкото са сцените от SPOT) и за територията на България са най-ефективни за получаване на информация при идентифицирани бедствия и аварии с бързо развиващи се критични процеси.
- Безпилотните самолети са с малка ефективност за големи площи и са подходящи за малоразмерни обекти. Стойността на еднократните операции с безпилотни самолети се увеличава поради ниския ресурс на безпилотните апарати и, съответно, високи амортизационни разходи в сравнение със специализираните самолети и хеликоптери. Тази технология е много бързо развиваща се в момента, особено във военната сфера, където системата за автоматично управление на апарата получава задача за изпълнение от ъгловото изместване на подвижна камера. По същество операторът коригира полета подобно на птичия полет.
- За целите на дистанционните изследвания в България е целесъобразно да се използват предимно спътникови технологии със закупуване на информация от SPOT или получаване на информация от собствен спътник с ограничено време на реална експлоатация. Данните от такива спътници е целесъобразно при нужда да се допълват с информация от хеликоптери и безпилотни самолети с възможности да носят контейнери с полезен товар, подходящ за дистанционни изследвания на катастрофични процеси и екологични бедствия.

Литература:

1. Аэродинамика в вопросах и задачах – под редакцией проф. Краснова Н. Ф., Москва, изд. Высшая школа, 1985 г.
2. Гетланд К. “Космическая техника”, издательство “МИР”, Москва, 1986 г, превод от английски
3. Жемчужин, Д., Б. Журин, “Как рассчитываются параметры орбит” сп. “Авиация и космонавтика”, Март 1969 г.
4. Инженерный справочник по космической технике, Военное издательство , Москва, 1969 г.
5. Лукашевич Е., В. Капитонова. “Класификация орбит КА, предназначеных для исследования Земли из космоса”, Изслед. Земли из космоса, 1989 г., N6.
6. Мардиросян Г. “Природни екокатастрофи и тяхното дистанционно аерокосмическо изучаване, ”Академично издателство“, проф. М. Дринов”, София, 2000 г.
7. Моудер Дж., С. Элмараби. “Исследование операций”, издательство “МИР”, Москва, 1981 г., превод от английски в два тома.
8. Радвик Б. “Военное планирование и анализ систем”, Военное издательство, Москва, 1972 г., превод от английски
9. Скубко Р., А., Б. Г. Мордвинов. “Спутник у штурвала”, 1989 г., изд. “Судостроение”, Ленинград

S E N S 2 0 0 9
Fifth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria

ИЗПОЛЗВАНЕТО НА „БАЛКАНСАТ" ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВИСОКО-АТМОСФЕРНИ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИ РАЗРЯДИ (ВАЕР)

Мария Димитрова, Деян Гочев, Пламен Тренчев

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: dejan@space.bas.bg

Ключови думи: *светкавица, йоносфера*

Резюме: *Обсъждат се възможностите за изследване на ВАЕР посредством мрежа от микроспътници. Споменават се възможни приложения на явлението.*

THE USE OF "BALKANSAT" FOR A STUDY OF UPPER ATMOSPHERIC ELECTROSTATIC DISCHARGE PHENOMENA

Maria Dimitrova, Deyan Gotchev, Plamen Trenchev

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

Keywords: *lightning, ionosphere*

Abstract: *The possibilities for studying upper atmospheric electrostatic discharge phenomena are discussed. Some applications are mentioned, too.*

Популярна е хипотезата, че разрядите в облаци са резултат от натрупани заряди в дребно мащабни (спрямо облака) области, които не могат да бъдат изследвани in situ посредством апаратура на балони и самолети, поради смущаване на полето от процеса на измерване. Нужното за пробив поле е 3 MV/m, но даже близки до тези стойности не са измервани. Предполага се, че има тригерен ефект от космически лъчи, които йонизират в облака области между ел-статичните заряди.

ВАЕР са открити случайно през 1989 при калибриране спрямо 'спокойна' атмосфера на оптическа апаратура за изследване на звездни спектри. Реално винаги се наблюдават няколко вида по форма и цвят разряди: 'sprites', 'elves,' 'goblins' ,'trolls'. Странностите в движенията им поради хаотичната динамика на процеса понякога се интерпретира като „НЛО". Друго екзотично явление, с широк спектър на поведение, за което липсва съгласувана теория, е кълбовидната мълния, чиито засега регистрирани размери са съществено по-малки. Чрез наблюдение на процеса на спонтанно неутрализиране на голямо-мащабни структури от обемни заряди във високата атмосфера "BLUE JETS" и "RED SPRITE"е възможно да се изследва генерирането и еволюцията им. Последните са свързани със синергетиката на общата атмосферна циркулация и зависимостта от слънчевата активност. Характерни мащаби: заряд ~100Q, H=>10 km, T=1-3 ms, яркост 10-1000 Килорелея. Гигантски възходящи атмосферни разряди -1000 км3: на земята се регистрират усилване на n-потоци, ОС регистрират мощни, кратки радиоимпулси и твърдо гама-излъчване. Работна теория (Гуревич/Ръсел/Милих/Дюпре): електростатичното поле над Cu-Nb облаци е недостатъчно, космически лъчи генерират лавина от релативистки убягващи електрони, които създават пробоя и генерират спирачно гама-излъчване.

Наблюдението може да се извършва във оптическия, UV, VHF, UHF диапазони. Желателно е да има едновременно допълнителни наземни и от други летящи платформи наблюдения, както и на съпътстващи и вторични (напр. звукови) процеси. ВАЕР са важни за

изследване заради: вредни са радиоимпулсите и радиацията, атмосферното гама-излъчване е подозрително заради възможна връзка с термоядрен опит. ВАЕР се изследват и числено еволюция, структура, оптически спектър- газоразрядна кинетика на 2-та вида електрони определя разпределението на син и червен цвят според спектралните линии на атмосферните компоненти:. преходи: първа положителна система 570-1040 нм, N2, червен и инфра-червен; втора положителна-N2 и първа отрицателна N2+- син и ултравиолет - 290-530 нм;. Проблеми: йонна проводимост H<60 км, електронното разпределение е от релативистки и дрейфуващи, собствено магнитно (B) и гео-Bx-влияние за ниски ширини, самосъгласуване на E-B - полетата на облака и разряда - нехомогенност, неизотропност, неравномерна динамика на вътрешните и екраниращите поляризационни над и под облака. Съответно има различни сценарии за еволюция на разрядите според пространствено-времевото разпределение на лавината от релативистки електрони (РЕ) и енергийните им загуби според атмосферната плътността и състав: на H~>10км от РЕ, на H ~ 70 км РЕ не стигат и флуоресценцията от фонови електрони, а на H~50км-от вторични и фонови електрони; с времето на разряда височинното разпределение на яркостта за долна йоносферна граница за RED SPRITES намалява с низходящото височинно развитие на разряда, а в облака за BLUE JETS е постоянна по височина е нарастваща с времето ~100мс заради йонна рекомбинация.

Заключение

Резултатите от изследването ще са полезни за: прогноза на космическо време, надеждност на работа на апаратура при полети на голяма височина, проучвания на атмосферата на тела от слънчевата система и на процеси в прахова плазма. Изследването на морфологията на явлението е важно и за изясняване на термодинамичното и електромагнитно взаимодействие ‘атмосфера-океан’ за екваториални и субтропични ширини, както и за развитието на екстремални вихри напр. торнадо. На суб-аврорални ширини електродинамичната свързаност на атмосферните слоеве във височина е чувствителна към увеличена радиационна активност, т.е. ВАЕР би могъл да е обобщен показател за това. Спорно е изясняване на влиянието им върху озоновия баланс в атмосферата. За създаване на адекватна представа би спомогнало и сравнението с данните за прояви на подобни процеси в атмосферите на планетите-гиганти и някои техни спътници. Не на последно място ще е и приносът в развитието на теорията на специфични плазмени процеси. Използването на ВАЕР за военни цели е възможно чрез създаването на регулируеми по мощност ‘магнитоплазмоиди’ с време на съществуване <5 сек., които са ускорявани до 200км/сек с цел електромагнитно и термично поразяване на различни цели.

Литература:

1. http://www.spacedaily.com/reports/Giant_Electrical_Tornadoes_In_Space_Drive_The_Northern_Lights_999.html.
2. http://physicsworld.com/cws/article/news/39381