# СБОРНИК

## ДОКЛАДИ
## ОТ НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ
## „БЛИЗКИЯТ КОСМОС – ОБЩА ЦЕЛ”
### 10-11 май 2022 година

**Велико Търново**
**2022 г.**

**Председател на Организационния комитет:**

**Доц. д-р инж. Николай Долчинков**

**Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски"**

**ISSN 2815-3510 Print**

**ISSN 2815-3529 CD**

# Съдържание

**1. Огнян Огнянов, Пенка Стоева, Алексей Стоев, Явор Шопов**
Наземни оптични наблюдения на космически отпадъци: актуален преглед и перспективи ..... 6
**2. Пенка Стоева, Алексей Стоев, Мирослав Костов**
Структура и динамика на слънчата корона по време на различни фази на слънчева активност ..... 17
**3. Веселка Радева**
Открития на нови астероиди по международната програма International Asteroid Seacrh Collaboration ..... 31
**4. Стефан Стаменов, Ваня Стаменова**
Космическо училище – от България към бъдещето ..... 42
**5. Момчил Дечев**
Еруптивни протуберанси и коронални изхвърляния на маса. Основни понятия ..... 53
**6. Любка Пашова, Лъчезар Филчев**
Постижения и перспективи за използване на наблюденията на земята в България ..... 63
**7. Аделина Митева**
Материалознанието и близкият Космос ..... 73
**8. Аделина Митева**
Близкият Космос и нанотехнологиите ..... 81
**9. Ерол Буюклиев**
Конфликти и съперничество в Космоса през XXI век ..... 88
**10. Милен Симеонов, Пеньо Пенев**
Научноизследователските кампании на наса – ползи и перспективи за развитие ..... 101
**11. Димитър Димитров, Евгени Андреев**
Разработка на компютърни симулации на обекти върху лунната повърхност по международната програмата Simulation Exploration Experience ..... 112
**12. Антон Атанасов**
Космическа комуникационна система за обучение ..... 122

**13. Йорданка Ламбова**
Факторът човек, решение или проблем. регионалната отговорност води до глобалната промяна ..... 132
**14. Тони Борисов**
Астероиди – постоянната заплаха, дебнеща около нас ..... 139
**15. Женета Железова**
Влиянието на въглеродния пазар върху климатичните промени ..... 145
**16. Илина Радулска**
Приносът на космическите технологии в наблюдението на климатичните промени и техните ефекти – обзорен анализ ..... 152
**17. Васил Йорданов, Николай Долчинков**
Първоначални проучвания за потенциална лунна критична инфраструктура базирани на национални и интернационални наредби ..... 159
**18. Васил Йорданов**
Обикновенни метеоритни кратери: само симетрични височинни профили ли се намират в тях? Анализ на наблюдаваните форми в кратери с диаметри между 10 и 20 км ..... 170
**19. Радина Бодурова**
Астероидите 2008 AG33 И 2006 JF42 ..... 180
**20. Николай Манев**
Ролята на швейцарския „спътник-чистач” в Космоса ..... 188
**21. Кристияна Николова**
Космическата екология и космическите отпадъци ..... 195
**22. Велико Ламбов**
Човешките дейности като главен фактор за затоплянето на климата ..... 201
**23. Християн Божанов**
Последици от изминиието на климата върху природната среда ..... 207
**24. Жулиана Михнева**
Въведение в радиоастрономията. Появата на науката и космическата радиоинфраструктура ..... 215
**25. Тамара Драганова, Анка Цончева**
Физико-географска училищна колаборация – специфики и възможности в контекста на космическата екология ..... 231

**26. Тамара Драганова, Анка Цончева**
Природа на реалността и космическата екология в училищното образование – дидактически алтернативи и модели за приложение в учебна среда ..... 239
**27. Николай Пъдарев**
Намаляване на риска от лазерно нараняване ..... 247
**28. Деян Недялков, Иван Костадинов**
Оценка на риска и мерки за безопасност при работа с високоенергийни лазерни системи ..... 255
**29. Lyubomir Linkov, Ivan Ninov**
Laser Safety in Military Environment ..... 264
**30. Кристиан Ониск**
Възможности за използване на ядрено, химическо и биологично оръжие във военния конфликт между Русия и Украйна ..... 275
**31. Диана-Летисия В. Креца**
Използване на лазери за директно инициране на взрив ..... 281
**32. Артур Воркалис**
Процес на лазерно заточване на СК 45 в зависимост от параметрите на лазера - кратък анализ ..... 287

**DOI: 10.34660/INF.2023.16.99.001**

# НАЗЕМНИ ОПТИЧНИ НАБЛЮДЕНИЯ НА КОСМИЧЕСКИ ОТПАДЪЦИ: АКТУАЛЕН ПРЕГЛЕД И ПЕРСПЕКТИВИ

**Огнян Огнянов, Пенка Стоева, Алексей Стоев, Явор Шопов**

# TERRESTRIAL OPTICAL OBSERVATIONS OF SPACE DEBRIS: CURRENT OVERVIEW AND PERSPECTIVES

**Ognyan Ognyanov, Penka Stoeva, Alexey Stoev, Yavor Shopov**

***Abstract:*** *Optical observations of artificial satellites of the Earth are limited to the time when the satellite is in sunlight while the observer is on the dark side of the Earth. For low Earth orbit (LO) satellites, the observation time is limited to astronomical twilight conditions, usually an hour or two after sunset and before dawn. In addition, LO objects have a relatively high angular velocity and pass quickly through the telescope's field of view. This limits the time for frame integration possible for LO objects. Radars have an advantage over optical methods for measuring LO satellites, as large amounts of microwave power can be used to obtain high signal reflectance, and radar observations can be performed continuously, without being limited by the time and position of the Sun and the state of the earth's atmosphere.*

*In particular, the European Development Guidelines Space Surveillance and Tracking (SST) are considered. The main efforts are being made to build an operational network for SST and Space Debris (SD) observations. The types of observations have been demonstrated: radar, optical and laser. Also, the type of SST and SD observations is defined:*

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

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

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

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

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

***Keywords:*** *orbital debris, artificial satellites of the Earth, optical observations, space observations and tracking*

**Въведение**

Съществуването на орбитални отломки са международно признати като един от най-сериозните глобални проблеми. Те представляват заплаха за хора и космически кораби в орбита около Земята и са потенциална бариера за бъдещи дълговременни космически полети. По този начин проблемът с орбиталните отпадъци представя възможност за активно международно сътрудничество и трябва да се разбира в по-широкия контекст на подобряването на ситуационна осведоменост (SSA) за Космоса, за планетарна защита, научни познания за космическата среда и запазване на бъдещето на космическите пътувания. SSA включва познания за космическата среда, включително тази за естествени и създадени от човека обекти в орбита, близо до Земята и дълбокия космос. Следователно познаването на динамиката и детайлните параметри на орбиталните отломки е част от този световен проблем.

Тази статия се фокусира върху една област за този потенциал за сътрудничество – генерирането и споделянето на данни – и ролята, в която той играе при решаване на проблема с орбиталните отпадъци. Идеята е да се получават и обменят данни за ИСЗ и орбитални отломки в SSA общности чрез създаване и използване на специфична наблюдателна апаратура. Споделянето на данни за орбитални отломки ще подобри състоянието на SSA, поставяйки глобалната общност в по-информирана позиция за кардинално разрешаване на проблема за орбитални отломки. Следователно, основното в целта и мотивацията за SSA е да допринесе за разрешаването по един или друг начин на съществуващите опасности от орбитални отломки и за използването на натрупаните данни за тях. Освен това, с по-мащабни (в идеалния случай и по-приложими) ситуационни познания за по-широка космическа среда - близо до Земята, както и до региони в дълбокия Космос - създава повишена способност за обща планетарна защита.

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

влизане на останки от сателити в атмосферата и откриване на събития с фрагментация, като първи важни стъпки към европейски капацитет в SST.

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

**История на наблюденията на ИСЗ в България**

На 4 октомври 1957 година е изстрелян Първият изкуствен спътник на Земята. Започва космическата ера в историята на Човечеството. Следват още стартове на ракети, възниква необходимост от изследване на движението на спътниците, еволюцията на техните орбити, промяната в блясъка им. Нужни са редовни наблюдения на движенията на изкуствените спътници на Земята (ИСЗ), а за реализирането на тази цел са необходими обучени наблюдатели. Така закономерно възниква нуждата от институции, занимаващи се с такава дейност [Масевич А. Г., Лозинский А. М., 1970].

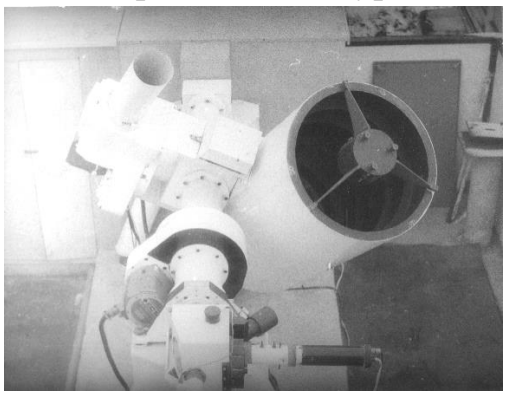
Този процес не подминава и България. По инициатива на българския астроном академик Никола Бонев – ръководител на катедра Астрономия при СУ, който тогава е и председател на Българското астронавтическо дружество през периода 1958 - 1959 г. се създават три наблюдателни станции – в София, Стара Загора и Варна. Техните съответни номера са 1101 – София, 1102 – Стара Загора, 1103 – Варна. По-късно, тези станции преминават в Централната лаборатория по висша геодезия (ЦЛВГ) при БАН, чиято наблюдателна база е разположена в Плана планина (1101), Народната астрономическа обсерватория „Ю. Гагарин” (НАО), Стара Загора с наблюдателна станция разположена в Старозагорските минерални бани, Област Стара Загора (1102) и Народната астрономическа обсерватория и планетариум „Н. Коперник” (НАОП), Варна с наблюдателна база в с. Аврен, Област Варна (1103).




Първоначално наблюденията се провеждат по метода на визуалните баражи на ИСЗ с помощта на наблюдателни тръби АТ-1 и ТЗК, като точното време е отчитано с морски хронометри. Впоследствие, са закупени кинофототеодолити на Фирмата „Аскания” и специализирани служби за „Точно време”, което позволява да бъдат проведени високоточни наблюдения на ИСЗ с проследяване и на самите спътници.



Ефемеридите за наблюдаваните спътници се получават от Астросъвета при АН на СССР, а резултатите от наблюденията се изпращат също там и в Астрономическата обсерватория в Звенигород, Русия. През периода 1979 – 1980 г. от СССР в България са доставени две автоматизирани фотографски камери АФУ – 75 (Автоматическая Фотографическая Камера; D = 210 мм, F = 736 мм) – едната за ЦЛВГ, БАН а другата – за НАО, Стара Загора. Наблюденията на ИСЗ в НАОП, Варна постепенно отпада от списъка на научните наблюдения, поради невъзможност да се оборудва наблюдателната станция със следващо поколение астрономически уреди за наблюдения на ИСЗ.




За нуждите за космическото приборостроене през 1982 е създадено Научно производствено предприятие (НПП) „Космос” към Централната

лаборатория за космически изследвания (ЦЛКИ) - БАН. През 1984 – 1986 год. в НПП „Космос”, БАН съвместно с ЛИТМО – Ленинград (дн. Санкт Петербург, Русия) е разработен лазерен далекомер УЛИС-630 за наблюдение на изкуствени спътници на Земята. Изработени са три апарата, инсталирани в Централната Лаборатория по Висша геодезия, БАН, Астрономическата обсерватория на Държавния университет на Латвия и Астрономическата обсерватория в Звенигород край Москва. През 1981 г. в Стара Загора е организирана и проведена Международната конференция за оптични наблюдения на ИСЗ в рамките на Международната организация „Интеркосмос”, Секция 6 с участието на повече от 270 учени от 14 страни.

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

**Състояние на Космически наблюдения и проследяване в света**

В настоящият момент основните наблюдения за каталогизиране на космиеските обекти се извършва в САЩ и Русия. Програми за наблюдение имат и в Китай, където напоследък се изгражда голяма наблюдателна мрежа, Япония, Индия, Канада. Големите европейски държави имат собствени наблюдателни мрежи, като за по голяма ефективност те постепенно се интегрират под егидата на ESA.

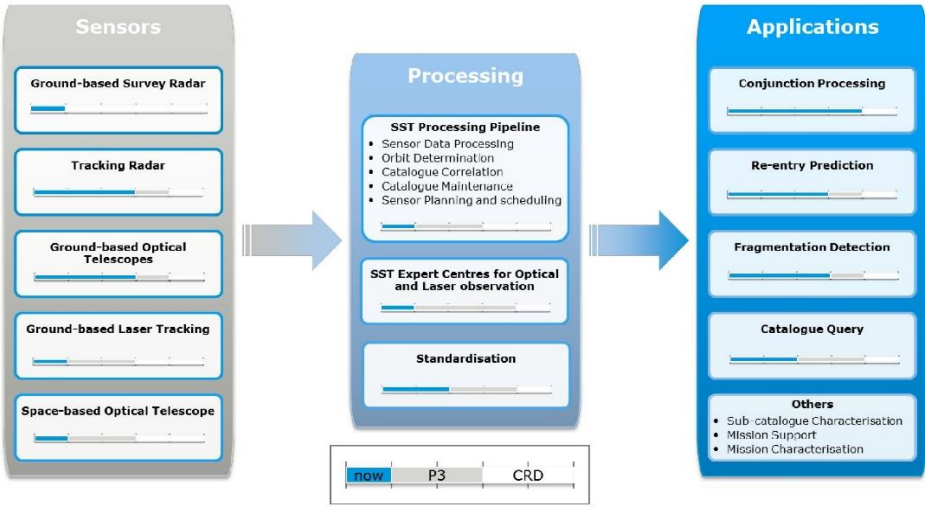
Програмата SSA се управлява чрез програмен офис, които е базиран в базата ESOC на ESA. Тя се изпълнява като незадължителна програма на ESA с финансово участие от 19 държави-членки. През първите два периода бяха утвърдени над 100 договора с индустрията за работа, свързана със SSA. Текущият период е финансиран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

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

инициативи се гарантира чрез изпълнението на програмата [Utzmann J. and other, 2014].

Очаква се бързо нарастващата необходимост от данни от SST да подкрепи оценката на ефективността на насоките за изпълнение и да допринесе за решаването на регулаторни въпроси [ESA Space Debris Office, 2017]. Малките спътници се изстрелват с нарастваща честота в масови количества. Изведени са на няколко големи комерсиални съзвездия в орбита. SST е необходима за откриване на фрагментации в орбита и за споделяне на каталожна орбитална информация за генерираните фрагменти. Определена е средна стойност на годишната честота от около 3,4 до 10 фрагментации за последните 10 години [Braun V. and other, 2017]. Имайки предвид и статистическите данни за космически отломки с под-каталожни размери, MASTER модела на ESA изчисли, че повече от 750 000 обекти, по-големи от 1 cm са в орбита на Земята [Flegel S. and other, 2009] с потенциал да повредят или унищожат действащи спътници, създавайки още повече фрагменти.

Днес, разчитането на навременни и точни данни от каталога на SST е реалност в съвременните операции с космически апарати, особено за избягване на сблъсъци и за оценка на събитията за повторно навлизане. ЕКА и всички европейски национални космически агенции и комерсиални оператори зависят от данните от наблюдения от неевропейски (предимно американски) източници [Utzmann J. et al., 2017].




***Фигура 1.*** *Статус на разработките на SST, планове за период 3 на програмата и изисквания в CRD, по [Flohrer, T. and Krag, H., 2017].*

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

данни от наблюдения се предоставя от Службата за космически отломки на ESA. ESA като оператор на космически апарати има действащи активности, като тази за осигуряване на услуга за избягване на сблъсъци [Braun V. and other, 2016], за предсказване на повторно влизане [Lemmens S. and other, 2016] и за подкрепа на непредвидени и специални фази на мисията на космически апарати, като Стартиране и Ранни орбитални фази (LEOP). За подпомагане на операциите на ESA, беше подписано споразумение за обмен на данни между USSTRATCOM и ESA през 2014 г., позволяващо операциите на ESA да бъдат предупреждавани в случай на идентифициран риск от сблъсък.

**План на SST в третия период на програмата**

Плановете в програмен период 3 за SST са описани подробно в този раздел. Следваме потока от данни за SST: започвайки от сензорните системи, последвани от мрежови аспекти и на обработката на данни и производните им приложения. Форматите за обмен на данни и стандартите, както и сътрудничеството се разглеждат отделно [Kirchner G. and other, 2013].

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

*1. Дейности на SST сензорите.*

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

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

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

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

*3. Дейности в приложенията за SST*

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

*4. Аспекти на сътрудничеството и стандартизация в SST*

Нова посока в развитието на SST в Европа дойде с въвеждането на финансирана от ЕС Рамка за подкрепа на SST. В тази сложна и динамична среда работата на SST на ESA ще продължи да подкрепя развитието на европейските способности чрез научноизследователска и развойна дейност. Тези дейности ще бъдат допълнени от свързаните с това тестове и валидиране, разработване на сензорни технологии, обработка на данни и приложения.

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

**Заключение**

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

**Литература:**

1. ESA Space Debris Office, ESA's Annual Space Environment Report, GEN-DB-LOG-00208-OPS-GR, available via https://discosweb.esoc.esa.int/web/guest/statistics, 2017.

2. Braun, V, Lemmens, S, Reihs, B, Krag, H.and Horstmann, A., Analysis of Breakup Events, In: Proceedings of the Seventh European Conference on Space Debris, Darmstadt, Germany, 2017.

3. Flegel, S., Gelhaus, J., Wiedemann, C., Vorsmann, P., Oswald, M., Stabroth, S. and Krag, H. The MASTER-2009 Space Debris Environment Model. In: Proceedings of the Fifth European Conference on Space Debris, Darmstadt, Germany, 2009.

4. Braun, V., Flohrer, T., Krag, H., Merz, K., Lemmens, S., Bastida Virgili, B., Funke, Q., Operational support to collision avoidance activities by ESA's space debris office. CEAS Space Journal, 8(3), 2016.

5. Lemmens, S., Bastida Virgili, B., Braun, V., Flohrer, T.,. Funke, Q., Krag, H., Mclean, F., and Merz, K., From end-of-life to impact on ground: An overview of ESA's tools and techniques to predicted re-entries from the operational orbit down to the Earth's surface, In: Proceedings of the 6th International Conference on Astrodynamics Tools and Techniques, Darmstadt, Germany, 2016.

6. Flohrer, T. and Krag, H., ESA's SSA Programme: Activities in Space Surveillance and Tracking (2017)

7. Масевич А. Г., Лозинский А. М., Фотографическиенаблюдения искусственных спутников Земли, «Научные информации Астрономического совета АН СССР»,1970, с. 18.

8. Utzmann, J., Wagner, A., Silha, J., Schildknecht, T., Willemsen, P., Teston, F. and Flohrer, T. A system design for space-based space surveillance. In Proceedings of Small Satellites Systems & Services Symposium, Porto Petro, 2014.

9. Utzmann, J., et al., Optical In-Situ Monitor – A Step Towards European Space-Based Debris Observations, Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference, Maui, Hawaii. 2017.

10. Kirchner, G., Koidl, F., Friederich, F., Buske, I., Vцlker, U., and Riede, W. Laser measurements to space debris from Graz SLR station. Advances in Space Research, 51(1), 2013.

***Адрес за кореспонденция:***

*1. инж. Огнян Димитров Огнянов, докторант*

*Институт за космически изследвания и технологии при Българска академия на науките, Филиал Стара Загора*

*Моб. тел. 0888 219 072, Електронна поща: ognianov@acceco.com*

*2. Пенка Влайкова Стоева, проф. д-р*
*Институт за космически изследвания и технологии при Българска академия на науките, Филиал Стара Загора*
*6000 Стара Загора, Ул. „Генерал Гурко” №47, ап. 6*
*Моб. тел. 0876 253 413, Електронна поща: penm@abv.bg*
*3. Алексей Димитров Стоев, доц. д-р*
*Институт за космически изследвания и технологии при Българска академия на науките, Филиал Стара Загора*
*6000 Стара Загора, Ул. „Генерал Гурко” №47, ап. 6*
*Моб. тел. 0876 777 694, Електронна поща: stoev52@abv.bg*
*4. Явор Йосифов Шопов, доц. д-р*
*Софийски университет „Св. Климент Охридски”, Физически факултет*
*Център за космически изследвания и технологии*
*1164 София, кв. Лозенец, ул. „Джеймс Баучър”, №5*
*Моб. тел. 0898 448 132, Електронна поща: yyshopov@yahoo.com*

**DOI: 10.34660/INF.2023.69.92.002**

# СТРУКТУРА И ДИНАМИКА НА СЛЪНЧАТА КОРОНА ПО ВРЕМЕ НА РАЗЛИЧНИ ФАЗИ НА СЛЪНЧЕВА АКТИВНОСТ

**Пенка Стоева, Алексей Стоев, Мирослав Костов**

# STRUCTURE AND DYNAMICS OF THE SOLAR CORONA DURING DIFFERENT PHASES OF SOLAR ACTIVITY

**Penka Stoeva, Alexey Stoev, Miroslav Kostov**

***Abstract:*** *The structure, shape and brightness of the solar corona significantly depend on the activity of the Sun. The crown is very bright and even at maximum solar activity. On these same composite photographs we can observe very bright coronal streamers and other active areas. With minimal solar activity, the corona becomes asymmetric - it extends mainly around the equator. The Ludendorff flatness index (ellipticity) is the first quantitative parameter introduced to analyze the global structure of the solar corona. It is anticorrelated with solar activity and varies between minimum and maximum.*

*The analysis of the coefficient of ellipticity and the phase of the solar cycle shows that the corona in white light during the TSE 2006, 2008, 2009 and 2017 (2 different solar minima) is asymmetric in contrast to the solar corona observed during the solar eclipses of 1990, 1999 and 2012 (solar maximum). In addition, the value of the photometric flatness index at the minimum of the solar cycle can be used to predict the amplitude of the cycle. These results can contribute to the development of the modern idea of the physical characteristics, shape and structure of the solar corona and its evolution within each successive cycle of solar activity.*

***Key words:*** *solar activity, flatness index, structure of the solar corona, total solar eclipce*

## Introduction

Solar corona can be observed only during total solar eclipses (TSE) because its intensity is much lower than the brightness of the sky. Solar corona is the part of the solar atmosphere which is one of the most important from point of view of solar physic and solar-terrestrial relations. Solar wind is accelerated

and the coronal mass ejection is formed in its inner part, which is difficult for observations and diagnostics.

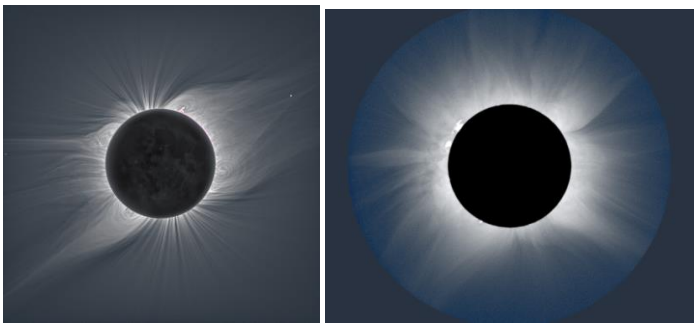
White light corona is a result of scattering of photospheric light off electrons in the corona and dust in interplanetary space. The orbital heliospheric observatories SoHO and STEREO, and the satellites Yohkoh,TRACE and CORONAS give the possibility of continuous investigation of the solar corona and the processes acting but they are closer to the Earth than the Moon and overoccult the sun, omitting from view exactly the inner corona.

The coronal light consists of K-, F-, E-, T- corona. These components are formed by very different mechanisms and have very different properties. K-(Kontinuierlich) corona is caused by scattering of photospheric light off rapidly-moving coronal electrons; F-(Fraunhofer) corona – by scattering of photospheric light off dust in interplanetary space between the orbits of Mercury and Earth; E- (Emission) corona – by actual emission of radiation by highly-ionized species in the corona; T- (thermal) corona – by thermal (largely infrared) emissions of interplanetary dust, usually the same dust that is causing the F-corona [Golub and Pasachoff, 1997]. Primary source of information about distant regions of the middle and outer corona still remain optical observations of the so called white-light corona, formed from the K- and F- corona.

Solar eclipses are between two and five each year. Many occur over the oceans or distant places and it is very difficult to document them. Some are not total, being only partial or annular. Thus, a good opportunity for total solar eclipse observation comes along every only two or three years. The average duration of totality is only two to three minutes. That is why, studying changes in the corona from one eclipse observation to another will draw the picture of its evolution.

Basic characteristics of the corona are controlled by changes in the configuration of the global magnetic field of the Sun. We know that, in general, large coronal streamers lie above the polarity-inversion lines of the large-scale magnetic field of the Sun marked by filaments and prominences [Vsekhsvyatskiy et al., 1965]. That is why, studies of the solar corona shape give us information about long term variations and structure of its large scale magnetic fields.

The equatorial plane of the dipole component of the solar magnetic field is regarded as principal plane of the solar corona with all its features. The position of this plane defines the orientation of the heliospheric current sheet and the



*2008 minimum 1990 maximum*

***Figure 1.*** *Solar corona during the 2008 TSE in minimum of the solar cycle and during the 1990 TSE in maximum solar activity.*

outer solar corona in 3D space. Its inclination with respect to the solar equatorial plane varies from almost zero at solar minimum to almost 90° at solar maximum, which is the reason for fundamentally different appearance of the corona.

The observed variety of solar corona forms is also determined by the variations of the current sheet orientation towards the earth due to solar rotation [Gulyaev, 2011]. Lifetime of these forms can be from less than one to more than several solar rotations. Comparative analysis of the white light corona observations during 5 total solar eclipses (in 1990, 1999, 2006, 2008 and 2009), at different phases of the solar activity cycle is presented in this work. White light solar corona is examined using the inclination of streamers towards the equator and the photometrical flattening index or index of ellipticity of the solar corona.

The minimum corona is much fainter and weaker than the maximum corona because of the absence of large active regions. The corona is the source of the fast and slow solar winds, and transient events like flares, jets, filament eruptions and coronal mass ejections (CMEs). Transient events can considerably change the structure of the corona, since, especially coronal mass ejections frequently lead to global magnetic re-organisation.

Coronal structures appear bright (arcades, loops, helmet streamers) or dark (coronal holes). Plasma density and temperature greatly depend on the magnetic field topology: bright features have closed magnetic structures (bipolar and active region loops), while dark coronal holes have an „open" magnetic structure towards the interplanetary magnetic field. „Helmet streamers" are

connected with solar active regions, and are centered over sunspots or prominences. Above the helmet, a long, straight stalk continues outward, and remains untwisted even to a dozen solar radii.

**Observations**

Observations of the total solar eclipses (TSE) in 1990, 1999, 2006, 2008, 2009, 2012 and 2017 were conducted at different sites of the world, in the line of totality. Usually, the scientific programme of our expeditions includes different tasks:

-Photometric investigation of the basic coronal structures in white light.

-Spectrometric investigation of the solar corona.

-Photometry of the sky illuminance with a LUX Pu 150 photometer.

-Determining of the dynamics of basic micrometeorological parameters of the 2-meter ground atmospheric layer.

-Astrometry of the TSE during its phase evolution

-Observations of atmospheric optical effects during the TSE.

Here we consider the white light corona at different phases of the solar cycle.

July 20, 1990 – near the town of Kem, Karelia, Russia ($\varphi$ = 64°57′ N, $\lambda$ = 34°36′ E, Alt. = 165m). Maximum of the solar activity. Sunspot number SSN=104

August 11, 1999 - around the town of General Toshevo, Bulgaria ($\varphi$ = 43°41.7′ N, $\lambda$ = 28°11.5′ E, Alt. = 200m ). Maximum of the solar activity. SSN=252

March 29, 2006 – near the town of Manavgat, Turkey ($\varphi$ = 36°45′27.59″ N, $\lambda$ = 31°27′14.11″ E, Alt. = 2m). Minimum of the solar activity. SSN=31

August 1, 2008 – near the town of Bijsk, Altay, Russia ($\varphi$ = 51°58′ N, $\lambda$ = 84°57′E, Alt. = 360m). Minimum of the solar activity. SSN=0

July 22, 2009 - near the upper reservoir of the TianHuangPing Pumped Storage Power Station, China ($\varphi$ = 30°28′14.2″ N, $\lambda$ = 119°35′29.0″ E, Alt. = 909m), near the Shanghai Observatory. Minimum of the solar activity. SSN=0

November 14, 2012 - in the region of Mount Molloy, 150km from Palm Cove, Cairns, Queensland, Australia ($\varphi$ = 16°29′45.6″ S, $\lambda$ = 144°58′17.4″ E, Alt. = 342m). Maximum of the solar activity. SSN=133

August 21, 2017 - in the area of the town St. Joseph, USA, near the Missouri River ($\varphi$ = 39°47′23.1″ N, $\lambda$ = 94°52′42.6″ E, Alt. = 253m). Minimum of the solar activity. SSN=63

**White light corona observations**

The white light corona observations during different years of total solar eclipses are made with different telescopes and cameras with different times of

exposure. The experiments and observational equipment are described in [Stoeva et al. 2011].

Solar corona photographs in white light during the 1990, 1999 and 2006 TSE were obtained by a large-aperture cameras (200/1000mm and telescope 150/2250mm Meniskas - Cassegrain), and telescopes-refractors (63/840mm) (Stoev et al., 2002). Black and white professional photographic films Kodak T-MAX 200 Pro with unique structure were used.

During the 2008, 2009, 2012 and 2017 TSE, the white-light corona photographs were obtained with 250/2000mm, 300mm objectives, and 2000mm Macsutov - Cassegrain telescope using high resolution digital cameras. Photographs were taken with different exposures, from 1/2000 sec to 5 sec.

**Results and analysis**

The 1990 and 1999 total solar eclipses are during the maximum of the 22nd and 23rd solar cycle.

The 2006 TSE is in the minimum - on the falling branch of the 23rd solar cycle.

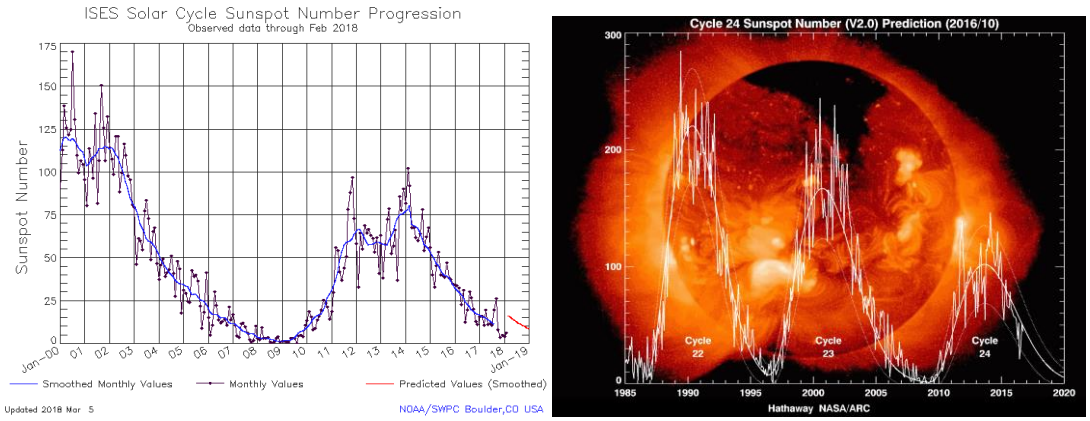



***Figure 2.*** *Solar cycle sunspot number progression.*

The 2008 and 2009 TSE are also in minimum but on the rising branch of the 24th solar cycle. The 2012 eclipse is in very low maximum of the solar activity.The 2017 eclipse is on the falling branch of the 24rd solar cycle.

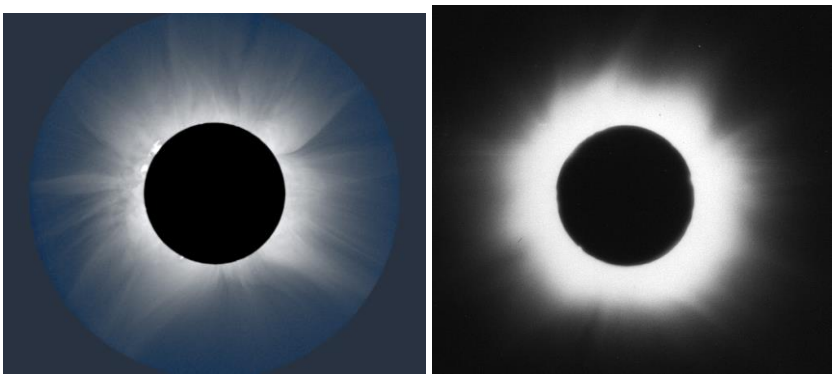


***Figure 3.*** *Solar corona from the total solar eclipse on* ***July 20, 1990*** *(Miloslav Druckmüller, 2004), left and August 11, 1999* ***(*** *photograph in white light made by a great light power camera (200/1000 mm) - with 2 sec exposure).*

Polar plumes, dome-shaped structures and „helmet" type structures are the basic coronal formations. They are evident from composite images of different number of negatives taken with a variety of exposures in white light.

**Coronal streamers**

During the 2006 TSE, all the basic coronal structures such, are evident from the composite image of 16 negatives taken with exposures from 1/2000 sec to 5 sec in white light [Stoeva et al., 2008].

The 2006 TSE is in minimum - on the falling branch of the 23$^{rd}$ solar activity cycle. The 2008 TSE is also on the falling branch according to the consensus reached by The Solar Cycle 24 Prediction Panel on May 8, 2009**:** the 24$^{th}$ solar cycle begins in December 2008. The 2009 TSE is also in minimum but on the rising branch of the 24$^{th}$ solar cycle. The quiet Sun corona shows larger helmet-type streamers concentrated in latitudes near the equator between N45 and S45.

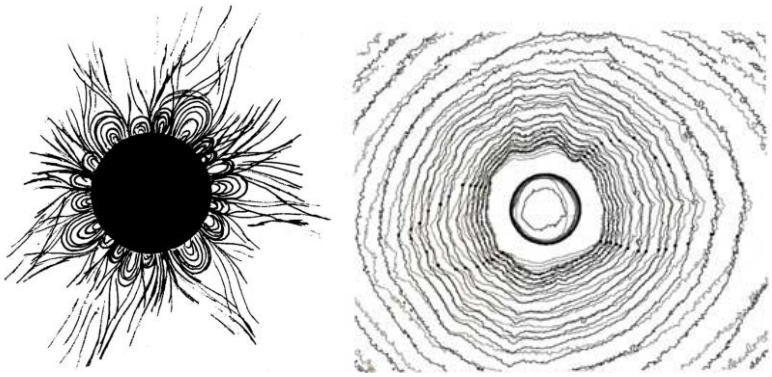


***Figure 4.*** *August 11, 1999 TSE. Black and white pencil drawing of the solar corona during the total phase, Zlatna Mychaylova. Equidencites.*




***Figure 5****. March 29, 2006 TSE. Composite image of 16 negatives taken with exposures from 1/2000 sec to 5 sec in white light. Comparison of the white light corona with the steamer structure obtained by SoHO.*

For the 2006 TSE, polar plumes are well developed in northern and southern hemisphere of the corona. Dome-shaped structures are displaced from 25$^{o}$ to 45$^{o}$ heliographic latitudes. The deviations from a radial direction in western hemisphere (21$^{o}$) are greater than that in eastern one (8$^{o}$).

Comparisons are made with the steamer structure of the solar corona taken by SoHO and show that the basic streamer structures are identical.

For the 2008 TSE, coronal structures are also outlined on the composite image of the white light corona, at heliographic latitudes from 19$^{o}$ to 48$^{o}$. The deviations in western hemisphere (9$^{o}$) are smaller than that in eastern one (12-18$^{o}$).

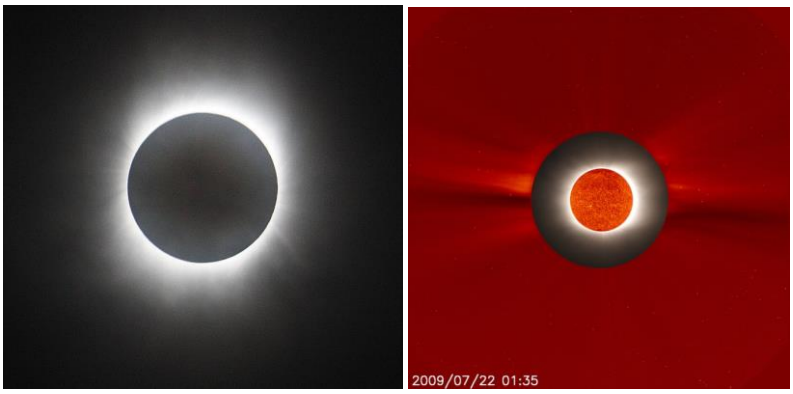



***Figure 6.*** *July 22, 2009 TSE - white light corona superimposed on an image of the Sun's outer corona taken by the Large Angle Spectrometric Coronagraph (LASCO) and shown in red false color (right).*

The total solar eclipse on July 22, 2009 has maximum duration of 6 min 39 sec and this is the longest totality for the last 2000 years. Images of the white-light corona during the 2009 TSE also show the typical coronal structures. The deviations of the streamers from radial direction in western hemisphere are larger (28-34$^{o}$) than that in eastern one (18-20$^{o}$), as in 2006 TSE but with larger values.

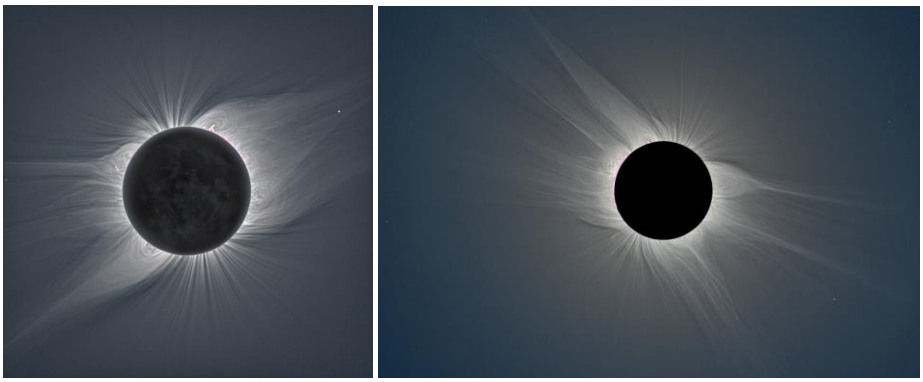


***Figure 7.*** *Coronal streamers during the August 1, 2008 (left) and March 29, 2006 (right) TSE in white light.*

Studying the three TSEs during minimum of the solar activity cycle we found that deviation of the coronal streamers from radial direction or their inclination towards the equator is larger as a whole for the 2008 (Sunspot Number SSN=0) and 2009 (SSN=0) eclipses in comparison with the 2006 TSE (SSN=31).

This fact can be explained with the low solar activity in 2008 and 2009 (deep solar minimum).

For studying the corona of the sun during a very low maximum in the solar activity Russian-French-Bulgarian expedition was organized for

observation of the November 14, 2012 total solar eclipse in Australia. Different experiments were conducted in the region of Mount Molloy, 150 km from Palm Cove, Cairns, Queensland.

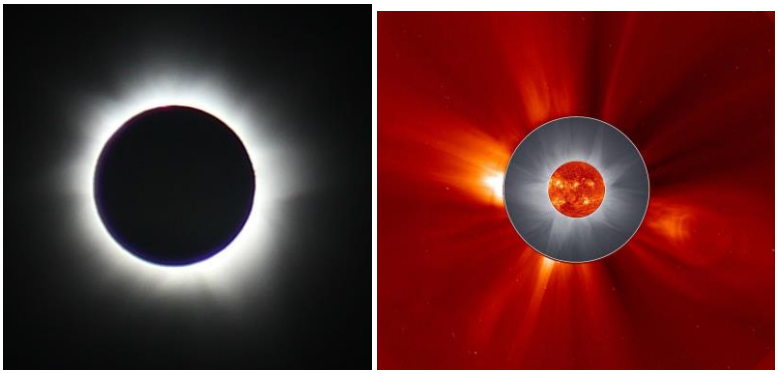


***Figure 8**. White light corona during the November 14, 2012 total solar eclipse, Australia, photographed with a 300 mm objective (left). Eclipse composite image between a SOHO/EIT image in helium radiation at 304Å in the ultraviolet (central image) and an outer-corona image from SOHO/LASCO (right).*

Composite eclipse image consists from 16 images of different exposures made during the expedition of Space Research and Technology Institute, BAS (P. Stoeva and A. Stoev) and, Lebedev Physical Institute, RAS, Moscow (S. Kuzin and A. Percov).

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

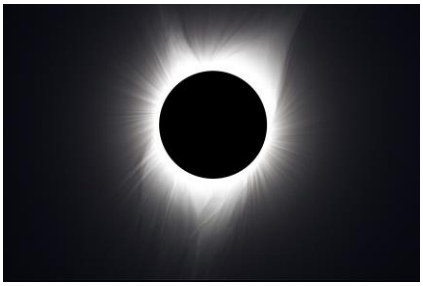


***Figure 9.** Solar corona on August 21, 2017 in minimum of the solar activity.*

The Megafilm project (http://eclipsemega.movie) has been successfully completed, where people from across the US send photographs or videos to a Google-related system to make them accessible to everyone.

Studying the three TSEs during minimum of the solar activity cycle we found that deviation of the coronal streamers from radial direction or their inclination towards the equator is larger as a whole for the 2008 (Sunspot Number (SSN =0) and 2009 (SSN = 0), and 2017 (SSN =63) eclipses in comparison with the 2006 TSE (SSN =31). This fact can be explained with the low solar activity in 2008, 2009, and in the following minimum in 2017 (deep solar minimum).

**Flattening index**

The Luddendorf flattening index (ellipticity) is the first quantitative parameter introduced for analyses of the global structure of the solar corona. It increases monotonically from the limb to some distance r, which varies from eclipse to eclipse within the range of ~1.4 $R_\odot$ to ~2.2 $R_\odot$ and it is sensitive to existence of coronal streamers at large heliographic latitudes.

This ellipticity coefficient show that corona is very round at solar maximum, when streamers emerge from so many latitudes, and it is much more elliptical at solar minimum, when only a few streamers are visible at the equator. This way, the Luddendorf flattening coefficient shows the cycle of solar activity [Van de Hulst, 1953, Gulyaev, 1997, Stoev et al., 2002].

For determining of the flattening ε the formula of Ludendorf (1928) has been applied

$$\varepsilon = \frac{d_0 + d_1 + d_2}{D_0 + D_1 + D_2} - 1 \quad (1)$$

where $d_0$ is the equatorial equidensity diameter, $d_1$ and $d_2$ are the diameters placed at angles of ± 22.5° in relation to $d_0$; $D_0$ is the diameter of equidensities passing through the solar poles and $D_1$ and $D_2$ are the diameters tilted to $D_0$ at angles of ± 22.5°. The flattening ε, which characterizes the solar corona type, is calculated at a distance of 2 $R_\odot$ from the solar disk centre – a way to remove the effect of the F-corona.

The phase of the solar activity cycle can be calculated using the formula of Bernheimer (1938):

$$\Phi = \frac{T - T_{\min}}{|T_{\max} - T_{\min}|} \quad (2)$$

where T is the moment of the total solar eclipse, $T_{min}$ and $T_{max}$ are the nearest minimum and maximum of the corresponding solar cycles. The phase is calculated by linear interpolation between the closest maximum (Φ=1) and closest minimum (Φ=0). The sign + or – is assigned according to the rising and falling branch of the solar cycle, respectively.

***Table 1.*** *The solar corona flattening index ε and the solar cycle phase Φ for seven total solar eclipses.*

| Year | 1990 | 1999 | 2006 | 2008 |
|---|---|---|---|---|
| Sunspot N | 104 | 252 | 31 | 0 |
| ε | 0.090 | 0.190 | 0.098 | 0.320 |
| Φ | - 0.85 | 0.75 | - 0.25 | - 0.04 |
| Corona Type | Before min (May 1996) | After min (May 1996) | Before min (Dec 2008) | Before min (Dec 2008) |

| Year | 2009 | 2012 | 2017 |
|---|---|---|---|
| Sunspot N | 0 | 133 | 63 |
| ε | 0.22 | 0.024 | 0.270 |
| Φ | 0.12 | 0.87 | - 0.6 |
| Corona Type | After min (Dec 2008) | After min (Dec 2008) | After max (Apr 2014) |

The flattening index of the solar corona, which is largest at the activity minimum and vice versa, can be considered as an indirect characteristic of the polar magnetic field of the Sun, which is also largest at minimum according to dynamo theory. The amplitude of the toroidal magnetic field of the Sun (forms sunspots) in the activity maximum is determined by the poloidal magnetic field in the previous minimum. Pishkalo M. [Pishkalo M., 2011] have obtained an equation for the best linear fit of the smoothed monthly sunspot number at cycle maxima *W*max *vs.* the flattening index *ε* near cycle minima using data for 60 total solar eclipses:

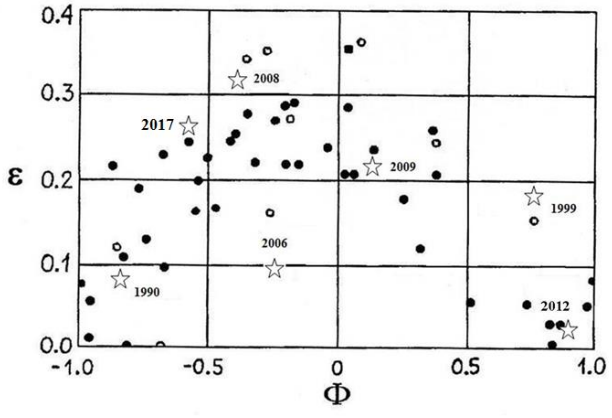



***Figure 10.*** *The solar corona flattening indices ε as a function of the solar cycle phase Φ for seven TSEs are shown as white stars. Other plots are results by Gulyaev (1997) who uses data for 51 solar eclipses.*

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

We have used this equation for calculating the amplitude of smoothed monthly sunspot number in the last solar cycle. The TSE in 2008 is closer to the minimum of the solar activity – December 2008. Using the obtained flattening index of $\varepsilon = 0.32$ (very close to the value $\varepsilon=0.29$ of [Rusin et al., 2010], it can be predicted that the amplitude of the current solar cycle will be 146±65 in terms of the smoothed monthly sunspot number.

The 2009 TSE is at the beginning of the solar cycle 24. Using this flattening index value - $\varepsilon = 0.22$ - we calculate a lower value – 99.7±65 - for the amplitude of the solar cycle 24. The average value is 122.85. Mean value of the sunspot number in April 2014, determinead as maximum of the Solar cycle 24 is SSN=112.46, which is very close to the obtained value.

Other investigations conducted during total solar eclipses:

1. Astrometry of the Total Solar Eclipse phenomenon.
2. Photometry of the solar corona in the green coronal line (photos with a narrow green filter $\lambda = 5303$Å)
3. Corona Spectrometry (Green Coronal Line)
4. Meteorology of the ground atmospheric layer (2meters).
5. Photometry of the sky illumination during the phase evolution of the Total Solar Eclipse.

**Conclusion**

We have made an analysis of the white light coronal structures and shape during the seven total solar eclipses, which are at different stages of the solar activity cycle. Ground based composite images are compared with images from space observatories: Solar Ultraviolet Imager (SUVI) from NOAA/NASA's GOES-16 (inside the black and white corona) and C2 coronagraph of Naval Research Laboratory's LASCO instrument on ESA's Solar and Heliospheric Observatory (SoHO).

Three of the investigated TSEs are during minimum of the solar activity cycle. We have found that deviation of the coronal streamers from radial direction or their inclination towards the equator is larger as a whole for the 2008, 2009 and 2017 eclipses (deep solar minimum) in comparison with the 2006 TSE, which is at comparatively larger solar activity.

Analysis of the Ludendorf flattening index and phase of the solar cycle show that white light corona during the 2006, 2008, 2009 and 2017 TSE (solar minimum) is asymmetric in contrast to solar corona observed during the 1990, 1999 and 2012 total solar eclipses (solar maximum). Moreover, value of the photometric flattening index at a cycle minimum can be used to forecast the amplitude of the cycle. We have made two estimations for the amplitude of the solar cycle 24 in terms of the smoothed monthly sunspot numbers using indices for TSEs in 2008 ($\varepsilon = 0.32$, 4 months before solar cycle minimum in December

2008) and in 2009 (ε = 0.22, 7 months after the minimum) - 146±65 and 99,7±65 accordingly (mean value is 122.85). Mean value of the sunspot number in April 2014, determinead as maximum of the Solar cycle 24 is SSN=112.46.

**References**

1. Bernheimer W. E., 1938, „Sunspot activity and the form of the solar corona". M.N.R.A.S., 98, 598.

2. Druckmüller Miloslav, 2004, Eclipse Photography Home Page,

3. http://www.zam.fme.vutbr.cz/~druck/eclipse/Ecl1990/Incor/0-info.htm

4. Ludendorff, H., Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Phys.-Math. Kl., **16**, 1928, 185.

5. Golub, L., Pasachoff, J.M., „The Solar Corona". Cambridge University Press, Cambridge, 1997, 259.

6. Gulyaev, R. „Solar cycle variation of the solar corona shape. A new outlook", *Astron. Astrophys. Transactions*, 13, 1997, pp 137-144.

7. Gulyaev, R. „Investigations of the solar corona using the solar eclipse observations in IZMIRAN", *Geomagnetism and Aeronomy*, vol. 51, N 2, 2011, pp 174-181.

8. Pishkalo, M., „Flattening Index of the Solar Corona and the Solar Cycle**",** *Solar Phys*, 270, 2011, 347–363, DOI 10.1007/s11207-011-9749-y

9. Rušin, V., Druckmüller, M., Aniol, P., Minarovjech,M., Saniga,M., Miki´c, Z., *et al.*: 2010, *Astron. Astrophys.***513**, A45.

10. Stoev, A., Y. Shopov, P. Muglova, N. Kiskinova, Yu. Varbanova, Zl. Michaylova, R. Velkov, „Structure of the solar corona during the 1999 total solar eclipse", In *First Results of 1999 Total Solar Eclipse Observations*, Edited by D.N.Mishev and K.J.H. Phillips, Professor Marin Drinov Publishing House, Sofia, 2002, pp 143-150.

11. Stoeva, P., A. Stoev, S. Kuzin, Y. Shopov, N. Kiskinova, N. Stoyanov, A. Pertsov," Investigation of the white light coronal structure during the total solar eclipse on March 29, 2006", International Symposium on Recent Observations and Simulations of the Sun-Earth System, Varna, Bulgaria, 17 – 22 September 2006, doi:10.1016/j.jastp.2007.08.051, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics v. 70, 2008, pp. 414–419

12. Stoeva, P., A. Stoev, S. Kuzin, „White light corona at different phases of the solar cycle", Sun and Geosphere, 6(1), 2011, pp 33-35, ISSN 1819-0839.

13. Van de Hulst, H.C., „The Chromosphere and the Corona", In *The Sun*, ed G. P. Kuiper, University of Chicago Press, Chicago, 1953.

14. Vsekhsvyatskiy, S. K., G. M. Nikolskiy, V. I. Ivanchuk, A. T. Nesmyanovich, et al., Solar Corona and Corpuscular Radiation in the Interplanetary Space (in Russian), Kiev, Naukova Dumka, 293 p., 1965.

***Адрес за кореспонденция:***
*1. Пенка Влайкова Стоева, проф. д-р*
*Институт за космически изследвания и технологии при Българска академия на науките, Филиал Стара Загора*
*6000 Стара Загора, Ул. „Генерал Гурко" №47, ап. 6*
*Моб. тел. 0876 253 413, Електронна поща: penm@abv.bg*
*2. Алексей Димитров Стоев, доц. д-р*
*Институт за космически изследвания и технологии при Българска академия на науките, Филиал Стара Загора*
*6000 Стара Загора, Ул. „Генерал Гурко" №47, ап. 6*
*Моб. тел. 0876 777 694, Електронна поща: stoev52@abv.bg*
*3. Мирослав Костов Костов, докторант*
*Институт за космически изследвания и технологии при Българска академия на науките, Филиал Стара Загора*
*6000 Стара Загора, Ул. „Цар Иван Шишман" №62 (ЦПЛР-АО)*
*Моб. тел. 0878 289 881, Електронна поща: miroslavkostov@abv.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.81.46.003**

# ОТКРИТИЯ НА НОВИ АСТЕРОИДИ ПО МЕЖДУНАРОДНАТА ПРОГРАМА INTERNATIONAL ASTEROID SEACRH COLLABORATION

**Веселка Радева**

# DISCOVERIES OF NEW ASTEROIDS UNDER THE INTERNATIONAL ASTEROID SEARCH COLLABOARATION

**Veselka Radeva**

***Abstract:*** *In the paper are presented results of remote asteroid observations made during monitoring campaigns that were part of the International Asteroid Search Collaboration Program for tracking and detection of asteroids. The methodology for detecting asteroids and the process of confirming the discoveries and naming the new objects by the International Astronomical Union are discussed. The new asteroids discovered by the Bulgarian teams are presented with their orbital elements and diagrams. Special attention is given to the training and participation of Bulgarian student teams from military universities in the international program for detection and tracking of asteroids.*

***Key words:*** *asteroids, remote observations, orbital elements, discoveries.*

## Въведение

Астрономическите изследвания на астрономически обекти от голям брой астрономи, организирани в наблюдателни международни програми, дават много добър резултат. В последните години международното астрономическо сътрудничество позволява използването на телескопи с различни характеристики, разположени в различни точки от планетата да решава научно-изследователски задачи и да се правят значими открития. Международната програма за търсене на астероиди International Asteroid Search Collaboration организира екипи от астрономически обсерватории, университети, колежи, гимназии от различни страни. В продължение на 16 години екипите са открили голям брой нови астероида и са уточнили орбитите на хиляди астероида. В Международната програма за търсене на астероиди участват и български астрономи от Института по астрономия с

НАО-Рожен, учители по физика и астрономия, ученици, преподаватели от висшите военни училища, курсанти и студенти.

**1. Астероидите – опасност от Космоса**

Астероидите са една от реалните космически опасности, с които се е среща Земята. Една от най-големите биологични катастрофи е причинена от сблъсък с астероид в местността Юкатан, Мексико. След това катастрофално събитие изчезват над 94% от биосферата на Земята.

Астероидите принадлежат към групата на Малките тела в Слънчевата система заедно с кометите и метеорните тела. Болшинството от астероидите се намират в Основния астероиден пояс, между Марс и Юпитер. Към месец май 2022 година са каталогизирани 1 113 527 астероида. Те имат размери от няколко метра до стотици километра в диаметър, яркостта им може да варира значително само за няколко минути [1]. Повечето астероидите, обикалят около Слънцето, в „главния астероиден пояс” между Марс и Юпитер, са твърде далеч, за да представляват заплаха за Земята. Астрономите следят и друга категория астероиди, „близко земните астероиди”. Според Центъра за изследване на близки до Земята обекти на НАСА към юни 2021 година това са 26 115 астероида, чийто орбити пресичат орбитата на нашата планета. 2 158 са потенциално опасните близки до Земята астероиди.

Астероидните наблюдения допринасят за по-точното определяне на орбитите на астероидите в Слънчевата система и за разбирането на тяхната природа – химичен състав и физически характеристики.

**2. IASC – програма за проследяване и откриване на астероиди**

Откриването на нови астероиди и проследяването на вече известни астероиди е основна научно-изследователска цел, която реализира Международна програма наречена Международното сътрудничество за астрономическо търсене (International Asteroid Search Collabration). Тя е организирана и се ръководи от проф. Дж. Патрик Милър от университета Хардин Симънс в Абилин, Тексас. В IASC си партнират университети и обсерватории от целия свят. Програмата е насочена към студенти от университети, колежи и гимназии, като се предоставят астрономически данни от наблюдения на младежите по целия свят, за да се търсят нови астероиди и да проследяват вече известните [2].

IASC си сътрудничи и с кампанията за търсене на астероиди Pan-STARRS. Наблюдателната техника на Pan-STARRS включва два 1,8-метрови телескопа, разположени на Хаваите, които непрекъснато сканират небето в търсене на близки до Земята астероиди. Pan-STARRS предоставя част от своите наблюдателни данни на IASC, за да улесни търсенето на астероиди. Партньори на IASC са астрономически обсерватории в САЩ,

Италия, България, Великобритания чрез Фолкс телескопите на Хаваите и Австралия. Партниращите организации на IASC, дават възможност за един непрекъснат научно-изследователски процес, стартирал от 2006 година до сега. Това са университети, астрономически обсерватории, министерства, организации от САЩ, Австрия, Бангладеш, Боливия, Бразилия, България, Канарските острови, Колубмия, Китай, Германия, Индия, Иран, Италия, Непал, Панама, Полша, Португалия, Сърбия, Шири Ланка, Великобритания, Уругвай, Венецуела.

Екипите, които работят по IASC, получават в продължение на всяка наблюдателна кампания астрономически изображения, правени с телескопите от партниращите обсерватории. Тези дистанционни астрономически наблюдения позволяват на екипите да откриват нови обекти и да ги проследяват в следващите нощи. В процеса на работа има два вида открития на нови астероиди – предварителни и потвърдени. Предварителните открития са все още непотвърдени от Центъра за малки планети в Харвард открити нови астероиди. Потвърдените открития се базират на последващи наблюдения на новите обекти. В резултат на работа на екипите от 2006 година до сега са направени 9136 предварителни открития и 31 потвърдени открития.

**3. Методика за откриване на астероиди, процес на потвърждаване на откритията**

Астрономическите изображения, получени с телескопи от партниращите астрономически обсерватории се обработват с професионалния астрономически софтуер ASTROMETRICA. Този софтуер позволява да се прави астрометрична и фотометрична обработка на астрономическите обекти в изображенията [3]. Създаден е от астронома-любител Херберт Рааб и се препоръчва от Центъра за малки планети на Харвардския университет. Този софтуер се предоставя от IASC на студентските екипи, в който са включени специализирани за всеки използван телескоп файлове – [4] [Фиг.1.].

Етапите в обработката на астрономическите изображения за проследяване и откриване на нови астероиди са следните:

1. Подготовка на астрономическите изображения от големи телескопи – създаване на изображения тип мозайка и групирането им в сетове от по четири;

2. Идентифицирането на звездните полета от астрономическите изображения със звездни карти от предварително избрани звездни каталози и отъждествяване на максимален брой звезди в тях;

3. Отбелязване на всички известни астероиди, които се намират в полето на астрономическите изображения;

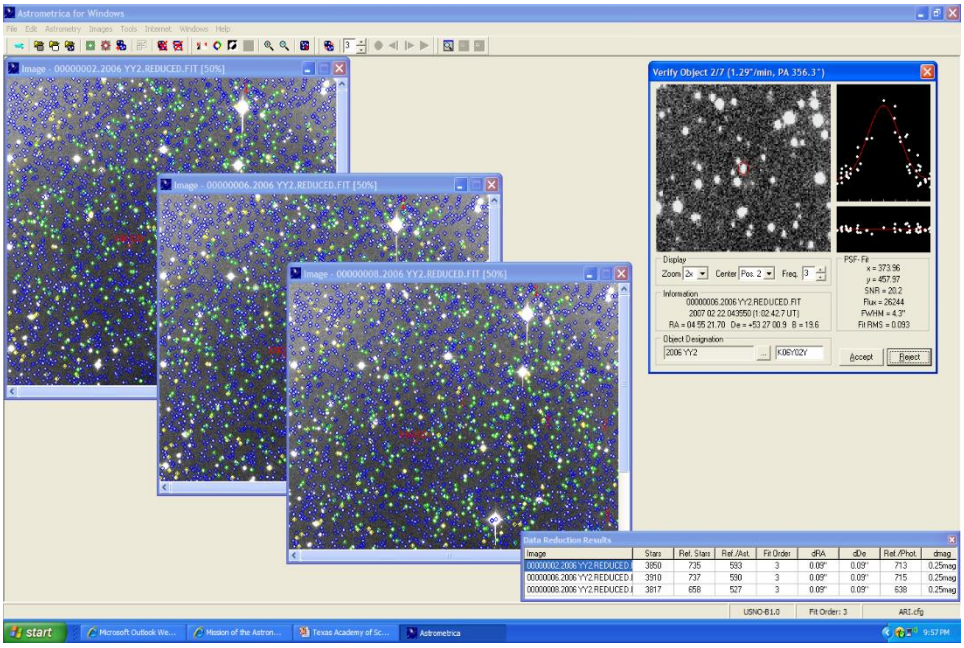
4. Активиране на анимация от четирите изображения за откриване на движещи се сред звездите обекти;

5. Регистриране на движещи се обекти и определяне на екваториалните му координати- ректасцензия и деклинация в четирите астрономически изображения;

6. Проверка на координатите с предоставен от IASC тест за определяне грешката при измерванията на екваториалните координати.

7. Подготвяне на отчет с измерените координати за Центъра за малки планети в Харвардския университет.

8. Обозначаване на открития астероид с цифри и букви, които показват годината и специфичното обозначение на обекта. Публикуване в базата данни на Центъра за малки планети.




***Фиг.1**. Софтуер ASTROMETRICA за астрометрична обработка на астероидите*

Холандският математик Лойцен Брауер през 1928 година предлага и Международният Астрономически Съюз решава да дава временно обозначение на всеки астероид, който да съдържа годината на откриването. В обозначението се включва и латински буквен код. Първата буква показва кога през годината е направено откритието, като буквите I и Z не се използват. Втората буква показва поредния номер на открития астероид, като буквата I не се използва. Ако в рамките на същия период от време на годината има открити повече обекти, в означението след двубуквения код се добавят номера. Например, първият открит астероид за 01.01.2022

година ще има обозначение 2022 AA, а вторият ще има обозначение 2022 AB, третият – 2022 CC и така до 2022 AZ. Следващият открит астероид след 2022 AZ ще бъде с обозначение 2022 AA1, …, 2022 AZ1, 2022 AA2, …, 2022 AZ9, 2022 AA10 и т.н. През втората половина на януари първият нов астероид ще има обозначение 2022 BA, следващият астероид – 2022 BB, и така нататък като се прилага предложената схема.

Центърът за малки планети на Международния Астрономически Съюз дава временни обозначения, след като са докладвани наблюдения на най-малко две нощи за астероид, който не е известен.

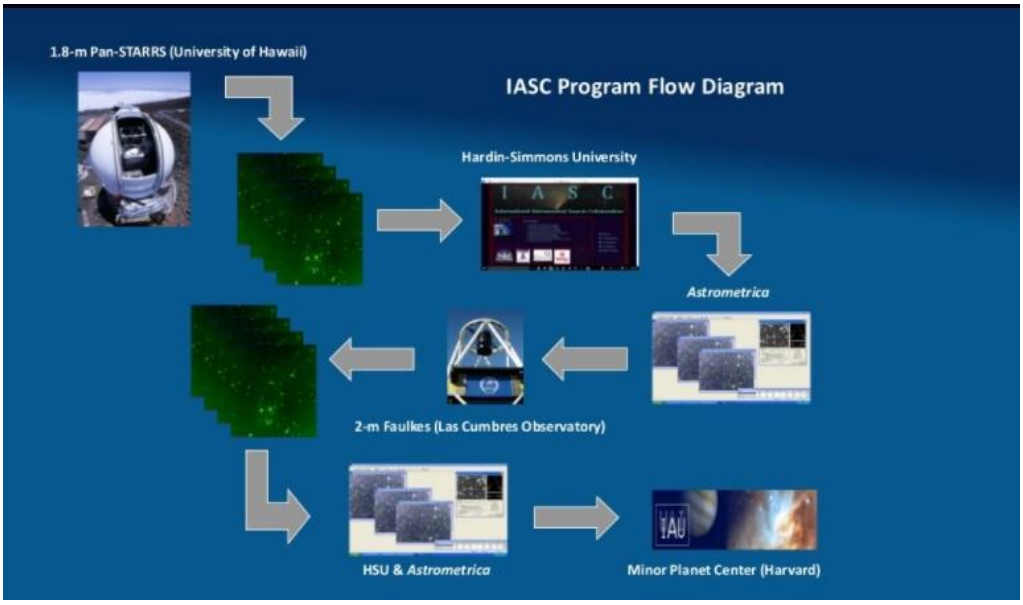
1. Проследяване на новите астероиди от професионални астрономи в продължение на 2-7 години и уточняване на орбитните им елементи.

Първоначалните наблюдения служат за отбелязване на възможно откритие, а следващите за потвърждаване на астероидното откритие. Тези обозначения остават, докато се определят точните орбитни елементи на обекта. След това той получава пореден номер.

2. Предоставяне на възможност за наименоване на откритият астероид с име, предложено от откривателя на новия астероид.

Съгласно изискванията на Международният астрономически съюз откривателят прави предложение за име на астероида. Предложените имена се одобряват от Комисия по именуване на малки тела към Международният астрономически съюз и се приемат за окончателни след официално утвърждаване от Центъра за малки планети. Имена на астероиди не могат да бъдат имена на хора и събития, които са известни поради политическите си или военни дейности през изминалите 100 години от смъртта на лицето или възникване на събитието. Не са разрешени имена с чисто или предимно търговски характер. Официалният формат на имената на астероидите включва окончателния пореден номер в скоби пред името, например (510 466) Варна.

На Фигура 2. са представени отделните етапи от работата по IASC.




***Фиг. 2.*** *Етапите от процеса на проследяване и откриване на астероиди*

## 4. Открития на астероиди от български екипи за периода 2012 – 2022 година

Български екипи участват в IASC от 2009 година. Това са ученици от астрономическите курсове от Астрономическата обсерватория и планетариум „Николай Коперник", Варна. Още с първите участия екипите правят предварителни открития на нови астероиди, които след няколко години се потвърждават с последващи наблюдения. От 2009 година до 2022 година български екипи участват във всички наблюдателни кампании. Всяка година се провеждат от 10 до 12 наблюдателни кампании на IASC, национални кампании и такива за откриване на транс-нептунови обекти, астероиди от научната програма на Космическата мисия OSIRIS-Rex до астероида Бену. От 2009 година до 2022 година българските ученически екипи са обработили над 2000 астрономически изображения, направили са над 300 предварителни открития и 9 потвърдени открития на нови астероиди. Един от откритите астреоиди носи името Варна. Процесът по приемане на името продължи една година.

От месец май 2017 година в Международната програма IASC се включват студенти от Висшето военно морско училище „Никола Вапцаров". От 2021 година в IASC участват и екип от курсанти от Висшето военно въздушно училище. Те успешно преминават обучение по работа с професионалния астрономически софтуер АСТРОМЕТРИКА и успешно се включват в Международната програма. Резултатите от наблюдателните кампании, в които участват екипите на Студентското

космическо общество и Студентското астрономическо общество за периода 2017 – 2022 година са представени в Таблица 1.

***Таблица 1.*** *Резултати от работата на екипа в астрономически кампании за периода 2017 – 2021 година*

| **Год.** | **Кампания** | **Обработени изображения** | **Предвар. открития** | **Потвърден и открития** | **Участници** |
|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | 8 IASC<br>2 All Bulgaria Asteroid Search Campaigns | 920 | 50 | | 5 студента<br>1 ръководител |
| 2018 | 10 IASC<br>2 All Bulgaria Asteroid Search Campaigns<br>2 Target Asteroid Search | 1350 | 93 | | 7 студента<br>1 ръководител |
| 2019 | 10 IASC<br>2 All Bulgaria Asteroid Search Campaigns<br>2 Target Asteroid Search Catalina_CSS_NEO | 1153 | 122 | 2019 UO19 | 10 студента<br>1 ръководител |
| 2020 | 10 IASC<br>2 All Bulgaria Asteroid Search Campaigns<br>2 Target Asteroid Search Campaigns | 1230 | 63 | 2020 US13<br>2020 RQ39<br>2020 OM29 | 7 студента<br>1 ръководител |
| 2021 | 7 IASC<br>1 All Bulgaria Asteroid Search Campaigns<br>Target NEOs | 1600 | 50 | | 5 студента<br>1 ръководител |
| 2022 | 5 IASC<br>1 All Bulgaria Asteroid Search Campaigns | 220 | 30 | | 5 студента<br>1 ръководител |
| | | 6 473 | 408 | 4 | |

Участниците в екипите получават сертификати за откриването на астероида. Новите астероиди са открити от екип в състав: доц. д-р Веселка Радева и студентите Антон Атанасов, Асен Асенов, Освалдо Андраде и

Саша Ботева. На Фигура 3. са представени сертификати за откриване на новите астероиди.




***Фиг.3.*** *Сертификати за откриване на новите астероиди 2020 RQ39, 2020 OM29, 2019 UO19 и 2020 US13*

На Фигурите 4, 5, 6, 7, 8 и 9 са представени орбитните елементи и орбитните диаграми на астероидите 2019 UO19, 2020 OM29 и 2020 RQ39. Те са получени с JPL Horizons on-ine solar system data and ephemeris computation service и Orbit Viewer на Jet Propolsion Laboratory на California Institute of Technology.

**(2019 UO19)**

**Classification:** Main-belt Asteroid **SPKID:** 3985432 **Related Links:** Ephemeris

**Orbit Viewer** [show]

**Orbit Parameters** [hide]

**Osculating Orbital Elements**

Epoch 2459600.5 (2022-Jan-21.0) TDB
Reference: JPL 3 (heliocentric **IAU76/J2000** ecliptic)

| Element | Value | Uncertainty (1-sigma) | Units |
|---|---|---|---|
| e | 0.2021764344166909 | 3.9113E-5 | |
| a | 2.189456112462642 | 8.696E-5 | au |
| q | 1.746799682333116 | .00012847 | au |
| i | 5.766803853367154 | .00095936 | deg |
| node | 65.66455056989187 | .00047858 | deg |
| peri | 307.9809998649783 | .00653 | deg |
| M | 271.8654871194998 | .014158 | deg |
| tp | 2459890.198536285116<br>2022-Nov-06.69853629 | .063665 | TDB |
| period | 1183.321603014344<br>3.239757982243241 | .070498<br>1.9301e-4 | d<br>y |
| n | 0.3042283679119447 | 1.8125E-5 | deg/d |
| Q | 2.632112542592169 | .00010454 | au |

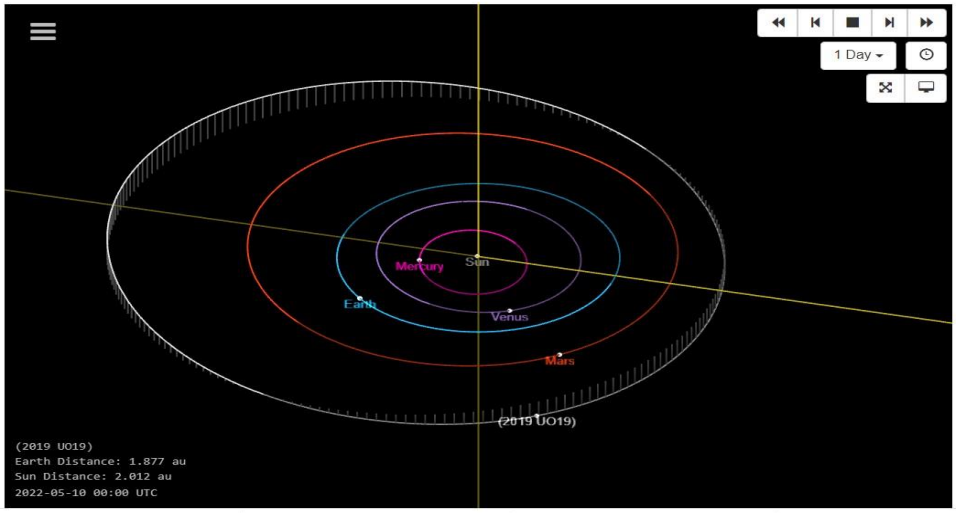
**Miscellaneous Details**

| | |
|---|---|
| solution date | 2021-May-04 16:49:43 |
| # obs. used (total) | 33 |
| data-arc span | 42 days |
| first obs. used | 2019-10-23 |
| last obs. used | 2019-12-04 |
| planetary ephem. | DE441 |
| SB-pert. ephem. | SB441-N16 |
| condition code | 5 |
| norm. resid. RMS | .47315 |
| source | JPL |
| producer | Otto Matic |
| Earth MOID | .755559 au |
| Jupiter MOID | 2.84056 au |
| T_jup | 3.641 |

**Physical Parameters** [hide]

| Parameter | Value | Units | Sigma | Reference | Notes |
|---|---|---|---|---|---|
| [H] absolute magnitude | 19.3 | | .26555 | MPO525825 | autocmod 2.8 |

***Фиг.4.*** *Орбитни елементи на астероида 2019 UO19*




***Фиг. 5****. Орбитна диаграма на астероида 2019 UO19 за 10 май 2022 година*

**(2016 RL8 = 2020 OM29)**

**Classification:** Main-belt Asteroid **SPKID:** 3759122 **Related Links:** Ephemeris

**Orbit Viewer** [show]

**Orbit Parameters** [hide]

**Osculating Orbital Elements**

Epoch 2459600.5 (2022-Jan-21.0) TDB
Reference: JPL 4 (heliocentric **IAU76/J2000** ecliptic)

| Element | Value | Uncertainty (1-sigma) | Units |
|---|---|---|---|
| e | 0.1333958469332134 | 7.5922E-7 | |
| a | 2.590155748487289 | 2.4714E-7 | au |
| q | 2.244639728728896 | 2.1761E-6 | au |
| i | 14.50913866903996 | 3.0419E-5 | deg |
| node | 320.6279958216703 | 2.7382E-5 | deg |
| peri | 42.06433438478118 | .00044482 | deg |
| M | 85.73198798630587 | .00044345 | deg |
| tp | 2459237.900133692204<br>2021-Jan-23.40013369 | .001825 | TDB |
| period | 1522.604980204789<br>4.168665243544939 | .00021792<br>5.9663e-7 | d<br>y |
| n | 0.2364368990515061 | 3.3839E-8 | deg/d |
| Q | 2.935671768245682 | 2.8011E-7 | au |

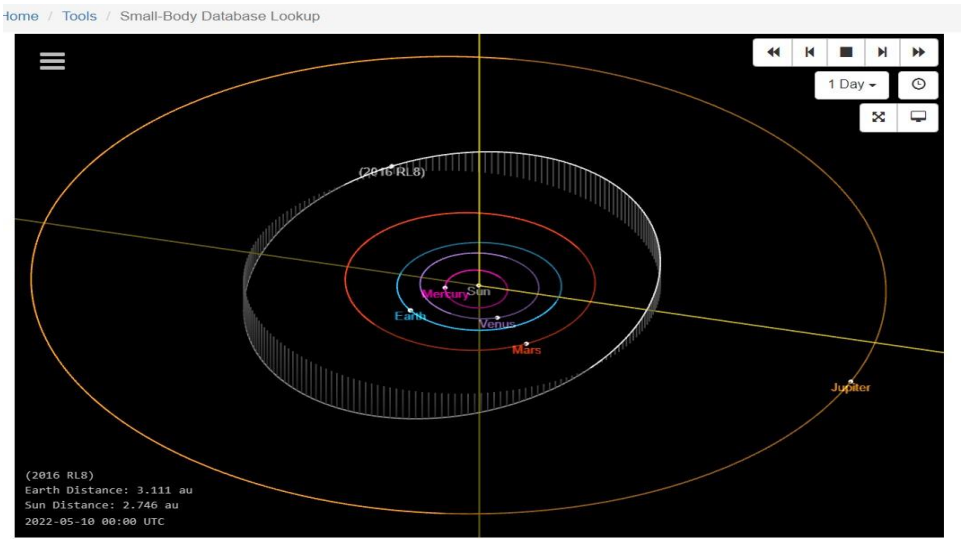
**Miscellaneous Details**

| | |
|---|---|
| solution date | 2021-Apr-15 17:39:05 |
| # obs. used (total) | 55 |
| data-arc span | 2924 days (8.01 years) |
| first obs. used | 2012-09-14 |
| last obs. used | 2020-09-16 |
| planetary ephem. | DE441 |
| SB-pert. ephem. | SB441-N16 |
| condition code | 1 |
| norm. resid. RMS | .6176 |
| source | JPL |
| producer | Otto Matic |
| Earth MOID | 1.25949 au |
| Jupiter MOID | 2.52692 au |
| T_jup | 3.363 |

**Physical Parameters** [hide]

| Parameter | Value | Units | Sigma | Reference | Notes |
|---|---|---|---|---|---|
| [H] absolute magnitude | 17.9 | | .25817 | E2020-XA6 | autocmod 2.8 |

***Фиг. 6.*** *Орбитни елементи на астероида 2020 OM29*




***Фиг.7.*** *Орбитна диаграма на астероида 2020 OM29 за 10 май 2022 година*

**Osculating Orbital Elements**

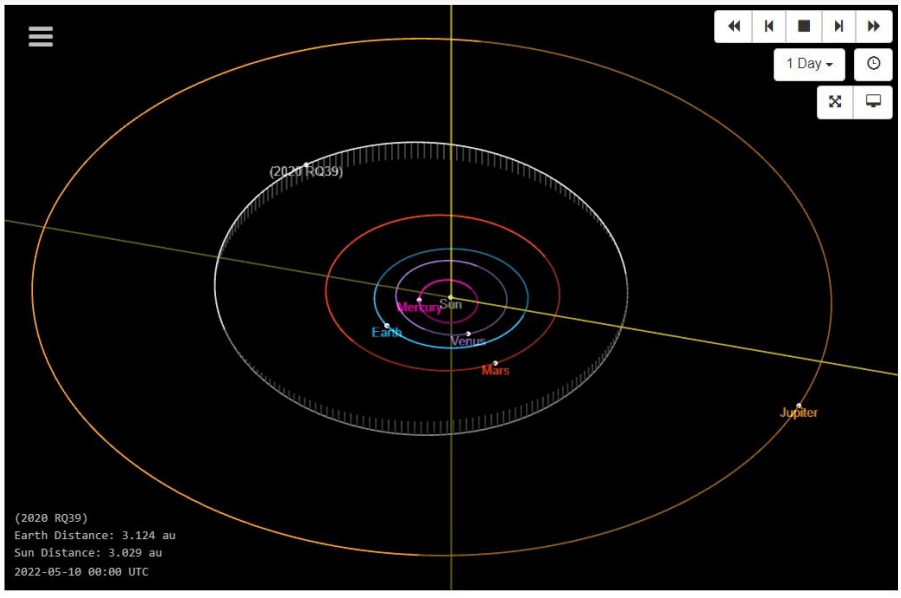
Epoch 2459600.5 (2022-Jan-21.0) TDB
Reference: JPL 2 (heliocentric IAU76/J2000 ecliptic)

| Element | Value | Uncertainty (1-sigma) | Units |
|---|---|---|---|
| e | 0.1564907822482136 | 6.607E-5 | |
| a | 2.691902976501742 | .00026254 | au |
| q | 2.27064497397269 | .00039047 | au |
| i | 5.538367910537905 | .0021992 | deg |
| node | 27.09291997175424 | .0059359 | deg |
| peri | 326.4613069325093 | .039866 | deg |
| M | 115.6642172368361 | .024748 | deg |
| tp | 2459082.196605437737<br>2020-Aug-20.69660544 | .14129 | TDB |
| period | 1613.197465040993<br>4.416693949461993 | .23601<br>6.4616e-4 | d<br>y |
| n | 0.2231592894245293 | 3.2647E-5 | deg/d |
| Q | 3.113160979030794 | .00030363 | au |

**Miscellaneous Details**

| | |
|---|---|
| solution date | 2021-Apr-15 22:58:13 |
| # obs. used (total) | 22 |
| data-arc span | 35 days |
| first obs. used | 2020-09-12 |
| last obs. used | 2020-10-17 |
| planetary ephem. | DE441 |
| SB-pert. ephem. | SB441-N16 |
| condition code | 5 |
| norm. resid. RMS | .63369 |
| source | JPL |
| producer | Otto Matic |
| Earth MOID | 1.26902 au |
| Jupiter MOID | 2.32987 au |
| T_jup | 3.347 |

***Фиг.8.*** *Орбитни елементи на астероида 2020 RQ39*




***Фиг.9.*** *Орбитна диаграма на астероида 2020 RQ39 за 10 май 2022 година*

## 5. Заключение

Международната програма за търсене на нови и проследяване на вече известни астероиди IASC е една от най-успешните астрономически програми, насочени към студенти, ученици и преподаватели, които се интересуват от астрономия. Тя създава една общност от студенти, курсанти, ученици преподаватели, които правят реални астрономически изследвания и открития на астероиди в Слънчевата система. Студентските екипи оказват важна помощ на професионалните астрономи, изследващи малките тела в Слънчевата система, правейки прецизни и точни астрометрични обработки. Участието на студенти от българските военни университети допринася за откриването на нови астероиди и проследяването на вече известни астероиди. През 2021 и 2022 година екипите на ВВМУ, работещи по Международната програма IASC са включени в нова научно-изследователска програма по подготовка на изкуствен интелект, обучаван за провеждане на астрометрични обработки на големи обеми от астрономически изображения за откриване на движещи се обекти в тях.

**Литература:**

1.Tedesco, E., Desert, F., THE INFARED SPACE OBSERVATORY DEEP ASTEROID SEARCH, Astronomical Journal, 123:2070-2082, 2002 April

2. Miller, P., International Astronomical Search Collaboration: An Online Outreach Program in Astronomical Discovery for High School&Collede Students, Robotic Telescopes, Student Research and Education Proceedings, Vol.1 No1(2018)

3.Astrometrica-Shareware for research grade CCD Astrometry, http://www.astrometrica.at/

4. Raab, H., Finding the right settings for your images, Workshop on photometry and Astrometry, La Palma, 2008

***Адрес за кореспонденция:***
*Веселка Сидерова Радева, Доцент д-р*
*Висше военно морско училище „Никола Вапцаров"*
*Варна 9002, ул. Васил Друмев, №73*
*GSM: 0887 778 702*
*v.radeva@nvna.eu*

**DOI: 10.34660/INF.2023.87.79.004**

# КОСМИЧЕСКО УЧИЛИЩЕ - ОТ БЪЛГАРИЯ КЪМ БЪДЕЩЕТО

**Стефан Стаменов, Ваня Стаменова**

# SPACE SCHOOL - FROM BULGARIA TO THE FUTURE

**Stefan Stamenov, Vanya Stamenova**

***Abstract:*** *The paper presents the activities of the „Space School" educational initiative with a focus on particular highlights of the from the seven years of work of the team. The tendencies in the Bulgarian education towards receptivity and long-lasting interest in the topics of the initiative are presented. It contains an announcement of the future of educational activities and prospects related to the professional development of specialists in the relevant fields addressed to the secondary education.*

***Keywords:*** *space school, remote sensing, education, GIS, space sciences*

Космическо училище е образователна инициатива, създадена през 2014 г., която е насочена към българските ученици и техните учители. Тя цели да запознае учениците, проявяващи интерес към науките свързани с Космоса и наблюдение на Земята, със съвременните достижения в областта на аерокосмическите изследвания и технологии, а също и да популяризира космическите изследвания сред тях. Космическо училище също така цели и извършва комуникиране и популяризиране на наука.

Инициативата „Космическо училище" (www.spaceschoolbg.eu) е създадена от гл. ас. д-р Стефан Стаменов, нейн основен инициатор, и доц. д-р Ваня Стаменова, учени от Института за космически изследвания и технологии към Българска академия на науките (ИКИТ-БАН) с дългогодишен опит в областта на дистанционните изследвания и географските информационни системи. Космическо училище е изцяло доброволна инициатива, която си сътрудничи и се радва на подкрепата, нефинансова, на редица български и международни фирми и организации.

Космическите изследвания и технологии отсъстват от традиционното училищно образование и инициативата цели да се развива интересът към тях и да се привличат млади хора, проявяващи сериозен интерес към

науката и желаещи да инвестират в своето собствено бъдеще като специалисти и учени. В рамките на образователната инициатива учениците имат възможност да се запознаят с космическите технологии и тяхната употреба в различни сфери на науката, индустрията и бизнеса, като се покаже и тяхната практична и ползотворна роля в живота на хората. Предвид нарастващото значение на дистанционните изследвания и геопространствените технологии в съвременния свят и обществото, ние считаме че образованието в тази област, насочено към средните училища, е от съществено значение. Учениците ще научат за спътниковите и аеросистеми за наблюдение на Земята, географските информационни системи (ГИС) като технологии, наука и бизнес, имащи широко приложение в съвременния свят, което би подобрило запознатостта им със съвременната наука и технологии. Инициативата цели също така да представи мястото на България, като член на ЕС и в европейската космическа наука и индустрия, и в световната космическа наука, като уважаван партньор, и да представи българските учени като част от европейската и световна научна общност. Тя популяризира аерокосмическите и ГИС технологии и техните приложения не само сред учениците от средните училища, но и сред по-широката публика (учителите и обществото) [1, 2].

Инициативата се осъществява чрез безплатни образователни събития, адаптирани съобразно възрастовите особености на учениците и обхващащи пълния спектър от извънкласни форми на обучение - курсове, семинари, лекции, летни училища, изложби, конференции и др., с широк тематичен обхват.

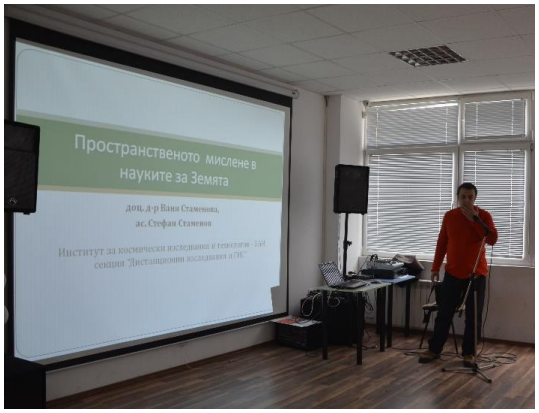
За изминалите малко повече от 7 години от създаването на Космическо училище са осъществени редица събития в национален мащаб, присъствени и онлайн (таблица 1). Представени са над 150 лекции от български и чуждестранни учени и експерти по различни теми, свързани с аерокосмическите технологии за наблюдение на Земята, ГИС технологии и други тематики, свързани с космическите изследвания на ученици от началните и средни училища в България. Регионалните управления на образованието и Столична община съдействаха за разпространяване на информация за образователна инициатива Космическо училище и нейните дейности сред училища в България.

Инициативата започна с лекция в Националната природо-математическа гимназия „Акад. Л. Чакалов”, дискутираща една значима и фундаментална тема - Пространствено мислене в науките за Земята (фиг. 1).

***Таблица 1**. Космическо училище в цифри*

| Вид събитие | Брой | Информация |
|---|---|---|
| Лекции | над 150 | Проведени над 150 образователни лекции в различни училища в София и страната |
| Курсове | 5 | Проведени са курсове по *Въведение в дистанционните изследвания и ГИС* в НПМГ „Акад. Л. Чакалов" |
| Образователни събития | 32 | Проведени са 32 образователни събития, като семинари, уебинари, ученическа конференция, лятно училище. |
| Изложби | 10 | Съставени са 4 тематични изложби:<br>- „Освобождението – поглед от Космоса" (https://maps.spaceschoolbg.eu)<br>- „Столици" (https://maps.spaceschoolbg.eu)<br>- „Космически изследвания в карти" (https://exhibition.spaceschoolbg.eu)<br>- „Коледна изложба" (https://christmasnewyearmapsgis.eu) |






***Фиг. 1.** Лекция за пространственото мислене в науките за Земята в НПМГ „Акад. Л. Чакалов"*

Ежегодно се организират и провеждат събития или се подготвят образователни материали, постери, книги, свързани с отбелязване на значими международни дни и празници, инициирани от ООН, световни седмици и други чествания, национални празници и др. Освен значимите за космонавтика дати - Международния ден на космонавтиката и авиацията - 12 април и Световната седмица на Космоса, се акцентира

върху актуални в съвременния свят теми - опазване на природата, климатични промени, опазване на културно наследство, устойчиво развитие, кръгова икономика, мирен и устойчив свят, антропогенизация и баланс с природата. В организираните събития са участвали лектори от множество държави - САЩ, Великобритания, Италия, Германия, Китай, Словения, Испания, Канада, Нова Зеландия, Сърбия, Швейцария.

Първият семинар за ученици, посветен на Международния ден на авиацията и космонавтиката бе проведен на 26 април 2017 г. в ИКИТ–БАН, под формата на ден на отворените врати, като участие взеха около 130 ученици от 6 столични училища, а учени от ИКИТ-БАН представиха лекции по различни теми, свързани с космическите изследвания (фиг. 2) [3].



***Фиг. 2.*** *Първи образователен семинар за ученици в ИКИТ-БАН*

За деня на космонавтиката и авиацията през 2018 г. бе представено 15-минутно видео, заснето на борда на Международната космическа станция (МКС) с командира на МКС Антóн Шкáплеров, който отговаря на въпроси на български ученици. Видеото бе изготвено и предоставено от РОСКОСМОС за образователна инициатива „Космическо училище”, която събра и предостави списък с въпроси, зададени от ученици от основни и средни училища в България.

Видеото бе представено на редица събития, организирани от Космическо училище - в Музея на авиацията в гр. Крумово за 12 април

2018 г. (фиг. 3), на фестивала на науката в НПМГ „Акад. Л. Чакалов”, на посещение на ученици в ИКИТ-БАН и др.

През 2018 г. в Големия салон на БАН се проведе също така образователен семинар **Чиста вода за устойчив свят** [4] във връзка с отбелязване на Световния ден на водата – 22 март. Това е първият образователен семинар посветен на целите за устойчиво развитие на ООН, а специални гости и лектори на събитието бяха проф. Чен Джун от Националния център по геоматика на Китай и първи вице-президент на Международното общество по фотограметрия и дистанционни изследвания (ISPRS) и проф. Сонгниан Ли от Университета Райърсън в Торонто, Канада и касиер на ISPRS. На събитието присъстваха ученици и учители от столични училища, учени от БАН, УАСГ, Съюза на геодезистите и земеустроителите в България, Българска картографска асоциация, Българското географско дружество, и експерти от „Софийска вода” АД, част от Веолия и „ГИС-София” ЕООД.



***Фиг. 3.*** *Участие в деня на отворените врати на 12 април 2018 г. в Музея на авиацията в гр. Крумово и представяне на видеото от МКС с Антóн Шкáплеров*



***Фиг. 4.*** *Първи ГИС ден за образование в НПМГ „Акад. Л. Чакалов", гр. София и видео-презентация от д-р Джоузеф Керски, мениджър в образователния отдел на ЕСРИ в САЩ.*

Координаторите на Космическо училище, гл. ас. д-р Стефан Стаменов и доц. д-р Ваня Стаменова, са и инициатори и на ежегодно провежданото образователно събитие *ГИС* **ден за образование** [5], като част от инициативата Световен ГИС ден (фиг.4). Събитието се провежда вече пет поредни години през месец ноември или декември, като домакини на първите три събития бяха трите столични училище - НПМГ Акад. Л. Чакалов, Първа английска езикова гимназия и Софийската гимназия по строителство, архитектура и геодезия (СГСАГ- „Христо Ботев"), а последните две се проведоха онлайн, което даде възможност събитието да достигне до учениците и учителите във всички краища на България. Участници в тези събития бяха учени и специалисти в областта на геопространствените технологии от България и чужбина, като всяка година имахме представители от образователния отдел на ЕСРИ в САЩ, и гост-лектори от САЩ, Германия, Словения, Италия и др.

За Деня на Земята също се провеждат ежегодно събития, посветени на актуални теми, свързани с опазване на природната среда. Последните две години тези събития протичат изцяло в онлайн формат, което даде възможност да се включат участници от цяла България, както и гост-лектори от Великобритания, Италия и Швейцария. През 2021 г. бе проведен образователен семинар „Възстанови нашата Земя" с гост лектор проф. Андрю Гуди, световен учен в геоморфологията и географията, почетен професор в Оксфордския университет, който представи лекция на

тема „Ландшафтите през Антропоцена”. Тазгодишният семинар бе на тема „Инвестирай в нашата планета”, в който участие взеха и учени от Университета в Павия, Италия и от Университета в Женева, Швейцария.



***Фиг. 5.*** *Ученици от столични училища разглеждат изложбата в сградата на БАН*

Специално място в Космическо училище е отделено на организирането и провеждането на изложби с образователна цел, всяка от които е уникална по своята същност и представя по оригинален начин ролята и възможностите на спътниковото наблюдение на Земята и геопространствените технологии. Първата изложба „Освобождението – поглед от Космоса”, с автори гл. ас. д-р Стефан Стаменов и доц. д-р Ваня Стаменова, беше създадена по повод 140 години от Освобождението на България и представя чрез съвременни спътникови изображения, исторически карти и картографски продукти, места на значими военни действия по време на Руско-турската освободителна война (1877-1878 г.). Тя бе представена в БАН през март 2018 г. за националния празник на България 3 март (фиг. 5) [6]. В последствие изложбата е публикувана онлайн на сайта на Космическо училище (https://maps.spaceschoolbg.eu).

В края на 2019 и началото на 2020 г. бе създадена и организирана още една уникална изложба „Столици”, посветена на 140 години от обявяването на София за българска столица. Изложбата се състои от 7 постера, съставени от карти, изработени чрез геопространствени технологии, като са използвани спътникови изображения, методи от ГИС и пространствено моделиране, а нейни автори са гл. ас. д-р Стаменов и доц.

д-р Стаменова. Представени са разработки от проекти за проучвания на НИАР „Плиска” и НИАР „Кабиюк”, както и проект за „ГИС на Стара София”, посветен на развитието на града в исторически план. Изложбата бе представена на Световния ГИС ден в София хотел Балкан, на третия ГИС ден за образование в СГСАГ „Христо Ботев”, в Националната библиотека „Св. св. Кирил и Методий”, в 4 столични училища, както и на сайта на Космическо училище (https://maps.spaceschoolbg.eu).

Седмицата на Космоса през 2021 г. бе отбелязана с първата изцяло онлайн авторска изложба на екипа на Космическо училище, озаглавена „Космически изследвания в карти” (https://exhibition.spaceschoolbg.eu/), представяща разработки на гл. ас. д-р Стаменов и доц. д-р Стаменова, а за коледните и новогодишни празници бе организирана онлайн галерия от художествени карти (https://christmasnewyearmapsgis.eu/).

През изминалата година се проведе и първата ученическа конференция „Моята география в дигиталния век”, посветена на знанията по съвременна география и свързаните с нея дигитални технологии днес. Причина за избора на географската тематика е връзката на географията с технологиите за наблюдение на Земята, въвеждането в средното образование на програма „ГИС в училище”, в който процес Космическо училище и неговите инициатори имат значима роля. Един от основните тематични фокуси на Космическо училище включва обучение по спътниково наблюдение на Земята и ГИС за средните училища и има за цел този вид образование да бъде включено в основната учебна програма на средните училища или поне като неформално образование в училищата. Предвид нарастващата роля на ГИС и дистанционните изследвания в съвременния свят считаме, че тази цел е от съществено значение за учениците и обществото. В това отношение може да отбележим като ключов момент и успех включването на урочни единици в учебната програма за профилирана подготовка по география и икономика за 12 клас - модул 6, в която са включени базови знания свързани с геопространствените технологии и дистанционните изследвания [7]. В разработването на тази част на учебната програма участие взеха доц. д-р Стаменова и гл. ас. д-р Стаменов, като бе проведена разяснителна кампания за тази част от учебната програма в няколко уебинара, шест уебинара за ГИС и едно лятно училище за учители. С това България става една от малко страни, която успява да интегрира базови знания и умения за наблюдението на Земята и ГИС технологиите в средните училища.

Една от образователните дейности на инициатива се състои в разработването и публикуването на образователни материали, учебни помагала и книги предназначени за ученици, студенти и учители, както и

за по-широк кръг от читатели, желаещи да обогатят своите знания в областта на космическите изследвания, спътниковото наблюдение на Земята и геоинформационните технологии. Досега са издадени 6 електронни книги и помагала, които се разпространяват безплатно - албум *„София от Космоса*", атлас *„Природата навън"*, посветен на 50 години от мисията Аполо 11, учебник *„Пустините"*, албум *„Изложба Столици"*, юбилейно издание *„Пет години образователна инициатива „Космическо училище"* и учебно помагало *„Космическите изследвания в Европа"* (фиг. 6).




***Фиг. 6.*** *Електронни книги и помагала, издания на Космическо училище*

С динамизиране на стремежа към засилване позициите на точните и природни науки в българското образование през последните няколко години бе заложена перспективата за развитие на косвено свързаните с космическия сектор образователни теми в средното училище. Същевременно повишаване на достъпността на част от свързаните с близкия космос технологии като спътници за наблюдение на Земята, чрез навлизането им в бита и ежедневието създаде условия за тяхното по-лесно възприемане на ниво средно и дори основно образование. Не малка роля в

това изигра и развитието на нивото на мобилните устройства и тяхната достъпност. Днес на практика всеки ученик има в джоба си устройство по-мощно от всеки персонален компютър през 90-те години и оборудван с подходящ софтуер. В тази ситуация промотирането на космическите технологии в училище и обучението, освен важност, придобиват и реални условия за успешно прилагане.

Перспективите на обучението свързано с космическите технологии в средното образование се задават от динамиката на космическия сектор в Европейския съюз и света. През последните 10 години активизирането в сектора е изключително голямо и в бъдеще се предвижда той да става все така динамичен и тази динамика да се засилва. Акцентът в гражданския сектор е поставен на бизнеса и неговата свързаност с науката, като се оформя триадата бизнес - наука - образование. Макар че основния фокус е върху университетското образование, в средното образование нараства навлизането на темата за космическото образование. В Европейския съюз в различните държави тези процеси протичат с различна динамика и по-различен начин като е трудно да се опише някакъв общ модел, но общата тенденция е към динамизиране на споменатите процеси. В България тези процеси, въпреки повече от скромния потенциал и ресурси и огромната работа свършена без финансиране, заема позиции над средните като активност и постижения в сферата на образованието.

**Литература:**

1. Стаменов, С., В. Стаменова. Образователна инициатива „Космическо училище”. Списание на БАН, бр. 2, стр. 73-77, 2022, ISSN 2683-0302

2. Стаменова, В., С. Стаменов. Пет години образователна инициатива Космическо училище. Изд. Ваня Николаева Стаменова, 2020, 115 стр. ISBN: 978-619-91509-5-5 (e-book)

3. Космосът е на една ръка разстояние. Вестник „Аз-буки”, Национално издателство „Аз-буки”, бр. 24, стр. 18, 2017

4. Образователен семинар „Чиста вода за устойчив свят”. Информационен бюлетин на БАН, бр. 1, 2018, стр. 18

5. Kerski, Joseph. 5 Inspiring GIS Day Stories. Educational blog of ESRI. 2017.

6. Изложба на спътникови изображения разказва за Освобождението с поглед от Космоса. Информационен бюлетин на БАН, бр. 1, 2018, стр. 27

7. Учебна програма по география и икономика, профилирана подготовка, приложение 92, модул 6 „Географска и икономическа

информация” утвърдена със заповед № РД09-4022/21.12.2018 г. https://www.mon.bg/

***Адреси за кореспонденция:***

*Стефан Кирилов Стаменов, главен асистент д-р, Институт за космически изследвания и технологии Българска академия на науките (ИКИТ-БАН), гр. София, ул. Акад. Георги Бончев бл.1, 0877 856559, stamenovstefan@yahoo.bg*

*Ваня Николаева Стаменова, доцент д-р, Институт за космически изследвания и технологии - Българска академия на науките (ИКИТ-БАН), гр. София, ул. Акад. Георги Бончев бл.1, 0887 435050, vanya_stamenova@yahoo.com*

**DOI: 10.34660/INF.2023.54.45.005**

# ЕРУПТИВНИ ПРОТУБЕРАНСИ И КОРОНАЛНИ ИЗХВЪРЛЯНИЯ НА МАСА. ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ.

**Момчил Дечев**

# ERUPTIVE PROMINENCES AND CORONAL MASS EJECTIONS. BASIC CONCEPTS.

**Momchil Dechev**

***Abstract:*** *Many active processes take place on the Sun. Some of them affect or may affect under certain conditions the life on Earth. This report discusses basic concepts of solar physics and in particular phenomena in the solar atmosphere such as prominences, eruptive prominences, flares and coronal mass ejections (CMEs). Attention is paid to the effects they can have on the Earth's magnetic field and on some aspects of human activity.*

***Keywords****: eruptive prominences, solar flares, CMEs, magnetosphere, earth, sun*

Сред милиардите звезди, нашето Слънце е неособено забележителна звезда, но за нас е най-важната. На Слънцето протичат множество активни процеси. Част от тях влияят или могат да повлияят при определени условия на живота на Земята. В настоящия доклад се разглеждат основни понятия от физиката на Слънцето и по-специално явления в атмосферата на Слънцето като протуберанси, еруптивни протуберанси, избухвания и коронални изхвърляния на маса.

1) Слънчевата атмосфера.

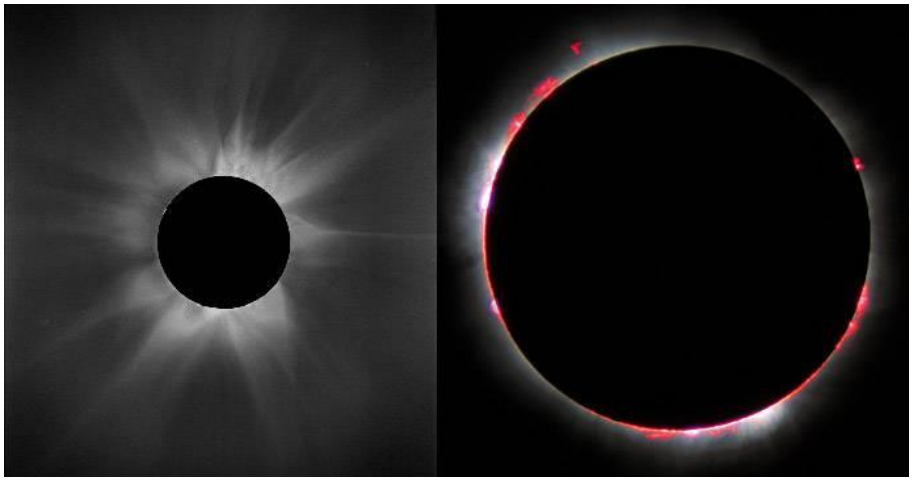
Въпреки че причините, обуславящи активността на Слънцето се крият във вътрешността му, голяма част от проявите на активността му се наблюдават и развиват в слънчевата атмосфера.

Най-общо атмосферата на Слънцето може да бъде разделена на няколко области с различни условия и характерни стойности на такива физически характеристики като температура, плътност на плазмата, магнитни полета и др.

*1.1)* Фотосфера

Фотосферата е сравнително тънка обвивка, разположена непосредствено над конвективната зона. От нея енергията, генерирана в

слънчевото ядро, се излъчва направо в космическото пространство, без някакво съществено поглъщане или разсейване. Тя може да бъде определена като слой с дебелина 550 км, (по други дефиниции 100 км) разположен от оптическа дълбочина единица за светлина с дължина на вълната 5000 А до температурния минимум.



***Фигура 1.*** *Credits: NCAR's High Altitude Observatory (corona) and Luc Viatour (chromosphere)*

Основни характеристики на фотосферата са излъчващата способност, т.е. лъчистия поток U = $6.5\times10^{10}$ ерг/(см$^2$.с), и температурата на излъчването с дължина на вълната 5500 А, която е равна на 6700К. Това е температурата, за която разпределението на фотосферното излъчване по дължината на вълната може да се представи като това на абсолютно черно тяло със същата температура.

1.2) Хромосфера

По време на слънчево затъмнение няколко секунди преди и след пълната фаза на края на слънчевия диск се появява ярка червена светлина. Това е хромосферата (Фиг. 1 вляво) – прозрачен слой, разположен над фотосферата. Цветът се определя от това, че в спектъра и преобладава червената Н-алфа линия. Размерът на хромосферата е около 2000 км, а температурата варира от 4000 К до $10^4$ К.

1.3) Корона

Над хромосферата е разположена област от слънчевата атмосфера с крайно ниска плътност. Това е слънчевата корона (Фиг. 1 вдясно) – светъл ореол, който може да се види по време на пълно слънчево затъмнение или чрез специални уреди – коронографи. Интензитетът на излъчването на короната в бяла светлина е 1 милион пъти по-малък от интензитета на

излъчване на диска, а нейната яркост е близка до яркостта на пълната Луна.

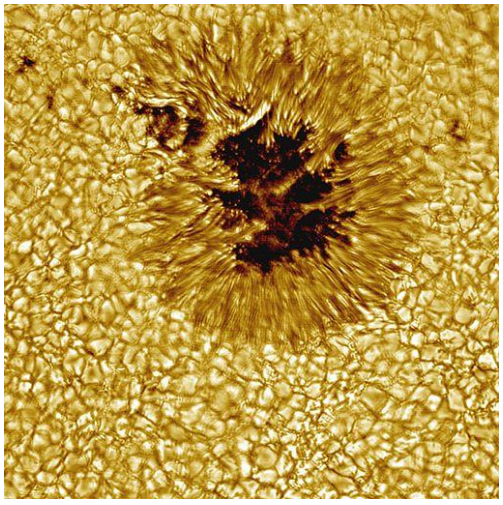
Излъчването на бялата корона възниква по 3 различни начина. Първата съставяща на излъчването на короната е К-короната. Това излъчване има непрекъснат спектър и представлява излъчване на фотосферата, разсеяно по направление на наблюдателя от свободните електрони в короната. Втората съставяща, F-короната, възниква от разсейването от относително тежки частици, бавно движещи се между Земята и Слънцето. Третата съставяща – Е-короната представлява излъчване в спектрални линии, определени от йоните на короналния газ.

Короната може да се раздели на три области – вътрешна, средна и външна. Вътрешната корона се простира от горната граница на хромосферата до ~ 1.3 слънчеви радиуса. Хромосферата изчезва на височина $12\times10^3$ km. Вътрешната корона е достатъчно ярка, че да се наблюдава извън затъмнение. Средната корона се простира от 1.3 до 2.3 слънчеви радиуса. Във външната корона преобладава F-короната.

2) Активни явления на Слънцето

Активността на Слънцето не е особено висока по сравнение с някои прояви на активност при други звезди. Прояви на сл. активност, обаче, са най-мощните явления в сл. система и могат съществено да влияят на живота на Земята.

2.1) Слънчеви петна.



***Фигура 2.*** *Слънчево петно. Credit: Vacuum Tower Telescope, Public domain, via Wikimedia Commons*

Слънчевите петна са най-ранно наблюдаваната проява сл. активност. Най-старото сведение е на Теофан Атински и датира от 350 г. пр.н.е. От 23

г. пр.н.е. до средните векове в Китай се провеждат системни наблюдения на слънчеви петна. След изобретяването на телескопа, много астрономи като Галилей, Фабрициус, Шайнер и др. провеждат наблюдения и съобщават за петна по Слънцето.

Слънчевите петна (Фиг. 2) са области от фотосферата с понижена температура, излъчване и газово налягане в резултат на локална концентрация на магнитно поле. Магнитното поле в петната достига 3 – 4 Т и потиска конвекцията. По този начин в петното температурата спада спрямо околната и не надвишава 3000 – 4000 К.

Сл. петна имат тенденция да се появяват в групи в определени области. Появата им има цикличен характер. Най-характерният период на цикличността на появата им е 11-годишният цикъл.

2.2) Протуберанси

Слънчевите протуберанси (СП) представляват хладни и плътни (съотнесени спрямо стойностите на температурата и плътността на короната) образувания в слънчевата корона. Характерните стойности на температурата и плътността на протуберансовата плазма са Т ~ $10^4$ К и $10^{11}$см$^{-3}$ спрямо $10^6$ К и $10^9$ см$^{-3}$ на слънчева корона (Fofbes, 1990).

СП могат най-общо да се разделят на два класа: спокойни протуберанси и активни протуберанси.

2.2.1 Спокойни протуберанси

Преобладаващата част (около 2/3) от протуберансите са от клас спокойни. Тяхната форма е относително постоянна за продължителни интервали от време. Те са разположени винаги по неутралните линии на слънчевото магнитно поле, са много добри трасери на едромащабното магнитно поле на Слънцето. Свойствата на плазмата на спокойните протуберанси се характеризират от следните основни физически параметри: температура, плътност, степен на йонизация и маса. Средната стойност на електронната температура $T_e$ на СП е 7000 К. Общоприетите стойности за електронната плътност $n_e$ са $10^{10}$-$10^{11}$ cm$^{-3}$, но могат се наблюдават съществени отклонения от тях. Масата на спокоен протуберанс е трудно оценима. Съществуват оценки от порядъка $5\times10^{16}$ g за голям спокоен протуберанс (Tandberg-Hanssen, 1986).

Времето им на живот се изменя в доста широк диапазон – от 1 до 10 слънчеви ротации, а в отделни случаи и над 10 ротации.

2.2.2 Активни протуберанси (АП)

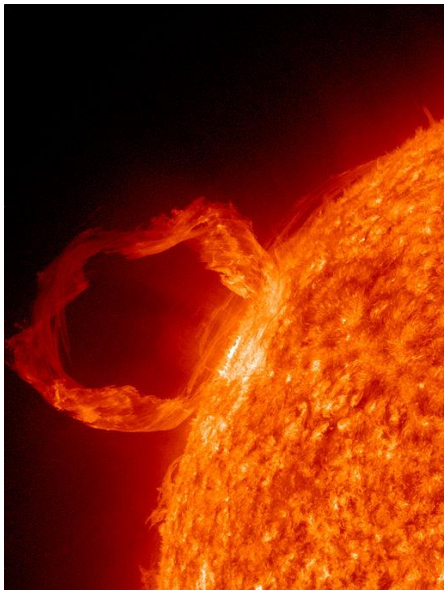
Активните протуберанси са разположени в активни области (АО) и обикновено се асоциират със слънчеви избухвания. Те са динамични структури със силни движения, а времето им на живот е от няколко минути до няколко часа. Има три основни типа активни протуберанси:

сърдж (surge), спрей (spray), и примкообразен (loop) протуберанс. Физическите параметри на плазмата им са значително завишени по сравнение със спокойните протуберанси и могат да варира в широки граници (Таблица 1).

***Таблица 1.*** *Основни характеристики*

| Физичен параметър | Стойност |
|---|---|
| Te (K) | 7000 – 20000 |
| ne ($см^{-3}$) | $10^{11} – 10^{12.8}$ |
| магнитно поле | 100 – 300 G |

### 2.2.3 Еруптивни протуберанси



***Фигура 3.*** *Еруптивен протуберанс. Image credit: NASA/SDO*

Еруптивните протуберанси (фиг. 3) не се разглеждат като специален клас, тъй като те са особена, а в някои случаи крайната, финална фаза от съществуването на спокойни протуберанси, както и на други типове протуберанси. Ерупцията визуално представя динамично внезапно изчезване на спокоен протуберанс, при което реконструкцията на неговата магнитна конфигурация е с по-драстичен характер. Обикновено причината за подобна реконструкция на магнитното поле е избухваща активност в околността на протуберанса. Общо, ерупциите могат да се разделят на три типа:

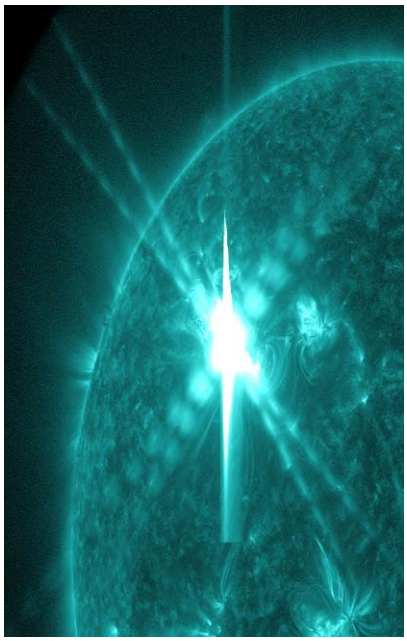
1. **пълна** – материята на еруптиралия протуберанс изцяло се изхвърля и напуска Слънцето;

2. **частична** – само част от плазмата напуска Слънцето, останалата пада обратно и

3. **провалена** – плазмата на протуберанса се връща обратно.

Скоростта на плазмата при ерупция варира в широки граници от 100 км/с до 1130 км/с при най-бързите. Траекториите на еруптивните протуберанси като правило са почти праволинейни, насочени радиално. Срещат се обаче, траектории, съставящи значи-телен ъгъл с радиалното направление, понякога до 90°.

2. ЗИзбухвания (СИ)



***Фигура 4.*** *X Class Solar Flare. Credit: NASAGoddard SpaceFlight Centerfrom Greenbelt,MD, USA*

Слънчевите избухвания са забележително явление. Те могат да бъдат много различни – от просто локално повишаване на яркостта, до крайно сложно явление – най-мощното в Слънчевата система.

СИ (Фиг. 4) може да бъде определено като бързо нарастване на интензитета в $H_\alpha$. То не се ограничава само там и могат да бъдат наблюдавани негови проявления в целия електромагнитен спектър. Енергията, която се отделя при избухването се изменя от $10^{22}$J в субизбухване до $3\times10^{25}$J в най-мощните събития. За сравнение – енергията, отделена при детонацията на най-мощната американска атомна бомба Castle/Bravo (1954г.), е само $84x10^{15}$J.

Съществуват множество класификации на СИ. Най-често използваните са:

- *по бал*

Параметър е площта в хромосферата, в която се наблюдава повишаване на интензитета в Н-алфа.

| Classification | Corrected area (millionths of hemisphere) |
|---|---|
| S | < 100 |
| 1 | 100–250 |
| 2 | 250–600 |
| 3 | 600–1200 |
| 4 | > 1200 |

***Фигура 5.*** *Класификация на избухванията по бал*

- *по интензитет*

Означава се с буквите F (faint), N (normal), B (bright). Използва се и смесено означение като 1N, 2F, SB и т.н.

- *по енергия*

Параметър – енергията излъчена в диапазона 1-8 ангстрьома.

| Classification | Approximate peak flux range at 0.1-0.8 nanometre (watts/square metre) |
|---|---|
| A | $< 10^{-7}$ |
| B | $10^{-7} – 10^{-6}$ |
| C | $10^{-6} – 10^{-5}$ |
| M | $10^{-5} – 10^{-4}$ |
| X | $> 10^{-4}$ |

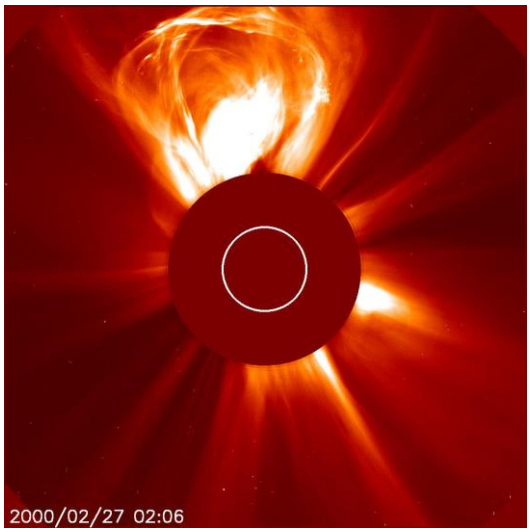
*Фигура 6. Класификация на избухванията по енергия*

Честотата на поява на слънчевите избухвания варира силно с фазата на слънчевия цикъл. Трябва да се отбележи, че дори в годините от низходящия клон на 11-годишния цикъл могат да се наблюдават интервали на повишена активност на слънчеви избухвания.

2.4 Коронални изхвърляния на маса (КИМ)

КИМ представляват големи количества слънчева плазма, изхвърлени извън слънчевата повърхност в междупланетното пространство. Веществото на КИМ (CME) се състои предимно от електрони и протони. Типично КИМ може да има някое или всички три отличителни елемента:

кухина с ниска електронна плътност, плътно ядро и ярък, водещ фронт (Фиг. 7).




***Фигура 7**. Коронално изхвърляне на маса. Credits: SOHO (ESA & NASA)*

Скоростите на КИМ са между 20 и 3200 км/с. За типична осреднена стойност е приета 489 км/с. По време на слънчевия минимум КИМ се формират предимно в короналните стримери близо до слънчевия. магнитен екватор. По време на слънчевия максимум те произхождат предимно от активните области.

Честотата им на поява варира също със слънчевия цикъл. При минимум имаме средно едно КИМ на 5 дни, а при максимум средно по три на ден.

Средната маса на изхвърлената плазма при КИМ е $1.6x10^{12}$ кг. Трябва да се отбележи, че тази маса е една долна граница, тъй като коронографските измервания дават само двумерна картина.

КИМ са най-геоефективните (т. е. причиняващи различни ефекти на Земята) от активните явления на Слънцето, когато са подходящо ориентирани.

3) Отражение върху Земята

Слънчевите избухвания и особено КИМ могат да имат особено забележими ефекти върху магнитното поле, атмосферата на Земята и човешката дейност. Слънчевите енергетични частици могат да предизвикат силни полярни сияния и това е най-безобидният им ефект. Радиацията на КИМ може да разруши електрониката на сателитите, да доведе до

завишени радиационни дози на астронавти, които да са опасни за тяхното здраве.

Индуцираните токове при силни геомагнитни бури водят до претоварване на елктропреносни мрежи, повреда в трансформатори и дори до пълното им изключване.

Съществуват редица доказателства, че промените в геомагнитното поле, причинени от КИМ и силни избухвания, могат да се отразят неблагоприятно върху човешкото здраве особено при хронични сърдечни заболявания.

В историята са познати няколко събития, които нагледно демонстрират вредните ефекти на КИМ и слънчевите избухвания при „преки попадения” върху Земята:

– *Каринггтоново събитие (01-02. 09. 1859г)*

Първото зарегистрирано наблюдение на слънчево избухване е станало на 1 септември 1859г., когато независимо е наблюдавано от Карингтън и Ходжсън. Те наблюдавали необикновено ярки бели петна с неправилна форма около слънчевите петна. По- късно КИМ удря директно Земята като предизвиква полярни сияния, наблюдавани дори от централните части на Мексико. Телеграфните системи блокират, кабелите им започват да искрят, а някои от тях продължават да работят, въпреки че са изключени от захранването. Докладвани са случаи и за получени токови удари от телеграфисти.

– *На прага на ядрена война – 23 май1967г.*

Мощно избухване, което е било видимо с просто око предизвиква радиосмущения по целия радиодиапазон. Това води до заглушаване на трите станции на Air Force's Ballistic Missile Early WarningSystem в Аляска, Гренландия и Британия на САЩ и се възприема първоначално като опит за подавяне на радарите и начало на подготовка за ядрен удар от страна на Съветския съюз. Всички ядрени сили са поставени в най-висока степен на бойна готовност. За щастие, учените на NORAD бързо разкриват виновника за това и ядрената криза е решена безконфликтно.

– *Квебек, Канада – 1989г.*

Слабо КИМ засяга Земята директно. Поради претоварване изключва цялата електропреносна система на Квебек. Отнема няколко дни да бъдат възстановени щетите. Докладвани са над 250 повреди при сателитните системи.

**Благодарности:**

The research, presented here was co-funded by STELLAR project, European Union’s Horizon 2020 research and innovation programme under

grant agreement No 952439 and by the Bulgarian National Science Fund Grant DN18-13/12.12.2017.

**Литература:**

1. Dynamics and Structure of Quiescent Solar Prominences, E. R. Priest (ed.), 1989, Kluwer Acad. Publ.

2. Forbes, T. G.: 1990, Basic Properties and Models of Solar Prominences, Geophysical Monograph. 58, American Geophysical Union, 295.

3. Tandberg-Hanssen, E.: 1986, Some Crucial Corona and Prominence Observations, in A. Poland (ed.) Prominence and Coronal Plasmas, NASA Conf. Publ. 2442, 5.

4. Дерменджиев, Вл.: 1997, „Спокойното и активно Слънце", Академично издателство „проф. Марин Дринов", София.

***Адрес за кореспонденция:***
*Момчил Цветков Дечев, гл. ас. д-р,*
*Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория, Българска академия на науките*
*бул. Цариградско шосе 72, София*
*mdechev@astro.bas.bg, tel: 0887 318665*

**DOI: 10.34660/INF.2023.27.26.00**

# ПОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВИ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА НАБЛЮДЕНИЯТА НА ЗЕМЯТА В БЪЛГАРИЯ

**Любка Пашова, Лъчезар Филчев**

# ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS FOR THE USE OF EARTH OBSERVATIONS IN BULGARIA

**Lyubka Pashova, Lachezar Filchev**

***Abstract**: Наблюденията на Земята се превърнаха в незаменим източник на информация с приложение в много сфери на социално-икономическото развитие на обществото и за опазване на околната среда. Докладът представя кратък преглед на постиженията от изпълнение на научноизследователски и образователни проекти в България през последните три десетилетия с използване на наблюдения на Земята.*

***Keywords**: Earth Observations, GEO, EUSPA, ESA, EUMETSAT*

## 1. Въведение

Съвременното развитие на редица социално-икономически сектори се обуславя от тенденция на все по-широко използване на наблюденията на Земята (ЕО), която през следващите десетилетия се очаква да нараства допълнително [1]. Темпът на увеличаване на броя спътници, разнообразието от сензори за наблюдение на Земята и разработването на нови аналитични техники определят растежа на базираната на спътникови ЕО индустрия [4]. През следващото десетилетие ЕО ще се използват по-ефективно за подобряване на управленските и оперативни процеси, разработването на иновативни решения и предоставянето на нови продукти и услуги с широк спектър от обществени социални, екологични и икономически ползи.

Докладът представя дейности на Групата за наблюдение на Земята (GEO) и Агенцията на Европейския съюз за космическата програма (EUSPA), свързани с европейски приоритети в областта на космическите изследвания, политики за технологични иновации, индустриално развитие и напредък в част 2. В част 3 са разгледани възможности за разработване на космически приложения, продукти и услуги в полза на обществото при

осигурен свободен достъп до данни от ЕО. Кратък преглед на българските постижения в областта на използване на ЕО в резултат на изпълнение на проекти от първото рамково споразумение с ЕКА, финансирани по PECS за България е направен в част 4. Перспективите за ефективно използване на ЕО от изследователски, бизнес и образователни среди в подкрепа на икономическия растеж и устойчивото развитие на българското общество в състояние на променяща се околна среда са дадени в заключението.

## 2. GEO и EUSPA

### *2.1.Група за наблюдения на Земята (GEO)*

Международната инициатива Група за наблюдения на Земята (Group on Earth Observations - GEO, www.earthobservations.org) е създадена през 2005 г. по време на Третата среща на върха за наблюдения на Земята в Брюксел, Белгия. Към м. април 2022 г. в GEO членуват 113 държави, Европейската комисия и 140 организации. България стана пълноправен член през 2014 г., което бе официално обявено по време на XI-та Пленарна сесия на GEO, проведена в Женева, Швейцария [2]. Основните дейности на GEO са свързани с ефективното използване на ЕО при вземането на решения и действията в полза на човешкото общество. Постигането на тези цели се реализира чрез подобряване на многостранното сътрудничество и координация между държавите-членки и организациите за осъществяване на ЕО, осигуряването на пълен и отворен достъп за тяхното споделяне и до богато портфолио от масиви от данни, изграждане на капацитет, вкл. в развиващите се страни от света.

В рамките на Европа EuroGEO [5] координира интердисциплинарните усилия на страните-членки на GEO за ефективно използване на ЕО, които са от особена важност за държавите от Европейския съюз (ЕС). Няколко генерални дирекции на Европейската комисия са активни членове на GEO. Главна дирекция за научни изследвания и иновации [6] (DG RTD) има водеща роля, а Съвместният изследователски център [7] (DG JRC) предоставя помощни услуги.

Управляващите политики и икономически сектори на няколко европейски и национални икономики разчитат на продукти и услуги, разработени с помощта на данни от ЕО, информация за геолокация и спътникови комуникации. Приложения и услуги, базирани на ЕО, се използват за целите на опазване на околната среда, осигуряване на транспортна безопасност, прецизното земеделие, наблюдението на корабоплавателните маршрути, градското и регионално планиране и редица други публични сектори. Потенциалните области на приложение на данни от ЕО са огромни и все още не са напълно използвани.

### *2.2. Агенция на Европейския съюз за космическата програма (EUSPA)*

Агенцията на Европейския съюз за космическата програма (EUSPA) [8], в настоящия си вид, е създадена на 12 май 2021 г. и отговаря за акредитацията за сигурност на всички компоненти на Космическата програма на ЕС. Възможностите за напълно интегрираната космическа програма на ЕС, обхващаща периода 2021-2027 г., се очаква да повиши европейската конкурентоспособност и устойчиво развитие [9]. Космическата програма обединява всички дейности на ЕС свързани с Галилео, Коперник, Европейската геостационарна навигационна услуга (EGNOS), програмата за осведоменост за космическата ситуация (SSA) и правителствената програма за сателитни комуникации (GOVSATCOM). Тя осигурява съгласувана рамка за инвестиции и разработване на нови космически услуги, които са в полза на гражданите и бизнес организациите в рамките на ЕС. EUSPA предоставя безопасни и сигурни европейски спътникови навигационни услуги, като същевременно насърчава комерсиализацията на данни и услуги на Галилео, EGNOS и Коперник. Чрез насърчаване на развитието на иновативен и конкурентоспособен космически сектор и ангажиране с цялата космическа общност на ЕС, EUSPA допринася за Европейския зелен пакт и цифровия преход, безопасността и сигурността на Съюза и неговите граждани, като същевременно засилва неговата автономия и устойчивост [3]. Някои от инициативите са свързани с европейските приоритети в областта на космическите изследвания и политиката за иновации в подкрепа на Зелената сделка, дигиталната икономика и просперитет, космическите изследвания и разработки, дигитализацията и иновациите за справяне с обществените предизвикателства, космическите решения за устойчиви регионални перспективи на Балканите, включително Дунавския и Черноморски райони.

## 3. Използване на ЕО в България

### *3.1.Национална политика и дейности в областта на космоса*

Управлението на българското участие в космически дейности е разпределено между различни държавни органи, а настоящото Министерство на иновациите и растежа (МИР) [10] координира космическата политика на национално и европейско ниво, преди това водена от Министерство на икономиката (МИ). Държавните органи, участващи в космическите дейности, включват няколко министерства - МИ, Министерство на образованието и науката (МОН), Министерство на вътрешните работи (МВР), Министерство на външните работи (МВнР), Министерство на транспорта, информационните технологии и

съобщенията (МТИТС), Министерство на отбраната (МО), Министерство на околната среда и водите (МОСВ) и други държавни органи.

България измина дълъг път през годините от първите постижения в космическите изследвания през 70-те години на миналия век до пълноправно членство в ESA-PECS, което стана реалност едва през 2015 г. Въпреки силните български традиции в изследването на космоса, повече от 25 години след промяната на политическата и икономическата система в началото на 90-те години, страната беше сред малкото европейски държави, които не бяха членове на ЕКА. Българското правителство подписа Споразумението за Европейска кооперативна държава (ЕСС) по Плана на европейските кооперираща държави (PECS) на 8 април 2015 г. 43-то Народно събрание прие Закона за ратификация на Споразумението за ЕСС между правителството на Република България и ЕКА на 26 ноември 2015 г. България се присъединява към ЕКА като сътрудничеща страна, което открива изключителни възможности за развитие на българската икономика, наука и бизнес и финансиране на развитието на космическите технологии и трансфера на високи технологии и знания в редица обществено значими области. Правителството подписа Хартата на европейска кооперираща държава (PECS) на 4 февруари 2016 г.

Споразумението за присъединяване на Република България към Европейската организация за експлоатация на метеорологични спътници (EUMETSAT), предшестващо кооперирането на България в ЕКА, беше подписано по време на 79-то заседание на Съвета на EUMETSAT в гр. Дармщат през ноември 2013 г. Споразумението е ратифицирано със закон, приет от 42-то Народно събрание на 19 март 2014 г. Настоящата ситуация по отношение на използването на данни от съзвездието EUMETSAT показва, че няма потребители от правителствени, академични и неправителствени организации, освен отделни изследователски екипи от НИМХ. Това обстоятелство предполага, че НИМХ трябва активно да съдейства за разпространение на спътникови данни и продукти, предлагани безплатно като част от националното членство в EUMETSAT и за обучение, за да улесни приемането им от страна на потребителите в страната.

След 2015 г. бяха организирани няколко международни и национални срещи и семинари посветени на космическа тема. По време на българското председателство на ЕС през първата половина на 2018 г. бяха организирани някои събития, посветени на космическата програма Коперник с помощта на ЕК и ЕКА, българското правителство, научната общност и заинтересовани страни. На 18-19 април 2018 г. се проведе двудневен семинар „Балканите от космоса”, организиран от Българското

председателство на Съвета на ЕС и ЕКА. Събитието беше фокусирано върху космическите услуги за регионални стратегии в цифровата икономика, иновативни решения, предоставени от ЕО, космически системи като цяло и програма Коперник в регионите на Балканите и Черно море.

Предпроектното проучване на България под егидата на МИ стартира през 2019 г. по програма PECS за България за 2015-2020 г. Общата цел бе да се предостави проучване за оценка на потенциала на страната за развитие в космическия сектор и нейната готовност за сътрудничество с ЕКА. След преглед и оценка на българските субекти с потенциал за навлизане на космическия пазар, оценката на индустриалния и научен потенциал, липсата на национална космическа програма като условие за членство на България в ЕКА доведоха до подписване на следващо споразумение за кооперираща държава на 16 февруари 2022 г [11].

След официалното приемане на България за член на ГЕО през 2014 г., държавните ангажименти с това национално членство все още не дават видими и осезаеми резултати. Националното участие в международни инициативи и програми, свързани с космически дейности, не е достатъчно активно в сравнение с другите европейски страни. Въпреки някои постижения в определени области на приложение на космическите технологии, данни, продукти и услуги, България изостава съществено от другите страни от ЕС в условията на нарастваща конкуренция в космическия сектор, развитието на цифровата икономика, интелигентната индустриална специализация и дигиталната трансформация. През последните години научната общност многократно повдига въпроса за осъществяване на държавна политика в областта на космическите дейности, която досега не намира явен израз в разработена национална стратегия, пътна карта или заявяване на национални приоритети [3].

### 3.2. ***Участие на България в Европейски програми и научноизследователски и приложни космически проекти***

Българското участие в международни проекти за космически изследвания се основава на подхода „отдолу нагоре”. Български екипи участват в международни проекти по инициатива на отделни учени, екипи от изследователски институти или университети. Списък с едни от най-важните проекти на ЕС с българско участие, свързани с GEO и програма Коперник са дадени в [3].

България имаше национални контактни лица (НКЛ) от Института за космически изследвания и технологии - Българска академия на науките (ИКИТ-БАН) в мрежата COSMOS+, проект, финансиран в рамките на 7РП от май 2012 г. до ноември 2014 г. COSMOS+ като цяло имаше за цел да свърже НКЛ за Космоса за подобряване и балансиране на цялостното

качество на услугите на НКЛ, добавяне на централни услуги и накрая повишаване на средното ниво на качество на подадените предложения. В рамките на участието в тази мрежа и продължението й по проект COSMOS2020 за периода юни 2019 г. - юли 2020 г. бяха организирани няколко информационни събития, посветени на космически теми. Това бе последното удължаване на Рамковата програма Хоризонт 2020 с възможности за сътрудничество на НКЛ и налични средства за оптимизиране на услугите по Хоризонт 2020.

ИКИТ-БАН и CASTRA се присъединиха към консорциума FPCUP през 2017 г. и участваха активно в подготвителната фаза на споразумението. Проектът FPCUP официално стартира през 2018 г., с реализиране на дейности от края на 2019 г. Българското участие в този проект се изразява в организиране на две националин събития с международно участие през 2018 г. (https://cope4bg2018.copernicus.bg/) и 2020 г. (http://cope4bg2020.copernicus.bg/), дейности за популяризиране на програма Коперник в България (COPE4BG) и разработване на подкрепа за мониторинг и докладване на емисиите на парникови газове и поглъщанията от използването на земята, промяната в земеползването и горското стопанство (CLIMA) [12].

Отделни изследователи от академичните и университетските общности са включени в изследователски мрежи, които провеждат изследвания, използвайки ЕО и дистанционни наблюдения, за да разработят широка гама от ценни продукти, приложения и услуги. ИКИТ-БАН и ИО-БАН стават членове на Европейската асоциация на лабораториите за дистанционно наблюдение (EARSeL) през 2009 г., а от 2012 г. България има национален представител в Съвета на EARSeL [13]. Подобни мрежи са Южно-централната европейска регионална информационна мрежа (SCERIN) и регионалната мрежа на координираната международна програма Глобално наблюдение на динамиката на горите и земеползването (GOFC-GOLD). В тези мрежи членуват отделни български учени и участват в техните дейности.

През последните десетилетия са организирани няколко международни и национални конференции в партньорство с професионални асоциации и съюзи. Повечето от тях включват по-широки научни теми, докато други включват тясно специализирани тематични области в геонауките. Като цяло, темите, обсъждани на тези форуми, са посветени на данни и информация от спътникови мисии, дистанционни изследвания, ЕО, геоинформация и последните постижения в космическите технологии. По-важни научни форуми, работни срещи и семинари, посветени на комически теми са дадени в [3].

Важно място за популяризиране на космическите изследвания и резултатите от тях заемат няколко образователни и обучителни семинара, както и изпълнявани проекти в тази насока. През 2016 г. се състоя седмият учебен курс на ЕКА по радиолокационно дистанционно наблюдение, организиран от ЕКА, Геодезическият факултет на Университета по архитектура, строителство и геодезия (УАСГ) и Министерството на икономиката в гр. София. В Коперник Академия членуват две български организации - ИКИТ-БАН и Катедрата по метеорология и геофизика на Софийския университет. Екипи на ИКИТ-БАН са публикували учебни материали за училища в рамките на проекти и атласи на EEOBSS (ESA-PECS) и E#COS_LAB (ОП „Образование с наука”, БАН-МОН), инициативата „Космическо училище” с подкрепата на Българското астронавтическо дружество. Инициативата „Космично училище” организира и няколко ГИС дни за образование в София. Заедно с други учени от институти на БАН, ИКИТ-БАН участва в Софийския фестивал на науката с щанд, както и в научните фестивали в София и Благоевград през 2020 г. и в годишните издания на Astro-party Baykal от 2018 г. до сега. Членове на Катедрата по метеорология и геофизика към СУ участват в интегрирането на продукти на Коперник от тематичните услуги в преподаваните дисциплини от катедра „Метеорология и геофизика” в бакалавърски и магистърски програми. От 2018 г. редовно се организират публични лекции и семинари по теми, свързани с Черноморския прогнозен център и дистанционните наблюдения.

Две неправителствени организации са членове на Коперник Рилей - GEOPolymorphicCloud и РИСК-СПЕЙС-ТРАНСФЕР Офис за трансфер на технологии към БАН. Двете организации активно използват данни и услуги на програма Коперник в рутинната си работа, организират хакатони и семинари в сътрудничество с членовете на Коперник Академия, открити лекции и виртуални обучения. GEOPolymorphicCloud възобнови издаването на месечен бюлетин и работи съвместно с ИКИТ-БАН и CASTRA за създаване на националния портал на програма Коперник за България https://copernicus.bg/.

**4. Заключение**

След 80-те години България значително намали обема на научноизследователската и развойна дейност и приложното производство в космическите изследвания. Страната ни беше сред малкото държави, които извеждаха астронавти в орбита, участва в амбициозни космически мисии до Венера и Марс и успешно кандидатства с последните си постижения в микроелектрониката. За съжаление, липсата на активна държавна политика в космическата дейност и слабото участие в

международни програми и инициативи, в които България е пълноправен член или партньор, слабото сътрудничество на различни управленски нива и ангажираност на държавата значително затруднява ефективното използване на националните научни възможности за пълноценно използване на ЕО в подкрепа на социално-икономическото развитие на страната. Някои проблеми на институционално ниво, които трябва да бъдат решени за укрепване на партньорството между правителството, академичните среди, НПО и бизнеса, са обсъждани в няколко форума и срещи, но без видими положителни резултати.

Политиката за свободни и отворени данни на програма Коперник на ЕС помага на много български научни екипи, стартиращи фирми и МСП да изберат тези данни като ядро за своите изследователски проекти и услуги. МОН финансира българската научна общност за развитието на национални центрове за върхови постижения и компетентност. Тринадесет български изследователски и иновационни центъра получават подкрепа от ЕК, включително четири „Центъра за върхови постижения”, тоест фундаментални изследователски институции и девет „Центъра за компетентност”, фокусирани върху приложни изследователски дейности с потенциално индустриално усвояване. Техните тематични направления са в сектори като мехатроника, дигитални технологии, креативни и игрални индустрии и биотехнологии и други области в съответствие с приоритетите на българската стратегия за интелигентна специализация, индустриалната и иновационна стратегия, базирана на местните конкурентни предимства.

Българските учени могат успешно да се интегрират в изследователската среда на ЕС, за да се възползват от всички технологии и постижения на космическата наука. Преподписването на хартата на ЕКА PECS от Република България за следващия период е предпоставка за разработване на подходяща стратегическа рамка, например Национална космическа програма. Програмата трябва да стимулира по-нататъшно тясно сътрудничество между академичните среди, бизнеса, индустрията и образователните институции, да допринесе за повишаване на техния капацитет и да увеличи възвръщаемостта на публичните инвестиции в космическия сектор. Използването на ЕО в България може да допринесе за по-ефективно изпълнение на задачите от национален и европейски характер, в синхрон с европейските Космическа стратегия 2021 и новата индустриална стратегия 2020. Участието на българските държавни институции, академични и образователни среди, индустрия, неправителствени организации и общество в международни инициативи и програми, свързани с европейската космическа политика и разширяването

на международното сътрудничество следва да допринесат за устойчивото развитие на страната в условията на бързо променяща се околна среда.

**Благодарност:** Авторите изказват благодарност на FP-CUP проект, Акция No. 2018-1-86 „Copernicus Awareness Raising Programme for Bulgaria - COPE4BG” с партньори по изпълнението ИКИТ-БАН, CASTRA и Геополиморфик Клауд. Проектът FPCUP се финансира от Европейската комисия по FPA No. 275/G/GRO/COPE/17/10042. Съдържанието на публикацията не представлява официалните виждания на Европейската комисия, нито представлява ангажимент от какъвто и да било вид от нейно име.

**Литература:**

1. Filchev, L., Pashova, L., Kolev, V., Frye S.: (2020). Chapter 6: Surveys, Catalogues, Databases/Archives, and State-of-the-Art Methods for Geoscience Data Processing, In: Skoda, P. & Adam F. (Eds.), Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation, Elsevier, pp. 103-136. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819154-5.00016-3

2. Пашова, Л., В. Йовев. (2015). България като член на GEO. Списание 8, м. октомври 2015, http://www.spisanie8.bg, Рубрика Наука.

3. Pashova, L. & L. Filchev (2021). Review of Bulgarian space-related activities within the GEO initiative and the EU Copernicus program, Publ. Astron. Obs. Belgrade No. 101 (2021), 147–167, DOI: 10.5281/zenodo.5645459.

4. https://earthobservations.org/documents/gwp20_22/GEO-VALUE.pdf

5. https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/knowledge-publications-tools-and-data/knowledge-centres-and-data-portals/eurogeo/about-eurogeo_en

6. https://ec.europa.eu/info/departments/research-and-innovation_en

7. https://ec.europa.eu/info/departments/joint-research-centre_en

8. https://www.euspa.europa.eu/

9. Europe’s Master Plan for space technology, by ESA and the EU, 2018, 91-94.

10. https://www.mig.government.bg/bg

11. https://www.mig.government.bg/en/news/esa-and-bulgaria-signed-a-new-european-cooperating-state-agreement-4222.html

12. https://www.copernicus-user-uptake.eu/user-uptake/details/developing-support-for-monitoring-and-reporting-of-ghg-emissions-and-removals-from-land-use-land-use-change-and-forestry-73

13. http://www.earsel.org

***Адрес за кореспонденция***
*Доц. д-р инж. Любка Пашова*
*Национален институт по геофизика, геодезия и география*
*Българска академия на науките*
*Ул. Акад. Г. Бончев, Бл. 3, София 1113, Тел. 02 979 3349*
*E-mail: lpashova.niggg@gmail.com*
*Проф. д-р Лъчезар Филчев*
*Институт за космически изследвания и технологии*
*Българска академия на науките*
*Ул. Акад. Г. Бончев, Бл. 1, София 1113, Тел. 02 979 2412*
*E-mail: lachezarhf@space.bas.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.11.45.007**

# МАТЕРИАЛОЗНАНИЕТО И БЛИЗКИЯТ КОСМОС

**Аделина Митева**

# MATERIAL SCIENCE AND NEAR SPACE

**Adelina Miteva**

***Abstract:*** *Without materials and materials science, almost all human activity is impossible, including the exploration and development of near and far space. This article provides a brief overview of the role of materials in the topic of near space. Some specific examples are given, as well as materials with possible future applications. There is also critical discussion.*

***Key words:*** *near and far space, cosmos, materials, materials science, applications of materials*

## Въведение

Без материали и материалознание всяка човешка дейност е практически невъзможна, в това число изследването и усвояването на космоса – близък и далечен. От своя страна космонавтиката също води до развитие на техниката и технологиите, което се основава на знанията за свойствата на материалите.

Космосът (синоними: космическо пространство, пространство, Вселена) се дели на три зони: околоземно пространство, близък и далечен космос [1]. Космосът е цялото пространство извън пределите на Земята, с всички негови съставни части.

Близкият космос (БК или над околоземно пространство) е областта около Земята, който започва над околоземното пространство и завършва на ръба на нашата Слънчева система. БК е достъпен за всички страни без ограничения. Това е зоната на полети на различни космически апарати. В близкия космос са планетите от Слънчевата система, астероидите, кометите. БК е обект на интензивно изследване. БК се изследва с помощта на изкуствени спътници на Земята, космически апарати и междупланетни станции.

Далечният космос (ДК, а още дълбок космос) се отнася до това, което е извън Слънчевата система. В някои интерпретации може да се

припише на междузвездното пространство около звездата и нейната планетарна система. Междупланетното пространство продължава до хелиопаузата, след което се заменя с междузвездно пространство. Хелиопаузата е най-важният компонент на хелиосферата. Той предпазва всички планети в нашата система от радиация. ДК – това е светът на звездите и галактиките, мъглявините и черните дупки, звездните купове и квазарите, където влиянието на Земята вече не се усеща. ДК днес също се изследва от астрономите, с помощта на мощни телескопи, но по сравнение с изследването на БК, е практически неизследван.

Космосът няма ясни граници, тъй като учените не могат да се споразумеят къде трябва да преминат. Никой обаче не оспорва, че космосът започва на определено място [1]. Споровете се водят от времето, когато беше изстрелян първият космически спътник. Земната атмосфера, на определена височина, започва да става по-малко плътна и свършва. Близкият космос е по-високо от нея. Според решението на ООН БК започва на височина от около 100 километра над морското равнище, където свършва околоземното пространство. Но съществуват и други определения, като според едно от тях е, че БК започва от 20 до 80 км. В него практически почти няма атмосфера, но все пак се усеща влиянието на Земята. На първо място, това е силата на привличане. Близкият космос има ниска атмосферна плътност, което позволява на космическите апарати да съществуват от няколко часа до няколко години. Тук са разположени долните зони на вътрешния радиационен пояс на Земята [2]. На височини 500–1000 км полетът на космическия апарат е в най-малка степен изложен на външни смущения.

Далечният космос се отнася до всичко извън Слънчевата система – на разстояние от стотици до милиарди светлинни години от Земята.

Този доклад представя кратък преглед на ролята материалите в темата за близкия космос.

**Материали използвани в космическата техника**

Проектирането, създаването, изстрелването и експлоатацията на космическите апарати е невъзможно и немислимо без знанието и широкото използване на свойствата на материалите и резултатите от космическото материалознание. Развитието на космическата техника изисква нови материали, които трябва да издържат дълго време на тежките условия на работа в космоса (натоварванията по време на космическия полет, вибрационни натоварвания, големи температурни разлики, налягания, вакуум, радиация, слънчев вятър, метеорити, комети, астероиди и др.), както и да са устойчиви на повреди, да са леки, издръжливи, рентабилни, да имат високо съотношение на якост към тегло и висока корозионна

устойчивост. Всички тези силни въздействия, често свързани с резки преходи, влияят върху конструкциите и оказват значително влияние върху техните структурни свойства и следователно върху надеждността и издръжливостта на космическите апарати.

**Класификация на материалите за космически апарати (КА)**

Според предназначението си всички материали за космически апарати се разделят на две групи: конструктивни и функционални [3].

Конструктивните материали са предназначени за производството на елементи, които възприемат механични натоварвания. Такива елементи осигуряват необходимата здравина на космическия апарат/кораб и поддържат конфигурацията му при работни условия и служат за монтиране на други елементи и възли върху тях, в резултат на което често се наричат носещи или силови конструктивни елементи. Като конструктивни материали най-често се използват метали, сплави [4, 5, 6] и различни композитни материали.

С помощта на функционалните материали, с определени физични и химични свойства, на продуктите се придават необходимите експлоатационни характеристики и се решават различни технически и технологични проблеми. Обхватът на функционалните материали за КА е много широк. Те включват електрически материали, материали за микроелектроника и сензорни технологии, оптични материали, съединения и уплътнители, бои и лакове, специални покрития, нанесени върху повърхността на конструктивни материали и др.

Разновидност на функционалните материали са така наречените „интелигентни” материали, които могат да променят свойствата си в съответствие с промените в условията на работа. Например, интелигентните оптични материали могат да променят своята прозрачност в зависимост от осветеността, докато електрическите материали могат да променят своята проводимост и магнитни свойства, когато външните електрични и магнитни полета се променят. С помощта на интелигентни материали е принципно възможно да се създадат цели интелигентни системи с функции за диагностика, адаптация и управление, които могат да осигурят запазване или програмирана промяна в характеристиките на продукта при промяна на външните условия. Такива материали са изключително важни при разработването на модерни автоматични и пилотирани КА.

Очевидно е, че в някои случаи едни и същи материали могат да се използват както като конструктивни, така и като функционални. В допълнение, някои интелигентни материали в определени приложения очевидно трябва да се считат за конструктивни. Пример за това е

използването на сплави с памет на формата за разполагане на антени на КА.

Наноматериалите, поради своите уникални свойства и разнообразие, със сигурност ще намерят приложение във всички тези области. По-специално, композитните материали (композити) на базата на наноструктури са изключително обещаващи за използване в космическите технологии. Чрез вариране на комбинациите от матрици и напълнители/уякчители, нанокомпозитите могат да получат различни свойства, което ги прави подходящи за използване както като конструктивни, така и като функционални материали.

В статията са изследвани полимерни нанокомпозити. Те са сред обещаващите материали за използване в космическите технологии. Възможността за създаване на леки полимерни нанокомпозити с висока якост и топлоустойчивост, както и необходимите електрически, оптични и други характеристики ги прави подходящи за използване както като конструктивни, така и като функционални материали на космически кораби (КА). **Едно от основните изисквания към материалите на КА е запазването на първоначалните им параметри при продължителна експлоатация в открития космос.**

Най-перспективните в момента метални сплави за потенциални приложения във всички области, включително и в космическата, са сплавите с висока ентропия (HEA) [7]. Те притежават превъзходни механични, термични и окислителни свойства, надвишаващи тези на чистите метали и на конвенционалните сплави. HEA имат изключителна якост, сравнима с някои метални стъкла, а и с тази на структурната керамика, което се дължи на простите твърди разтвори, които образуват. В допълнение към високата якост, всички HEA се характеризират с висока твърдост в отлято и отгрявано състояние. Идеята за създаването на HEAs заема едно от централните места в съвременното материалознание. Засега няма причина да се твърди, че HEAs ще заменят традиционните сплави във всяка индустрия. Всички налични данни и тенденции показват, че бързото развитие на този клас материали ще продължи през следващите години, а и вероятно десетилетия. Следователно, изучаването и разкриването на нови видове характеристики на HEAs е една много добра идея и цел. В допълнение, ще окаже подкрепа на промишлените сектори като аерокосмическите и военните приложения с нови изключителни материали.

В днешно време функционално градиентните материали (FGM) представляват голям фундаментален и експериментален интерес [8]. Това се дължи главно на тяхното значение като действащи и потенциални

приложения като материали и устройства. Основната сфера на използване на FGM са материали и устройства, работещи в екстремни условия (големи градиенти на температура, механично натоварване и др.), като аерокосмическата област.

FGM притежават много високо съпротивление на топлинния градиент, което ги прави подходящи за термична защита на космически превозни средства, за използване в конструкции и материали за корпуси на КА, компоненти на ракетни двигатели и са обещаващи в по-широки области на аерокосмическата индустрия. Керамично-метални FGM са особено подходящи за термични бариери в космически превозни средства. Те имат допълнителното предимство, че металната страна може да бъде закрепена с болтове върху рамката на КА/самолет, а не залепена, както са керамичните плочки, използвани в Orbiter. Други възможни употреби включват изолация на горивната камера в двигатели с въртеливо-реактивни или въртеливо-струйни двигатели.

**Сплави, използвани в космическата техника и в КА**

Металните сплави са основните конструктивни материали използвани в създаването на продукти за ракетната и космическа техника [4, 9]. Металните сплави са по-устойчиви на радиационно увреждане от много други твърди вещества.

Специалните стомани са много използвани за КА. Те са по-устойчиви на вибрации и на топлина, по-евтини са и са от голямо значение за структурата на изстрелваниа КА. Недостатъкът е, че са по-тежки от алуминия.

Повишаването на изискванията към свойствата на авиационните материали и КА, доведе до бързото развитие на техниката и технологията на производство на леките сплави. Към конструктивните леки сплави, използвани в техниката на летателните апарати, се отнасят сплавите на основата на метали, чиято плътност е по-ниска от тази на желязото. Това са алуминиевите [10], магнезиевите, берилиевите и титановите сплави, металните композити.

Изучаването на близкия космос и необходимостта от нови материали, които да издържат на условията в открития космос, без да губят функционалността си, доведе до създаването на нов вид алуминиев композит в нашата секция „Космическо Материалознание” към Институт за космически изследвания и технологии – БАН. Това е материал на алуминиева основа, а именно - високояка алуминиева сплав В95 (7075) с количествена добавка на ултрадисперсен диамантен прах /УДДП/ и Волфрам /W/ [11, 12, 13]. Високояката алуминиева сплав В95 (7075), наред с алуминиевите сплави от сериите 7ххх и 2ххх, са най-използваните и

разпространени сплави, които се използват за производството на високояки конструкции, работещи в екстремални условия.

**Ситуация в момента**

Изучаването на космоса винаги е било силно политизирано, но винаги свързано с материалите.

Достатъчно е да си припомним първия изкуствен спътник на Земята (направен от алуминиева сплав), първия полет на човек в космоса, стъпването на човек на луната, изпращането на човек в космоса от Китай и т.н. Но МКС (Международната Космическа Станция) бележи реално сътрудничество в космоса, заради получаването на резултати в космоса. На МКС бяха получени ценни знания за поведението на някои материали в космоса, в това число и за алуминиевата сплав описана в [13, 14, 15]. Но засега, през 2024г. РФ ще напусне МКС. Това безусловно изглежда като разпадане на международното сътрудничество или в него ще има пауза. Но в него могат да се включат новите космически страни – Китай, Индия или Япония.

В момента [14] Русия (РФ) е силна в изследването на БК, а по-слаба в ДК. САЩ пък са силни в ДК, а по-слаби в БК.

Стъпването на човек на Марс ще се осъществи по-късно от планираното, но ще е като международен проект. Ако само след 70 години не настъпи нов ледников период, а и ако не се изобрети начин и материал да се предпази човек от радиацията.

Съвременните изстребители вече достигат границата на БК. Например „МИГ 31” лети със скорост 2500 км/час на 21500 м над Земята.

Започналата от 90-те години на миналия век приватизация на космоса продължава да се развива с бурни темпове. Космосът вече е по-достъпен, превръща се в рутина, стига да можеш да си го позволиш.

Но той си остава скъп, а и не е по-малко сложен или опасен. В момента, за да се издигне в орбита 1 кг. товар струва 25000долара.

Но винаги можем да очакваме откритие, пробив в технологиите или материалите. Това може да стане всеки момент, мигновено – гении винаги се раждат! Дано такъв да се роди у нас!

**Заключение**

Проблемите с изследването и усвояването на БК, а също така и на ДК за нас, а и не само са:

- доста висока цена на изследването и усвояването на космическото пространство;
- липса на необходимите технологии и материали;
- опасност при усвояването на космоса.

**Литература**

1. https://geekometr.ru/statji/interesnye-fakty-ob-astronomii-dalnego-kosmosa.html

2. Miteva, A. M., Z. K. Karaguiozova, A. Ciski, G. Cieślak. The environmental conditions in the neighbourhood and on the surface of the international space station: part one, Science. Business. Society, 2018, 3(3), 111-114.

3. Новиков, Л. С. Радиационные воздействия на материалы космических аппаратов, Москва, Университетская книга, 2010, ISBN 978-5-91304-190-6.

4. Бузекова-Пенкова А. Аерокосмически приложения на алуминиевите сплави, Сборник доклади от годишна университетска научна конференция, 30 юни - 1 юли 2022 г., В. Търново, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски", Научно направление „Технически науки", 2022, под печат.

5. Новиков Л. С., Е. Н. Воронина. Перспективы применения наноматриалов в космической технике, Москва, Университетская книга, 2008.

6. Новиков, Л. С., Е. Н. Воронина, В. А. Демидов, et. al. Стойкость полимерных нанокомпозитов к воздействию космических излучений, 9th International Conference „Interaction of Radiation with Solids", September 20-22, 2011, Minsk, Belarus.

7. Dada, M., P. Popoola, N. Mathe. Recent advances of high entropy alloys for aerospace applications: a review. World Journal of Engineering, 2021.

8. Miteva, A. M. An overview of the functionally graded materials, International Virtual Journal „Machines, Technologies, Materials"; Publisher: Scientific-technical union of mechanical engineering; ISSN 1313-0226, Year VIII, Issue 3, 13-16, 2014.

9. Пашаев А. М., А. Х. Джанахмедов, Т. Г. Джаббаров. Авиационное материаловедение. Баку: Апостроф. 2016, ISBN 978-9952-404-12-8.

10. Karaguiozova, Z., A. Miteva, A. Ciski, G. Cieślak. Some aerospace applications of aluminium alloys, Proceedings SES 2017, Proceedings 2017, ISSN 1313 3888, 327-332, 2017.

11. Bouzekova-Penkova, A. Investigations of the mechanical properties of a dispersionreinforced aluminum alloy intended for outer space. Proceedings SES 2013, Sofia, Bulgaria, 2013, 492–496.

12. Bouzekova-Penkova, A., M. Datcheva, R. Iankov. Mechanical properties of the enhanced with nanodiamond and tungsten strengthened

aluminium alloy being exposed in the Outer space. International Journal „NDT Days", 2019, II (4), 396–401.

13. Bouzekova-Penkova, A., P. Tzvetkov. Investigation of outer space influence on structural properties of strengthened 7075 aluminum alloy. Experiments onboard the International Space Station (ISS). Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences, 2019, 72(7), 939-946.

14. https://www.youtube.com/watch?v=nCG1f37IIfY&t=1s

***Адрес за кореспонденция:***
*Аделина Митева Митева, д-р, доцент,*
*Институт за космически изследвания и технологии,*
*Българска Академия на Науките,*
*София 1113, ул. „Акад. Георги Бончев", блок 1,*
*тел. 02 979 2479, ad.miteva@gmail.com*

**DOI: 10.34660/INF.2023.91.36.008**

# БЛИЗКИЯТ КОСМОС И НАНОТЕХНОЛОГИИТЕ

**Аделина Митева**

# NEAR SPACE AND NANOTECHNOLOGIES

**Adelina Miteva**

***Abstract:*** *This article provides a brief overview of some of the current and potential applications of nanotechnology in near space exploration. Examples of what exists and can be created with the help of nanotechnology help and applied in the study of near space are given. Possible future research in this area is presented.*

***Key words:*** *near and far space, cosmos, nanotechnology, applications of nanotechnologies, near space exploration*

## Въведение

Материалите са двигателите на нашето общество. Дори епохите / ерите в човешката история имат имена свързани с някои специфични / характерни материали - каменна епоха, бронзова епоха, желязна епоха, стоманена епоха, ерата на цветни метали и полимери, силициева епоха, епохата на полупроводниците, а сега сме в ерата на нано- и биоматериалите. Ние оцеляваме и еволюираме въз основа на материалите, които ние контролираме. 85% от всички открития в историята на човечеството са направени в областта на материалите.

Една от най-активните и атрактивни области на научните изследвания в съвременното материалознание е областта на наноматериалите и нанотехнологиите (НТ). Нанотехнологиите са практически приложими (главно материали и устройства) във всички важни области на промишлеността, науката и ежедневието, в частност и в аерокосмическата индустрия. Но много наноматериали се разработват специално за решаването на определени задачи, възникващи при конструирането на космическите апарати (КА).

Говорим за наноструктура или нанообект, когато поне единият от размерите му е по-малък от 100 нм. Тогава физическите свойства на

нанообекта стават зависими от размера, а физиката на явленията се описва от квантовата механика.

В този доклад са представени някои приложения на нанотехнологиите в актуалната тема за изследването и усвояването на близкия космос (БК) [1]. БК е областта започваща от околоземното пространства и простираща се до кая на слънчевата система. За началото на БК няма единно мнение, но началото му варира от 20 до около 100 километра над морското равнище. БК се изследва с помощта на различни космически апарати като - изкуствени спътници на Земята, орбитални станции и междупланетни сонди.

**Наноматериали в космическата техника - възможности за приложение**

Наноматериалите, поради своите уникални свойства и разнообразие, намират приложение във всички аерокосмически области [2]. Интензивната работа в областта на наноматериалите за космически приложения е стимулирана от практическите изисквания на космическата индустрия. Наноматериалите и НТ усилено се изучават от научното направление - космическо материалознание, чиито задачи включват експериментални и теоретични изследвания на процесите, протичащи в материалите и елементите на оборудването на КА под действие на ФКП [3] (фактори на космическото пространство), изследване на промените в свойствата на материалите, причинени от действието на ФКП и характеристиките на бордовите системи, създаване на нови материали, разработване на методи и технически средства за защита на КА от неблагоприятните въздействия на космическата среда.

По предназначение всички наноматериали за космически апарати се разделят на две групи: конструктивни и функционални.

**Метали и сплави**

Като конструктивни материали за производството на корпуси и носещи ферми/конструкции на КА, а също и за елементи на ракетните двигатели намират и все по-широко ще намират приложение нанокристалните леки метали (Al, Mg, Ti) и сплавите на тяхна основа. Такива нанокристални материали, благодарение на малкия размер на зърната им, имат значително по.добри механични характеристики по сравнени с обикновените материали със същия химичен състав. Труднотопимите метали Nb, Ta, Mo, W, с температури на топене от 2500 до 3400 °C, и техните сплави се използват за направата на детайли и възли, работещи при много високи температури, като дюзи на ракетни двигатели. Берилият (Be) притежава много привлекателни свойства за използване в космическата техника. Макар и да е с не много висока температура на

топене (1300 °C), той е лек, як, има висок топлинен капацитет и характеристиките му се запазват в широк температурен интервал.

**Нанокомпозити и нанокерамики**

Композитните материали (композити) се състоят от няколко вида материали, като в обема на композита се запазват интерфейсите на отделните материали. Свойствата на композитите се определят от химичния състав на компонентите, разпределението в обема и взаимната ориентация на компонентите, както и от размерите им. При това композитът винаги се сдобива с нови свойства, които не притежава никой от съставящште го материали.

По структурата си композитите се делят на три групи:

- матрични, в които един от компонентите е матрица (метална или неметална), а останалите са напълнители/уякчители;

- рамкови (взаимопроникващи), всичките им компоненти са твърди монолити;

- еднокомпонентни поликристали, които се състоят от анизотропни структурни елементи с еднакъв състав, но с различна ориентация на главните оси на анизотропия.

Керамиката е поликристален материал, получаващ се чрез спичане на неметални прахове ($Al_2O_3$, $SiO_2$, $Si_3N_4$, SiC, TiCN и др.). Различните видове керамики могат да се използват както като матрици, така и като напълнители на композитите.

С помощта на НТ се създават основно матрични композити. Като матириали за матрицата се използват полимери (епоксидни смоли, найлон, полиимид), метали и сплави, въглеродни материали и различни керамики; а в ролята на напълнители въглеродни нанотръбички, фулерени, ленти от графен, метални и неметални наночастици, нановлакна и нанофилми.

Създадените с помощта на НТ композити са два вида – нанокомпозити и нано-нанокомпозити. Към първия вид се отнасят композитите, в които се използват наноразмерни напълнители, но самата матрица не е с наноструктура; а към втория вид – освен нанонапълнители имат и наноструктурна матрица.

Разработката на нанокомпозити на основата на полимерни матрици [4] е сред обещаващите материали за използване в космическите технологии. Възможността за създаване на леки полимерни нанокомпозити с висока якост и топлоустойчивост, както и необходимите електрически, оптични и други характеристики ги прави подходящи за използване както като конструктивни, така и като функционални материали на космически апарати (КА). Едно от основните изисквания към материалите на КА е запазването на първоначалните им параметри при продължителна

експлоатация в открития космос, което те притежават. Едни от най-перспективните в момента са „POSS-полимери”-те. Като напълнител при тях се използват нановлакна от полиедрален олигомерен силсескиоксан, състоящи се от органични и неорганични обекти с нанопориста структура. Те са с повишена устойчивост към топлина, висока устойчивост на радиация и химически въздействия, и затова идеални за космическата техника.

Използването на наноразмерни елементи за създаване на композити позволява съществено да се подобрят свойствата им. Казано образно, ако използваме елементи с размер от микродиапазона, свойствата на компонентите на композита се сумират; а при преход в нанодиапазона става умножаване за сметка на по-силното взаимодействие на напълнителите с матрицата и между себе си.

Чрез вариране на комбинациите от матрици и напълнители/уякчители, нанокомпозитите могат да получат различни свойства, което ги прави подходящи за използване както като конструктивни, така и като функционални материали. Същото може да се каже и за керамиките. При избора на керамични материали за направата на натоварвани елементи на конструкцията се има предвид, че те като правило са с висока твърдост и термоустойчивост, но общият им недостатък е че са крехки. Крехкото разрушаване на керамиките е свързано с присъствието в тях на микроскопични дефекти, които служат като центрове на зараждане на пукнатини. При спичането на керамиките, ако се използват нанопрахове като изходни компоненти, се достига плътна опаковка, а следователно се намалява количеството на дефектите.

Без съмнение, нанокомпозитите и нанокерамиките в близко бъдеще ще намерят още по-широко приложение при създаването на КА, като постепенно ще заменят много елементи от конструкцията, направени от метални материали. Едно от най-важните направления при тяхното използване е създаването на покрития, изпълняващи различни функции: механична и радиационна защита, термична защита при навлизане в атмосферата и осигуряване на необходимия топлинен режим на КА по време на полета, даване на повърхността на КА необходимите му електрични и оптични характеристики и др.

Благодарение на разнообразието и уникалните свойства на обсъжданите материали те се използват и ще се използват също и при създаването на бордовото оборудване на КА, включително и интелектуалните системи.

**Наноелектроника**

НТ намират широко и основно приложение при производството на съвременните електронни и оптоелектронни устройства. По-мощни и по-малки компютри, създадени от НТ, ще осигурят по-голямо удобство, сигурност, безопасност и ефективност, както за управлението на КА, така и за космонавтите.

Съвременните електронни и оптоелектронни устройства са с нанометрични размери и използват както наноструктури основани на полупроводникови хетеропреходи [5], така и на основата на нови наноматериали. Устройства на основата на едномерни наноструктури (квантови ями и свръхрешетки) отдавна вече се предлагат на пазара. Например, електронни устройства основани на квантови ями (КЯ), като транзистори с висока подвижност на електроните са показали забележителни характеристики достигайки гранични честоти от няколко стотин GHz. Те се прилагат включително и в сателитната телевизия. Дълговълновите лазери, за съвременните телекомуникации и в линиите за връзка на оптически влакна, имат активни области съдържащи поредица от КЯ, получени от хетеропреход от два или повече полупроводника. Нанотехнологиите днес се използват за производството на микрочипове, за материали в устройства, предназначени за транспорта в космическата индустрия. Слънчеви елементи включващи хетероструктури широко се използват както в космически, така и в наземни програми. Например космическата станция „Мир” [6] почти 15 години използва слънчеви батерии на основата на хетероструктури AlGaAs. Лазери на основата на двойна хетероструктура присъстват практически във всеки дом, а и в много от транспортните средства, под образа на CD и DVD устройства, лазерни принтери. Съвременното осветление (както на земята, така и в КА), както и това на бъдещето, е на основата на лампи от светодиоди (а те са нанопродукт в чист вид, като най-съвременните са съставени от двойна хетероструктура с квантова яма като активен слой.

Химическите сензори на базата на НТ са изключително чувствителни. Малките и по-ефективни сензори правят и ще направят живота и работата на космонавтите и космическите изследователи по-безопасни и по-ефикасни.

Какво могат да направят нанотехнологиите за космоса:

- интелигентно облекло и мебели за космонавтите с по-голяма толерантност към температурни промени, удобство и лекота;
- увеличаване на човешката производителност;
- по-леки, по-бързи КА, които използват по-малко гориво;
- по-лека и ефективна наноелектроника, нанопреобразователи и наносензори;

- наноработи;

- подобрено енергоснабдяване на КА с помощта на нови високоефективни литиеви батерии и горивни клетки, конструирани с помощта на въглеродни наноматериали;

- по-бърза интензивна медицинска помощ и много друго.

Корпорации, университети и военни/правителствени лаборатории работят заедно за по-нататъшни изследвания в областта на нанотехнологиите, защото НТ дават огромни възможности за потенциални обещаващи приложения.

**Заключение**

Прогнозата за развитието на космическите нанотехнологии е, че създадените продукти ще са все по-сложни и с все по-големи потенциални възможности.

С развитието на нанотехнологиите ще се създават все повече и по-съвършени материали със зададени свойства. А това ще ускори осъществяването на проектите по усвояването на Луната и полетите до други планети от Слънчевата система, т.е. на БК.

Нанотехнологичните продукти ще продължат да се появяват с нови приложения; учените, производителите и регулаторните агенции обаче трябва да гарантират, че тези технологии не оказват неблагоприятно влияние върху човешкото здраве и планетата по време на техния производствен и жизнен цикъл. Нанотехнологиите, в които бихме могли да допринесем с нещо ново в областта на космоса, за предпочитане с помощта на минимални финансови разходи, могат да бъдат теоретично моделиране на нови наноструктурни материали и устройства, като полупроводникови наноструктури [7] (за приложения на електрооптични устройства) и на основата на алуминий [8, 9] – нанокомпозити [10] и функционално градиентни материали (за наноструктурни космически приложения в аерокосмическата индустрия).

**Литература**

1. https://geekometr.ru/statji/interesnye-fakty-ob-astronomii-dalnego-kosmosa.html

2. Новиков Л. С., Е. Н. Воронина. Перспективы применения наноматриалов в космической технике, Москва, Университетская книга, 2008.

3. Новиков, Л. С. Радиационные воздействия на материалы космических аппаратов, Москва, Университетская книга, 2010, ISBN 978-5-91304-190-6.

4. Новиков, Л. С., Е. Н. Воронина, В. А. Демидов, et. al. Стойкость полимерных нанокомпозитов к воздействию космических излучений, 9th International Conference „Interaction of Radiation with Solids", September 20-22, 2011, Minsk, Belarus.

5. Di Carlo A. Microscopic theory of nanostructured semiconductor devices: beyond the envelope-function approximation, Semicond. Sci. Technol., 2003, 18, R1-R31.

6. Alferov Z. I. The double heterostructure concept and its applications in physics, electronics and technology, Rev. Mod. Phys., 2001, 73, 769-782.

7. https://ras.nacid.bg/api/reg/FilesStorage?key=97d9e1fc-8770-4d31-839f-8a38f962cd2a&mimeType=application/pdf&fileName=Diss--AMM.pdf&dbId=1

8. Bouzekova-Penkova, A., P. Tzvetkov. Investigation of outer space influence on structural properties of strengthened 7075 aluminum alloy. Experiments onboard the International Space Station (ISS). Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences, 2019, 72(7), 939-946.

9. Bouzekova-Penkova, A. Investigations of the mechanical properties of a dispersion reinforced aluminum alloy intended for outer space. Proceedings SES 2013, Sofia, Bulgaria, 2013, 492–496.

10. Bouzekova-Penkova, A., A. Miteva. Some Aerospace Applications of 7075 (B95) Aluminium Alloy. Aerospace Research in Bulgaria, 2022, 34, 165-179.

***Адрес за кореспонденция:***
*Аделина Митева Митева, д-р, доцент,*
*Институт за космически изследвания и технологии,*
*Българска Академия на Науките,*
*София 1113, ул. „Акад. Георги Бончев", блок 1,*
*тел. 02 979 2479, ad.miteva@gmail.com*

**DOI: 10.34660/INF.2023.12.69.009**

# КОНФЛИКТИ И СЪПЕРНИЧЕСТВО В КОСМОСА ПРЕЗ XXI ВЕК

**Ерол Буюклиев**

# CONFLICTS AND COMPETITION IN SPACE IN THE XXI CENTURY

**Erol Buyukliev**

***Abstract:*** *The report analyzes certain trends of growing rivalry and conflicts in outer space. The analysis outlines the future conflicting relations between the leading space powers, and the growing ambitions of non-state actors for influence in space. In addition, the study outlines dynamic changes in the security environment. Last but not least, this study identifies the specifics of conflicts in space in the context of the processes of de/globalization. The conclusion outlines some implications for global and, in particular, the impact on space security.*

***Ключови думи:*** *Conflicts, un/certainty, Space, de/globalization, competition.*

## Въведение

**Актуалността** на темата за конфликтите и съпреничеството в космоса се определя от глобалната тенденция на формиране на космически национализъм и милитаризацията на космическото пространство, а от друга страна монополната позиция на държавите, космическите сили, е поставена под въпрос с демократизацията на достъпа до космоса на гражданското общество и частните корпорации. **Целта** на разработката е като се анализира глобалната тенденция на нарастващо значение на космическото пространство, да се очертаят основни конфликтни отношения между акторите, които заявяват апелации и демонстрират способности за влияние в сферата на космическата сигурноста. **Задачи на изследването:** 1) Да се изведат основните аспекти на тенденцията за нарастващо значение на космоса; 2) Да се установят основни направления на конфликтните отношения в космическото пространство; 3) Да се очертаят основните сфери на сътрудничество между страните в космоса. **Изследователската хипотеза** е, че конфликтите и съперничеството в

космическото пространство се определят от трансформацията на света в контекста на де/глобализацията, дигитализацията, нарастващото значение на изкуствения интелект (ИИ), дисперсията на силата, свръхучастието на политическите и икономическите актори. **Обект** на изследване е формирането на процеса на стратегическа конфронтация и надпревара в космоса. **Предмет** на изследване са взаимоотношенията на конфликтност и съперничество в космическото пространство. В изследването се използва широк спектър от **методолочески инструментариум**: системен подход, мултидисциплинарен анализ, прилагат се геополитически и геостратегически концепции, посредством дедуктивни и индуктивни обобщения се формират общи изводи, заключенията в доклада включват исторически справки и анализи. Изследването се основава на актуални **литературни** източници: монографии, книги, анализи на изследователски центрове, статии, научна литература в сферата на космическата сигурност и международните отношения. Включват се информационни източници от Интернет, както и информация от държавни и неправителствени институции. Използваните източници се посочени в текста, обособени са в раздел „Литература” в края на доклада. Анализът е без претенция за изчерпателност и се **ограничава** до извеждане на определени специфики при формирането на тенденцията на конфликтност и съперничество в космическото пространство. Очертават се основни проявления на конфликтните отношения в сблъсъкът за стратегическо преимущество в космическите технологии и космоса. Анализът е насочен към читатели, които имат интерес към процесите в космическото пространство, социалните науки, към студенти по международни отношения и в сферата на сигурността, както и за тесни специалисти в сферата на космическата сигурност.

**Обсъждане**

***Космическата сигурност през XXI век***

Космическата надпревара определя стратегическите предимства на Земята. Традиционната нагласа към въпросите, които са свързани с космоса се отправят към влиянието на държавите и техните космически програми. В значителна степен това все още е така, държавното субсидиране на космическите изследвания и проекти, изстрелването на спътници, разработването на технологии за сателитни системи се обвързва с ролята на държавата. От своя страна, частни компании засилват своето участие в надпреварата за космическото пространство, дори взимане на участие и роля във военни конфликти и войни. Пример за това е участието на Илон Мъск в космическото съперничество и във войната в Украйна от 24.02.2022 г. В началото на 2015 г. оновената от Мъск компания „Спейс

Екс” (SpaceX) анонсира, че ще развива проекти, които да осигуряват интернет по света на ниска цена, което ги превръща в една от страните в надпреварата за достъпност на хората до глобалната мрежа Интернет. Инфраструктурата на тази обща система предполага извеждане на над 4000 сателита, всеки с тегло от около 386 кг., с живот в орбита около 5-7 години, а след края на своята мисия ще изгаря при навлизане в земната атмосфера [1]. SpaceX се намесва и във войната на Русия срещу Украйна като доставя 5000 интернет терминала „Старлинк” (Starlink) на украинските власти, което позволява неограничен достъп до интернет във всяка точка на Украйна [2]. Този акцент затвърждава тенденцията на демократизация на достъпа до космическото пространството, монополната позиция на държавата се измества към гражданското общество и частните субекти в отношенията. На 8 април 2022 г. SpaceX изтрелва частен екипаж астронавти към Международната космическа станция. Компанията Axiom space организира пътуването в сътрудничество с НАСА и SpaceX. Екипажът се състои от 4-ма души, командир на полета е Майкъл Лопес-Алегрия – бивш астронавт на НАСА, вицепрезидент на компанията Axiom Space. Тук може да се напомни, че първата напълно гражданска мисия в орбиталното пространство е Inspiration4, която стартира на 15 септември 2021 г. с помощта на SpaceX, три дни по-късно космическата капсула Dragon каца в Атлантическия океан, до бреговете на Космическия център „Кенеди”. И двете мисии са в пряко сътрудничество със SpaceX и използват Falcon9 за ракета-носител за многократна употреба. Дотук изстрелванията са 150, успешните кацания са 110, а 90 ракети са използвани за повторни полети [3, 4, 5, 6, 7].

Наред със засиленият интерес към космическото пространство остава изискването за достъпност и за неговото мирно използване в настоящето и в бъдещето. Динамичното развитие на технологиите и възможностите за достъп определя космоса като среда на конфликтност, сътрудничество и съперничество, което означава нарастваща неопределеност по отношение на космическите отпадъци, които остават от човешката дейност, каквито например са стари сателитни системи. Дори най-малките парчета, отломки, могат да разрушат сателитите в орбита. Спорен е броят на отломките, които могат да бъдат опасни за новите сателитни системи и за хората, които изпращаме в космоса. Повече от 70 държави по света имат над 2000 сателита в орбита. Планират се нови сателитни системи за изграждане на 5G мрежата. Към новите тенденции се добавят изследванията на Луната, както и опитите за откриване на нови ресурси. По подобие на отношенията на Земята, всички активности в космоса са свързани с надпревара, конфликтност и съперничество между

участващите актори. Този сблъсък на интереси предполага лишаване, на една или друга страна в отношенията, от важна информация, ограничен достъп до откритията на космическите сили. Засилва се тенденцията на милитаризация на космическото пространство. Наред с нарастването на значението на космоса се увеличава използването му за военни операции за прецизно определяне на целите, навигация в реално време, разузнаване и събиране на информация. Освен това, сателитните системи се използват за стратегическа и тактическа комуникация, както и за ранно сигнализиране при ракетни атаки. В обобщение, космическото пространство се възприема като нов домейн на съвременната война. Нарастват и демонстрациите на военни способности от страна на космическите сили за поразяване на сателитни системи. Оказва се, че космическата сигурност е от ключово значение за всички човешки взаимоотношения, за военни цели, за все повече социални и икономически взаимовръзки, не на последно място, за научни изследвания и анализи. В резултат на тази тенденция, достъпът до космическото пространство е ключово за живота, развитието и бъдещето на отделните хора и за държавите. Базираните в космоса системи поддържат комуникационните системи на Земята, финансовите потоци, подпомагат фермерството, метеорологията, мониторинг на средатата в постоянен режим [8].

Традиционните страни на съперничество и конфликтност, както на Земята, така и в космическото пространство са САЩ, Китай и Русия, освен тях, но в по-малка степен Северна Корея и Иран. В периода 2019-2021 година космическите флотилии на Китай и Русия се увеличава с 70%, тази тенденция следва периода 2015-2018 година, когато сателитните системи на Китай и Русия се увеличава с над 200%, което включва повечето големи космически категории: сателитни комуникации (SATCOM), дистанционно наблюдение, научни и технологични изследвания и развитие, както и развитие на навигационните способности. Конкуриращите се актори имат способности за отказ от достъп до използването на космическото пространство на останалите страни, особено когато става дума за прилагане на космическите технологии в съвременните войни. Това включва логистична и навигационна поддръжка, комуникация в реално време. Друг проблем е трудното разграничаване на военните и гражданските космически системи, което предполага отказ от услуги и поддръжка при действия свързани със сигурността и отбраната. Засилва се тенденцията към изграждане на космически оръжия, способни да прекъснат предоставяните услуги от сателитните системи или напълно да разрушат космическата инфраструктура. Към тях се включват материални разрушения или кибератаки срещу наземни обекти, които поддържат

сателитните системи и мрежи. Конкуриращите се субекти и страни в космическата надпревара имат способности за блокиране на глобалната навигационна система, както и системите за командване и контрол C2, а това включва военноморски, наземни и въздушни сили, включително и БЛА (безпилотни летателни апарати). Един от инструментите за разрушаване на сателитните системи е посредством анти-сателитни ракети в ниска околоземна орбита, които обаче могат да предизвикат облаци от бързо летящи отломки. Същите могат да гравитират в орбита в продължение на векове. Подобни военни способности се демонстрират от Китай през 2007 г. срещу нефункциониращ метеорологичен спътник. По този начин се образува облак от отломки, който застрашава спътниците и сателитните системи и днес. Русия и САЩ имат такива бойни способности от десетилетия. През 2021 г. Русия използва анти-сателитна ракета за унищожаване на изоставен сателит. Освен това, държавите с ядрени оръжия могат да изстрелят ядрена бойна глава с интерконтинентална балистична ракета, а ядрената детонация на голяма височина може да създава електромагнитни смущения в космоса и на Земята, с което временно или за постоянно да повреди сателитните системи и инфраструктура [9]. Индия е друга страна, която се включва в космическата надпревара. На 27 март 2019 г. индийска анти-сателитна ракета е изстреляна от полигона Чандипур и поразява Microsat-R, сателит на ниска околоземна орбита, на около 289 км, който тежи 740 кг. НАСА отправя строги критики към индийската страна и анти-сателитните ракетни тестове, защото застрашават Международната космическа станция. След тестовете, рискът от сблъсък със станцията се повишава с 44%, НАСА проследява около 60 отломки по-големи от 10 см [10].

***Основни конфликтни направления***

Васил Проданов подчертава, че в контекста на изчерпването на възможностите за натрупване на печалба в глобален план, стартира тенденция на деглобализация и засилваща се конфликтност, надпреварата в създаването на нови оръжия, основани на най-новите технологии е по-голяма от всякога, а основният терен на бойните действия е глобализираното дигитално пространство [11] и глобалното рисково общество. Дигитализацията и пренасянето на всички социални отношения и връзки в киберпространството определят тенденцията описана от Шошана Зубоф на изместване на човешките отношения от машинният процес. Доверието и авторитетът се изместват към машините и облачните технологии, а всички те зависят от космическата сигурност и функционирането на сателитните системи [12]. Интересн акцент в анализа на тези промени внася Ювал Харари, който извежда значението на

алгоритмите, изкуствения интелект и пренасянето на авторитета от хората, тяхната идея за свободна воля и чувствата, към алгоритмите и формирането на нови религии, той ги нарича технорелигии, които предоставят нови интелектуални и физически способности на хората. Посредством идеите на Харари все повече се мисли за еволюцията на хората в контекста на технохуманизма и датаизма, или религията на данните. В този контекст, човекът е неспособен да обработва огромните информационни масиви, това се прави от алгоритми, постепенно пренасяме авторитета от хората към машините. Това означава пренос на властта от хората към алгоритмите и технологиите, с което хуманистичните проекти могат да се окажат ирелевантни, а човекът да стане незначителен за войната, икономиката и политиката, в един момент, превръщайки се от инженер в чипове, после в данни и накрая да се размие в потока от данни „като буца пръст в придошла река [13]. Хенри Кисинджър определя технологиите и науката като водещият лайтмотив на нашата епоха. В Средновековието това е религията, в Просвещението е разумът, в 19-20 век това е национализмът. Развитието на технологиите, освен напредък, водят и до създаването на оръжия, с които можем да се самоунищожим, а взаимното самоубийство се превръща в механизъм на международния ред.

Идеята за мирът през XX и в началото на XXI век е, че ядреното оръжие е основание за въздържане от агресивни действия и гарантира световния мир. Ювал Харари поддържа тази идея, но допълва, че това вече не е така. По отношение на войната в Украйна, ние сме в най-опасния период за Човечеството от Кубинската ракетна криза от 1962 г., когато на една съветска бойна част е разрешено да изплозва ядрени оръжия, но така и не се стига до тяхното използване, било между САЩ и СССР, било срещу неядрени страни [14, 15, 16]. Руската инвазия в Украйна затвърждава промяната на представата за Владимир Путин като за рационален стратег, който премисля своите ходове и маневри. Основанията на Путин за наречената от него „военна операция” в Украйна са свързани с разширяването на НАТО и ЕС на изток, към границите на Русия. Основните цели на войната са смяна на режима в Киев и замяната му с проруско правителство. От руска страна заявяват, че целите са демилитаризация и денацификация, както и освобождение на населението. Защо този акцент е важен по отношение на анализ за космическата надпревара и сигурност? Отговорът е многозначен, достъпът до интернет, подсигурен от достъпа до сателитни системи подпомага изграждане на алтернативни мнения, тези и гледни точки, които показват ирационалността на Путин по отношение на Украйна и отношение към

света. Опитът на реалистите в школата на сигурността, като Джон Миършаймър например [17, 18], да рационализират антихуманните действия на Путин в Русия, обвинявайки Запада, ЕС и НАТО, разкриват острата нужда от преосмисляне на теориите в сферата на сигурността. Светът се променя, космическите технологии, дигитализацията, демократизацията и либерализацията, колкото и да са компрометирани като идеологии и политическа организация, водят до изграждане на гражданска култура в нелиберални и недемократични общества. По този начин трансформацията на света след Студената война означава, че не либералният, демократичен Запад, в лицето на НАТО и ЕС се разширява на изток, а точно обратното Изтокът „отива” на запад. Миграционните процеси го показват, значителна част от политическите елити в бившите комунистически и социалистически държави изпращат децата си на запад, украинските бежанци се отправят в западна и южна посока, по-малък процент се насочват или са насочени принудително към Русия. Оказва се, че достъпността до космическите сателитни системи определя по нов начин свободата и субектността на Земята. Войната, която започна Русия срещу Украйна води до значителни негативни последици върху интересите на Европа и по-специално в космическия сектор (European Space Sector). Критично за Европа е използването на космическите технологии за целите на сигурността и отбраната, което включва събиране на разузнавателна информация и наблюдение, включително и достъп до комуникационните системи. Един от примерите е кибератаката срещу един от търговските сателити на американската компания ViaSat, която повлиява на участниците във войната в Украйна, но също така повреждa тарминали на гражданската инфраструктура в Европа и засяга хиляди вятърни турбини в Германия. Атаката показва значението на космическата сигурност, както и последиците от войната за сътрудничеството с Русия. Отменя се изстрелването на ракета-носител „Союз” от Космическия център в Гвиана, което блокира работата на спътници на институции, както и изстрелването на европейски търговски спътници. Забавя се мисията на марсохода ExoMars (вероятно до 2026 г.), която е планирана за месеце септември 2022 г. Европейската космическа агенция (ESA) е принудена да намали своята зависимост от сътрудничество с Русия. Негативните ефекти на войната в Украйна възпрепятстват работата на европейските пускови системи като Vega и Vega-C, които използват украински двигатели, строящи се в украински фабрики (Южмаш, Yuzhmash). Дългосрочните последици за космическата сигурност са негативни, освен блокиране на сътрудничеството по космическите програми, влошават се и международните отношения, търговията, възпрепятсва се контролът върху

милитаризацията на космическото пространство, блокира се управлението на рисковете в сигурността. Динамиката около войната в Украйна стимулира процеса на автономия на Европа по отношение на космическата сигурност. Връзките с Русия по отношение на космоса са прекъснати, което срива мита за взаимната изгода от сътрудничеството с авторитарни и диктаторски режими, които вместо откритост, доверие и солидарност, използват натиск, манипулация, изнудване и „остра сила” (Sharp Power). Оказва се, че Евопа е силно зависима от Русия по отношение на достъпа до космическото пространство, което руската страна използва за отмъщение на наложените санкции, следващи инвазията на Русия в Украйна. Зависимостта на Европа демонстрира ограниченията на стратегическата автономия и налага на европейските страни прилагане на нови стратегии за изграждане на космически способности. Отказът за изстрелването на „Союз” заземява пет институционални спътника, включително два космически кораба Галилео и един френски военен спътник, а всички те имат жизненоважни приложения в сигурността и отбраната. Поради това, ЕС извежда своите интереси в Старегическия компас за сигурност и отбрана, който взима отношение по въпросите на космическата сигурност на Европа и необходимостта от създаване на нови способности и технологии, включително използване на програмата Коперник за отбранителни цели. Възниква въпросът за управление на риска от разрушаване на европейски спътници в орбита, а към това се добавя и непрекъснатата опасност от кибератаки над спътници и космическата инфраструктура. Тези въпроси се оказват от критично значение, което повишава значението на европейската космическа стратегия изведена в Стратегическия компас, а нейното публикуване през 2023 г. е съществена стъпка на ЕС за изграждане, освен на стратегическа автономия, но и на стратегическа визия. И тук водещ принцип е устойчивото управление на европейския достъп до космическото пространство, предотвратяване на заплахи за Галилео, което включва национални и колективни програми и действия. В резултат на динамиката в регионглобална и глобалната среда за сигурност, кризата от войната в Украйна принуждава Европа да преосмисли своето отношение към Космоса, в посока на военнополитическите проблеми на сигурността. До този момент усилията са насочени към търговските и гражданските отношения, с преимуществено отношение на международното сътрудничество. Използването на космоса като нов добейн на войната трансформира и европейските позиции по този въпрос, а това е предпостава за все по-несигурна космическа среда [19, 20, 21, 22].

Прав е Васил Проданов, когато анализира тенденцията за изграждане на космически армии и оръжия за водене на космически войни. През месец юли 2016 г. камарата на представителите в Конгреса на САЩ одобряват създаването на нов вид войски, Космически корпус, за действия в извънземното пространство. Надгражда се системата DSP (DefenseSupportProgram), която подпомага фиксирането на ракети и тяхната траектория. Развива се системата SBIRS (space-BasedInfraredSystem – инфрачервена система за космическо базиране), система от спътници, които реализират мониторинг на територията на Русия и на зоните на интерес по света. Русия изгражда Единна космическа система „Тундра”, която следи за изстрелване на ракети от различни точки на планетата и подпомага тяхното унищожение. Тези цели се постигат чрез множество спътници [23].

В опит да насърчи мисленето в посока към предотвратяване на апокалиптичен сценарий, определен от ядрената заплаха на Путин, Грахам Алисон (Graham Allison) прави опит за анализ на възможните избори на Владимир Путин, който все повече изпада в изолация, притиснат в ъгъла. Според Алисън, привеждайки опита на Д. Кенеди от Кубинската криза, е необходимо американският президент Джо Байдън, неговата администрация и съюзниците на САЩ да се поучат от миналото и да проявят въображение за създаване на изхода за Путин. Байдън прави опити за избягване на такава ескалация. Защото, както посочва и Ювал Харари, основната цел на Запада не е да постигне победа над Русия и да стигне до Москва, а да подкрепи свободата на Украйна [24].

**Изводи**

- Изведоха се водещите аспекти на космическата сигурност. Наред с това се очертаха основните конфликтни отношения в съвременния свят. Потвърди се хипотезата на изследването и затвърждава идята на Джоузеф Най, че живеем в епоха на разместване на силата, нейният преход, разпръскване и дисперсия от държавните монополи към недържавни актори [25].
- Установиха се основните елементи на тенденцията на нарастващо значение на космическото пространство, което определя космоса като нова среда и пространство на съвременните конфликти. В епилога на книгата си „Еволюция на всичко” (2018) Мат Ридли изтъква, че в свят на лоши новини, животът на хората става все по-добър и препоръчва, да разчитаме повече на спонтанността и еволюцията. Напомня ни, че много от планираните действия имат негативен ефект, хората с големи планове ще предизвикват болка и страдание. Тук се изключва кацането на Луната като добре планирана стратегия [26].

**В заключение,** наред с контролът над земята, водата и въздуха, космическото пространство е основен домейн, в който се проектират амбициите на държавните и недържаните актори в глобалната и съответно космическата сигурност. Тенденцията на взаимозависимост, глобализация и дигитализация води след себе си до стремеж на традиционните политически субекти, националните държави, да си върнат монопола над насилието, управлението и влиянието в обществото. Патрик Диксън предвижда, че основните рискове в близко и по-далечно бъдеще ще са свързани с регионални конфликти, поради етнически напрежения и недостиг на ресурси, вирусна пандемия, революции, поради неравенствата в обществото, бюджетни съкращения, които ще предизвикват хаос и липса на управленски механизми, а кибертероризмът принуждава изолацията на отделните дигитални платформи и мрежи изолирани от останалия свят [27]. Същите правят опити за изграждане на обяснителен наратив, който да запълни вакуумът на провалените идеологии. Либерализмът победи комунизмът и фашизмът, но се оказа несъстоятелен в динамиката на новото време, това е епохата на сриване на авторитетите и тяхната замяна с нови, тези на облачните, дигиталните платформи и алгоритмите. Легитимацията на властта се реализира в тези цифрови пространства, където човешкият авторитет е придатък на проекцията на загубената нормалност. Бъдещето, включително на войните, е в метасредата на изкуствения интелект и автономното функциониране на политическите, икономическите, социалните, а от там и на космическите системи. Бъдещето оставя малко пространство за човечесетвото, което е изправено пред дилемата да остане ненужно за политиката и икономиката или да се опита да върне авторитета в хората, в една загубена хуманност. И както пишат експертите от проекта „Милениум" глобалните промени, които стоят пред човечеството, са транснационални по природа и трансинституционални като решение. Нито едно правителство и/или организация няма нужните умения, капацитет и способности да се справи самостоятлено, необходими са общи действия [28]. Точката на бифуркация е близо, войната в Украйна, икономическите сътресения, пандемията от Covid-19, разслоението на обществото предизвикват униние и тревожност за бъдещето. Посочените рискове са бъдеще, което трябва да бъде предотвратено, както би казал Улрих Бек, в съвременното рисково общество битието на хората се фиксира в ступора на твърдението „страх ме е", а формирането на различните общности и на глобалното общество през XXI век се основава на страха [29]. Този страх има своите основания, Мариана Тодорова изтъква значението на изкуствения интелект в сферата на отбраната и сигурността, което пряко се влияе от космическата

сигурност. Освен, че изходът на войната ще зависи от алгоритмите (Проданов, 2017), основните съперници в космическото пространство ще се нуждаят от регламентиране на отношенията, тъй като новите оръжия стават все по-достъпни за терористични групи или индивиди с психопатни, социопатни и деструктивни поведения [30]. Светът утре се определя от тенденцията на нарастващо значение на космоса и технологиите, а човечеството, както биха казали трансхуманистите човечеството излиза от своето детство и стремително се насочва към постчовешката ера [31]. В обществото на бъдещето имаме потребност и от нова организация на държавите, в които ще си сътрудничат компании, университети и власти, а политиката и икономиката ще се подчиняват на изкуствен интелект, на роботи и алгоритми [32]. Препоръката е изграждане на обществена и индивидуална солидарност и доверие, само така може да се управляват сложни процеси и системи, които все повече изключват човека от вземането на важните решения.

**Литература**

1. Бек, У., Рисковото общество. По пътя към една друга модерност. Критика и хуманизъм, 2013.

2. Глен, Д., Гордън, Т., Флореску, Е., Човешкото бъдеще. Хоризонти на развитие. „Изток-Запад”, София, 2015

3. Диксън, П., Бъдещето на почти всичко. Сиела Норма, София, 2021.

4. Кисинджър, Х., Световен ред. Труд, София.

5. Проданов, В., Системни цикли и бъдещето на историята: накъде върви светът?. „Захарий Стоянов”, София, 2017.

6. Милев, М., SpaceX изстреля първия частен екипаж към Международната космическа станция. Компанията Axiom Space организира 11-дневно орбитално пътешествие за четирима астронавти-аматьори. Капитал, 8 април 2022, https://www.capital.bg/biznes/tehnologii_i_nauka/2022/04/08/4334189_spacex_izstrelva_purviia_chasten_ekipaj_kum/, достъпно към 03.05.2022 г.

7. Най, Д., Бъдещето на силата. Военно издателство, 2013, 127-135.

8. Проданов, В., Десет глобални тенденции, които ще определят съдбата на България през XXI век. // Глобалните промени и съдбата на България пре 21 век. BISFRIM, София, 2016, 15-30.

9. Погледът на Европа към Земята. Поглед към нашата планета и нейната околна среда. В полза на всички европейски граждани. Услугите по програма „Коперник”. Copernicus, 2022, https://www.copernicus.eu/bg, достъпно към 09.05.2022 г.

10. Ридли, М., Еволюция на всичко. Сиела Норма, София, 2018.

11. Тодорова, М., Изкуственият интелект. „Изток-Запад”, София, 2019.

12. Фери, Л., Трансхуманитарната революция. Как технологиите и юберизацията на света ще променят коренно живота ни. „Колибри”, 2017.

13. Харари, Ю., Homo Deus. Кратка история на бъдещето. „Изток-Запад”, София, 2018

14. Хойдонк, Ричард ван., Светът утре. Кръгозор, 2019.

15. Allison, G., Putin”s Doomsday Threat. How to Prevent a Repeat of the Cuban Missile Crisis in Ukraine. Foreign Affairs, Apr 5, 2022, https://www.foreignaffairs.com/articles/ukraine/2022-04-05/putins-doomsday-threat, достъпно към 05.05.2022 г.

16. A Strategic Compass for Security and Defence - For a European Union that protects its citizens, values and interests and contributes to international peace and security. European Council. Council of the EU. 21 March 2022, https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/03/21/a-strategic-compass-for-a-stronger-eu-security-and-defence-in-the-next-decade/, file:///D:/3_%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B8/2022/%D0%9D%D0%92%D0%A3%202022/%D0%9D%D0%92%D0%A3%20%D0%9A%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%BE%D1%81%202022/ST_7371_2022_INIT_en.pdf, достъпно към 09.05.2022 г.

17. CGTN, John Mearsheimer: Great power politics on Ukraine. Apr 16, 2022 [video file]. [Viewed 5.5.2022]. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=ZmnllaCMaJw

18. Challenges to Security in Space. Space Reliance in an Era of Competition and Expansion. Defense Intelligence Agency, 2022, https://www.dia.mil/Portals/110/Documents/News/Military_Power_Publications/Challenges_Security_Space_2022.pdf, iii-4

19. CNBC International TV. We may be in the 'most dangerous moment' since the Cuban missile crisis, says Yuval Noah Harari. Apr 14, 2022 [video file]. [Viewed 5.5.2022]. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=-kDGqVTZcmY

20. FALCON 9. FIRST ORBITAL CLASS ROCKET CAPABLE OF REFLIGHT. SPACEX, https://www.spacex.com/vehicles/falcon-9/, достъпно към 03.05.2022 г.

21. Gilchrist, K., Ukraine war could mark the most dangerous moment since the Cuban missile crisis, says ‘Sapiens’ author. CNBC, Apr 14, 2022, https://www.cnbc.com/2022/04/14/yuval-noah-harari-ukraine-war-most-dangerous-since-cuban-missile-crisis.html, достъпно към 05.05.2022 г.

22. Mearsheimer, J., John Mearsheimer on why the West is principally responsible for the Ukrainian crisis. The Economist, Mar 19th 2022, https://www.economist.com/by-invitation/2022/03/11/john-mearsheimer-on-why-the-west-is-principally-responsible-for-the-ukrainian-crisis достъпно към 05.05.2022 г.

23. Nesius, S., Gorman, S., All-private astronaut team lifts off on landmark launch to space station. Reuters, April 8, 2022, https://www.reuters.com/lifestyle/science/all-private-astronaut-team-set-landmark-launch-space-station-2022-04-08/, достъпен към 03.05.2022 г.

24. Space Security. SSI – Space Security Index, https://spacesecurityindex.org/space-security/, достъпно към 03.05.2022 г.

25. Stein, V., Dutfield, S., Inspiration4: The first all-civilian spaceflight on SpaceX Dragon. Space.com. 05 January 2022, https://www.space.com/inspiration4-spacex.html, достъпно към 03-05.2022 г.

26. The First All-civilian Mission To Orbit. Four Crew Members Representing the Mission Pillars of Leadership, Hope, Generosity, and Prosperity. Inspiration4, https://inspiration4.com/, достъпен към 03.05.2022 г.

27. The War in Ukraine and the European Space Sector. ESPI, 2022, Brief 57, https://espi.or.at/news/the-war-in-ukraine-and-the-european-space-sector, достъпно към 09.05.2022 г.

28. USAID SAFEGUARDS INTERNET ACCESS IN UKRAINE THROUGH PUBLIC-PRIVATE-PARTNERSHIP WITH SPACEX. For Immediate Release, Tuesday, April 5, 2022. USAID, https://www.usaid.gov/news-information/press-releases/apr-5-2022-usaid-safeguards-internet-access-ukraine-through-public-private, достъпен към 03.05.2022 г.

29. Vernile, A., The Rise of Private Actors in the Space Sector. ESPI. Springer, 2018.

30. Viasat. https://www.viasat.com/, достъпно към 09.05.2022 г.

31. Yu Jiang, Debris cloud of India anti-satellite test to Microsat-R satellite, Heliyon, Volume 6, Issue 8, 2020, e04692, ISSN 2405-8440, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04692.(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020315358), достъпно към 04.05.2022 г.

32. Zuboff, S., The Age of Surveillance Capitalism. The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power. Profile Books, London, 2019, с. 351.

***Адрес за кореспонденция:***
*гл. ас. д-р Ерол Салиев Буюклиев,*
*Военна академия „Г. С. Раковски", бул. „Евлоги Георгиев" № 82, п.к. 1124*
*GSM: 0882594003, 02/92/26532; E – mail: e.buyukliev@rndc.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.55.59.010**

# НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИТЕ КАМПАНИИ НА НАСА – ПОЛЗИ И ПЕРСПЕКТИВИ ЗА РАЗВИТИЕ

**Милен Симеонов, Пеньо Пенев**

# NASA RESEARCH CAMPAIGNS – BENEFITS AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT

**Milen Simeonov, Penyo Penev**

***Abstract:*** *The article presents the work in a research program for young scientists which provides high-quality astronomical data in the form of satellite images. During the research campaigns which are part of the program, the young scientists use an interactive software tool to process the image packets provided to them by the International Astronomical Search Collaboration program. The work and the results of the Aerospace Society – Georgi Benkovski Bulgarian Air Force Academy, which led to the recent establishment of the Center for Air and Space Surveillance, is also presented.*

***Keywords:*** *IASC, asteroids, astronomical observations, telescopes, Astrometrica*

## 1. Въведение.

Астрономията е една от най-древните природни науки. Тя е основана на първите наблюдения на движението на Слънцето, Луната, планетите и звездите и откритата цикличност в тях. Основен изследователски метод в астрономията е наблюдението на астрономическите обекти [1]. Първите по рода си в света кампании за търсене, проследяване и откриване на нови астероиди се организират от октомври 2006 г. от Международната колаборация за астрономическо търсене (International Astronomical Search Collaboration). От тогава до сега директор на програмата е нейният основател – проф. д-р Патрик Милър, Университет Хардин-Симънс, Абилийн, Тексас, който работи съвместно с екип от преподаватели от същия университет.

Тези международни кампании, част от едноименната онлайн програма, дават възможност на ученици, гимназисти, студенти и курсанти от различни градове и държави да се включат в научноизследователска дейност чрез обработка на реални астрономически изображения, да

проследят вече известни астероиди, с цел да се уточни точната им орбита, както и да направят открития на нови астероиди, с което да се повиши интересът им към астрономията, физиката и научните изследвания. По този начин обучаемите получават възможност да правят реални астрономически открития на обекти от Слънчевата система, включително комети и астероиди, както и на обекти извън орбитата на Плутон.

Програмата е стартирала със само 20 училища от 3 държави. Тогава участие са взели общо 140 ученици. Всяка година в подобни кампании се включват близо 3 000 ученици, гимназисти, студенти и курсанти от над 250 училища, гимназии и университети от повече от 40 държави. До този момент в програмата са взели участие общо около 500 училища, гимназии и университети по света, в повече от 80 страни, сред които е и България с всички свои военни училища. От началото на програмата са открити повече от 1 500 астероида.

**2. Резултати от участието на курсанти от Висшето военновъздушно училище „Георги Бенковски" в кампаниите за търсене на астероиди, организирани от International Astronomical Search Collaboration в периода май 2020 – май 2022 г.**

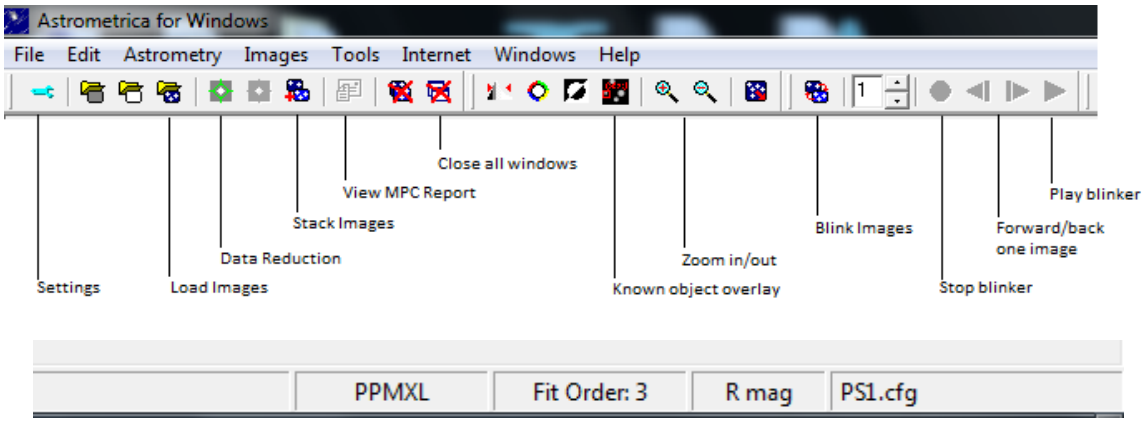
Дейността на програмата е организирана и спонсорирана от National Aeronautics and Space Administration (NASA). Българското участие в кампаниите, организирани от International Astronomical Search Collaboration, съкратено IASC („Isaac" – произнася се „Айзак") започва през 2008 г. То се реализира от ученици-кръжочници от курсовете по астрономия в НАОП-Варна с ръководител доц. д-р Веселка Радева. През 2010 г. в кампаниите стартира и участието на студенти от Шуменския университет и ученици от ПГПЧЕ-Шумен. През месец май 2020 г. работа по програмата започват и курсантите от Висшето военновъздушно училище „Георги Бенковски", гр. Долна Митрополия (ВВВУ) с ръководител – ас. инж. Милен Симеонов.

До момента българските екипи са обработили десетки хиляди комплекти (сетове) с изображения, проследили са хиляди астероиди и са направили стотици предварителни открития на нови астероиди, няколко десетки от които са потвърдени като реални (редовни) открития.

В кампаниите за търсене, проследяване и откриване на астероиди могат да участват ученици, гимназисти, студенти и курсанти от различни държави, след одобряването им от страна на IASC. За целта кандидатите трябва да преминат през специално еднократно обучение за работа с интерактивния софтуерен пакет *Astrometrica* (фигура 1), с който се обработват наблюдателните астрометрични (астрономически) изображения

и се правят първоначалните астрометрични измервания на астероиди (по тях). Всеки екип получава оригинални комплекти с изображения за обработка и работи самостоятелно и независимо от останалите екипи [2].

*Astrometrica* е професионален интерактивен софтуерен инструмент, който предоставя възможност за лесно сравняване на астрономическите изображения с цел търсене, проследяване и откриване на движещи се обекти. Звездите в астрономическите изображения се идентифицират със звезди от звездния каталог – The PPM Star Catalogue (**P**ositions and **P**roper **M**otions Star Catalogue).



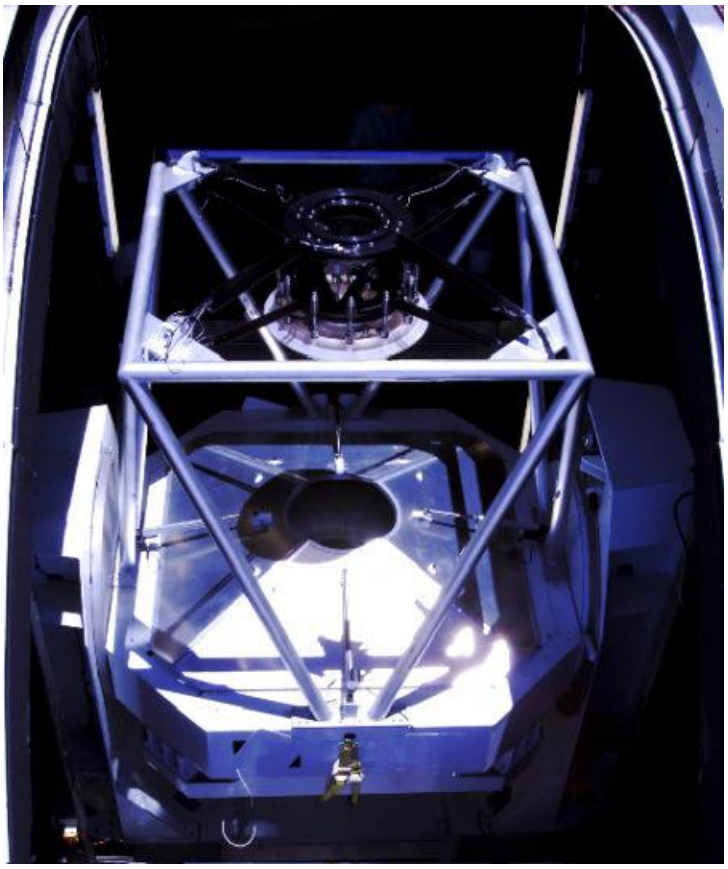

***Фигура 1.*** *Общ вид на екрана при работа със софтуера Astrometrica.*

Всеки комплект съдържа по най-малко три (обикновено четири) изображения за един конкретен участък от небето, получени през около 15 минути. За това време, ако на кадрите има движещи се обекти, те забележимо променят позицията си на фона на далечните звезди. Получените изображения се обработват от екипите в рамките на до 72 часа. Продължителността на всяка кампания е приблизително един месец и обикновено се запълва с екипи, желаещи да участват 30 (20-45) дни преди началната им дата.

Наблюдателните изображения, които се изпращат на отделните екипи за обработка, се получават от 1,8-метров Pan-STARRS-1 (**Pan**oramic **S**urvey **T**elescope **A**nd **R**apid **R**esponse **S**ystem) телескоп със светоприемна апаратура на телескопа – 1,4 GP камера (фигура 2), който е разположен на остров Мауи, на височина от 3 050 метра, Обсерваторията Халеакала (The Haleakalā Observatory; Обсерваторията на височината Халеакала), собственост на Института по астрономия на Университета на Хавай (фигура 3).

Авиокосмическото общество на Висшето военновъздушно училище „Георги Бенковски” е участвало в три различни типа кампании на International Astronomical Search Collaboration. Това са:

- International Asteroid Search Campaigns (IASC) с екипите Student Space Society – Bulgarian Air Force Academy (SSS) и Space Cadets – Bulgarian Air Force Academy (SC). В тази кампания участват екипи от училища, колежи и университети от целия свят, обикновено над 150 екипа ежемесечно.
- All Bulgaria Asteroid Search Campaigns (All BG ASC) с екипите Student Space Society – Bulgarian Air Force Academy (SSS) и Space Cadets – Bulgarian Air Force Academy (SC). Това е кампания, в която веднъж на два месеца участват само български екипи от Висшето военновъздушно училище „Георги Бенковски”, Висшето военноморско училище „Никола Й. Вапцаров”, Математическата гимназия във Варна, гимназии от Шумен и Велико Търново.



***Фигура 2.*** *1,8-метровият Pan-STARRS-1 телескоп.*

- Target Near-Earth Objects! Campaign (Target NEOs!) с екипа Aerospace Society – Bulgarian Air Force Academy (ASS). Това е кампания, в която се включват само най-опитните екипи, които правят най-точни и най-прецизни обработки и изчисления на орбитните елементи на астероидите. В тази кампания се търсят близки до Земята и опасни астероиди!

Членовете на Авиокосмическото общество са Милен Симеонов, Веселка Радева, Кирил Камбушев, Кристияна Николова, Николай Манев, Анелия Близнакова, Радина Бодурова, Борислав Иванов, Алекс Сандев и Светослав Иванов.

В периода май 2020 – май 2022 г. курсантите от ВВВУ са взели участие в 7 кампании за търсене, проследяване и откриване на астеориди.

Периодите на провеждане на отделните кампании, в които са участвали курсантите и преподавателите от училището, са:

- 11 септември – 6 октомври, 2020 г. – International Asteroid Search Campaign;
- 9 октомври – 3 ноември, 2020 г. – All Bulgaria Asteroid Search Campaign;
- 4 февруари – 1 март, 2021 г. – International Asteroid Search Campaign;
- 5 март – 30 март, 2021 г. – International Asteroid Search Campaign;
- 5 април – 30 април, 2021 г. – All Bulgaria Asteroid Search Campaign;
- 1 ноември – 26 ноември, 2021 г. – All Bulgaria Asteroid Search Campaign and Target NEOs! Asteroid Search Campaign;
- 28 януари – 22 февруари, 2022 г. – All Bulgaria Asteroid Search Campaign.



***Фигура 3.*** *Кулата, в която е разположен 1,8-метровият Pan-STARRS-1 телескоп.*

Авиокосмическото общество се включва в програмата на Международната колаборация за астрономическо търсене изключително успешно от самото начало. В рамките на участието си в изброените седем кампании, курсантите от ВВВУ са обработили повече от 800 комплекта с изображения, а общият брой на отделните изображения, съдържащи се в тях, надхвърля 3 300. Направени са предварителни открития на 44 нови астероида. Освен това, обучаемите са докладвали астрометрични измервания на над 150 известни вече астероида, които ще са в полза при изчисляването на точните им орбитни параметри.

В Таблица 1 са представени резултатите от научноизследователската работа на отделните екипи на Висшето военновъздушно училище „Георги Бенковски" за периода май 2020 – май 2022 г.

***Таблица 1:*** *Обобщени резултати от работата на екипите в астрономическите кампании за периода май 2020 – май 2022 г.*

| Година | Кампании | Обработени сетове / изображения | Предварителни открития | Потвърдени открития | Екипи |
|---|---|---|---|---|---|
| 2020 | IASC | > 150 / 600 | 12 | 0 | SSS<br>SC |
| 2021 | IASC<br>All BG ASC | > 580 / 2350<br>комбинирано | 19 | **2021 FE21**<br>**2021 EM8** | SSS<br>SC |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **2021 GK117**<br>**2021 GH154** | |
| 2021 | Target NEOs! | > 25 / 100 | 10 | 0 | ASS |
| 2022 | All BG ASC | > 50 / 200 | 3 | 0 | SSS<br>SC |
| **Общо** | **7** | **> 800 / 3300** | **44** | **4** | **3** |

*Бележка: Данните са актуални към 23:59:59 ч. на 04.05.2022 г. Работата на екипите на Авиокосмическото общество на Висшето военновъздушно училище „Георги Бенковски" продължава без прекъсване и следва да се обработват нови астрономически изображения. Правят се и нови предварителни открития.*

На фигура 4 са представени сертификатите, които удостоверяват откритието на новите четири астероида, принадлежащи на основния астероиден пояс, който се намира между Марс и Юпитер.

**3. Центърът за въздушно и космическо наблюдение.**

Всички описани дейности и участието в различни кампании на Авиокосмическото общество доведоха до идеята за обособяване на място, където да може по всяко време да се извършват бъдещата научна работа и изследванията на въздушното пространство. Поради тази причина се създаде Центърът за въздушно и космическо наблюдение, включващ в себе си както работата на Авиокосмическото общество, така и дейностите, свързани с наблюдението и организацията на въздушното пространство на Република България. Въпреки че все още Центърът няма официално име, той започна да подпомага Авиокосмическото общество на ВВВУ в неговата работа при бъдещо откриване на нови космически обекти, принадлежащи на основния астероиден пояс, разположен между Марс и Юпитер.

Първоначално визията за този център е бе той да бъде именуван „Център за въздушно наблюдение", но след успехите на Авиокосмическото общество на Висшето военновъздушно училище „Георги Бенковски", той се създава като „Център за въздушно и космическо наблюдение" (ЦВКН).




***Фигура 4.*** *Сертификати за четирите нови открити астероида (хронологично).*

На първо място, Центърът разполага с шведската интернет-базирана услуга, която показва информация за проследяване на полети на въздухоплавателни средства (ВС) в реално време на карта – *Flightradar24*. С нарастването на глобалния въздушен трафик се увеличава необходимостта от разработване на концепция за подобряване на безопасността и ефективността му [3, 4, 5]. Чрез собствена приемна антена, разположена на територията на ВВВУ, която захранва сървъра на *Flightradar24* с допълнителна информация, получена от транспондери ADS-B на въздухоплавателните средства, услугата дава възможност на потребителя да разполага с данни за въздухоплавателните средства, информация за проследяване на полети, произход и дестинация, номера на полети, типове ВС, позиции, височини, курсове и скорости. Също така, услугата предоставя достъп до метеорологична прогноза, справка за полетните планове, т.е. откъде докъде лети дадено ВС, с възможност за връзка към съответните летища. По този начин, освен потребител на информацията от *Flightradar24*, ВВВУ е и доставчик на информация към сървъра на услугата в района (в радиус от 200 мили).

Освен това, че услугата работи с транспондери ADS-B, тя също така има и опция за MLAT (мултилатерация) детекция. Мултилатерацията е доказана технология, която се използва от много десетилетия. Тя е разработена за военни цели, за точното локализиране на въздухоплавателни средства, много от които не са искали да бъдат „видени" – с помощта на метод, известен като времева разлика на приемането на сигнала (**T**ime **D**ifference **o**f **A**rrival – TDoA).

При мултилатерацията се използват редица наземни станции, които са разположени на стратегически места около летище, летищния контролиран район или по-широка зона, която покрива по-голяма област от въздушно пространство [3, 4, 5].

*Flightradar24* е услуга, която може да бъде използвана и ще бъде използвана за обучението на военните специализации „Летец-пилот", „Ръководител на полети (Щурман-управление на въздушното движение)", като част от гражданско-военната координация.

На второ място, не като система, а като услуга, ЦВКН дава възможност на обучаемите да слушат радио разговори в реално време между граждански ръководители на полети и пилоти, използвайки помощна услуга през интернет – *LiveATC.net*. Това показва на обучаемите естеството на разговорите, т.е. какво представляват те в действителност, помага им да добият представа за фразеологията, която се използва. Чрез тази възможност, обучаемите се запознават с проблема за реалната чуваемост, кой какво казва и кой какво отвръща.

От близо петнадесет години в обучението на ученици от курсовете по астрономия в Астрономическата обсерватория и планетариум – Варна, както и на студентите от специалности „Астрономия" и „Физика" в Шуменския университет, се включват астрономически наблюдения с роботизирани телескопи [1]. Желанието на ръководството на Висшето военновъздушно училище в гр. Долна Митрополия, както и това на всички преподаватели и офицери, свързващи ежедневната си работа с тази на Центъра за въздушно и космическо наблюдение, е курсантите и студентите, обучаващи се в авиационната „Алма матер", да имат възможността да провеждат именно такива астрономически наблюдения с роботизирани телескопи. Това са дистанционни наблюдения, които обикновено се реализират по международната програма „Фолкс телескоп" [1].

**4. Заключение.**

Основен изследователски метод в астрономията е наблюдението на астрономическите обекти. В процеса на обучение по астрономия в средното и висшето училище, е необходимо астрономическото

наблюдение да бъде в основата на всяко преподавано и усвоявано астрономическо знание [1].

Една от посоките, в които Висшето военновъздушно училище „Георги Бенковски” би искало да развие в близко бъдеще своите обучаеми – курсанти и студенти, е да ги доближи до такава среда, в която да могат да използват телескоп през Интернет, където да правят снимки на небето (deep sky images), както и да им позволи да наблюдават галактики, които имат точно толкова звезди, колкото и нашата собствена галактика.

Наблюденията с телескопи се подготвят и провеждат в реален учебен процес и дават уникална възможност за получаване и изследване на астрономически изображения на обекти и процеси. Това допринася за реализирането на качествен и ефективен образователен процес, в хода на който обучаемите са изключително мотивирани да усвоят максимален обем от астрономични теоретични знания и практически умения [1].

**Литература:**

1. Радева, В., Д. Кюркчиева, и др. Дистанционните астрономически наблюдения – иновация в обучението по астрономия. *Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education*. 2015, vol. 24, no. 5, p. 701-714, ISSN 1313-8235.

2. Miller, J. P., International Astronomical Search Collaboration: An Online Outreach Program in Astronomical Discovery for High School & College Students, Robotic Telescopes, *Student Research and Education Conference*. San Diego, California, June 18-21, 2017, Proceedings Conference, 2018, vol. 1, no. 1, p. 193-199, ISBN 978-0-6483996-0-5.

3. Пенева В. П., Перспективи в развитието на безопасността във въздухоплаването, *Годишна международна научна конференция на факултет „Авиационен”*. гр. Долна Митрополия, 19-20 април, 2018, стр. 301-306, ISBN 978-954-713-114-9.

4. Пенева В. П., Развитие на безопасността във въздухоплаването посредством оптимизация на въздушното пространство, *26-та Международна конференция Trans&MOTAUTO*. Бургас, юни 2018, стр. 387-390, Issue 3, ISSN 1313-5031.

5. Marinov M. S., V. P. Peneva, An algorithm optimizing the geometric distribution of the stations in aeronautical multilateration systems, *Aeronautical Research And Development*. Dolna Mitropoliya, 2022, vol. 1, p. 43-57, ISSN 2815-2948.

***Адреси за кореспонденция:***
*1. Милен Даниелов Симеонов, асистент инж., Висше военновъздушно училище „Георги Бенковски", гр. Долна Митрополия, факултет „Авиационен"; гр. Плевен, ул. „Никола Петков" № 7 0 88 411 82 87, Email: msimeonov@af-acad.bg*
*2. Пеньо Господинов Пенев, главен асистент д-р инж., Висше военновъздушно училище „Георги Бенковски", гр. Долна Митрополия, факултет „Авиационен"; гр. Плевен, ж.к. „Дружба III", бл. 319, вх. Д, ап. 5, 0 88 559 72 99, Email: ppenev@af-acad.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.97.37.011**

# РАЗРАБОТКА НА КОМПЮТЪРНИ СИМУЛАЦИИ НА ОБЕКТИ ВЪРХУ ЛУННАТА ПОВЪРХНОСТ ПО МЕЖДУНАРОДНАТА ПРОГРАМАТА SIMULATION EXPLORATION EXPERIENCE

**Димитър Димитров, Евгени Андреев**

# DEVELOPMENT OF COMPUTER SIMULATIONS OF OBJECTS ON THE LUNAR SURFACE AS PART OF THE INTERNATIONAL SIMULATION EXPLORATION EXPERIENCE PROGRAM

**Dimitar Dimitrov, Evgeni Andreev**

***Abstract:*** *The article presents the projects of students and faculties from the naval academy, realized in the international program Simulation Exploration Experience (SEE). The technologies used to achieve the simulations and their application beyond SEE are discussed. The article reviews four computer simulations created by naval academy teams over the years.*

***Key word:*** *simulation, SEE, naval academy*

## 1. Симулационните програми като част от космическите мисии.

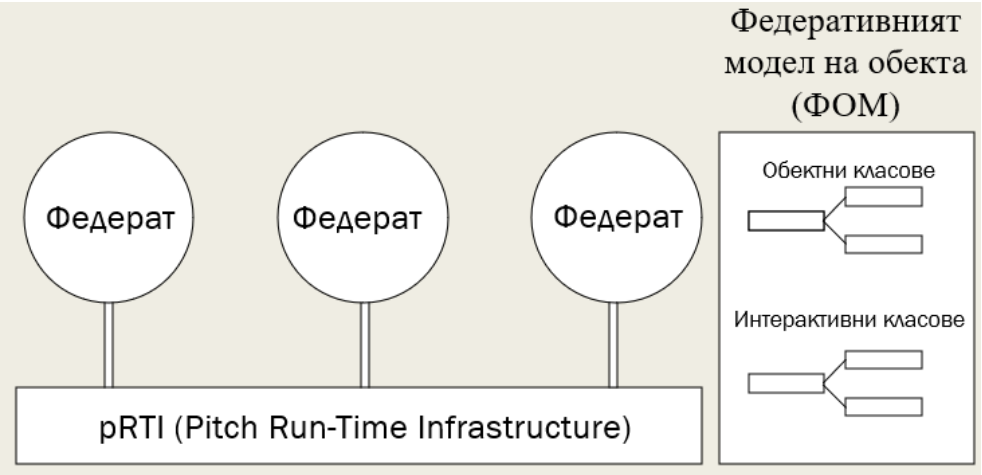
Компютърните симулации са били, са и ще бъдат много важна част от подготовката за мисиите на космическите агенции. НАСА прилага един от първите космически симулатори на Мисията Меркурий. Те се използват при подготовката на астронавтите за реални ситуации по треакторията на полета, възможни отклонения и проблеми. Симулаторът за мисията Меркурий е създаден по подобие на симулатора от проекта X – 15 за хиперзвуков самолет на НАСА и ВВС на САЩ.

С развитието на технологиите тези симулатори се усъвършенстват и включват по-комплексни изчисления и анализи. Благодарение на симулациите голям процент от мисиите са успешни и са избегнати редица

фатални грешки. Нито една космическа мисия не е одобрена преди да бъдат тествани и обработени данните от редица симулации.

Симулациите и моделирането (S&M) също така се използват в обучението по много инженерни специалности, тъй като могат с голяма прецизност да пресъздадат детайли и проблеми, които биха били по – трудно анализирани от човешкия мозък.

Симулациите и моделирането помагат за създаването и на бази на други планети или на нови космически станции. Пример за такава програма, която има за цел симулация на космически мисии е SEE (Simulation Exploration Experience), която включва обекти с техните характеристики - първоначално заредена Слънчевата система като граници и Слънцето, Земята и Луната. SEE програмата е сътрудничество между университети от цял свят. Главната цел е създаване на симулация в реално време чрез стандартите на SISO (Simulation Interoperability Standards Organization) и HLA (High-level architecture) [фиг.1]. За тази цел студентите прилагат умения в сферите на 3Д моделирането, програмирането, математическият анализ и физиката.




***Фиг. 1.*** *Схема на HLA.*

SEE реализира партньорството между правителствени организации, частни бизнеси и университети. Програмата е представена за първи път през 2011г. под името SISO Smackdown, на Есенната симулационна конференция в Бостън. В сътрудничеството участват Масачузетски технологически институт, Университетът в Пенсилвания, техническите университети в Генуа, Бордо и два стажантски отбора от Космическият център Джонсън.

Първото българско участие е на Софийският университет през 2015г.

със симулация на биосфера в басейна Аткин, намиращ се в южното полукълбо на отдалечената страна на Луната. Две години по – късно Студентското космическо общество на ВВМУ „Никола Вапцаров” се включва в програмата и до този момент има 4 успешни симулационни програми.

**2. Основните софтуери и тяхното използване извън симулационните цели на SEE. Партньорите на програмата**

Главните спонсори на SEE са NASA, Florida Space Center, SISO, VSee и Pitch technologies. Те предоставят софтуери и лицензи, които са нужни за осъществяване на симулациите. Участващите екипи използват стандартите на SISO, които позволяват на разпределените части от симулацията да работят безпроблемно. Основните софтуери предоставени от:

- Pitch technologies предоставят инструменти за HLA архитектура(pRTI), създаване, поддържане и визуализация на обекти pVisual OMT, както и свързване на федерати на локални и глобални сървъри по сигурен и надежден начин pCDS Gateway.

Заради брилянтната си архитектура и прецизно действие софтуерите на Pitch technologies намират голямо приложение в:

- симулаторите за скачване на капсули с Международната космическа станция(МКС), с които тренират екипите от Москва, Тулуза и Бремен. Екипите, които тренират с този симулатор успешно се скачва с МКС през 2011г.

- центъра за въздушни сражения на Швеция, където са изградени 8 симулатора за бойни и тактически цели.

- програмата на НАТО за Моделиране и Симулиране(MSG), която има за цел обучението на екипи от страните членки чрез нов тип тренировъчна архитектура - комбинирайки симулационните тренировки и игри.

- Проектът „Single European Sky” към Европейския Съюз (ЕС), имащ за цел създаването, оценяването и оттренирането на нови процедури, свързани с въздушния мениджмънт в ЕС спрямо новите регулации.

- NASA предоставя среда за визуализация на 3D моделите на вече изградените архитектури (HLA и FOMs) - DON (Distributed Observer Network). Тази среда се използва от JSC и KSC за визуализиране на симулационните лунни и дийп спейс програми[Фиг.2.].




***Фиг.2.*** *Визуализация в DON.*

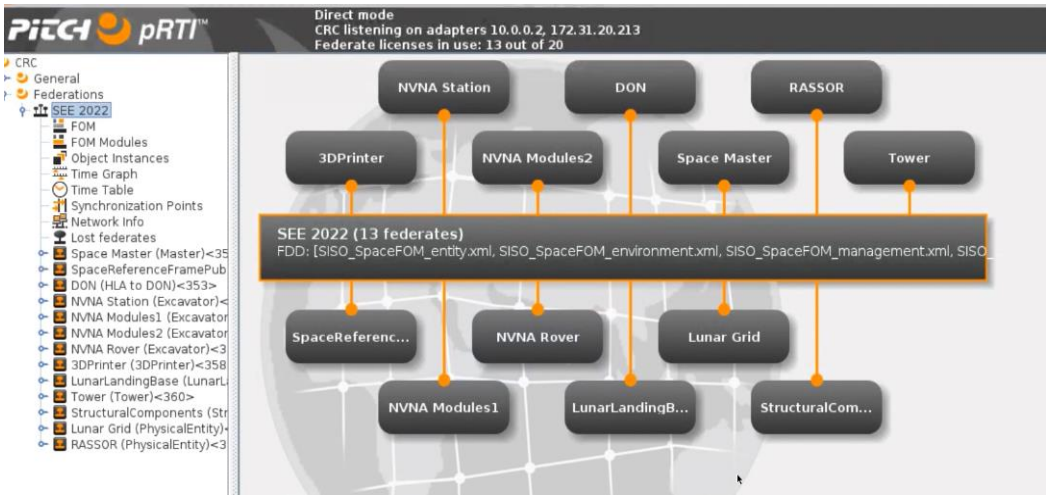
**3. Основните етапи в разработването на симулационната програма**

Екипът от Студентското космическо общество на ВВМУ „Н. Вапцаров”, организира работата си в три направления: научно-изследователско, дизайн и програмиране. Студентите от научно-изследователското направление разработват идеен проект, целите и задачите на федерата, избират и обосновават мястото на обектите, определят задачите и вероятните движения на обектите от федерата. Студентите от дизайнерския екип създават моделите на обектите, чийто движение е обект на симулациите. Студентите-програмисти разработват компютърната симулация.

Етапите в разработването на симулационната програма са:

- Проучване - научно-изследователският екип разработват идеен проект, целите и задачите на федерата, избират и обосновават мястото на обектите, определят задачите и вероятните движения на обектите от федерата.
- Създаване на 3Д Модели – след одобрение на идеите на научно-изследователския екип екипът от дизайнери започват изработката на 3Д моделите. Най – често се използват софтуерите SketchUP и Blender. Готовите модели се запазват във задължителният за SEE формат obj.
- Създава се локален сървър чрез pRTI (Pitch Run-Time Infrastructure) [фиг. 3.], който по - късно взаимодейства с федератите (3Д

моделите). Към този сървър се свързва основният фреймуорк, по който работи екипът от програмисти и в който се задават активните и пасивни класове, в зависимост от целите на симулацията. Всеки федерат има симулационен модел на обекта(СМО), който улавя интерфейса между симулацията и останалата част от определеният федерат. Всичко това е част от федеративния модел на обекта(ФОМ), който описва интерфейсите между всички федерати.




***Фиг.3.*** *Изображение на сървър чрез PitchRTI*

Взаймодействието между pRTI и ФОМ става спрямо международните стандрати IEEE 1516 – 2010, предложени от SISO. Това става чрез RTI Ambassador и Federate Ambassador.

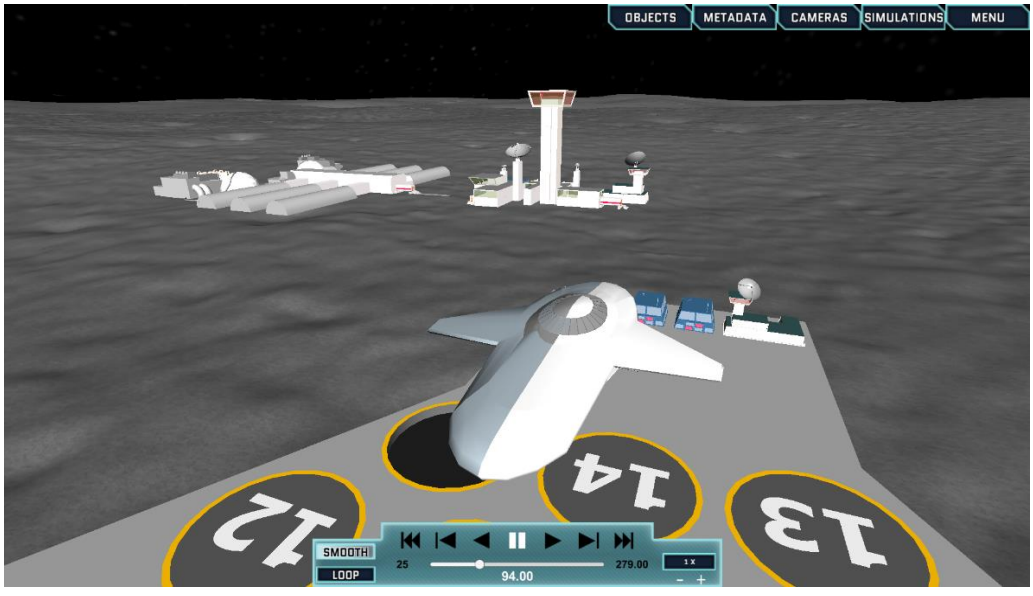
- Изпробване на демото за комуникации ЛунърРоувър. Това е федерат, предоставен от SEE за тестове на локално ниво. По същество този федерат е малък по размер и главното му предназначение е да помогне за настройване на програмата от екипа на програмистите.
- След успешно имплементиране на демото се тества средата на визуализация предоставена от NASA – DON. DON Федератът(DONf) е специален федерат, който проследяв всички симулации и показва информацията за тях чрез инструмента за визуализация. DONf „слуша" трафика на всички федерати и ги преобразува в XML. DON може да визуализира XML в реално време или като повторение. По този начин, който използва програмата има възможност да се движи из лунната среда, за да разглеждат различни обекти при тяхното взаимодействие.
- След успешното демо се имплементират вече авторските 3Д разработки
- Тестват се всички нови федерати на локален сървър за

дообработка на позициите и неизправностите.

- При успешно приминати тестове и изпълнение на стъпки се преминава към отдаличен сървър. Етапите за симулация на отдаличен сървър са същите като при локален, разликата е, че при отдаличения сървър се работи с останалите отбори. За да се достъпи този сървър се използва VPN и специално предоставен IP адрес, предоставени от Florida Space Institute.
- След свързването на всички екипи в общият сървър започва обща симулация, при която е възможно и споделяне на ресурси чрез активните класове във федерата.

**4. Проектите на ВВМУ „Н. Вапцаров” през различните години**

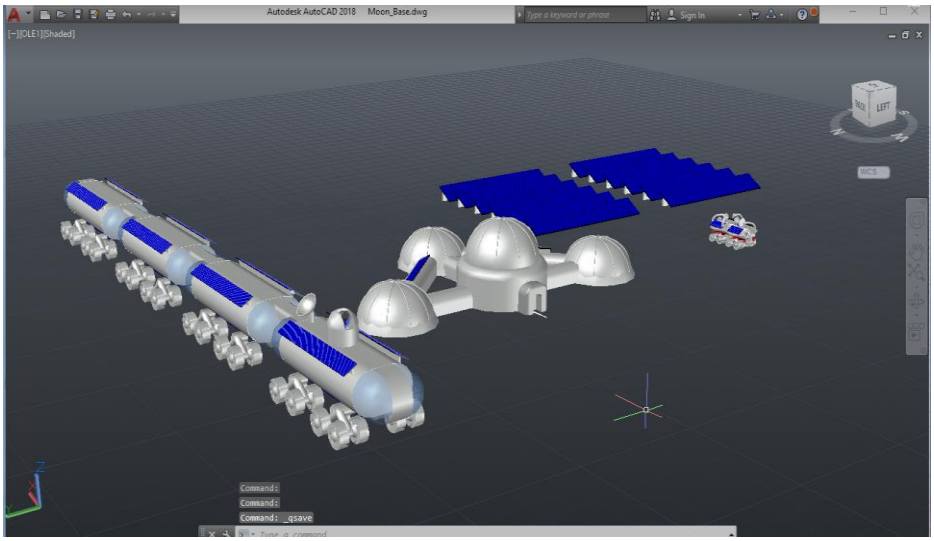
Първото успешно българско участие е на Софийският университет през 2015 – 2016 година. То представлява симулация на биосфера на федерат на луната. Студентското космическо общество на ВВМУ „Н. Вапцаров” участва за първи път през 2017г. – 2018. Успешно е разработена компютърна симулация на космическа летище, база и космолет [Фиг.4]. Космолетът се движи от летището и отива до конкретна точка. Иновативното в този проект е синхронизирането на симулацията с класическа музика. През 2018 заключителната конференция на програмата се провежда в София, тогава се създава обща компютърна симулация, включваща всички участници.




***Фиг. 4.*** *Част от симулацията на отбора на ВВМУ през 2018-2019г*

През 2018г. – 2019г. е разработен модел на главен ескаватор и два мини комбайни на Луната. Голямият ескаватор има за цел да транспортира

двата мини комбайна до определена точка, която предварително е избрана поради находище на Хелий – 3 [Фиг. 5]. Когато ескаваторът пристигне на мястото, той пуска в действие двата мини комбайни и те започват да събират лунен реголит, богат на Хелий – 3. Връщането на двете мини машини до ескаватора се извършва чрез изкуствен интелект, които определя най - краткия и безопасен път. През 2018 – 2019 екипът на ВВМУ участва в заключителната конференция в Кенеди Спейс Център във Флорида и модерира симулациите на всички екипи.



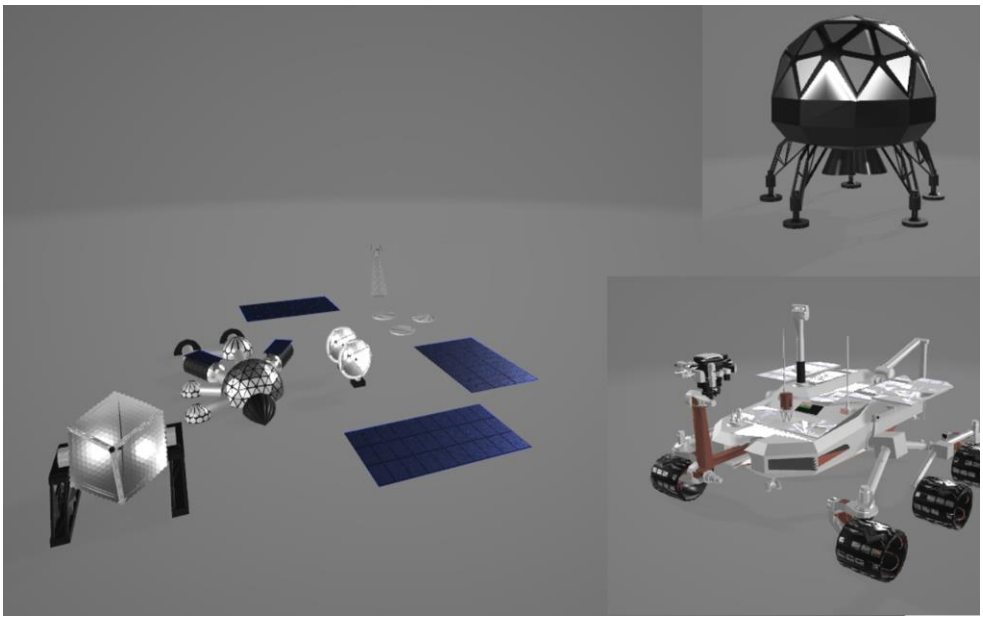

***Фиг.5.*** *Моделите на основните симулационни компоненти в програмата на отбора на ВВМУ през 2019-2020 г.*

През 2020 – 2021 екипът на ВВМУ представя симулация на лунна база и около лунна космическа станция [Фиг.6]. През 2021 год. заключителната конференция беше виртуална и екипите представиха своите симулации.




***Фиг. 6.*** *Около лунна станция и шътъл, който се прикача към нея. Част от симулационната програма на ВВМУ 2020-2021г.*

През 2021 – 2022 бяха представени четири федерата. Два научно – изследователски модула, роувър и база, включваща радиотелескоп, команден център, биосфера и слънчеви панели. Представянето на симулациите [фиг.7.] се извърши онлайн.



***Фиг.7.*** *3D дизайн на федератите.*

## 5. Заключение

Създаването на лунни бази ще започне през следващите години.

Подготвянето на общност от мотивирани студенти, които се интересуват от космически изследвания и програмиране, готови да работят за подготовката космически мисии е една от целите на международната програма SEE. Разработването на различни проекти на федерати на лунната повърхност или около Луната и създаването на компютърна симулация на обектите позволява разширяване на банката от идеи за лунни мисии на космическите центрове, които са част от SEE. Екипната работа на студентите от много университети от всички континенти допринася за повишаване на знанията и уменията им в разработката на компютърни симулации.

**Библиография**

1. Andreev, E., Nikolova, M., Radeva, V., Bochev, G., Creating Moon Port and Spaceship Simulations in A Virtual Environment, Proceedings of the 44th International Conference on Applications of Mathematics in Engineering and Economics AIP Conf. Proc. 2048, pp. 020028-1–020028-8; https://doi.org/10.1063/1.5082046. ISBN 978-0-7354-1774-8, https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85058795497&doi=10.1063%2f1.5082046&partnerID=40&md5=b1d3d2953cd15cf778827f43bad241c5, 2018

2. Conroy, M. Design and Development with Very Distributed Teams, http://it.naval-acad.bg/wp-content/uploads/2018/07/DON-MPC-GitHub-Presentation.pptx, 2018

3. Falcone, A., Garro, A., S.J.E Taylor, Anagnostou, A., Chaudhry, N.R., Salah, O., Experiences in simplifying distributed simulation: The HLA development kit framework, Journal of Simulation, Volume 11, 2017, 208-227.http://doi.org/10.1057/s41273-016-0039-4.

4. Garro,A., A. Falcone. An introduction to the SEE HLA Starter Kit, https://drive.google.com/drive/folders/0B6Txsul1iIJma3pITXE1M2hSOVk, 2018.

5. Gorecki, S., Zacharewicz, G., Perry, N., Using High Level Architecture in the SEE Project for industrial context. Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing, 2018, <10.1007/978-3-319-73751-5_21>. <hal-01809557>.

6. Pitch pRTI™, http://www2.pitch.se/pRTI1516e/Releases/v5.3.2.1/MxdozAZrF/install.asp, 2020

7. The HLA tutorial, http://www.pitchtechnologies.com/hlatutorial, 2020

***Адреси за кореспонденция:***
*Д-р Евгени Христов Андреев, главен асистент в катедра „Информационни технологии", факултет „Инженерен", ВВМУ „Никола Й. Вапцаров".*
*Email: e.andreev@naval-acad.bg*
*Димитър Димитров, студент, специалност „Киберсигурност", ВВМУ „Никола Й. Вапцаров".*
*Email: dimitar@gmx.us*

**DOI: 10.34660/INF.2023.51.73.012**

# КОСМИЧЕСКА КОМУНИКАЦИОННА СИСТЕМА ЗА ОБУЧЕНИЕ

**Антон Атанасов**

# SPACE COMMUNICATION SYSTEM FOR EDUCATION

**Anton Atanasov**

***Abstract:*** *This paper presents the educational modules, produced by the Bulgarian space company for small artifical sattelites EnduroSat. The modules are used for physical simulations of radiowave communication in space applications in small satellite missions. The educational modules recreate the conditions of the surrounding environment by generating physical radiowaves with ultra high frequencies. They can simulate the same effects in S-band and X-band frequencies by accordingly adjusting the losses, while the physical simulation remains in the ultra high frequencies. This paper features some of their appications for education. The Educational modules are intended for hands-on experience student training, targeted for the space communication sector.*

***Key words:*** *Budget, Communication, Link, Satellite, Simulation*

## Въведение

Модулната Космическа Комуникационна Система за Обучение на EnduroSat е част от европейския проект InnoSpaceComm. Главната цел на този проект е да бъдат прототипирани и разработени комуникационни модули. Те трябва да са съвместими със стандарта за наносателити, които да бъдат предложени на пазара, и да бъдат свързани с напълно функционираща земна станция. Космическата компания EnduroSat разработва модулите на Комуникационната система, които работят с физически ултрависоки честоти и честоти от S-лентата и X-лентата и симулират условията на космическата среда. Те могат да бъдат използвани за да се определи надеждността на една космическа комуникационна система с конкретно зададени параметри. Целта на разработката на обучителните модули е да се разшири космическата индустрия, като те са носчени за приложение основно в университетското образование. С помощта на тези модули се реализилат симулации на комуникиране със сателит. Тези симулации могат да се използват като инструмент за

проверка на функционалността при създаването на оборудване за земни станции и любителски спътници. Комуникационни системи са дарени на различни университети, като по този начин се подкрепят практическото обучение, насочено към Космоса. Това е една от дейностите на проекта InnoSpaceComm.

Представените примери за използването на модулите в обучението чрез практически експеримент, показано е как студентите могат интуитивно да усвоят понятията за бюджет на връзката, интерфетенция и Доплерово отместване. Системата позволява да се сравнят емпирични резултати от измервания с чисто теоретичните изчисления. Примерите включват измервания в ултрависоки честоти (UHF) и честоти от S-лентата и X-лентата с различни зададени параметри, и изследване на взаимоотношението им с вероятността за грешка на предадените информационни пакети.

**1. Описание на оборудването**

Системата се състои от три модула. Два от тях са идентични приемо-предавателни модули. Те излъчват и получават информация под формата на радиовълни. Третият модул замества празното пространство, като имитира загубите в силата на сигнала. Това са загубите, породени от свободното пространство, през което пътуват електромагнитните вълни, поглъщането им от атмосферата, разминаването на поляризацията в антените и интерференция с външни шумове. Приемо-предавателите представляват модерни комуникационни модули за употреба в наносателити. Те са допълнително модифицирани, за да се използват за имулации на Земята, със стандартни интерфейси за обучителни цели.

**1.1. Технически възможности на системата**

На приемо-предавателните модули могат да бъдат зададени различни модулационни схеми с Гаусова честотна модулация (GFSK), със скорост от 1200 до 19200 бита в секунда. Мощността на предаване може да бъде избрана между 27dBm, 28dBm и 31dBm. Реалната можност на модулите е от -3dBm до 1dBm с целта да се намали излъчването извън модулите със съображения за безопасност. Освен скоростта и мощността на предаване, могат да се зададат коефициентите на усилване на предавателя и приемника, носещата честота, загубите в самото оборудване и Доплеровото отместване на сигнала и компенсацията на отместване. Способностите на модулите лежат в диапазона от ултрависоки честоти между 430MHz и 450MHz, със стъпка при настройване от 10kHz. Модулите произвеждат радиовълни посредством аналогова апаратура - на тях се разполага микроконтролер, който предава информацията, подадена от главния компютър към модулаторен чип, който я пренася върху

носещата честота, генерирана бордовия кристален осцилатор. Честоти от диапазона на S-лентата (около 2GHz) и X-лентата (около 8GHz) също се симулират чрез аналоговите компоненти, въпреки това, че са извън честотния интервал на осцилатора - използва се оригиналния сигнал в ултрависоки честоти, като се преизчислява с помощта на софтуера.

И двата приемо-предавателни модула разполагат с апаратура за автоматична компенсация на отместването на честотата. Честотното отместване се пресъздава чрез симулираната скорост на движение между предавателя и приемника. Комуникационните модули имат PC-104 конектори, с които да бъдат свързани с останалите модули в един стандартен наносателит; употребата на тези конектори не е наложителна при работа със софтуера за симулации.

Модула за симулация на празното пространство пресъздава разпада на радиосигнала през неговото разпространение от сателита предавател до приемника на земната станция. Той заменя затихването на вълните, породено от загуби в свободното пространство и влиянието на атмосферата, зависещо от дължината на носещата вълна. Репродуцирането на тези ефекти е постигнато чрез хардуерни атенюатори. Освен загубите от електромагнитно разпространение могат да се симулират и тези от разминаване в поляризацията, неточност при насочването на приемниковата антена, Доплерово отместване, интерференция с монохроматични шумове или повишаване на нивата фонов шум.

**2. Работа с оборудването**

Всеки един от модулите се свързва към компютър през универсална серийна шина (USB), със скорост на обмен на символи от 115200 бита в секунда, за връзка със софтуера за симулации, разработен за модулите, който се инсталира на главния компютър с операционна система Windows. Модулите се свързват помежду си с коаксиални кабели. Комуникационната система симулира предаването на информация с радиовълни от сателит до земна станция на различни честоти и параметри за мощността на излъчване и усилване на антените. Единия от приемо-предавателните модули се използва със стандартни настройки за да имитира наносателит, изпращащ информационни пакети към Земята. Вторият приемо-предавателен модул замества приемника и демодулатора на земната станция. Третият модул пресъздава всяка загуба в сигнала, която възниква докато носещата вълна изминава разстоянието от сателита до земната станция. Той представлява и затихването, причинено от атмосферните условия, също така и ефекта на Доплеровото отместване, поляризавионното разминаване на предавателя с приемника, както и вредата от шумовете и интерференцията със сигнали от външни

източници. Потребителят може да задава параметрите поотделно за всеки модул посрдством софтуера. Може да бъде използван инструмент за спектрограми за да се представи формата на сигналите след всеки етап от предаването им. Спектрограмата позволява на студентите да наблюдават загубите от елекромагнитно разпространяване и ефектите на шумовете и външните сигнали, което се явява изключително полезно в изучаването на специалности като Комуникационни технологии и Телекомуникации.

**3. Приложение в обучението**

**3.1. Бюджет на връзка**

Както самото име подсказва, това е вид „бюджет", който позволява да знаем каква мощност е налична и каква е нужната мощност, съпоставена с определено количество шум - това е една от най-важните величини, които се взимат предвид. Бюджета на връзката се изчислява итеративно за да се определи каква антена трябва да бъде използвана в една система и дава ограничения върху честотите, мощността, модулационната схема и отчетливостта на сигналите. Процедурата, която въвеждаме ще ни позволи да оценим вероятността за грешка на предаден бит за конкретна система и да проверим как тя може да бъде подобрена ако се налага.

Бюджета на връзката се изчислява по време на фазата на проектиране на комуникационната система за да се прецени отношението на силата на получения сигнал към тази на фоновите шумове от излъчения начален „бюджет", след като към него се добавят всички увеличения и се извадят всички загуби. Достатъчно високия бюджет гарантира вероятността за грешка на предаден бит да бъде в допустимите граници. Главната величина в бюджета на връзката е количеството мощност, която достига приемника, сравнено с шума в системата (обикновено количество шум за единица ширина на лентата/канала). Определянето на бюджета на системата, показва какви са нейните ограничения относно вида антена, употребяваната честота, мощността на излъчване, модулационната схема и метода за проверка и поправка на грешки в информационните пакети.

**3.2. Ефективна площ и коефициент на усилване на антена**

За да разберем антените, трябва да разбираме насочеността на тяхното излъчване. Тя се определя от радиационната шарка на вида антена и нейната структура. Насочеността е свойството, което описва разпределението на енергията, излъчвана от дадена антена в пространството. Тя представлява отношението на количеството отделена енергия в посоката на най-силно излъчване към силата на излъчване на изотропна антена (антена, чието излъчване е еднакво силно във всички посоки, или, има идеална сферична радиационна шарка) с еквивалентна

мощност. Насочеността също може да се представи като количеството мощност за единица пространствен ъгъл в дадена посока върху средната мощност, отдадена във всички посоки. Опростено, насочеността е интензитета на радиацията антената в посоката на най-голямо излъчване спрямо средния ѝ интензитет. Друг начин, по който може да се представи е чрез ширината на нейния лъч. Тя се дефинира с помощта на пространствения ъгъл в изотропен източник, който радиира във всички посоки равно количество енергия на максималното количество енергия в дадена антена в посоката ѝ на най-голямо излъчване, като този ъгъл съдържа толкова енергия, колкото цялата енергия от изследваната антена. Отношението на този ъгъл към пространствения ъгъл на сфера представлява насочеността, изразена чрез ширината на лъча. Повечето антени имат радиационна шарка, състояща се от един главен лъч и набор от вторични лъчи със значително по-малка плътност на излъчване. За такива антени, ширината на лъча може да бъде приблизително изчислена чрез произведението на ширината на лъча, съдържащ половината радиационна мощност, измерен на две перпендикулярни равнини, пресичащи се в оста на главния лъч. Значимостта на лъча на половин мощност навлиза, когато се изчисляват загубите или грешката при насочване на антената - антена с тесен лъч има по-висока насоченост и улавя по-слаби сигнали, но малко отклонение от източника води до големи загуби на сигнала. Друга важна величина, от която се извежда насочеността, е ефективната площ на една антена. Също така, по същия начин, по който по-голям телескоп има способността да засича по-бледи обекти, антена с по-голяма ефективна площ има възможността да прихване по-голяма извадка от фронта на електромагнитната вълна и да я преобразува в енергия. Важно е да се отбележи, че ефективната площ на една антена не отговаря на физическата площ на антената - тя представлява абстрактно платно, което би отговаряло на определена част от сферичния фронт на електромагнитните вълни в електрическа мощност и може значително да се различава с реалната площ на антената, и тази разлика е още по-изразена при определени видове антени (напр. камшични антени). Още повече, ефективната площ зависи правопропорционално от дължината на вълната, за която е пригодена дадената антена. Това позволява антена, която работи с по-високи честоти, или има по-голяма ефективна площ поради физическата си структура, да има по-добра насоченост. Насочеността ни води и до коефициента на усилване на една антена. Коефициента на усилване е важна величина при изчисляването на бюджета на комуникационните системи. Той е равен на произведението на насочеността и електрическата ефективност на антената. Електрическата

ефективност е просто сотйност между 0 и 1, която определя каква част от енергията на в една антена се преобразува в електромагнитния фронт, излъчен от антената, или обрано. Усилването описва колко ефикасно се трансформира в едната посока - радиовълни в електричество, а в обратната - електрическа енергия в електромагнитен фронт в определено направление в пространството. Коефициента на усилване пряко увеличава силата на получените и излъчените вълни в главния лъч и намалява чувствителността на вторичните лъчи. Той е сред най-важните параметри, които се проектират в една комуникационна система както при предавателя, така и при приемника.

**4. Резултати**

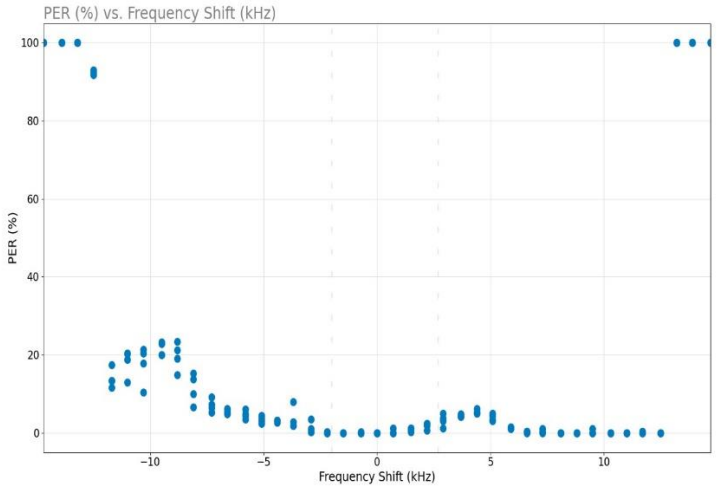
**4.1. Резултати от експерименти, сръвнени с теоретични очаквания**

Бюджета на връзката е важно понятие, което зависи от множество параметри. Поради тази причина, той може да затруднява учениците в тяхното въведение към комуникационните технологии. Симулациите, направени с помощта на модулите от Космическата Комуникационна Система за Обучение, могат да улеснят процеса, като разкриват какъв ефект имат различните параметри върху бюджета в реално време. Симулациите показват пряката връзка между тях и качеството на сигнала. Модулите също могат да допринесат възможността да се сравнят чисто теоретични изчисления с емпирични измервания на истинско оборудване за цяла комуникационна система от сателита до земната станция. За да се заздрави допълнително познанието за бюджет на връзката, при използване на софтуера за симулации, потребителите ръчно трябва да изчислят и да въведат стойността на загубите от разпространяване в свободното пространство за своя сателит. Програмата автоматично проверява въведената стойност, в зависимост от входните параметри за разстоянието между предавателя и приемника и дължината на вълната на носещата честота.

**4.2. Доплерово отместване**

Доплеровото отместване зависи от относителната скорост между сателита и земната станция, която се променя през времето, и също се влияе от вида на орбитата на сателита. При по-високи честоти (напр. ултрависоки / UHF), ефекта от Доплеровото отместване може да измени носещата честота достатъчно, за да я отмести извън обхвата на приемника, и това трябва да се компенсира. В моментите, когато предавателя се приближава към приемника, измерената честота е по-висока, наречено още „синьо отместване”, а когато се отдалечава - измерената честота е по-ниска, още наречено „червено отместване”. За спомагателно средство при

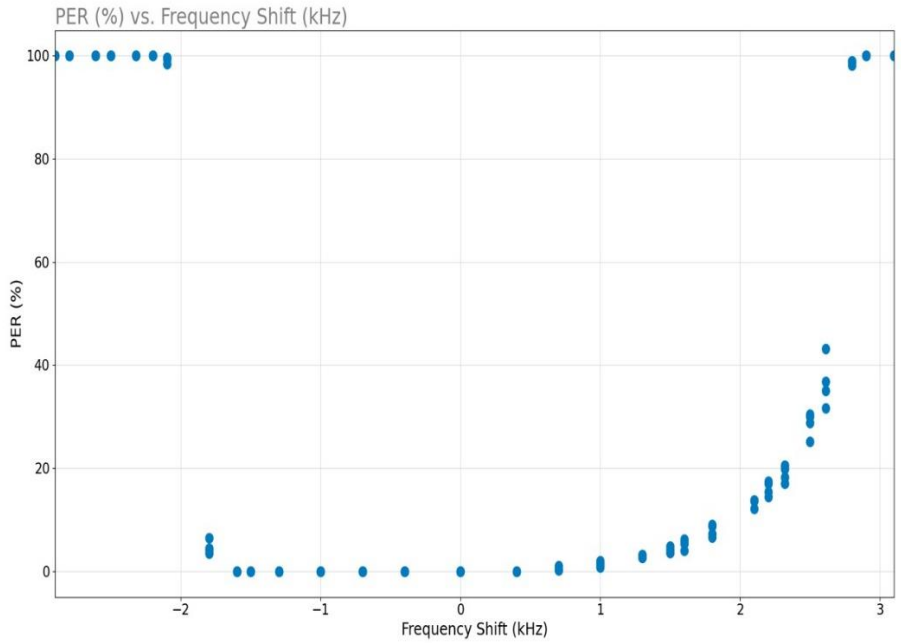
обучението, когато се използва софтуера, от потребителя се изисква да въведе както относителната скорост между сателита и станцията, така и стойността на честотното отместване, която отговаря на зададената скорост. След това, програмата проверява входното поле, съгласно предварително дадената формула.




***Фиг.1.*** *Доплерово отместване с автоматична корекция*

Симулациите, извършени чрез модулите, демонстрират как честотното отместване въздейства на вероятността за грешка на предадените пакети както със, така и без автоматична компенсация. [Фиг. 1] показва как автоматичната компенсация за честотно отместване наглася честотата на приемника и стабилно прихваща сигнали, които се отклоняват с по-малко от 11.7kHz от носещата честота при девиация на модулацията от 4800Hz. Сигналите извън този диапазон, рязко се губят. Сравними отмествания на честотата се получават при типични прелети на сателити в ниска орбита и ултрависоки честоти, за S-лентата и X-лентата, отклоненията ще са още по-високи.

На Фигура 2 е представена постановка без автоматична корекция на честотата, където приемника следи само основната честота. При модулация със скорост от 19200 бита в секунда с девиация от 4800 Hz, приемникът започва да улавя сигналите едва при отклонени от най-много 2.9kHz (което е сравнимо с една втора от девиацията), при това с висока вероятност за грешки. Надеждността за правилно получаване на съобщения расте, докато получената честота се доближава към основната. Щом отклонението навлезе в диапазона между ±½ 4800 Hz, ефектите на Доплеровото отместване стават пренебрежими [Фиг. 2].




***Фиг.2.*** *Доплерово отместване без корекция на честотата*

**4.3. Външни шумове и чувствителност към интерференция**

Външните шумове могат директно да увеличат вероятността за грешки на отделните битове в сигнала, тъй като това означава по-висока спектърна плътност на шума. Интерференцията със монохроматичен шум със същия интензитет като на сигнала, може да предизвика от повишаване на вероятността за грешки до пълна загуба на информация. Колкото повече се доближава интерферентната честота до носещата честота на сигнала, толкова повече от ширината на комуникационния канал се презастъпва от интерферентните вълни и информацията му се губи. Графиката показва как при честоти между 439.8MHz и 440.2MHz, при носеща честота от 440MHz, цялата информация на предадените сигнали се губи, докато извън този диапазон, качеството не се променя.

**4.4. Коефициент на усилване на предавателя и приемника**

По-високия коефициент на усилване е правопропорционален на количеството енергия, която предавателя излъчва и количеството енергия от електромагнитния фронт, която приемника преобразува в електричество. Следователно, крайната мощност расте заедно с коефициента на усилване. Тъй като по-голяма мощност води до по-голямо отношение на сигнала спрямо шума, връзка с по-добро усилване на антените ще пренася информация с по-малка вероятност за грешки, и това е точно каквото се наблюдава чрез симулациите.

**4.5. Резултати при симулация**

Софтуера изпълнява симулация със зададените параметри за цялата комуникационна система. Модулът предавател излъчва поредица от зададен брой пакети с информация (в случая, произволни битове), след което симулацията приключва. По време на процеса на предаване, модулът приемник демодулира прихванатите сигнали. Софтуерът следи броя получени пакети и броя повредени съобщения, породени от изменението на сигнала в симулатора за празното пространство. Всеки пакет се състои от 64 бита и съдържа идентификационен номер, който програмата използва за да отброява пропуснатите пакети, които не са получени от приемника. При налично време, между пакетите, модулът приемник може да подаде заявка към предавателя да повтори изпуснатите пакети. Вероятността за грешка на бит се следи от програмата и директно е отразена върху вероятността за грешно получен пакет, когато грешките не могат да бъдат поправени от проверката на цикличния остатък в самия пакет.

**5. Дискусия**

Навлизането на космическите дисциплини в университетските учебни програми ще ускори развитието на космическата индустрия. Разработката на комуникационни системи често включва решаването на проблеми без чисто аналитично решение, като идеята на симулациите е точно да се справят с тази трудност. Симулацията на дадена система в точната среда представлява полезен инструмент за определяне на надеждността и слабите места на системата като се наблюдава вероятността за грешки в подбрани сценарии. Модулите на Космическата Комуникационна Система за Обучение силно наподобяват оборудването, което се използва в наносателитите и прецизно пресъздават условията, в които се прилагат.

**Заключение**

Създаването на системата от обучителни модули е по проект InnoSpaceComm на EnduroSat, получил подкрепата на Европейския съюз през 2020 г. от програмата Horizon под споразумение No 768049. Обучителните модули, използвани за измерванията са част и на проекта МАСРИ - Инфраструктура за устойчиво развитие в областта на морските изследвания и участие в европейската инфраструктура ЕВРО-АРГО. По проект МАСРИ в образователната му част, е разработена методиката за работа с Космическата Комуникационна Система за Обучение. Като част от работата по проекта МАСРИ в направление Обучение, е реализирана задачата за създаване и използване на модулите в компютърни и физически тренажорни системи.

Обучителните модули са инструмент за симулация на система от

сателит и земна станция. Тяхното приложение е отличаващ се метод за затвърждаване на знанията на студентите чрез практическо обучение с измервания и съпоставка между теория и практика. Те са изключително полезен инструмент за университети, които развиват проекти, свързани с наносателити.

**Литература**

1. InnoSpaceComm. User manuals,DELIVERABLE D2.2, 2020.

2. InnoSpaceComm. InnoSpaceTool,DELIVERABLE D6.2, 2020.

3. H.T. Friis. „A Note on a Simple Transmission Formula". In: Proceedings of the IRE 34.5 (1946), pp. 254–256.

4. H. Nyquist. „Thermal Agitation of Electric Charge in Conductors". In: Phys. Rev. 32,1 July 1928, pp. 110–113.

5. J. B. Johnson. „Thermal Agitation of Electricity in Conductors". In: Phys. Rev. 32 (1 July 1928), pp. 97–109.

6. Mark Hughes. An Introduction to Antenna Basics: https: / / www. allaboutcircuits.com / technical - articles / an - introduction - to - antenna - basics/, August 24, 2016.

7. Constantine A. Balanis. Antenna Theory Analysis and Design, Third Edition, by John Wiley Sons, 2005.

8. Radio Propagation Models: https: / / web. archive. org / web / 20050901001655/http://people.deas.harvard. edu / ~jones / es151 / prop _ models/propagation.html

9. InnoSpaceComm. E-Learning Tool https://innospacecomm.com/project/innospacetool/, 10. Link Budget.

10. „IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas". In: IEEE Std 145-1993 (1993), pp. 1–32.

*Адрес за кореспонденция:*
*Антон Евгениев Атанасов*
*студент, ВВМУ „Н. Й. Вапцаров", ул. Васил Друмев 73,*
*GSM: 359 89 953 7288*
*E-mail: anton_atananasov@abv.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.32.71.013**

# ФАКТОРЪТ ЧОВЕК, РЕШЕНИЕ ИЛИ ПРОБЛЕМ. РЕГИОНАЛНАТА ОТГОВОРНОСТ ВОДИ ДО ГЛОБАЛНАТА ПРОМЯНА

**Йорданка Ламбова**

# THE HUMAN FACTOR, SOLUTION OR PROBLEM. REGIONAL RESPONSIBILITY LEADS TO GLOBAL CHANGE

**Yordanka Lambova**

***Abstract:*** *This paper gives an overview about monitoring the policies of governments worldwide. The influence of the collective focus on climate change regulation. Adaptation of people with climate change.*

***Keywords:*** *OOH,IPCC, economic challenges, climate change, impact, adaptation, vulnerability and environmental policies*

**Въведение**

Климатичните проблеми в световен мащаб стават все по-належащи. Много държави са въвели политики, които са подобрили енергийната ефективност, са намалили степента на обезлесяване или са ускорили внедряването на технология за чиста енергия. Други обещаха намаляване на емисиите съгласно Парижкото споразумение. Въпреки това целите на много страни не са достатъчно амбициозни, докато други държави обещаха да намалят значително своите емисии, но не показват признаци за предприемане на необходимите действия.

Всяка страна се нуждае от план за намаляване на емисиите си, или за развиващите се страни, да ги предпази от нарастване. Но да не забравяме, че ние също носим отговорност за спазване на провежданите от правителствата политики.

**Политиката и съпротивата срещу промяната, са основните пречки**

В доклада на IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) се твърди, че „само по технологични и разходни съображения, смекчаването

на емисиите с цел ограничаване на затоплянето до 1,5°C е осъществимо" [1]. Пречките са политиката и отношенията на властта и интересите на статуквото, блокиращи политиките в областта на климата, включително постепенното премахване на изкопаемите горива. Това включва кампании за дезинформация, които активно се стремят да подкопаят вярата в науката за климата.

„Това е първият път, когато виждам дезинформация, като се има предвид толкова голямо значение в доклад на IPCC" [2], казва Александър Барън, асистент по екологични науки и политика в Smith College в Масачузетс. „Като учен, работещ върху политиката в областта на климата, аз съм виждал така наречените експерти, чието послание е подсилено от мозъчни тръстове, финансирани с изкопаеми горива. Виждал съм актьори, наети да се появяват на събрания на общността. За мен е трудно да се надценява степента, до която е имало активно противопоставяне да се движим в посоките, в които трябва." [3] Всички те бяха натоварени със задачата да измислят „Национално определени вноски" или NDC (Nationally Determined Contributions) [4]: планове, които очертават как ще намалят своите емисии. В първоначалния си NDC, например, САЩ заявиха, че ще намалят емисиите с 26 до 28 процента под нивата от 2005 г. до 2025г. Китай заяви, че ще получи до 20 процента от мощността си от неизкопаеми източници до 2030 г. Амбициозни страни, като Коста Рика, се ангажираха да намалят емисиите си толкова ниско до 2030 г., че ще запазят приноса си за затопляне доста под 2°C.

Но когато всички обещания на страните бяха сумирани след Париж, ООН установи, че глобалните температури все още са на път да се повишат с поне 3°C (5,4°F) и по-близо до 4°C (7,2°F). С други думи, NDC не стигнаха достатъчно далеч.

Така че авторите на Парижкото споразумение изискват от държавите да преразглеждат своите NDC на всеки пет години, което ще окаже натиск върху тях да „засилят" своите амбиции за климата. Но NDC все още не стигат достатъчно далеч. Някои от най-големите емисии, като Индия и Китай, все още не са изработили нови планове, а други като Русия, Австралия и Бразилия по същество не успяха да увеличат целите си. Неотдавнашен анализ на ООН на новите обещания показва, че ако всички NDC бъдат постигнати, Земята все още ще се затопли с 2,7°C (4,9°F). Емисиите все още са на път да се увеличат с 16 процента до 2030 г. спрямо нивата от 2010 г., вместо да спаднат с 45 процента, което учените препоръчват да се поддържа затопляне под 1,5°C [5] (2,7°F).

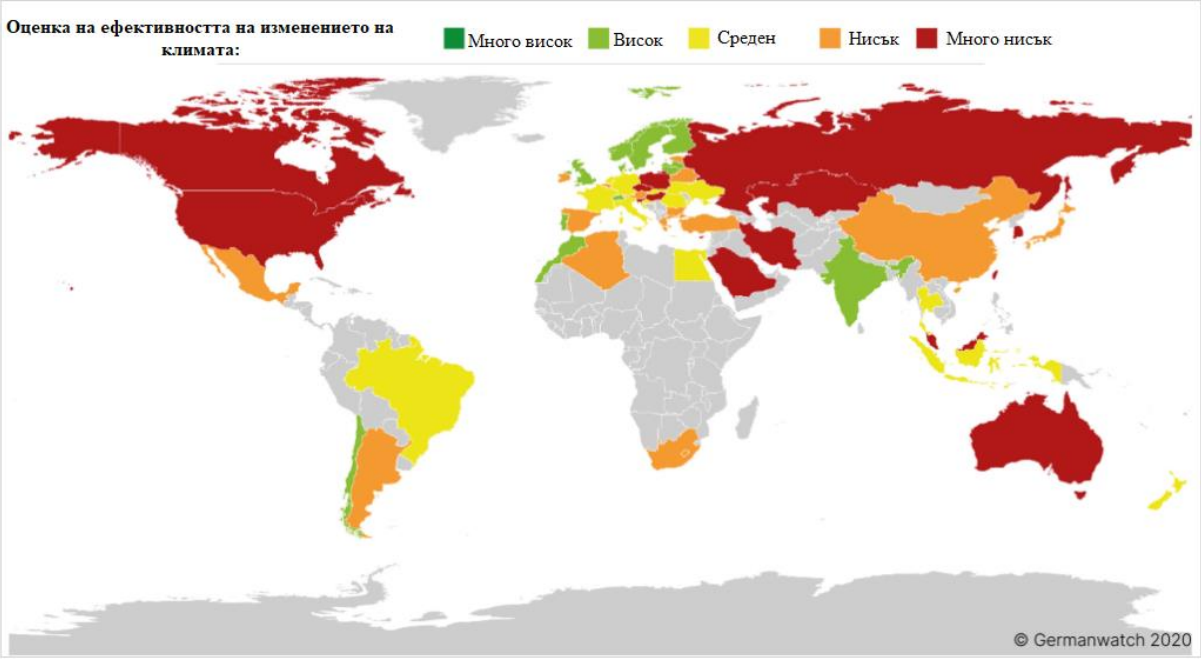
В известен смисъл това е ценно подобрение в сравнение с оригиналните NDC, които прогнозират емисиите за 2030 г. нагоре с 23 процента спрямо нивата от 2010 г. и затопляне с повече от 3°C (5,4°F).

Всъщност постигнахме невероятен напредък. Това не спира затоплянето – не е много под 2 градуса, но е... много по-добре, отколкото бяхме на път за преди. Наистина е важно да се измерва напредъкът спрямо това, което би се случило иначе.

Освен това в доклада на IPCC се отбелязва, че финансирането на възобновяеми енергийни източници не достига необходимото и всъщност продължава да бледнее в сравнение със субсидиите, дадени за изкопаеми горива. В него се заключава, че само прекратяването на тези субсидии може да намали емисиите на парникови газове с 10 процента до 2030 г. Най-голямата несигурност в доклада на IPCC е какво ще направят хората и това не е извън нашия контрол. Можем да изберем да поемем по единия или другия път. Въпросът е колко хора ще се борят за това.

**Най-голямото ни общо предизвикателство е изменението на климата**

Ако изглежда непосилно, това е отчасти, защото ние, като индивиди, не можем да го спрем фиг.1.




***Фиг.1*** *Оценка на ефективността на изменението на климата*

Дори и да сме перфектни зелени потребители отказваме да летим, използваме повторно пазарски чанти, ставаме вегани ние сме хванати в капан в система, която прави невъзможно да спрем да добавяме към

проблема. Животът изисква хранене, ходене на работа и оставане на достатъчно топло през зимата и достатъчно хладно през лятото, за да работиш и да спиш. Засега е невъзможно да се правят тези неща на повечето места, без да се отделя въглерод. Тези, които се възползват най-много от изкопаемите горива, обикновено не са хората, които страдат най-много от използването им. Електроцентралите и техните токсични изпарения, например, се срещат непропорционално в бедните, небели квартали. Разликата в БВП на глава от населението между най-бедните и най-богатите страни вече е с 25 процента по-голяма, отколкото би била без изменението на климата, до голяма степен защото повишаването на температурата в тропическите страни намалява селскостопанската производителност. По-големите бури, суши и наводнения вече нараняват най-бедните в света.

Вярно е, че индивидуалните действия сами по себе си не могат да излекуват това, което боли планетата. Но всеки един от нас може да намери начини да допринесе за решенията: в домовете си, кварталите и по-широкия свят.

Не можем да разрешим климатичната криза, като бъдем „добри” потребители. Но можем да направим нещата много по-добри, като сме добри граждани.

Но промяната може да се случи по-бързо, отколкото много хора оценяват. Автомобилите замениха конете в рамките на 15 години на много места. В продължение на хиляди години се справяхме без пластмаса, а след няколко десетилетия тя беше навсякъде. През цялата история ние сме били както гениални изобретатели, така и бързи да възприемаме нови технологии. С народната воля и правилните политики няма да имаме проблем да създаваме нови енергийни и транспортни инфраструктури, стоки, произведени без токсини или въглеродни емисии, биоразградими пластмасови заместители.

Като индивиди е много по-ефективно да изразходваме енергията си, изисквайки тези политики, които ще направят екологизирането по-евтиният и по-лесен път, отколкото да купуваме скъпите, нишови пазарни зелени опции, налични днес. Все по-често виждам как хората осъзнават това и това също ми дава надежда. Не можем да решим климатичната криза, като бъдем „добри” потребители. Но ние абсолютно можем да направим нещата много по-добри, като сме добри граждани.

Една четвърт от емисиите идват от производството на електроенергия и топлинна енергия. За щастие, с политическа воля, това са и най-лесните за елиминиране емисии. „Можем лесно да го намалим наполовина за 10 години” [6], казва Джонатан Фоли, изпълнителен

директор на Project Drawdown, който прави анализи на разходите и ползите от решенията за изменението на климата. Вятърната и слънчевата енергия са достатъчно зрели, за да се разгърнат в огромен мащаб, а батериите за съхраняване на енергията, както централно, така и от къща до къща, стават все по-добри и по-евтини. Междувременно въглищните компании фалират.

Няма да изглежда като 2020 или 1970 г. Не можем да отменим това, което сме направили не можем да се върнем назад във времето. Промяната: екологична, икономическа и социална е неизбежна. Някои от тях ще бъдат трагични. Ще загубим неща, които обичаме: видове, места, връзки с нечовешкия свят, които са съществували от хилядолетия. Някои промени ще бъдат трудни за прогнозиране. Екосистемите ще се пренастроят, видовете ще се развиват.

И ние ще се променим. Много от нас ще се научат да виждат себе си по различен начин, като един вид сред многото и част от природата, а не в опозиция с нея. Прогнозирам, че ще погледнем назад към края на 20-ти и началото на 21-ви век като болезнен, бурен преход, по време на който човечеството се научи да процъфтява в положителни екологични взаимоотношения един с друг и с видовете около нас.

Останалите въглеродни емисии идват от промишлеността, транспорта и сградите. Как ще модернизираме милиарди сгради, заменяйки газовите и петролните пещи? Как ще измъкнем от пътищата около 1,5 милиарда поглъщащи газ? Единственият реален вариант е правителствата да стимулират промяната с данъчни стимули и регулации [7, 9].

В Норвегия половината от регистрираните нови автомобили вече са електрически, до голяма степен защото правителството ги освобождава от данък върху продажбите, което ги прави толкова евтини като колите, задвижвани на газ продажбата на които ще бъде забранена до 2025 г. В Ню Йорк градският съвет миналата пролет прие закон, който ще изисква големи и средни сгради да намалят въглеродните си емисии с повече от една четвърт до 2030 г. Превръщането на цяла страна, като САЩ в ефективни сгради, лесен обществен транспорт и електрически автомобили няма да бъде евтино, но нека да запазим разходите в перспектива. Парите, за които говорим, не са повече от това, с което спасихме банките”, имайки предвид федералния отговор на финансовата криза от 2008 г.

В продължение на много години се фокусирахме върху науката за изчезването и изменението на климата и търсехме технологични и политически решения, като слънчеви панели или повече паркове.

Междувременно в личния си живот се борих за справедливост за бедните и потиснатите.

И отвъд това? Най-откровеният момент на пандемията от COVID-19 досега беше масовият отговор на нея. Световните лидери, които оплакваха промяната на енергийните системи на планетата като твърде скъпа и разрушителна, сега показаха, че светът всъщност е много способен да отговори на предизвикателства от голям мащаб.

**Извод**

Какво ни дава надежда? Вече имаме знанията и технологиите, от които се нуждаем, за да нахраним по-голямо население, да осигурим енергия за всички, да започнем да обръщаме изменението на климата и да предотвратим повечето изчезвания. Общественото желание за действие избухва по улиците. Миналия септември около шест милиона души по света обявиха „стачка за климата„. Точно както през 1970 г., електрическият пукот на културната промяна отново е във въздуха. Вярваме, че ще изградим добра 2070 г.

След 15 години докладване за околната среда за научни и популярни публикации за бъдещето на планетата, все по-често сме затрупани от проблеми, пред които: изменението на климата, намаляващите популации от диви растения и животни, широко разпространената околна среда несправедливост. Всички те са по-трудни за поправяне от смога. Но сред завихрящо се море от скръб, безпокойство, ярост и любов към красивата странност на живота на Земята намирам желязна решимост никога, никога да не се отказваме.

Парижкото споразумение от 2015 г. включваше механизъм за по-богатите страни да помагат на по-бедните, за да започнат да оправят нещата. Финансирането до момента е недостатъчно, но може да се очаква да нарасне, особено след като правителството на САЩ приеме глобалния научен консенсус и се присъедини отново към споразумението. Някои средства биха могли да бъдат използвани за изграждане на центрове за изследване на климата в силно засегнати региони. Вековете колонизация са концентрирали не само богатство, но и също така най-добрите университети в богатите нации, създавайки изтичане на мозъци от по-бедните.

Истинската климатична справедливост би направила Земята по-устойчива, дори когато помогна на човечеството да се излекува от историческа травма и болка [8, 10]. В известен смисъл изменението на климата е възможност за нас да се издигнем да пораснем като вид.

**Източници:**

1. Изменение на климата 2022: Въздействие, адаптация и уязвимост, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/, (13.04.2022г.)

2. Индексът на ефективността на изменението на климата за 2021г, https://newclimate.org/2020/12/07/the-climate-change-performance-index-2021/, (13.04.2022г.)

3. Парижкото споразумение и NDC, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/, (13.04.2022г.)

4. Mobilizing the power of higher education to tackle the grand challenge of sustainability: Lessons from novel initiatives, David D. Hart,James L. Buizer, Jonathan A. Foley, Lewis E. Gilbert, Lisa J. Graumlich, 2016, https://online.ucpress.edu/elementa/article/doi/10.12952/journal.elementa.000090/112871/Mobilizing-the-power-of-higher-education-to-tackle,(13.04.2022)

5. AR and Parker, BJ. 2018. Test proxy carbon prices as decision-making tools. Nature 553(7689): 405–405. DOI: https://doi.org/10.1038/d41586-018-01078-2,(13.04.2022)

6. Доклад на тема „Глобално затопляне 1,5°C",IPCC,04.06.2018г., стр.112-123

7. Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development,IPCC, стр.152

8. Dolchinkov N. T., Peneva M., Bozhanova D., Staykov Y, Mapping and Subsequent Control of Waste in Water Bodies, Open Journal Waste Manage Xenobio 2021, 4(2): 000162. Pp 1-6, ISSN 2640-2718, doi.org/10.23880/oajwx-16000162

9. Панайотова, М., Европейската сигурност и отбрана през 2020 година на равносметка, възможности и предизвикателства, Годишник на НВУ „Васил Левски" 2019, част 1", Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски" ISSN 1312-6148, стр. 135-147

10. Панайотова, М., От стратегическо преосмисляне към стратегически действия. ОПСО – от стратегия към тактика, Списание Дипломация, 25/2021, януари, Дипломатически институт, Министерство на външните работи, ISSN 1313-6437, стр.17-33

***Адрес за кореспонденция:***
*Курсант старши сержант Йорданка Ламбова,*
*НВУ „Васил Левски", ф-т „Артилерия, ПВО и КИС"*
*E-mail: y.lambowa@gmail.com*

**DOI: 10.34660/INF.2023.24.72.014**

# АСТЕРОИДИ - ПОСТОЯННАТА ЗАПЛАХА, ДЕБНЕЩА ОКОЛО НАС

**Тони Борисов**

# ASTEROIDS - THE CONSTANT THREAD LURKING AROUND US

**Toni Borisov**

***Abstract**: 17000 meteorites hit Earth each year, usually they are insignificantly small but there are cases where a meteorite hit is so big that it changes life on our planet and makes almost all species face extinction.*

***Keywords**: Earth, meteorite, life, extinction*

## Introduction

With our progress in the last two centuries, we have created conditions on Earth in which our technology can either kill us or keep us safe. We are trying to avoid military conflicts, unfortunately without success. We have to deal with viruses and other perils. We suffer humanitarian problems such as hunger, poverty line, child marriages, modern slavery and others. These are all pressing problems for which we devote a lot of resources and think about them daily.

There is one more threat, which is usually overlooked, except when a space agency detects an asteroid that we will miss in the future or we have missed. Only then will you hear about the other apocalyptic alarm, namely a space rock to crash into Earth at great speed, creating apocalyptic conditions leading to our destruction.

Today the world is much more connected than in the past, we are flooded with negative news of how many people died, what happened, what got burned and so on. The problem with the news is that they broadcast mainly the perils, they will never announce how many people went to bed with their stomach full or arrived safely at work. The information we receive on the news is biased and distorted towards the negative. Nevertheless, even with the current crisis, the world is a better place to live than in the past. Between 1976 and 2019, the average global literacy rate increased by 23%, reaching almost 90% [4]. Global

average wages have risen, despite rising inflation. Thanks to advances in medicine, not only our lifespan but health span is longer, and infant mortality is at record lows.

We are the only species on Earth being capable of looking forward to the future and backward to the past at such great lengths. Dinosaurs have inhabited the planet for 165 million years. Depending on what definition we use, homo sapiens have lived for about 200,000 years, and the recorded history is only 10,000 years. We are unique in another regard as well; we have the capability to destroy ourselves. Despite the reputation of nuclear weapons as guardians of peace, we should not underestimate that they are a technology that has the ability to forever destroy life on Earth as we know it. Nuclear weapons should never fall into the wrong hands.

In a doomsday scenario a meteor plays a big role because it can trigger lots of calamities such as tornadoes, tsunamis, mass fires or nuclear winter. As an optimist, I hope that we will use our technologies to deal with threats to our future as humanity and prosper, rather than destroying ourselves.

**What are the odds of an asteroid impact?**

The chances of dying by a meteorite are the same as dying in a plane crash. A little bit more than 20 people have died from meteors in the last 400 years while thousands have died in the relatively short air passenger history so how could this comparative statistic be true? The impact record shows that by the end of 10 million years, when the sum of all airplane crashes has killed a billion people (assuming a death-by-airplane rate of 100 per year), an asteroid is likely to have hit Earth with enough energy to kill a billion people [1].

***Table 1.*** *Main characteristics*

| **Once per…** | **Asteroid diameter in meters** | **Impact energy in megatons of TNT** | **Impact energy in atomic bombs** |
|---|---|---|---|
| Month | 3 | 0.001 | 0.05 |
| Year | 6 | 0.01 | 0.5 |
| Decade | 15 | 0.2 | 10 |
| Century | 30 | 2 | 100 |
| Millennium | 100 | 50 | 2500 |
| 10 000 years | 200 | 1000 | 50 000 |
| Million years | 2000 | 1 000 000 | 50 000 000 |
| Billion years | 10 000 | 100 000 000 | 5 000 000 000 |

Our looks on nature are as it is something good for us but nature is a hostile place. For instance, 99% of all organisms who have ever lived on Earth are extinct. When we look through the different strata and dig up the past of the

planet we discover periods of rapid decrease in the biodiversity. They are famous as the Big Five extinction events. The Cretaceous event seems to be unique because the environmental effects after a collision with perhaps a 10km wide asteroid have caused the extinction of nearly half the species, including the dinosaurs. But what are the current risks to society? The following table sums up the likelihood of an asteroid impact and its impact energy in megatons of TNT and atomic bombs. Data originally adopted by the astrophysicist David Morrison (1992).

The table is based on a detailed analysis of the history of impact craters on Earth, the erosion-free cratering record on the Moon's surface, and the known numbers of asteroids and comets whose orbits cross that of Earth [1].



***Figure 1****: The 200km wide crater in Chicxulub, Mexico from the asteroid that killed the dinosaurs.0*

A lot of small impacts could be traced in the recent history but when we look at approximately 65 million years in the past the event that killed the dinosaurs is the most notable asteroid impact. A collision like this is predicted to happen every 100 million years. The impact energy have been calculated to be 5 billion times greater than the atomic bombs dropped in Hiroshima and Nagasaki. Collisions like this trigger outrageous climate changes and massive extinction of species. Ironically this event enabled mammals to evolve and our existence is intertwined with that event. Our technological progress is very advanced but we can't say we have control over natural calamities.

**Would we die by a space rock?**

Death by a space rock is definitely on the list but the good news is that it could be a thing which we can stop. Ever since the physicist Louis Alvarez and his son Walter Alvarez proposed that an impact from space caused the extinction

of the dinosaurs, scientist all around the world started to observe asteroids in the Solar System. More than 1 million have been detected and classified according to NASA. Recently in the Bulgarian Naval Academy „N. Vaptsarov", during observations of astronomical imaging from 2011 a new asteroid was discovered and it was named „Varna", bearing the name of the sea capital of the country.

Asteroids are traced and their orbits predicted but the more variables you have in your equation, the harder it is to predict what could happen with it in the long term. According to Michael Busch, a researcher at the SETI institute in California, over 15 000 asteroids in the 50 million kilometer range of Earth orbit have been deemed potentially hazardous. Almost all potentially hazardous asteroids are not an impact thread in the next 100 years so we have time to prepare but that doesn't mean we should get lazy.

Currently we have the technology to see if an asteroid will hit Earth but we can't act on it because we don't have the time. In April 2021, NASA and other agencies faced a hypothetical scenario in which, a large asteroid is headed towards Earth and with our current tools and knowledge we have 6 months to act on it. The situation was fictional, part of a week-long exercise that simulated an incoming asteroid in order to help US and international experts practice how to respond to such a situation [2].

The simulation taught the group a difficult lesson: If an Earth-bound asteroid were spotted with that little warning, there's nothing anyone could do to keep it from hitting the planet. The experts determined that no existing technologies could stop the asteroid from striking, given the scenario's six-month window. There isn't a spacecraft capable of destroying an asteroid or pushing it off its path that could get off the ground and fly to the rock in that amount of time [2].

**What must be done?**

Asteroids do not choose nations, do not care about race or ethnicity. In reality, if an asteroid like that fictional one were heading for Earth, scientists would need years — not months — of warning [2]. To some astronomers 5 years is the minimum, to others, 10 years. In 2005 the USA Congress has tried to address the issue by making NASA keep track of the hazardous asteroids but they are able to track only 40% which means we are relying on luck. It is a possibility that tomorrow the space agencies, NASA, ESA and others make a report of a large asteroid headed towards Earth and we wouldn't be able to do nothing about it.

Nations must unite in the purpose of creating a system to keep track of the hazardous asteroids, and to be able to give early notice if a space rock is about to hit the planet. Not only that but we must further sophisticate our space programs so that we would be able to deflect an asteroid.

In theory we would be able to stop an incoming asteroid. But unlike in the movies, it would be pointless to try to blow up the approaching rock. As hardy remnants of the formation of our solar system, asteroids have survived countless collisions in space. Some scientists think that if you blew apart an asteroid, the gravitational pull of its core would force the rock back together. By one estimate, it would take a nuclear weapon 4,000 times more powerful than the biggest nuke ever created to totally destroy an asteroid double the size of the one that killed the dinosaurs. A better approach would be to try to nudge the asteroid off course [3].

Scientists imagine that being done with a powerful atomic bomb about 300 meters away from the asteroid. All we need is a little nudge what would change the trajectory with thousands of kilometers over time but to do that we need early notice. More than 99% of space is empty void and asteroids are hard to spot. I suspect that in the future, as AI improves, the programs specialized to discover asteroids would also improve. AI would establish a firm ground in the programs related to our defense from asteroid impacts.

**Conclusion**

The lesson is that we have to improve both our detecting and deflecting technologies. The sooner we detect a hazardous asteroid, the more time we would have to act and the deflection would be easier. The necessary deflection of a hazardous asteroid is inversely proportional to its distance. If an object is at a great distance, a microscopic deflection would make a big change in the future.

Until that improvement happens we are defenseless against a rock from outer space. Luckily, odds of that happening in the near future are very low, but given enough time, low odds are bound to happen and until then, we must be prepared.

An impact with an 800 meters' asteroid would cause a global catastrophe. It would make everything even with the ground in a hundreds of kilometers radius, triggering massive earthquakes and fires. The dust and smoke sent into the atmosphere would create a nuclear winter, causing an ice age. If an asteroid as big as the one which killed the dinosaurs hits us, we would go extinct. The ecosystems are in a fragile balance and we as humans rely on lots of other species to sustain ourselves. After an impact like this, the damage would be irreversible. Odds of a big asteroid impact are low but the stakes are high. We have to be prepared and not to rely purely on our luck.

**References**

1 N. D. Tyson, Death by Black Hole and Other Cosmic Quandaries, New York: W.W. Norton, 2006.

2 Morgan McFall-Johnsen, Aylin Woodward, „A NASA simulation revealed that 6 months' warning isn't enough to stop an asteroid from hitting Earth. We'd need 5 to 10 years.," *Business Insider*, 2021.

3 The Week Staff, „The threat of killer asteroids," *The WEEK*, 2019.

4 A. O'Neil, „Global adult literacy rate aged 15 years and older from 1976 to 2019 by gender," *Statista,* 2020.

5 L. Poppick, „Sure, Earth Could Get Hit by a Deadly Asteroid—But There's an Upside," *Smithsonian*, 2016.

6 J. Major, „How many asteroids are out there?," *Universe Today*, 2012.

***Mailing address:***
*Sergeant Toni Borislav Borisov; Armament and Computer Aided Design, Artillery, Air Defense Communication and Information Systems Faculty, National Military University „V. Levski", Shumen, Bulgaria, toniborisov2000@gmail.com*

**DOI: 10.34660/INF.2023.64.47.015**

# ВЛИЯНИЕТО НА ВЪГЛЕРОДНИЯ ПАЗАР ВЪРХУ КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ

**Женета Железова**

# THE INFLUENCE OF THE CARBON MARKET ON CLIMATE CHANGE

**Zheneta Zhelezova**

***Abstract:*** *The climate change will continue for decades to come. The extent of future climate change and its impact will depend on the effective implementation of global agreements to reduce greenhouse gas emissions, but also on ensuring the right adaptation strategies and policies to reduce the risks of current and projected extreme weather events, including the carbon market.*

***Keywords:*** *climate, carbon market, climate change, global warming, greenhouse effect, cosmos, greenhouse gases, global warming.*

## 1. Въведение

Основния фактор, който влияе на глобалното затопляне е парниковия ефект. Парниковия ефект представлява засилена промишлена дейност и увеличение концентрацията на антропогенни емисии на парникови газове /ПГ/ и най-вече на емисии на $CO_2$ (емисии на ПГ в резултат човешката дейност: изгаряне на органични горива за производство на енергия, обезлесяване, земеделие и др.) [1].

## 2. Влиянието на парниковите газове върху климатичните промени

През 1896 г. шведския химик Svante Arrhenius изчислява, че концентрацията на парникови газове в атмосферата се е увеличила значително на началото на индустриалната революция. Той изчислява, че при евентуално удвояване на нивото на $CO_2$ в атмосферата температурата на земята ще се покачи с няколко градуса. Това откритие слага началото на различни глобални политики за справяне с климатичните промени [1].

Анализират се последствията от климатичните промени в околната среда и в обществото. Изменението на климата вреди на природните

ресурси и въздействa върху човешките нужди. Общности, които са дълбоко зависими от природните ресурси и екосистемите са по-уязвими, както и пред вредните ефекти от изменението на климата. Бедните общности са по-малко подготвени за предотвратяване и преодоляване на вредните последици от изменението на климата, тъй като те не разполагат с твърди икономически, политически и социални структури. Изменението на климата, според Международната експертна група по изменение на климата (МЕГИК) се състои от „промяна в състоянието на климата, която може да бъде идентифицирана (например чрез използване на статистически тестове) като промяна, която се запазва за по-дълъг период, обикновено десетилетия или повече. Това се отнася за всяка промяна в климата с течение на времето, независимо дали се дължи на естествена променливост или в резултат на човешката дейност” [3]. Глобалните усилия по отношение на околната среда са въплътени най-вече под формата на споразумения относно изменението на климата и околната среда (като например Конвенцията за борба с опустиняването; Рамковата конвенция на ООН по изменение на климата и много други). Човешките дейности са довели до увеличаване концентрацията на парникови газове (ПГ) в атмосферата, основно въглероден диоксид, метан и азотни окиси. От 1970 г. до 2004 г. глобалните емисии на парникови газове се увеличават със 70%. Повечето от емисиите на парникови газове идват от изкопаеми горива, най-големият източник 56,6%; обезлесяването и деградацията на горите - 17,3% и промяната на земеползването. Това увеличение на емисиите на парникови газове има сериозни последици: увеличаване на температурата на повърхността на Земята, промени в режима на валежите, покачване на морското равнище и увеличаване честотата, както и тежестта на бури, наводнения, суша и горещини. Тези промени, например „са свързани с икономически загуби на селското стопанство, намаляване на достъпа до чиста вода, загуба на поминък и увеличена честота на пренасяни болести на бедстващите общности” [2, 4, 5]. Различните региони допринасят по различен начин за емисиите на CO2 в света, получени от изгарянето на горива.

В своя доклад за влиянието на екологичната сигурност върху икономиката британският учен Стърн определя глобалното затопляне като най-големия икономически провал (Stern review, 2006 г.). Измерванията на глобалната атмосферна концентрация на парниковите газове (ПГ) показват значителни увеличения от преди индустриализацията, с нива на въглероден двуокис ($CO_2$) далеч надвишаващи естествения обхват на последните 650 000 години. Концентрацията на $CO_2$ в атмосферата се е

увеличила от пред-индустриалните равнища от около 280 ppm на повече от 387 ppm през 2008 г. (EEA, 2010) [1].

Глобалното затопляне е широко обсъждан феномен през последните двадесет години. Правителствата са наясно, че само с наредби и глоби борбата няма да бъде спечелена. За да се постигне цялостен ефект на намаление на емисиите, трябва да се създаде култура за ниско въглеродната политика не само от страна на бизнеса, но и в съзнанието на хората. Във връзка с това правителствата и ЕС предприемат широки кампании за информиране на обществото за проблемите свързани с климатичните проблеми. Публикуват се наръчници, създават се програми за обучение на младото поколение от най-ранна възраст в училища, както и в университетите с единствената цел – промяна в съзнанието на хората и създаване на култура за екологично потребление и начин на живот. [1]

**3. Въглеродният пазар, инструмент за намаление на емисиите**

Според Стърн един от основните инструменти за намаление на емисиите е въглеродния пазар. Препоръчва се засилване на мерките и политиките за оценка на въглеродните емисии, създаване на глобален въглероден пазар със стабилна цена и предвидимо развитие. През 2006 г., когато Стърн е писал доклада, въглеродния пазар е бил в своята младост, но той е успял да осъзнае необходимостта от подобен пазарен механизъм, както и възможностите, които въглеродния пазар предлага за бизнеса [1].

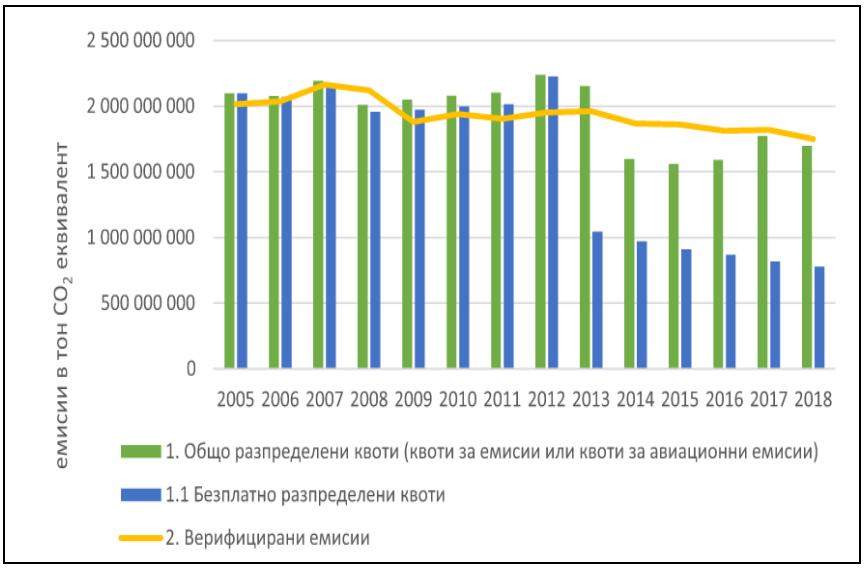
До средата на 50 г. на XX в. и малко след Втората световна война се е смятало, че замърсяването в резултат на промишленото производство е допълнителен ефект. Учените по това време са смятали, че подобни дейности трябва да се управляват чрез серия от законови мерки (непазарни механизми) като определяне на специални места за извършване на дейности водещи до замърсяване, количествени ограничения на произведените и изхвърлени в реките отпадъци, създаване на технологични стандарти и др. Така се стига до първото международно споразумение за борба с глобалното затопляне на климата Рамковата конвенция на ООН по изменението на климата (РКООНИК) и подписания към нея Протокол от Киото с който се регламентира и международната търговия с емисии. Първата система за търговия с емисии е създадена от правителството на САЩ в опит да се пребори с киселинните дъждове, като въвежда задължителна програма за търговия с емисии на серен диоксид ($SO_2$) чрез „Закона за чистотата на въздуха”. В резултат на положителните резултати от тази система, тя често се определя като модел по който се създава международната търговия с емисии предложена от Протокола от Киото [1].

През 1992 г. в Рио де Жанейро се провежда Световната среща за

Земята. Участващите в нея представители на държавите от целия свят се ангажират да намалят емисиите на парникови газове до ниво, „което няма да доведе до опасно изменение в климата". Тези ангажименти са описани в Рамковата Конвенция на ООН по Изменението на Климата (РКООНИК) приета в Ню Йорк на 9 май 1992 г. На форума страните се споразумяват да се срещнат отново, за да формулират задължаващ протокол, който да обвърже развитите страни /отговорни за големия дял от емисиите/ да намалят своите емисии от парникови газове [1].

Срещата се провежда през 1997 г. в Киото, а документът става известен като Протоколът от Киото и е подписан на 11.12.1997 г. Протоколът предвижда индустриализираните страни в света да намалят емисиите си на парникови газове през 2008-2012 г. с 5.2% спрямо равнищата им през 1990 г. (за някои държави годината е 1988 или 1989). За ЕС договореното намаление на емисиите е 8%. България също трябва да намали с 8% емисиите си на парникови газове, но спрямо 1988 г.

Намалението на парникови емисии може да стане, чрез провеждане на национална политика/мерки в съответствие с изпълнението на Протокола, чрез свиване на емисиите в производствата на самите страни, посредством инвестиции в пречистващи технологии в други страни или търговия с емисии от парникови газове. За да бъдат постигнати поставените цели Протокола от Киото представя 3 пазарни механизма за изпълнение, които създават така наречения „въглероден пазар": „Чистото развитие", „Съвместно изпълнение", „Международна търговия с емисии" [1].




***Фигура 1.*** *Източник: ЕСП въз основа на данни от приложението за преглед на данните за СТЕ на ЕС на Европейската агенция за околната среда*

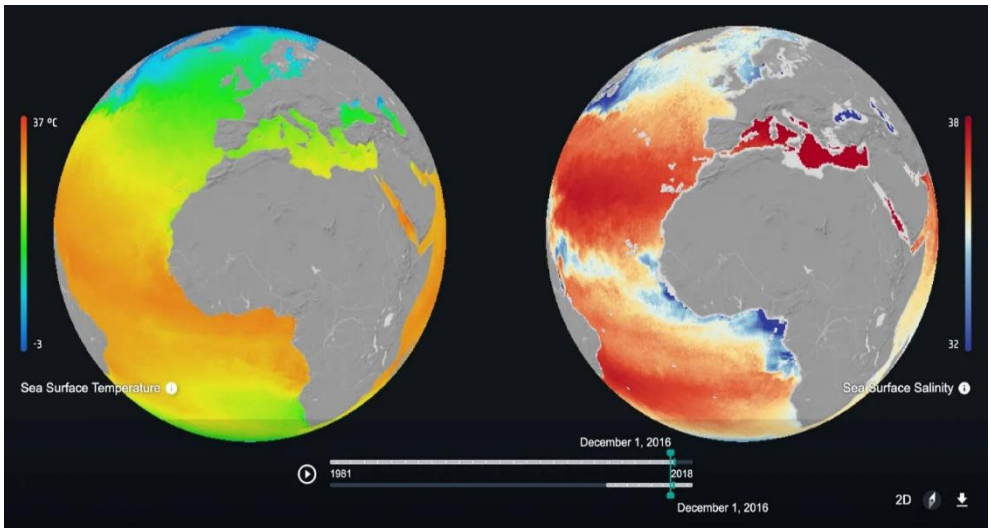
**4. „Климатът от Космоса"**

„Климатът от Космоса" е нов и интерактивен онлайн инструмент за визуализиране на промените в климата на Земята през последните пет десетилетия. Създаден от Европейската космическа агенция, новият уебсайт разчита на данни, събрани от работещи около Земята спътници от 70-те години до наши дни. Инициативата за изменение на климата на ESA съставя картите от 21 пакета от данни за климата [6].

Наблюдателни спътници – проектирани са да наблюдават Земята. Тези спътници се използват за метеорологични наблюдения, картография и др. [7].

Метеорологични спътници – използвани за наблюдение на климата на Земята [7].

„Коперник" — наблюдение на Земята от космоса и земята. Позната още като „Очите на Европа върху Земята", „Коперник" — програмата на ЕС за наблюдение и мониторинг на Земята — преобразява начина, по който разбираме и планираме по-устойчивото използване на ценните земни и почвени ресурси. От градско планиране, транспортни пътища и зелени площи, до прецизно земеделие и управление на горите, „Коперник" осигурява подробна и навременна информация за наблюдение на земята, за да подпомогне вземането на решения [9].




***Снимка 1.*** *ESA; Поглед от Космоса към климатичните изменения в последните 50 години*

**Изводи:**

Климатичното изменение вреди на природните ресурси, което от своя страна въздейства върху човешките нужди и неговото съществуване.

Глобалните усилия за опазване на околната среда са пренесени най-вече под формата на споразумения относно климатичното изменение и влиянието му върху околната среда.

Наличието на наръчници, програми за обучение в училища и университети са създадени с единствената цел за промяна в съзнанието на хората и създаване на култура за екологичен начин на живот.

Замърсяването с емисии от промишленото производство влияе върху околната среда, както и на здравето и бита на хората.

Един от основните инструменти за намаление на емисиите е въглеродният пазар, което се осъществява благодарение на първото международно споразумение за борба с глобалното климатично затопляне - Рамковата конвенция на ООН по изменението на климата (РКООНИК) и подписания към нея Протокол от Киото, с който се регламентира и международната търговия с емисии.

**Заключение**

Днес вече е ясно, че глобалното затопляне е факт, дължащ се на човешката дейност и е крайно време да се вземат спешни мерки. Проблемът е в това, че атмосферата е твърде тънка и ние лесно можем да променим състава й. Именно това става, когато заради човешката дейност в атмосферата се отделят така наречените парникови газове (въглероден диоксид, например), които удебеляват атмосферния слой. По този начин се задържат повече инфрачервени лъчи, а това води до постоянното повишаване на температурите на Земята [1].

Създаването на въглероден пазар, който постепенно се развива нараства, както по размер (разширяване и нови сектори) така и по брой извършени транзакции, създава нови възможности за бизнеса. Нараства и броя на фирмите от секторите в обхвата на схема, които включиха търговията с въглерод и зелените технологии в своите фирмени стратегии за развитие. Много от проучванията направени във връзка с механизма и способността да се намалят въглеродните емисии показват, че е постигнато намаление на въглеродните емисии благодарение на приложението на ЕСТЕ. На теория ЕСТЕ е пазарен механизъм, който спомага за намаляване на въглеродния отпечатък по икономически ефикасен начин и с ниска цена. ЕСТЕ обхваща около 40% от общите парникови емисии на ЕС, следователно нейния дял от гледна точка на изпълнение на Протокола от Киото не трябва да се пренебрегва [1, 10].

Схемата на Европейския съюз за търговия с емисии (СТЕ на ЕС) е първата и най мащабната система за ограничаване и търговия с емисии за намаляване на емисиите на парникови газове. Схемата на ЕС за търговия с емисии е създадена и разширена на три последователни етапа: Фаза I

(2005—2007 г.), Фаза II (2008—2012 г., съгласувана с първия период на задължения по Протокола от Киото), Фаза III (от 2013 до 2020 г., приведена в съответствие с втория период на задължения по Протокола от Киото) [8].

Предстоящата Фаза IV ще започне през 2021 г. и ще продължи до 2030 г. СТЕ на ЕС обхваща приблизително 11 000 електроцентрали, производствени предприятия и други стационарни инсталации, както и авиационни дейности в 30 държави: 27-те държави — членки на ЕС, Исландия, Лихтенщайн и Норвегия. Общо около 45 % от общите емисии на парникови газове в ЕС са обхванати от СТЕ на ЕС [8].

**Литература:**

1. Тодорова, М. Монография. Възможности за развитието на въглеродния пазар в европейския съюз, Химера, Ш., 2017

2. McLEan, K. Advance Guard, Climate Change Impacts, Adaptation, Mitigation and Indigenous Peoples. UNU-IAS., 2010, pp. 10-16.

3. W.Filho, The Economic, Social and Political Elements of Climate Change, Hamburg University of Applied Sciences, pp.70. 180

4. Dolchinkov N. T., Peneva M., Bozhanova D., Staykov Y, Mapping and Subsequent Control of Waste in Water Bodies, Open Journal Waste Manage Xenobio 2021, 4(2): 000162. Pp 1-6, ISSN 2640-2718, doi.org/10.23880/oajwx-16000162

5. www.wikipedia.org

6. https://hicomm.bg/news/tozi-pogled-ot-kosmosa-km-klimatichnite-izmeneniya-v-poslednite-50-godini-e-mrachen.html

7. http://planetarium-gb.eu/naop_docs/toSpaceAndBack.pdf

8. https://webapi2016.eesc.europa.eu/v1/documents/EESC-2020-02395-00-00-AC-TRA-BG.docx/content

9. https://www.eea.europa.eu/bg/signals/signali-2019-g/statii/kopernik-2014-nablyudenie-na-zemyata

10. Панайотова, М., Европейската сигурност и отбрана през 2020 година на равносметка, възможности и предизвикателства, Годишник на НВУ „Васил Левски" 2019, част 1", Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски" ISSN 1312-6148, стр. 135-147

***Адрес за кореспонденция:***
*Женета Веселинова Железова, студент*
*НВУ „Васил Левски" Факултет „Артилерия, ПВО и КИС" гр. Шумен*
*телефон: 0898375744*
*e-mail: jeni_v8@abv.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.32.91.016**

# ПРИНОСЪТ НА КОСМИЧЕСКИТЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАБЛЮДЕНИЕТО НА КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ И ТЕХНИТЕ ЕФЕКТИ - ОБЗОРЕН АНАЛИЗ

**Илина Радулска**

# THE CONTRIBUTION OF SPACE TECHNOLOGIES IN CLIMATE CHANGE MONITORING AND THEIR EFFECTS - A REVIEW

**Ilina Radulska**

***Abstract:*** *The observed climate changes are already having a wide impact on ecosystems, in turn they have a wide-ranging nature, which could affect socio-economic stability, which would create challenges for key sectors of the Bulgarian economy. It is important to raise citizens' awareness of European climate change policies. Space technology is a key factor in providing data for Earth observation.*

***Keywords:*** *Climate, climate change, space technology, socio-economic stability, disasters, the European Union*

Борбата с климатичните промени е едно от основните предизвикателства пред съвременното европейско общество [1]. Космическите технологии, данни и услуги предоставят редица преимущества в борбата с това предизвикателство. Сред тях са незабавна информация при бедствия като земетресения, горски пожари или наводнения, което позволява по-добро координиране между службите за спешна помощ и спасителните екипи [2].

Относно „климатичните промени” като термин може да се обърнем към разбирането на д-р Иво Цеков

„Климатичните промени са изменения в многогодишния цикъл на относително стабилния и постоянен климат в определени региони и на Земята като цяло. Причините за тези промени биват редица, голямата част от тях антропогенни, но съществуват и други свързани със природната активност. Повишаването на температурите и промените в океанските течения биха довели до разрастване на пустините, изостряне на

климатичните крайности, най-вече на периодите на суша и на опустошителни бури. Тези процеси следва да бъдат разглеждани неразделно с демографските и хуманитарни тенденции в най-засегнатите региони, тъй като те ще предопределят съдбата на местното население и в редица случай ще доведат до цялостни изменения в социалната структура" [3].

Може да се твърди, че въздействието на климатичните промени има широкообхватен характер и може да окаже пряко влияние върху социално-икономическата стабилност, което би създало съществени предизвикателства пред ключови сектори от българската икономика като туризъм, енергетика, селско-стопанство. В същото време, изменението на климата поставя нови предизвикателства пред сигурността, свързани основно с миграцията, конфликтите и здравните рискове [4, 9].

Отношението на населението по темата с климатичните промени е от съществено значение ще има известни различия, обаче породени от факта, че повечето от тях – 86% са на мнение, че тези климатични промени са породени основно от човешката дейност, а останалите едва 12% от анкетираните вярват, че те са в резултат на естествените циклични процеси, които не биха оказали пагубно влияние на планетата.

Социологическо проучване проведено в хода на проект „Климатичните промени и сигурността – гласът на младите за преодоляване на предизвикателствата" представя резултати, в които „климатичните промени" са сред основните рискове пред Българското общество.




***Фигура 1**. Резултати от проучване [5]*

За да бъде темата за климатичните промени разгледана в сравнителна степен, е необходимо да погледнем тематика в регионален-европейски контекст. Според информация предоставена от Подполковник Светозар Босилков проучване на „Евробарометър” от 2019 година сочи, че българите са най-малко заинтересовани от темата за климатичните промени от всички европейци. По негови думи в България трябва да се започне активно информиране на българската общественост относно цялостната същност на това предизвикателство и какви са последствията от него. Също по негови думи екологичната обстановка в страната се нуждае от повишение ангажираност на хората, както в процеса на адаптиране към измененията в климата, така също и при смекчаване на негативните въздействия върху изменението на климата [6].

Космическите технологии представляват изключително функционален инструментариум за наблюдението на климата, опазването и отбраняване на националният суверенитет и гарантирането на сигурността във вътрешно териториалната граница. Към настоящия момент никоя страна в Европа няма капацитета да ги разработва самостоятелно. България като държава член на Европейският Съюз има възможността да се възползва от редица колективни инструмента за предоставяне материална среда и финансово субсидиране на приложни и научни изследвания в сферата на аерокосмическите технологии и разработка на методики за тяхно приложение при борбата с климатичните промени.

По данни на Европейската комисия през ноември 2020 г. Парламентът, Съветът и Комисията се споразумяха относно плановете за финансиране на космически технологии през 2021-2027 г. и за създаването на Европейска агенция за космическата програма. Парламентът одобри споразумението през април 2021 г. Става ясно, че бюджетът от 14,8 млрд. евро обхваща инициативи като „Галилео” и „Коперник” [7].

„Коперник” е програмата на Европейския съюз за наблюдение на Земята. Той е водещ доставчик на данни за наблюдение на Земята, които се използват за доставчици на услуги, публични органи и други международни организации за подобряване на качеството на живот на европейските граждани. Събраните данни за ЕО са от полза за реагиране при извънредни ситуации, глобална продоволствена сигурност, граничен контрол и вътрешна сигурност, като допринасят за морското наблюдение [8].

„Галилео” осигурява непрекъснати навигационни услуги на близо 1,3 млрд. потребители. Чрез подобно ефективно управление на трафика ще намали емисиите и ще допринесе за борбата с промените в климата [7].

Също така е важно да се отчете, че Европейската космическа промишленост е една от най-конкурентоспособните в световен мащаб. Тя подсигурява работни места на над 231 000 специалисти и създава добавена стойност в размер на 53 – 62 милиарда евро. По данни на Европейската комисия. В същото време Европа произвежда една трета от спътниците по света. През 2016 г. според асоциацията Eurospace продажбите на космическата промишленост са били на стойност 8,2 млрд. евро. 41 333 души за заети в сектора на космическата промишленост в Европа [10]. Програмите „Галилео” и „Коперник” се превърнаха в световноизвестни названия в областта на спътниковото позициониране и наблюдението на Земята. С 29 спътника в орбита понастоящем и над 30 планирани за следващите 10-15 години ЕС е и най-големият институционален клиент на услуги по изстрелване на спътници в Европа [10].

След установяване на опасността от климатичните промени и отчитайки регионалните възможности, следва, че биха могли да се предприемат потенциални мерки за справяне с това предизвикателство и преодоляване на очакваните негативни последици като се предвиди провеждането на повече информационни кампании.

„Данните показват, че 70% от анкетираните считат, че преходът към по-чиста енергия в България ще допринесе за положителна промяна на икономическия модел и модернизация на индустрията, докато 18% посочват, че енергийната трансформация ще доведе до задълбочаване на неравенствата в социално-икономически план и повишаване на безработицата” [4].

Нагласата за положителното въздействие на зелените политики се потвърждава и от специално проучване на „Евробарометър” 2019 относно изменението на климата, което показва, че според по-голямата част от българи предприемането на мерки във връзка с климатичните промени ще доведе до иновации, които ще направят компаниите в ЕС по-конкурентоспособни.

Необходимо да се оцени информираността по вече съществуващите инструменти при формирането на политики по даден проблем от страна на институциите. В тази връзка, проучването показва, че едва 32% от запитаните са запознати с европейските политики в областта на климатичните промени. Останалите или въобще не са чували или са чували, но нямат по-сериозна информация.




***Фигура 2**. Резултати от проучване [4]*

Данните от проучването показват, че има дефицит на информация по темата със съществуващите политики в областта на климатичните промени и опазването на околната среда. Тези резултати обаче могат да са свързани не само с липса на комуникация от страна на институциите, но и с евентуална липса на интерес или негативно отношение в тази област. Независимо от причината обаче, те предполагат необходимостта от провеждането на повече информационни кампании по тези теми. Да се изградят ясни приоритети и стратегии по даден проблем, както и комуникацията, са важни за опознаването на нагласите на обществото, като проучванията представляват ценен източник на информация в тази насока [4, 11].

**Заключение:**

Климатичните промени са основен проблем за съвременното европейско общество, както и реализирането на своевременно оповестяване на населението при възникване на бедствия и аварии.

Космическите технологии представляват изключително функционален инструментариум за наблюдението на климата, опазването и отбраняване на националният суверенитет и гарантирането на сигурността във вътрешно териториалната граница. Те обезпечават в настоящото време средствата за сбор на глобалните данни за климата и промените на климата и са незаменим помощник на човечеството.

Отношението на населението по темата с климатичните промени е от съществено значение. Важно е българските граждани да са по-добре информирани по темите касаещи климата и климатичните промени и последиците, които те носят със себе си, а именно да окажат пряко влияние върху социално-икономическата стабилност, което би създало съществени предизвикателства пред ключови сектори от българската

икономика като туризъм, енергетика, селско-стопанство. В същото време, изменението на климата поставя нови предизвикателства пред сигурността, които са свързани ос с миграцията, конфликтите и здравните рискове. След установяване на опасността от климатичните промени и отчитайки регионалните възможности, следва, че биха могли да се предприемат потенциални мерки за справяне с това предизвикателство и преодоляване на очакваните негативни последици като се предвиди провеждането на повече информационни кампании.

**Литературa:**

1. Космическа програма на ЕС, Европейска комисия, https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/european-space-programme_bg 11.4.2021; 6

2. Космическа програма на ЕС, Европейска комисия, https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/european-space-programme_bg 11.4.2021;

3. д-р Цеков И., (2020). Климатичните промени и сигурността – гласът на младите за преодоляване на предизвикателствата", *Проектът с номер 2020-2-BG01-KA347-079163* осъществен от Софийски Форум за Сигурност съвместно със Студентската асоциация за изследване на международните отношения – САИМО, Достъпен от https://www.sofiaforum.bg/imgpool/file1607003708.pdf;

4. Ташева С., (2020) „ Климатичните промени и сигурността – гласът на младите за преодоляване на предизвикателствата", *Проектът с номер 2020-2-BG01-KA347-079163* осъществен от Софийски Форум за Сигурност съвместно със Студентската асоциация за изследване на международните отношения – САИМО, Достъпен от https://www.sofiaforum.bg/imgpool/file1607003708.pdf;

5. Подп. Босилков С., (2020) „ Климатичните промени и сигурността – гласът на младите за преодоляване на предизвикателствата", *Проектът с номер 2020-2-BG01-KA347-079163* осъществен от Софийски Форум за Сигурност съвместно със Студентската асоциация за изследване на международните отношения – САИМО, Достъпен от https://www.sofiaforum.bg/imgpool/file1607003708.pdf;

6. Климатичните промени и сигурността – гласът на младите за преодоляване на предизвикателствата" 2020, *Проектът с номер 2020-2-BG01-KA347-079163* осъществен от Софийски Форум за Сигурност съвместно със Студентската асоциация за изследване на международните отношения – САИМО, Достъпен от https://www.sofiaforum.bg/imgpool/file1607003708.pdf;

7. https://www.europarl.europa.eu/news/bg/headlines/economy/20181116STO19212/kak-es-podpomagha-kosmicheskite-proghrami;

8. Европейска комисия, Европейска Космическа Стратегия, Програма"Коперник", Достъпно о:т https://ec.europa.eu/defence-industry-space/eu-space-policy/copernicus_bg;

9. Dolchinkov N. T., Peneva M., Bozhanova D., Staykov Y, Mapping and Subsequent Control of Waste in Water Bodies, Open Journal Waste Manage Xenobio 2021, 4(2): 000162. Pp 1-6, ISSN 2640-2718, doi.org/10.23880/oajwx-16000162

10. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/bg/MEMO_18_4023

11. Панайотова, М., Европейската сигурност и отбрана през 2020 година на равносметка, възможности и предизвикателства, Годишник на НВУ „Васил Левски" 2019, част 1", Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски" ISSN 1312-6148, стр. 135-147

***Адрес за кореспонденция:***
*Курсант старшина Илина Радулска,*
*НВУ „Васил Левски", ф-т „Артилерия, ПВО и КИС"*
*E-mail: inna.loff@abv.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.26.22.017**

# ПЪРВОНАЧАЛНИ ПРОУЧВАНИЯ ЗА ПОТЕНЦИАЛНА ЛУННА КРИТИЧНА ИНФРАСТРУКТУРА БАЗИРАНИ НА НАЦИОНАЛНИ И ИНТЕРНАЦИОНАЛНИ НАРЕДБИ

**Васил Йорданов, Николай Долчинков**

# INITIAL INQUERIES OF POTENTIAL LUNAR CRITICAL INFRASTRUCTURE BASED ON NATIONAL AND INTERNATIONAL REGULATIONS

**Vasil Yordanov, Nikolay Dolchinkov**

***Abstract**: In the last few years, several national and private space agencies have expressed higher interests and plans to return human on the Moon surface, with the intention to stay. Naturally, such human presence can be possible only by the help of specifically designed and constructed infrastructures which can ensure suitable life conditions. In this work, was done a brief review of the main potential sectors of the needed lunar infrastructure and regulations that are already adopted on the Earth for the definition of critical infrastructure. As a result, are highlighted preliminary potential sectors of critical infrastructure on the Moon, exhibiting similarities with what is already defined on the Earth, but also defining new that are not considered by international and international regulations.*

***Key words**: asteroids, craters, infrastructure, Moon, surface*

## Въведение

В настоящия труд ще се коментира критична инфраструктура на Луната, като принципите на тази специфична система са базирани на вече утвърдени закони и наредби в европейската общност, както и на национално ниво. За това в следващите части ще бъдат разгледани определения, сектори и обхвати на критичната инфраструктура (КИ) в Р. България и Европейският съюз. След това ще бъде направен преглед на научната литература за потенциалните и планираните инфраструктури на земния спътник, което от своя страна ще доведе до възможността да се приложат земните критериите за установяване и означаване на КИ на Луната. В края на тази глава ще бъдат разгледани методите за защита от

свлачищни процеси на Земята и ще бъдат дефинирани първите стъпки за адаптирането и имплементирането им на друго космическо тяло.

**Нормативна рамка на критичната инфраструктура**

По своите дефиниции критична инфраструктура според законовите наредби на Република България и на Европейския съюз (ЕС) се препокриват поради факта, че Република България е член на ЕС и е причислена към списъка на Европейските критични инфраструктури (ЕКИ). Разликата в КИ на ниво национално и европейска общност е нивото на обхват и последици при евентуални щети в КИ, което в основни за регулирани чрез секторно групиране на КИ. В следващите подсекции на тази глава ще се разгледат приетите наредби на национално ниво в Р. България и в ЕС, тъй като КИ могат да бъдат категоризирани според територията, която може да бъде засегната при евентуална тежка щета или загуба – общинска, областна, национална или Европейска критична инфраструктура.

**Нормативна уредба на националната критична инфраструктура**

Според §1 т.15 от допълнителните разпоредби в закона за Защита при бедствия (ДВ, бр. 80 от 2011г.) [1] критична инфраструктура е дефинирана като „система или части от нея, които са от основно значение за поддържането на жизненоважни обществени функции, здравето, безопасността, сигурността, икономическото или социалното благосъстояние на населението и чието нарушаване или унищожаване би имало значителни негативни последици за Република България в резултат на невъзможността да се запазят тези функции „. От това става ясно, че изправното функциониране на всяка една система, по отделно или в съвкупност, която е включена в списъка на КИ е от жизнено важно значение за обществото и държавата като цяло. Всъщност, изготвянето на този списък и включването на обект в него, както и на изготвянето на свързаната нормативна база за оценка на риска се прави само и единствено с крайна цел да се изготвят оптимални и функциониращи стратегии и интервенции за намаляване на риска, както и смекчаването на потенциални последствия. В този смисъл предпоставки за увеличаване на риска могат да бъдат вследствие на човешка дейност (аварии, терористични атаки) или природни бедствия (свлачища, наводнения, пожари и т.н.). Като щети от външни въздействия могат да бъдат определени като преки човешки и материални, но когато е засегнат обект на КИ може да се причинят и индиректни загуби. Поради специфичните характеристики на КИ такива щети могат да доведат до влошаване на качеството на живот чрез намалени/липсващи услуги (напр. здравеопазване, водо- и електроснабдяване) или достъп до стоки от първа необходимост.

Потенциалните обекти, които могат да определени като КИ могат да имат разнородни функции и обхвати, или да са под различни управлението на различни ресори. Затова се налага и допълнителното им разпределение по сектори и подсектори, за да може да са ясно отделени и от приоритетна гледна точка. В приложение 1 към чл. 2, ал. 1 от Наредба „за реда, начина и компетентните органи за установяване на критичните инфраструктури и обектите им и оценка на риска за тях" (обн. ДВ, бр. 27 от 2016г.) са определени 19 сектора с критична инфраструктура в Р. България (Таблица 1).

***Таблица 1.*** *Списък на секторите с критична инфраструктура в Р. България [2]*

| **Сектор** | **Подсектор** |
|---|---|
| I. Енергетика | 1. Електроенергия<br>2. Нефт |
| | 3. Газ<br>4. Топлинна енергия |
| II. Транспорт | 1. Автомобилен транспорт и пътна инфраструктура<br>2. Железопътен транспорт и железопътна инфраструктура |
| | 3. Въздушен транспорт и летища<br>4. Воден транспорт и пристанища |
| III. Информационни и комуникационни технологии | 1. Електронни съобщителни мрежи<br>2. Информационна и комуникационна инфраструктура |
| IV. Пощенски и куриерски услуги | |
| V. Околна среда | 1. Околна среда |
| | 2. Води, водоснабдяване и канализация |
| VI. Земеделие и храни | 1. Земеделие<br>2. Храни<br>3. Гори и ловни стопанства |
| VII. Здравеопазване | 1. Медицинска и болнична помощ<br>2. Лекарствени средства |
| VIII. Финанси | |
| IX. Икономика | |
| X. Спортни обекти и съоръжения | |
| XI. Образование, наука и технологии | |

| | |
|---|---|
| XII. Природни ресурси | |
| XIII. Туризъм | |
| XIV. Регионално развитие и благоустройство | |
| XV. Отбрана | 1. Отбранителна промишленост<br>2. Военна инфраструктура и военни формирования |
| XVI. Правосъдие, обществен ред и сигурност | |
| XVII. Държавно и социално управление | |
| XVIII. Защита при бедствия | |
| XIX. Културно наследство | 1. Недвижими културни ценности<br>2. Движими културни ценности |

**Нормативна уредба на европейската критична инфраструктура**

Република България е страна от ЕС, всички решения приети в общността стават задължителни и трябва да бъдат транспонирани в националните закони, така и директивите свързани с КИ в Европа са вече приети на национално ниво. Съответно представените дефиниции в предната секция се препокриват, с малки разлики, с европейската (Директива 2008/114/ЕО). В евродирективата за КИ отново се дефинира система, самостоятелна или комплексна от услуги и съоръжения, която при отклоняване от нормалното функциониране може да доведе до неблагоприятни ефекти върху безопасността и здравето на населението, обществото и околната среда. Допълнително се дефинира и Европейска критична инфраструктура (ЕКИ), която се базира на определението за КИ, но с разширен смисъл за териториален обхват при евентуални извънредни процеси. За да бъде включен в списъка за ЕКИ един обект, трябва въздействието при неговото „нарушаване или унищожаване да доведе до значителни последици за две или повече държави-членки". Логично при тази дефиниция, секторите с ЕКИ не могат да бъдат същите, както в случаите на национални КИ. В чл. 3 т. 3 от Директива 2008/114/ЕО са дефинирани само два сектора с ЕКИ – енергетика и транспорт, като се приема, че само при тях може да има отрицателно влияние на две или повече държави членки [3]. Интересно, е че след атаките в Мадрид 2004 на европейско ниво са включени във фокуса на защита на КИ терористични нападения [4]. Което само показва, че такава сложна система е динамична и има нужда от добре изготвени планове за оценка и намаляване на риска,

както и тези планове да са постоянно ревизирани, опреснявани и адаптирани към нови заплахи и последствия.

В чл.3 т.2 от Директива 2008/114/ЕО са упоменати трите междусекторни критерия, на която трябва да отговаря една потенциална ЕКИ (в допълнение на дефинициите за КИ и ЕКИ):

- Критерий на пострадалите – по отношение на човешките загуби и пострадали.
- Критерий на икономическите последици – материалните загуби, които могат да доведат до затруднение/влошаване на предлагане услуги и стоки от първа необходимост, както и въздействия на околната среда.
- Критерий на обществените последици – загуба на услуги и нарушение на ежедневния живот.

С дефинирането на двете понятия (КИ и ЕКИ) се поставя първите най-важни условия които една потенциална ЕКИ трябва да покрие, за да бъде включена в списъка на ЕКИ. Следващите условия, които трябва да се преминат са трите междусекторни критерия. Целият процес по установяване на КИ, които могат да бъда означени като европейски критични инфраструктури е определен в Приложение III съгласно чл. 3 от Директива 2008/114/ЕО и графично представен на Фигура 1.




***Фигура 1.*** *Процедура по установяване на ЕКИ.*

**Специфика на лунната инфраструктура и взаимодействие с инфраструктурата на Земята**

**Инфраструктура на Луната**

В тази част ще бъде направен преглед на научната литература, за да бъде определена потенциалната инфраструктура планирана да бъде изградена на Луната. Такъв преглед ще помогне да бъдат групирани основните типове обекти, които представляват интерес за научното общество и държавни/частни космически агенции, като съответните групи ще могат да бъдат причислени по сектори и да се приложи процедурата по установяване на ЕКИ според европейските директиви. Поради специфичността на разглеждания научен обект (Луната) не всички директиви и процедури могат да бъдат директно заимствани и приложени, следователно трябва да бъдат адаптирани за специфичните характеристики. Затова е важно първоначално да се разгледа действащите международни нормативи в направление открития космос и земния спътник.

**Договор за космическото пространство**

През 1967 под ръководството на ООН е договорен и подготвен „Договор за принципите на дейността на държавите по изследване и използване на космическото пространство, включително луната и другите небесни тела”, който разчертава основните принципи при изследването и експлоатирането на космоса, Луната и други небесни тела [5]. Проектодоговорът е внесен от Руската федерация, Обединено Кралство на Англия и Северна Ирландия, и Съединени Американски Щати, като към януари 2022, договорът е подписан и ратифициран от 111 държави [6].

Подписаният документ декларира, че всички дейности по използване и изследване на космическото пространство, Луната и други космически обекта се използват само за доброто и интереса на всички страни, както и не могат да бъдат обект на национално присвояване или окупиране. В чл. 4 е изрично упоменато, че „Луната и други небесни обекти ще бъдат използвани от участниците по Договора само за мирни цели” [5]. Продължавайки, Договорът разчертава и статута на всички астронавти в открития космос (чл. 5) като „пратеници на човечеството”, на които всички участници по Договора трябва да окажат всякаква помощ по време на инцидент, авария или аварийно кацане на територията на друга държава участник. Както, и по време на действия в открития космос и други небесни обекти астронавти трябва да окажат помощ на други астронавти. От гледна точка на станции, превозни средства и оборудване на Луната и други небесни тела, чл. 12 регламентира, че са отворени и достъпни за астронавти представители на държавите по Договора на принципа за реципрочност.

Вземайки предвид, че Договорът е подписан от 111 държави, включително и от държавите с най-развити космически програми (САЩ,

Китай, ЕКА) може да се направи извода, че по време на космически мисии в открития космос и на Луната, всички астронавти трябва бъдат третирани равноправно, като разделение по националност реално не е валидно. В този смисъл и от гледна точка на съпричастност и взаимопомощ, определенията за КИ и ЕКИ не могат да бъдат приложени директно, защото при тях се дефинира принадлежност на населението към нация и територия на Земята. Съответно, в случай на Луната или друго небесно тяло тази принадлежност не може да фигурира, а трябва всички обитатели на Луната да се разглеждат като засегнато население.

**Потенциална инфраструктура на Луната**

В последните години Луната е отново интересен обект за изследване от всички държавни и частни космически агенции и компании. Основната причина е за това е ролята, която земният спътник заема в развитието на космическите изследвания и пътувания – тя е неизменна стъпка за бъдещо развитие в космоса. Като най-близкото небесно тяло тя е най-лесната цел за постоянно човешко присъствие на друга планета. Освен за развитието като първи хабитат, тя може да приеме и ролята на междинна транспортна станция за по-дълбоки космически пътувания, например до Марс. Такъв пример е програмата Артемис [7] на НАСА, която си е поставила за цел да върне хора на спътника до 2028 г. За разлика от предните Аполо мисии, които са има за основна цел кацане и изследователска дейност, Артемис е в пъти поамбициозна и комплексно планирана. Една от първите стъпки е изграждането на орбитална станция наречена Gateway, която да се използва за междинна станция между спусканията до лунната повърхност. Следващите стъпки според плановете е установяването на базов лагер на повърхността с цел поддържането на дълги експлоатационни мисии. Това от своя страна води до многоаспектно планиране и развитие на технологии. За тази много амбициозна програма НАСА изготвя план с други публични и частни партньорства. Например, Канадската Космическа Агенция ще развива роботиката за Gateway станцията, ЕКА ще изследва и развива Международен Хабитат (IHab), средства за комуникация и внедряване на научни полезни товари, а JAXA ще подпомага животоподдържащи компоненти и логистика. Starship системите на Space X за многократни излитания и кацания на Super Heavy ракети също ще бъдат използвани. Nokia трябва да изгради първата LTE/4G комуникационна мрежа на повърхността на Луната [8]. В допълнение, NASA планира да изградят системи за навигация базирана на принципа на Global Positioning Systems (GPS). Основните модули на повърхностния базовия лагер включват средство за придвижване, подвижен модул за обитаване, постоянен модул за обитаване, енергийни системи и системи за

използване на ресурси на място (in-situ resource utilization systems ISRU). Според други планове [9], все още в процес на развитие, „тъмната" страна на луната е подходящо място за поставяне на телескопи за астрономически цели, поради минималното влияние на радио вълни.

От плана за развитие на Артемис мисията и от други изследователски работи още средата на 90-те години [10], както и по-нови трудове [11], [12] може да се разграничат пет основни инфраструктурни сектора, необходими за постоянна база на Луната, които да могат да подсигурят самоподдържащо се, устойчиво и постоянно (от няколко дена до няколко месеца) човешко присъствие:

1. *Енергийни системи* – подходящи системи, към момента, които се могат да се разположат и използват на лунната повърхност за производство на енергия се смятат фотоволтаични соларни панели, които са вече доказано средство за работа в открития космос (основен източник на енергия на повече изкуствени сателити обикалящи Земята). Като втори вариант се изследват ядрени реактори (заровени поне на 1 км от една база [13]), които да използва $He^3$ изотоп, който е повече разпространен на лунната повърхност от колкото на земната [14].

2. *Системи за комуникация и навигация* – всички тези системи, които ще поддържат непрекъсната връзка на лунната повърхност, както и нея с орбитални станции (например, Gateway) и Земята.

3. *Транспортни системи* – в тях се включват, както всички транспортни средства от затворен тип притежаващи системи за поддържане на условия за живот, така и тези за напускане на лунната повърхност и орбита.

4. *Животоподдържащи системи* – местообитания предразполагащи естествени среда за живот, включващи термални системи, въздушни системи, отпадъчни системи, както и всички модули ориентиране за прилагане на медицински грижи.

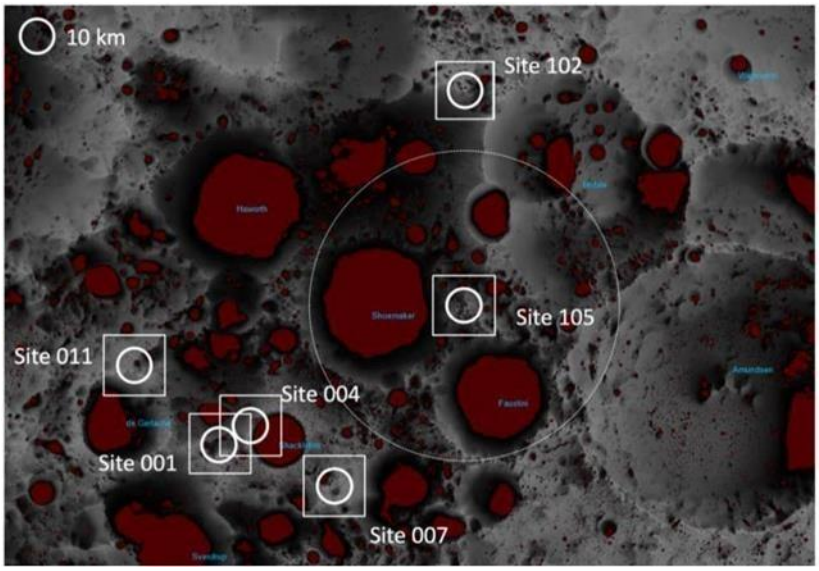
5. *Системи за използване на ресурси на място (ISRU)* – това е сектора, който може да се раздели на основни два подсектора изпълняващи главни роли в една устойчива инфраструктура и директно свързани с предишно изброените сектори.

Първият подсектор е свързан с животоподдържащия сектор. Чрез него ще се добива вода от ледовете в постоянно сенчестите кратери по полюсите на Луната, както и извличане на кислород от реголита. Второ става чрез „изпичане" на реголита заедно с водороден газ, който при нагряването отделя водни пари които могат да бъдат разделени на кислород и водород [15].

Вторият подсектор, е свързан с енергетиката и транспорта. Като се планира да се използва гориво добито от въглерод придобит от слънчевия вятър или от синтеза на $He^3$.

Интересно, е че всички тези инфраструктури поставят и косвено условия за локацията им. В плана за развитие на мисията Артемис е аргументиран и потенциалният район за развитие на мисията – в покрайнините на кратера Shackleton (Фигура 2), който се намира на южния лунен полюс.

Местоположението е подходящо по няколко причини – в непосредствена близост има кратери, в чиито кухини е постоянна сянка и има налични ледове. От друга страна, по билото на кратера Shackleton и в района около него е установено, че тези места са с почти постоянно осветени от слънцето. Така тази локация, едновременно спомагат за преодоляването на два проблема – добив на вода и слънчева енергия чрез поставяне на соларни панели по билото.




***Фигура 2*** *Потенциални локации за кацане на мисиите Артемис (източник: НАСА)*

**Заключение**

От дотук направените прегледи на литература и планове за развитие на лунни бази и нуждата от голям брой специално разработени инфраструктури може да се стигне до извода, че повечето изградени инфраструктури на Луната, а и на друго небесно тяло, могат да бъдат дефинирани като критична инфраструктура, поне тези които са част от предходно изброените пет сектора. Всяка една от може да доведе до застрашаване здравето и живота на обитаващото население, в случаи

когато не могат да бъдат изпълнени техните функционални характеристики.

Както за всяка една КИ на Земята има предвидени мероприятия и изследване за смекчаване на риска от различни опасности, породени от човек или естествени, така трябва да се изработи и за специфична критична инфраструктура (СКИ) на други небесни тела.

**Литература:**

1. Закон за защита при бедствия, https://www.lex.bg/laws/ldoc/2135540282 (accessed Feb. 27, 2022).

2. Наредба за реда, начина и компетентните органи за установяване на критичните инфраструктури и обектите им и оценка на риска за тях, https://www.lex.bg/index.php/mobile/ldoc/2135816878 (accessed Feb. 27, 2022).

3. Директива 2008/114/ео на съвета от 8 декември 2008 година относно установяването и означаването на европейски критични инфраструктури и оценката на необходимостта от подобряване на тяхната защита

4. Т. Гечкова, Европейска критична инфраструктура – анализ на нормативната база, in Европа през 21 век: Регионалната сигурност и необходимите реформи в Европейския съюз., pp. 199–203.

5. Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies, 1966. https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introouterspacetreaty.html (accessed Feb. 27, 2022).

6. UNODA Treaties, https://treaties.unoda.org/t/outer_space (accessed Feb. 27, 2022).

7. NASA: Artemis, *NASA*, 2020. https://www.nasa.gov/specials/artemis/index.html (accessed Feb. 27, 2022).

8. Nokia selected by NASA to build first ever cellular network on the Moon, *Nokia*, 2022. https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2020/10/19/nokia-selected-by-nasa-to-build-firstever-cellular-network-on-the-moon/ (accessed Feb. 27, 2022).

9. C. Heinicke and B. Foing, Human habitats: prospects for infrastructure supporting astronomy from the Moon, Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, vol. 379, no. 2188, p. 20190568, Jan. 2021, doi: 10.1098/rsta.2019.0568.

10. W. Z. Sadeh and M. E. Criswell, Infrastructure for a lunar base, *Advances in Space Research*, vol. 18, no. 11, pp. 139–148, Jan. 1996, doi: 10.1016/0273-1177(96)00102-0.

11. M. Isachenkov, S. Chugunov, I. Akhatov, and I. Shishkovsky, Regolith-based additive manufacturing for sustainable development of lunar infrastructure – An overview, Acta Astronautica, vol. 180, pp. 650–678, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.actaastro.2021.01.005.

12. A. Zuniga, H. Modi, A. Kaluthantrige, and H. Vertadier, building an economical and sustainable lunar infrastructure to enable human lunar missions, th International Astronautical Congress, p. 15.

13. D. Bodkin, P. Escalera, and K. Bocam, A Human Lunar Surface Base and Infrastructure Solution, presented at the Space 2006, San Jose, California, Sep. 2006. doi: 10.2514/6.2006-7336.

14. E. Mas Sanz, Origin and minearology of Lunar meteorites. A study for lunar mining and resources exploitation, Jun. 2020, Accessed: Jan. 12, 2022. [Online]. Available: https://upcommons.upc.edu/handle/2117/330601

15. A. A. Crawford, Lunar resources: A review, Progress in Physical Geography: Earth and Environment, vol. 39, no. 2, pp. 137–167, Apr. 2015, doi: 10.1177/0309133314567585.

***Адрес за кореспонденция:***
*1. Инж. Васил Силвиев Йорданов,*
*НВУ „Васил Левски", Политехника Милано, Италия,*
*E-mail: vasil.s.yordanov@gmail.com*
*2. Доц. д-р инж. Николай Долчинков*
*НВУ „Васил Левски", МЕИ Москва, Русия,*
*E-mail: n_dolchinkov@abv.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.63.11.018**

# ОБИКНОВЕННИ МЕТЕОРИТНИ КРАТЕРИ: САМО СИМЕТРИЧНИ ВИСОЧИННИ ПРОФИЛИ ЛИ СЕ НАМИРАТ В ТЯХ? АНАЛИЗ НА НАБЛЮДАВАНИТЕ ФОРМИ В КРАТЕРИ С ДИАМЕТРИ МЕЖДУ 10 И 20 КМ

**Васил Йорданов**

# SIMPLE IMPACT CRATERS: ARE THEY EXHIBITING ONLY SYMMETRIC ELEVATION PROFILES? ANALYSIS OF THE DETECTED SHAPES IN CRATERS WITH DIAMETER BETWEEN 10 AND 20 KM

**Vasil Yordanov**

***Abstract**: Usually, scholars are determining three main classes of impact craters: simple, complex, and meteoric basins, where the main differences are in the crater size but also the geomorphological features. It is assumed that in most of the cases simple craters are exhibiting simple bowl shape of the cavity unless modified by external factors, e.g. landslides. More complex features are notable when the crater size is becoming bigger. However, upon investigation, more complicated and asymmetric shapes were noted to be present in already categorized simple craters. In this work is proposed a general subdivision classification of the simple craters based on their elevation profile shapes.*

***Key words**: asteroids, craters, infrastructure, Moon, surface*

## 1. Въведение

Като планета от тип „земна" с обособена повърхност, Луната също е повлияна от различни геоложки и повърхностни процеси. Геоложките процеси, като тектоника, вулканизъм, метеоритни удари и изменения, причинени от ерозия [1], също моделират геоложкия и стратиграфския вид на Луната. Тези процеси зависят от планетарната сложност, която е свързана с размера на планетата. Те могат да действат като задействащи фактори за свлачища на Земята и други земни планети.

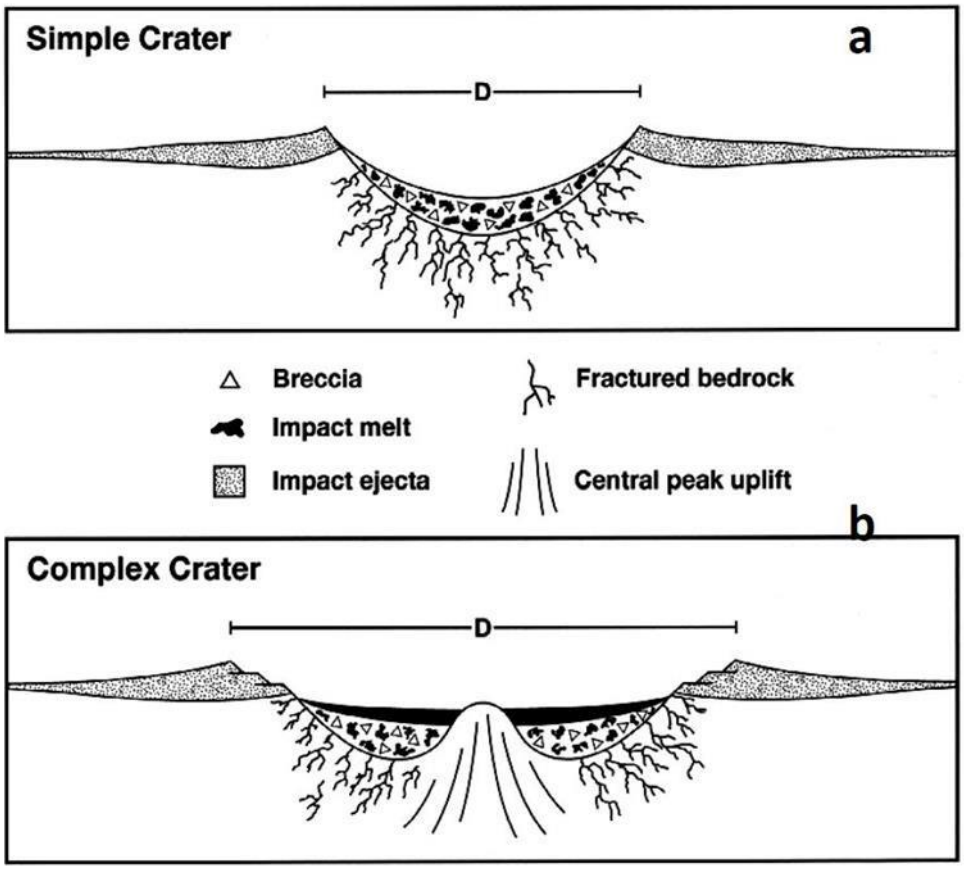
Луната може да бъде категоризирана като обикновена реологична структура с опростена литосферна обвивка. Тектоничните дейности се отнасят до деформацията на скалите на литосферата чрез външни или

вътрешни сили. Обвивката на планетите от тип „цяла плоча" предава напрежения от една част на повърхността към друга. Тези сили могат да произведат широк спектър от видими деформационни характеристики, като например дефекти, гънки, парчета и ръбове. Анализът на тези характеристики може да разкрие характера на напрежението, който е действал върху литосферата на планетата. В зависимост от големината на напрежението и естеството на материала под напрежение деформацията може да се осъществи чрез постепенна деформация или чрез рязка повреда.

**2. Метеоритни кратери**

Процесите на удар от обекти като метеорити, пътуващи със скорост около 15-20 км/сек, в планетната повърхност, са свързани с последователност от събития, които водят до появата на кратери [1]. Най-общо, крайният резултат от сблъска на метеорит с планетна повърхност, оставя „белег" върху планетната обвивка [2]. Тези кратери могат да се разглеждат най-общо като вдлъбнати с кръгла форма (може и с елипсовидна, но сблъсък трябва да е по 10°), но те могат и да се различават по основни характеристики – диаметър на кратера (разстоянието от бѝло до бѝло), дълбочина, присъствие на терасовидни стени или централно възвишение [1]. Най-общо по тези морфологични характеристики може да се разграничат три основни типа кратери – обикновени, сложни и многорингови полета [1]. Основната разлика между тях е в диаметъра и наличието на теренни особености. Кратерите от тип „обикновен" достигат до големина на диаметъра до около 20 км. Типичната форма при недеформиран кратер може да се оприличи на купа. Напречно сечение на такъв куполообразен кратер може да се види на Фигура 1, типично е и симетричността на напречно сечение, която се изявява при такъв непроменен кратер. В случаи, когато напречните сечения са деформирани може да се говори и за присъствие на свлачище в кратерната кухина [3].

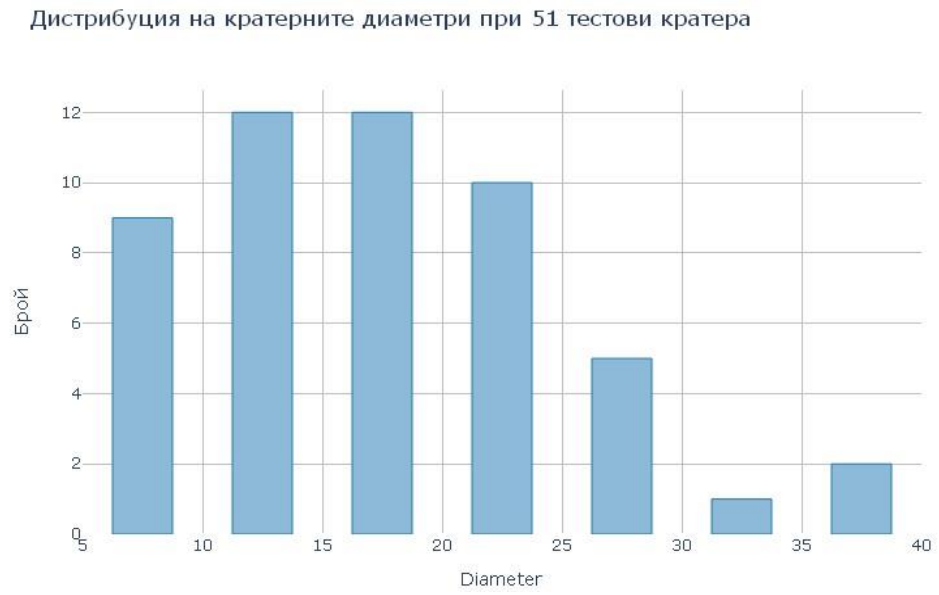
От друга страна сложните кратери са присъщо по-големи в диаметър и дълбочина. Типичното при тях е, че кратерните стени се срутва почти веднага след образуване и изявяват типични терасовидни форми. В някои случаи може да се образува възвишение в центъра на кратера (Фигура 1). Многоринговите полета обикновено се разпростират на диаметри от стотици до хиляди километра в диаметър и са вследствие на няколко различни сблъсъка, които са се получили в един район, но обикновено с различна големина.




***Фигура 1**. Структура на а) обикновен и б) сложен кратер (Източник: NASA)*

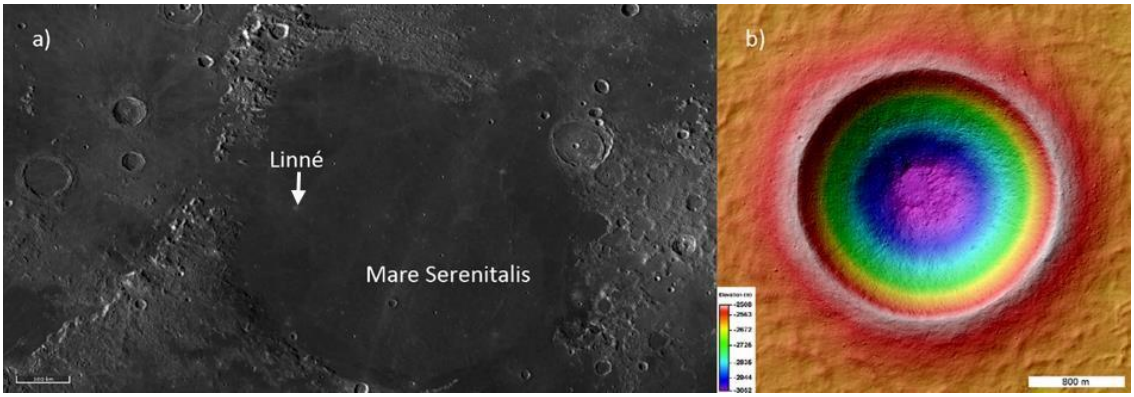
### 3. Теоретични кратерни казуси от тип „обикновени"

В началния период на тази работа бяха анализирани общо 51 кратера от тип „обикновени". Диаметърът им варира от 2 км до 50 км (Фигура 2). Разположението на кратерите е различно - обхваща разнообразни терени на Луната (планини, мария). Някои от кратерите са заимствани от проучването, извършено от Брунети [4], за да бъдат използвани за валидиране на методика за засичане на свлачища в кратерни кухини. Както бе споменато по-горе, само обикновени типове кратери са избрани поради тяхната проста структура и форма, докато сложните такива се нуждаят от модифициран подход.



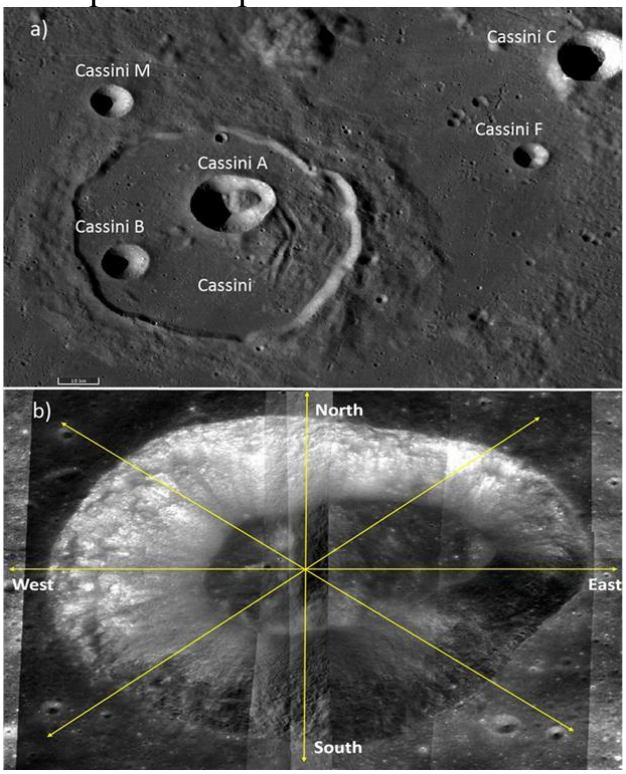

***Фигура 2.*** *Дистрибуция на кратерните диаметри при 51 тестови кратера*

По-долу ще бъдат разгледани два примера на кратери от тип обикновени. *Linné* – малък лунен кратер, намиращ се в Маре Серенитиас (27.73° N, 11.79° E). С диаметър 2.23 км и дълбочина 0.6 км се счита за изключително нов, добре запазен и наистина добър пример за обикновения тип кратери. При тази работа перфектната му форма се използва за сравнение, тъй като не се наблюдават свлачищни процеси (Фигура 3). Първоначалните предположения за формата на кратера са, че е с проста куполовидна форма, но с последните изследвания ([5]) и DEM, получени от LROC NAC, наличието на плосък под е извлечено от сенките, което предполага форма на пресечен конус. В допълнение, склонът на стената е постоянен с 32.7°.




***Фигура 3.*** *a) Mare Serenitalis и местоположението на кратера Linné; б) Оцветен релеф на кратера Linné, получен от LROC NAC Източници: NASA/Goddard Space Flight Center/Arizona State University*

*Cassini A* – Cassini A (50.5° N, 4.8° E) е кратер, разположен в Palus Nebularum, в източната част на Mare Imbrium. Принадлежи към семейство от 15 кратера (Фигура 4a), всички имащи името на Касини, но се отличават с различни букви. Cassini A, чийто диаметър е приблизително 15 километра, се намира в по-големия кратер Касини (със среден диаметър 57 километра). Вътрешният участък на кратера Касини е изпълнен с лава, която създава равна повърхност и по-късно е бомбардирана от други метеорити. Процедурата за апроксимиране на кратера чрез Чебишев също бе приложена върху Cassini A. Изборът бе направен поради специфичната форма на Cassini A, която е видима на Фигура 4б. Голяма повреда на склона се намира в източния лоб на кратера, което води до удължаване на оригиналната кръгла форма след удара. Това свлачище на склона може лесно да се открие с визуална интерпретация [4]. От друга страна, ако профилът в посока запад-изток преминава през тялото на свлачище, напречното сечение Юг-Север е много по-малко променено. Следователно, Cassini A също така позволява сравнението между профилите на напречното сечение със и без свлачища, което води кратера до перфектен казус за доказване на алгоритми за разпознаване и анализ на свлачища.



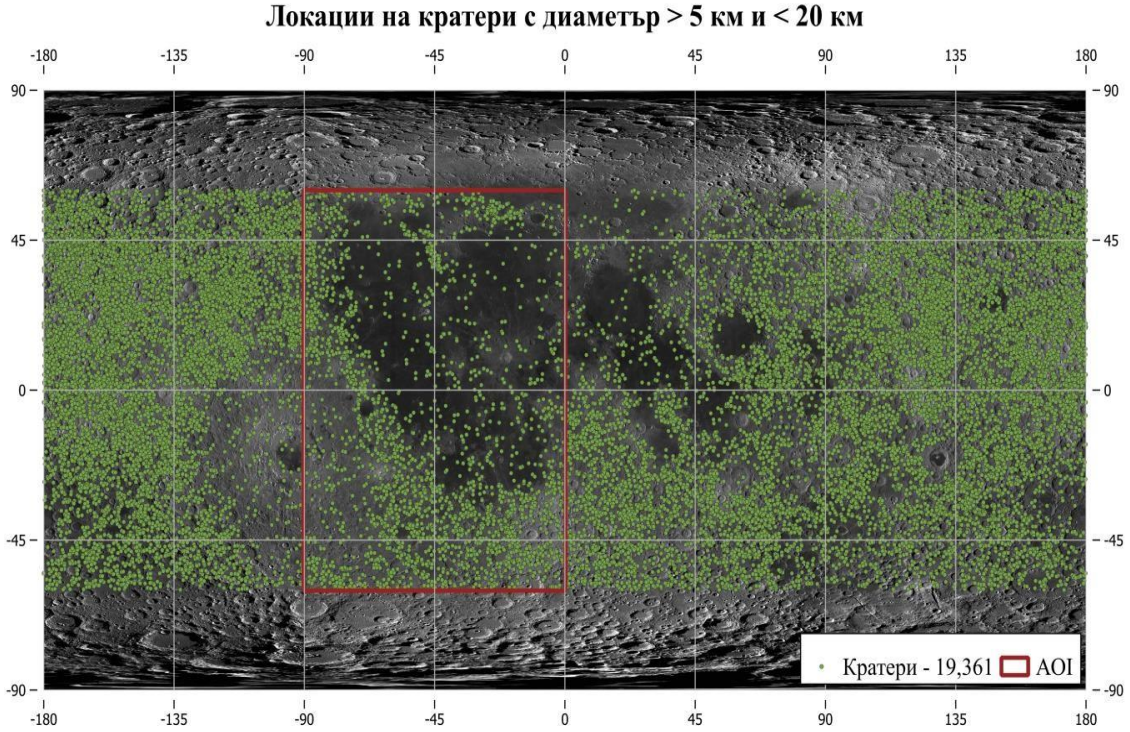

***Фигура 4.*** *a) Мозайка получена от LROC-WAC показваща кратерното семейство Cassini; b) Мозайка получена от LROC-WAC показваща кратера Cassini A; жълтите линии показват позициите на напречните сечения необходими за анализа чрез полиномите на Чебишев. Изт.: NASA/GSFC*

Най-общо и двата кратера Linné и Cassini A са теоретични куполовидни кратери, в които би трябвало да се наблюдава симетрична форма на височинния профил извлечен в различни посоки. Докато това е вярно за Linné същото не може да се наблюдава в случая на Cassini A в три от четирите височинни профила (без в посока Север-Юг). Както бе спомената по-рано причината е срутване на източна кратерна стена. Във всичките 51 кратера (204 профила) бяха наблюдавани само тези два типа профила – симетричен и асиметричен поради срутване.

Но при разширено изследване и анализиране на повече казуси бяха забелязани други различни височинни профили.

**4. Разширени кратерни казуси**

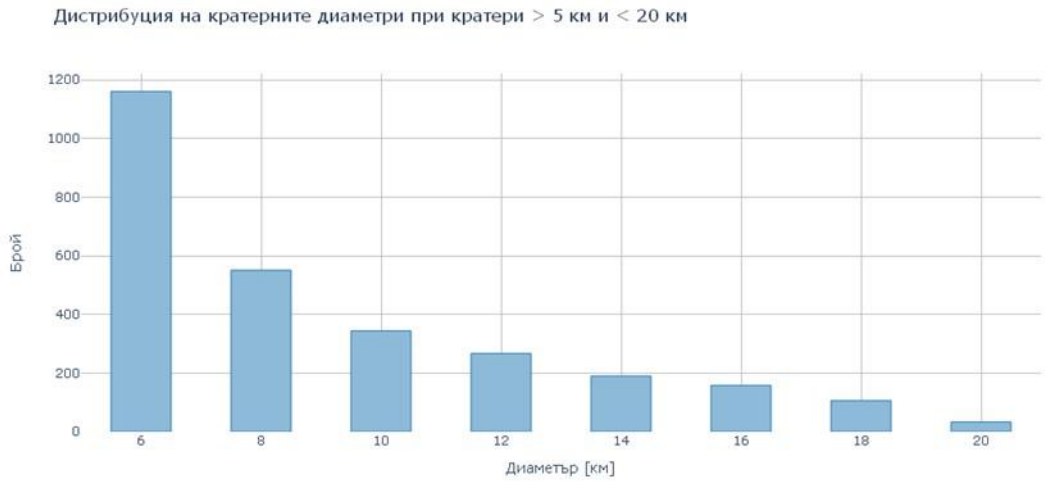
За да се разшири набора от данни с кратерни форми, които на теория трябва да попадат в класификацията като „обикновени” кратерни форми бяха използвани векторните пространствени форми от НАСА, които съдържат местонахожденията на кратери с размери между 5 и 20 км в диаметър (Фигура 5).




***Фигура 5.*** *Разположение на кратери с диаметър между 5 и 20 км*

Регионът с относително най-ниска гъстота бе определен от 0° до 90° E източна дължина (червеният регион) и това беше определено като район на интерес, който да бъде използван в тази разработка, но беше въведено допълнително условие и кратерите бяха филтрирани с 10 км < D < 20 км,

което доведе до 895, като тяхната дистрибуция може да се види на Фигура 6.

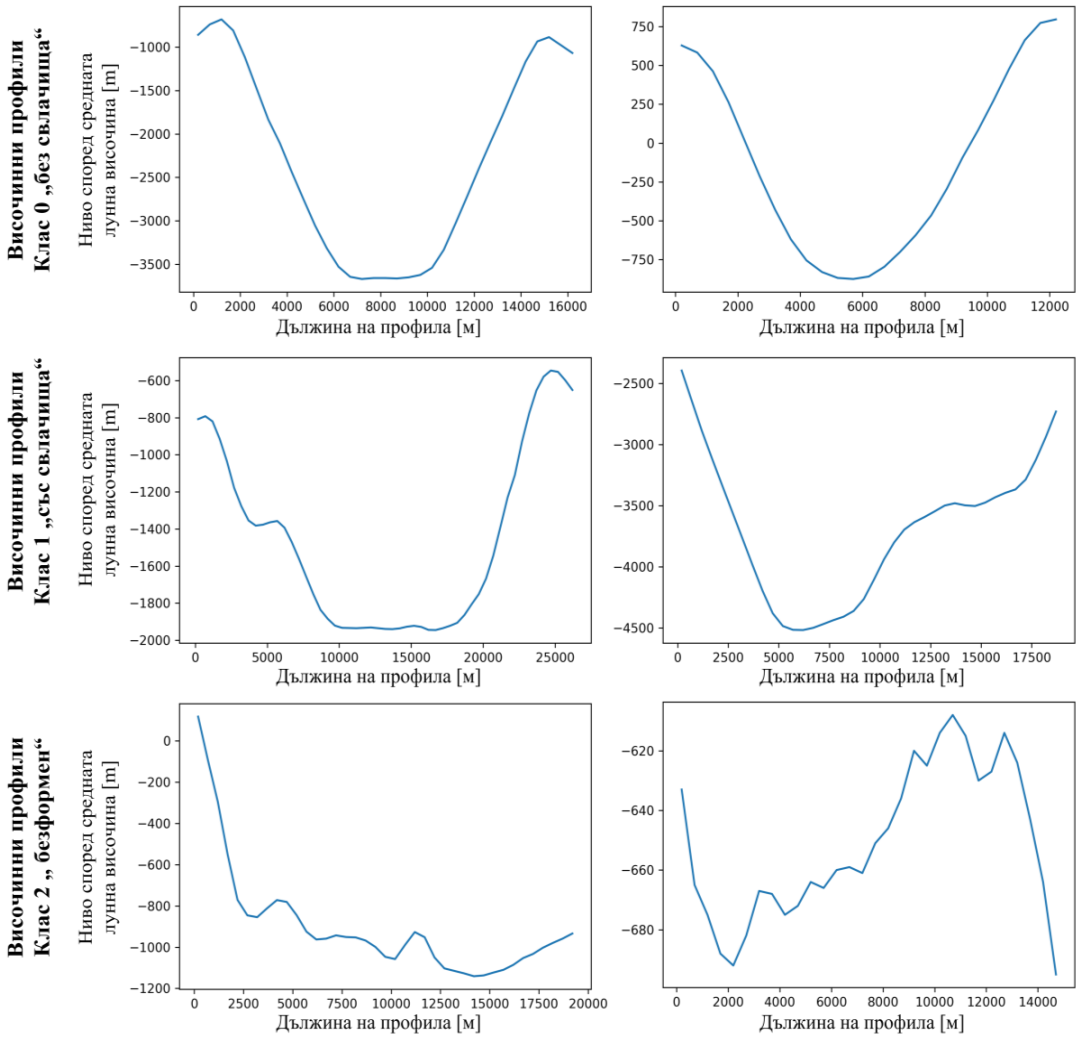



***Фигура 6.*** *Дистрибуция на диаметрите при кратери >5 км и < 20км (0° – 90°)*

Фокусирайки само в избраният район бяха използвани 895 кратера, като за всеки кратер бяха извлечени височинни профили през 10° един от друг използвайки дигитален модел на терена WACGLD100, крайният брой извлечени профили е 15,215.

Изначално бе планирано да се определят принадлежността на височинните профили само към два класа на ВП – „със свлачище" и такива „без" (Фигура 7). Но след по-подробно проучване се установи, че може да се включи най-малко още един клас височинни профили – „деформиран" (Фигура 7). „Деформираният" клас е всъщност най-общо категоризиране на останалите типове профили, които бяха наблюдавани. В повечето случаи се наблюдават крайно деградирали кратерни форми, поради различни ерозивни процеси; силно деформирани профили, които не наподобяват височинни профили на кратери или такива, които са образувани на стръмни терени, което реално не позволява наличието на симетрична форма.

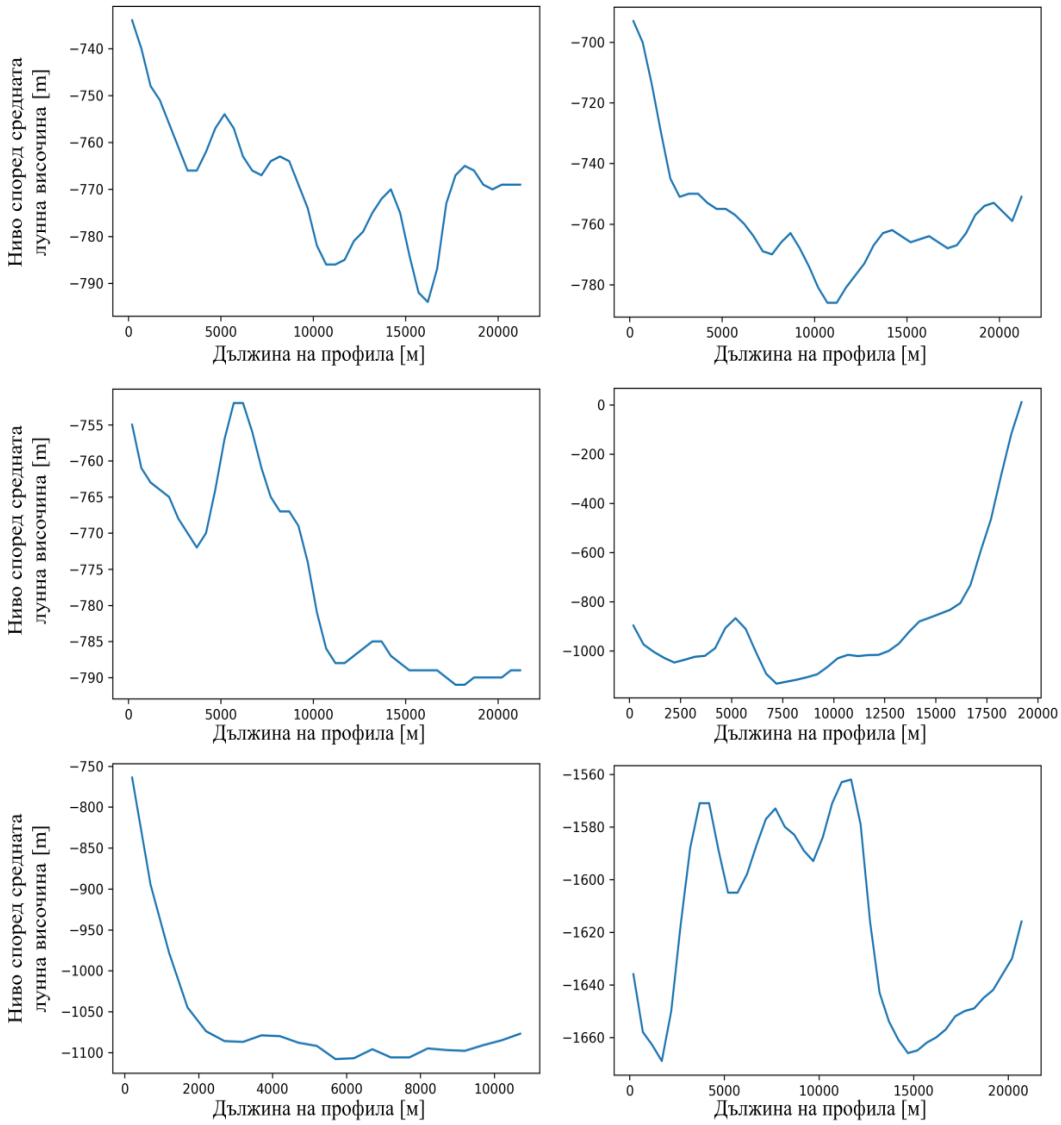
След извличането на финалния брой профили за всяка група, бе направено ръчно валидиране и класифициране на тези профили, за да бъдат определени към някой клас. За този процес бе използвано приложението PyQt Image Annotation, в което потребителя ръчно определя класа на всеки един казус. В този случай бяха използвани предварително получените изображения на ВП и ръчно беше определена тяхната принадлежност към някой от класовете (свлачище, без свлачище или деформиран).




***Фигура 7.*** *Примери на трите класа височинни профили*

В следващата Фигура 8 са дадени повече екземпляри от клас „деформирани”, от които ясно вижда липсата на симетрични профили типични за „обикновени” кратери, а изразените елементи на тези кратери не наподобяват даже и тези присъщи за „сложни” кратери, например терасирани стени или централни възвишения. Напротив, от разгледаните височинни профили и сателитни изображения може да се стигне до извода, че тези форми са получени поради различни фактори. Такива могат да бъдат силните ерозионни процеси, които влияят на лунната повърхност; вторични метеоритни сблъсъци във вече налични по-големи кратери; метеоритни сблъсъци в близост до кратерите, които с образуваната при сблъсъка енергия модифицират околните терени. Също така не бива да се пропуска опцията за неправилно идентифицирани кратерни форми при

изготвянето на векторната база данни, за която са използвани автоматични методики.




***Фигура 8.*** *Примери на височинни профили от тип „деформиран”*

## 5. Заключение

Теоретичните модели за типовете метеоритни кратери в най-общо линии са фокусирани до кратерната форма като резултат от сблъсъка и последващите модифициращи процеси. Тези класификации определят три основни типа кратери – обикновени, сложни и многорингови полета. Първите, се изразяват в приблизително перфектна форма (куполовидна), докато при „сложните” се наблюдават различни морфологични елементи (терасирани стени, централни възвишение и т.н.). За това и когато се

разглеждат височинните профили на кратери се очакват симетрични или асиметрични профили. В една част от случаите асиметрични профили се дължат на свлачищни процеси, които са нарушили началната форма. В този труд бяха извлечени височинните профили на 895 лунни кратера и техните профили бяха изследвани. Установи се, че може да се определи още един клас профили освен а/симетричните – деформиран. Това са профили на кратери, които са силно деформирани под влиянието на различни процеси и в техните профили почти не присъстват симетрични елементи, в някои случаи също е трудно да се определят и кратерните елементи като билата. По-задълбочено класифициране на височинните профили за подкласове на „деформирани” би изисквало много екземпляри и специфична характеристика, по която биха могли да се допълнително определят кратерите.

**Литература:**

1. H. J. Melosh, Planetary Surface Processes. 2011. doi: 10.1017/cbo9780511977848.

2. R. J. Pike, Formation of complex impact craters: Evidence from Mars and other planets, Icarus, vol. 43, no. 1, pp. 1–19, 1980.

3. M. Scaioni et al., Recognition of landslides in lunar impact craters, European Journal of Remote Sensing, vol. 51, no. 1, pp. 47–61, 2018, doi: 10.1080/22797254.2017.1401908.

4. M. T. Brunetti, Z. Xiao, G. Komatsu, S. Peruccacci, and F. Guzzetti, Large rock slides in impact craters on the Moon and Mercury, Icarus, 2015, doi: 10.1016/j.icarus.2015.07.014.

5. M. S. Robinson, J. Frawley, T. Tran, E. Mazarico, and G. Neumann, Linne: simple lunar mare crater geometry from lro observations: J. B. Garvin1, p. 2, 2011.

***Адрес за кореспонденция:***
*Инж. Васил Силвиев Йорданов,*
*НВУ „Васил Левски”, Велико Търново, България, Политехника Милано, Италия,*
*E-mail: vasil.s.yordanov@gmail.com*

**DOI: 10.34660/INF.2023.53.20.019**

# АСТЕРОИДИТЕ 2008 AG33 И 2006 JF42

**Радина Бодурова**

# ASTEROIDS 2008 AG33 AND 2006 JF42

**Radina Bodurova**

***Abstract:*** *Asteroids often pass by the Earth, but some are different from others. What sets them apart the most is the proximity to which they pass our planet. The asteroids, named 2008 AG33 and 2006 JF42, differ in size, speed, and orbital elements, but are united by the fact that they both intersect Earth's orbit. Both asteroids are being studied by NASA and according to the way they move, they pass dangerously close to Earth.*

***Key words****: asteroids, Earth, 2008 AG33, 2006 JF42, close.*

## 1. Въведение

От векове човечеството се занимава с изследване на астрономически тела като звезди, планети, спътници, но тези от тях, които могат да нанесат най-сериозни последица както на Земята, така и на другите планети са астероидите. Те могат да бъдат разделени по различни категории, на пример – големина, тегло, скорост, орбитални елементи. От всички категории, на които могат да бъдат разделени, една се отличава най-много и тя е от на-значимите, а именно близостта, на която се намират от нашата планета.

Тази характеристика на астероидите е от съществена значение, защото при евентуален сблъсък на двете небесни тели ще последват редица загуби, поражения и затруднения на човечеството. В зависимост от размера и скоростта, с която се движи астероида, последствията могат да бъдат и катастрофални.

В отговор на тази заплаха човечеството разработва планове и начини за отклоняване на астероиди от тяхната орбита и предотвратяване на евентуален сблъсък със Земята.

## 2.Астероид

Терминът астероид, значещ „подобен на звезда" идва от гръцкия език (астер – звезда и едиос – форма, вид) и представлява неголеми

планетоподобни тела на орбита около Слънцето. Астероидите, поради малкия си размер и големия брой спрямо основните планети, се смятат още за малки планети или планетоиди. За разлика от всички други открити планети, чиито диск е видим, астероидите са точкови обекти, приличащи на звезди. Още една характерна тяхна черта е, че те са съставени предимно от скали и метали за разлика от кометите.

За повечето астероиди се смята, че са останки от протопланетарния диск преди 4,5 милиарда години, от който са формирани планетите, но не са погълнати от тях или изхвърлени извън Слънчевата система. Някои астероиди имат собствени спътници. Астероидите могат да достигнат почти безпрепятствено до земната повърхност за разлика от метеоритите, които сублимират или експлодират при навлизането си в земната атмосфера.

Най-големият астероид – Церер, има размери 970 х 930 км. Те имат най-различни размери, като най-малките не се отличават от прашинка. Предполага се, че са преброени около половин милион астероида с диаметър повече от половин километър. Все пак, общата маса на всички тях не надвишава една хилядна масата на Земята. По-голяма част от орбитите на астероидите са концентрирани в астероидния пояс между Марс и Юпитер. Съществуват и други групи по-близо до Слънцето като групата на Амур, Аполон и Атина, както и по-отдалечени от тип центаври. По орбитата на Юпитер се намират т.нар. троянци.

**3.Близкоземни астрономически обекти и Потенциално опасни обекти**

Близкоземни астрономически обекти са всички тела от Слънчевата тема (астероид, комета, метеороид) което преминава в диапазона между 0,983 до 1,3 а.е. от Слънцето. Надхвърлянето на долната граница се отнася до астероиди, вътрешни на земната орбита. Преминаването под горната граница се отнася за тела, външни на земната орбита. Това не означава, че споменатите тела винаги са близко до Земята, тъй като много от тях пресичат орбитите на Венера, Марс, Астероидния пояс и някои достигат дори до орбитата на Юпитер.

Ако орбитата на тялото пресича орбитата на Земята (средно 1 а.е.) и ако е с размер по-голям от 100 – 150 m, то се причислява към групата на Потенциално опасните обекти.

Това са всички близкоземни обекти, които в даден момент могат да се приближат близо до Земята и които са достатъчно големи да предизвикат значително регионално унищожение в случай на сблъсък. Дефинират се като обекти, пресичащи земната орбита на разстояние по-малко от 0,05 а.е. (19,5 разстояния до Луната) и чиято абсолютна звездна

величина е 22 или по-ярка (което при средно албедо 0,14 предполага, че имат размер 140 m и повече). Над 98% от познатите към момента потенциално опасни обекти не представляват опасност в близките 100 години.

**4.Орбитални елементи**

Орбиталните елементи дават възможност за наблюдаване и следване на даден обект във всеки един момент от времето. Точно пресметнатите орбитални елементи позволяват да бъде направена точна ефемерида (таблица с координатите на обекта). Правилната ефемерида ще покаже точното положение на обекта в небесното пространство, което ще позволи той да бъде наблюдаван с телескопи.

Орбиталните елементи, определящи положението на един астероид в Слънчевата система, са:

- **Дължина на голямата полуос на елипсата – a.** Дава се в астрономически единици *au* (1 au = 149 597 870 км).
- **Перихелийно разстояние - q**. Това е разстоянието от Слънцето до най-близката до него (астероида) точка от кометната орбита *p*, наречена перихелий.
- **Ексцентрицитет на орбитата – e.** Това е параметър, описващ вида на орбитата. Ексцентрицитетът е разстоянието от центъра на елипсата до Слънцето, разделено на голямата полуос на елипсата.
- **Наклон на орбитата – i**. Това е наклонът на равнината на кометната орбита спрямо равнината на земната (еклиптичната) равнина. Дава се в градуси.
- **Дължина на възходящия възел – node;** Това е ъгълът между линията, съединяваща Слънцето с възходящия възел и линията, съединяваща Слънцето с перихелийната точка *p* от орбитата на астероида. Този ъгъл се отчита от възходящия възел, по посока на движението на астероида.
- **Аргумент на перихелия – peri.** Описва ориентацията на орбитата на небесното тяло в собствената ѝ равнина. Ъгълът лежи в равнината на орбитата на тялото.
- **Период на обикаляне на тялото около Слънцето – P.** Дава се в години. Точният момент, в който кометата или астероидът преминава през перихелия си, т.е. през точката p.
- **M – аномалия –** мястото на астероида в определен период от време.
- **Q – разстоянието между астероида и Слънцето** в най-отдалечената точка от орбитата му – афелия.

**5. Класификация на близкоземните астероиди**

Аполони (най-голямата група): a > 1 AU; q < 1.017 (т.е. пресичат отвън афелия на Земята). Наречени са по името на първия открит астероид 1862 Аполон (открит 1937 г.), който е с перихелий q = 0,65, афелий Q = 2,293, ексцентрицитет e = 0,56 и голяма полуос a = 1,47 а.е. Най-големият астероид от аполоните е 1866 Сизиф с диаметър около 7,0 – 8,5 km (q = 0,875, афелий Q = 2,91, ексцентрицитет e = 0,539 и голяма полуос a = 1,89 а.е.).

Атени: астероиди, вътрешни на земната орбита, с характеристики a < 1 AU; Q > 0,983, т.е голямата им полуос е по-малка от 1 а.е., което е средната величина на разстоянието на земната орбита около Слънцето, и при своя афелий пресичат перихелия на Земята. По този начин орбитите им почти изцяло са между Слънцето и Земята. Тази група е наречена по първия такъв открит астероид 2062 Атен (1976 г.) с перихелий q = 0,79, афелий Q = 1,434, ексцентрицитет e = 0,183 и голяма полуос a = 0,97 а.е.

Атири: наричани също апохели, са астероиди, чиито орбити са изцяло вътрешни спрямо орбитата на Земята, т.е. техният афелий винаги е по-близо до Слънцето от перихелия на Земята. Наречени са по първия открит астероид с такива параметри 163693 Атира, който е двоен астероид, въртящ се около общ барицентър, с размери съответно 4,8 и 1,0 km и параметри q = 0,5; Q = 0,98, e = 0,32; a = 0,74 а.е. Поради малките им размери и трудности при наблюдението, към 2020 г. са открити само 20 такива астероида – могат да се уловят за кратко ниско над хоризонта при изгрев или залез слънце.

Амури: това са астероиди, които никога не пресичат земната орбита, т.е. те са изцяло външни спрямо Земята. Общите им орбитални параметри са: голямата им полуос a > 1 а.е., орбиталният им период е повече от една година, в перихелия си не пресичат земния афелий, но са причислени към близкоземните астероиди, защото перихелият им е 1,017 < q < 1,3 а.е. Групата носи името на първия открит астероид 1221 Амур (q = 1,08 AU, Q = 2,75 AU, a = 1,92 AU, e = 0,44 и диаметър около 1 km).

**6. Астероид 2008 AG33**

Астероидът 2008 AG33 е открит на 12 януари 2008 от учени в обсерваторията Mt. Lemmon SkyCenter в Аризона. Той принадлежи на основния астероиден пояс, който се намира между Марс и Юпитер.

Астероидът премина покрай Земята в 22:46 ч. на 28.04.2022г. и се приближи до планетата на 3,2 милиона километрам (повече от 8 пъти разстоянието до Луната), което го причислява към Потенциално опасените обекти за нашата планета. Когато навлезе в орбитата на Земята и доближи

най-близката си точка, метеоритът се движеше със скорост 23 300 благи в час (37 497 км), или към 30 пъти по-висока от скоростта на звука.

Орбиталните елементи на астероида **2008 AG33** са представени на Фигура 1.

Osculating Orbital Elements

Epoch 2459600.5 (2022-Jan-21.0) TDB
Reference: JPL 41 (heliocentric IAU76/J2000 ecliptic)

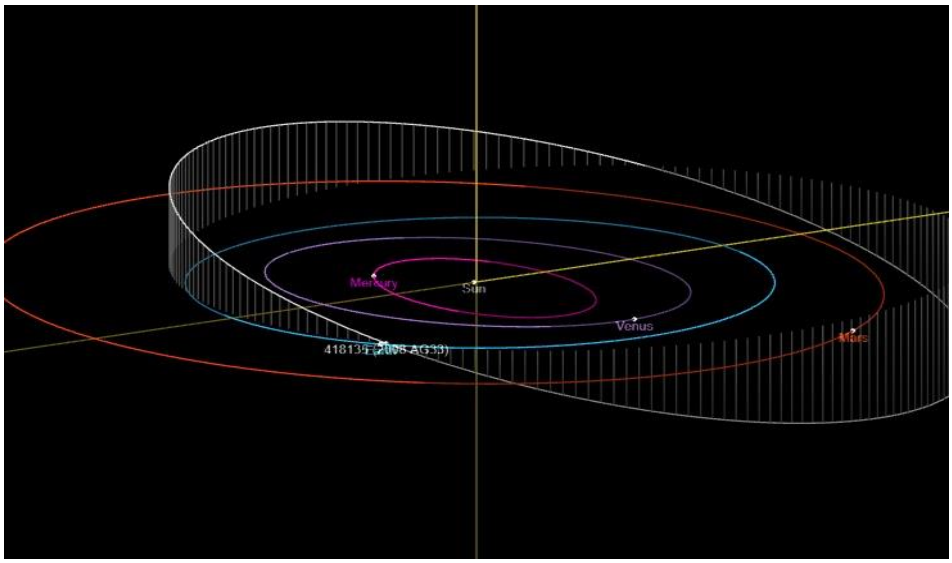
| Element | Value | Uncertainty (1-sigma) | Units |
|---|---|---|---|
| e | 0.337472130566519 | 3.012E-8 | |
| a | 1.460682322764414 | 7.0181E-9 | au |
| q | 0.9677427472202558 | 4.3275E-8 | au |
| i | 16.00086171813878 | 8.387E-6 | deg |
| node | 38.32922528356858 | 1.2655E-5 | deg |
| peri | 155.6191238943786 | 2.0529E-5 | deg |
| M | 317.3110794965746 | 6.574E-6 | deg |
| tp | 2459676.961842498871<br>2022-Apr-07.46184250 | 1.1665E-5 | TDB |
| period | 644.8104795103677<br>1.765394878878488 | 4.6471E-6<br>1.2723e-8 | d<br>y |
| n | 0.5583035813458916 | 4.0237E-9 | deg/d |
| Q | 1.953621898308573 | 9.3865E-9 | au |

Miscellaneous Details

| | |
|---|---|
| solution date | 2022-Apr-27 14:19:26 |
| # obs. used (total) | 135 |
| # delay obs. used | 2 |
| # Doppler obs. used | 1 |
| data-arc span | 6783 days (18.57 years) |
| first obs. used | 2003-09-27 |
| last obs. used | 2022-04-23 |
| planetary ephem. | DE441 |
| SB-pert. ephem. | SB441-N16 |
| condition code | 0 |
| norm. resid. RMS | .38081 |
| source | JPL |
| producer | Giorgini |
| Earth MOID | .0154161 au |
| Jupiter MOID | 3.00987 au |
| T_jup | 4.521 |

***Фигура 1.*** *Орбитални елементи на астероида* **2008 AG33** *(image: Solar System Dynamics, NASA Jet Propulsion Laboratory).*

Орбиталната диаграма на астероида **2008 AG33** е представена на Фигура 2.




***Фигура 2.*** *Орбита на астероида* ***2008 AG33*** *за 23h00min UTC, 2022-04-28 (image: Solar System Dynamics, NASA Jet Propulsion Laboratory).*

Предишното му минаване според НАСА е било на 1 март 2015 година, а следващото преминаване се очаква да е 2029 г. и така ще се случва на всеки 7 години.

**7.Астероид 2006 JF42**

Астероидът 2006 JF42 е открит на 11 май 2006г. от CSS, Калифорния. Също принадлежи на основния астероиден пояс, който се намира между Марс и Юпитер.

Очаква се астероидът да се приближи до Земята на 09.05.2022г. Той също се смята за потенциално опасен, заради своите големи размери, които варират от 380 до 860 м. и скоростта, с която се движи - 40 600 км/ч.(17 пъти по-бърз от изтребител). Разстоянието, на което ще се намира от Земята се равнява на 3,5 милиона километра.

Орбиталните елементи на астероида **2006 JF42** са представени на Фигура 3.

Osculating Orbital Elements

Epoch 2459600.5 (2022-Jan-21.0) TDB
Reference: JPL 49 (heliocentric IAU76/J2000 ecliptic)

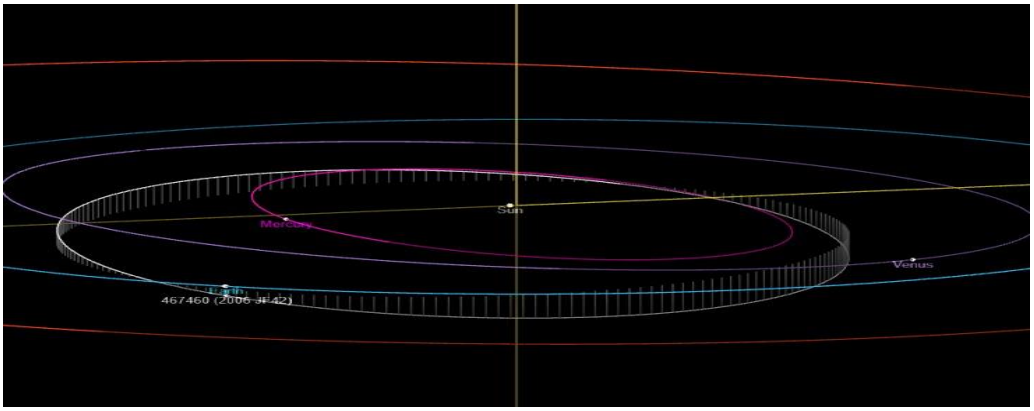
| Element | Value | Uncertainty (1-sigma) | Units |
|---|---|---|---|
| e | 0.581683770016968 | 1.7806E-7 | |
| a | 0.6718279247750963 | 2.5758E-9 | au |
| q | 0.2810365246892423 | 1.2046E-7 | au |
| i | 5.950289382147032 | 2.5511E-5 | deg |
| node | 40.87482579456339 | 3.9369E-5 | deg |
| peri | 17.80878773655132 | 4.0421E-5 | deg |
| M | 317.0097992756011 | 5.2352E-5 | deg |
| tp | 2459624.518864725692<br>2022-Feb-14.01886473 | 2.9208E-5 | TDB |
| period | 201.1340062513755<br>0.5506748973343614 | 1.1567E-6<br>3.1669e-9 | d<br>y |
| n | 1.789851486128483 | 1.0293E-8 | deg/d |
| Q | 1.06261932486095 | 4.0741E-9 | au |

Miscellaneous Details

| | |
|---|---|
| solution date | 2022-May-06 05:53:07 |
| # obs. used (total) | 213 |
| data-arc span | 5836 days (15.98 years) |
| first obs. used | 2006-05-11 |
| last obs. used | 2022-05-03 |
| planetary ephem. | DE441 |
| SB-pert. ephem. | SB441-N16 |
| condition code | 0 |
| norm. resid. RMS | .54226 |
| source | JPL |
| producer | Otto Matic |
| Earth MOID | .00294062 au |
| Jupiter MOID | 4.2863 au |
| T_jup | 8.326 |

***Фигура 3.*** *Орбитални елементи на астероида* **2006 JF42** *(image: Solar System Dynamics, NASA Jet Propulsion Laboratory).*

Орбиталната диаграма на астероида **2006 JF42** е представена на Фигура 4.




***Фигура 4.*** *Орбита на астероида* ***2006 JF42*** *за 00h00min UTC, 2022-05-09 (image: Solar System Dynamics, NASA Jet Propulsion Laboratory).*

**8. Възможни последици от сблъсък с астероид**

Учените идентифицират няколко фактора, които могат да последват след евентуален сблъсък. Като те са кратер, сеизмични трусове, горещина, ударна вълна, летящи отломки, силни вятърни пориви и цунамита. В зависимост от големината, скоростта и мястото, на което ще падне астероида, факторите ще бъдат изразени в различна степен.

Дори по-малки астероиди от горе посочените могат да нанесат сериозно щети. А най-опасният от факторите е въздушните ударни вълни, които се образуват при преминаването на астероида през атмосферата. Според проучванията сеизмичните трусове, кратерът и летящите отломки са най-малко опасните фактори. Техният тестов модел е показал, че астероид трудно би генерирал и достатъчно големи цунамита, които да нанесат сериозни щети.

**9. Предотвратяване на сблъсък с астероид.**

За да намалят заплахата от сблъсъка с астероиди, учени от цял свят разработват подходи, които биха могли да помогнат за отклоняването на тези обекти от курса им, ако някога влязат в пряк контакт със Земята.

НАСА, ЕКА, Китай и други работят по решения за планетарна отбрана, които имат за цел да предотвратят достигането на множеството метеорити и астероиди до Земята, в случай че са на пряк курс.

НАСА стартира мисията DART (Double Asteroid Redirection Test), която включва кинетичен удар на космически кораб с астероид. Сондата камикадзе ще се блъсне в един от астероидите и учените ще оценят на практика до каква степен ударът на сондата ще повлияе физически на курса на астероида.

Китай също удостовери, че има за цел да разбие галактически транспортен съд в метеорит като част от проектите за система за планетарна отбрана.

Други организации, като Космическите сили на Съединени американски щати, работят върху по-добро следене, с цел да следят над 600 000 известни метеорита.

**10.Заключение**

НАСА годишно открива и регистрира множество астероиди, някои далеч от Земята, други по-близо до нея. Според нейни изследвания заплаха от сблъсък с астероид не е имало от 100 години.

Анализът на астероидите 2008 AG33 и 2006 JF42 показва, че въпреки масивните си размери и близкото разстояние, на което минават не представляват кряка опасност за нашата планета.

Все по-голямо внимание се отделя на въпроса за идентифицирането на астероиди, чиято орбита пресича земната и за които съществува вероятност в бъдещето да се сблъскат със Земята.

**Литература:**

1. Jet Propulsion Laboratory – NASA
2. Center for Near Earth Object studies – NASA
3. https://ewikibg.top/
4. https://bg.wikipedia.org/

***Адрес за кореспонденция:***
*Радина Иванова Бодурова, курсант-младши сержант, Висше военновъздушно училище „Георги Бенковски”, гр. Долна Митрополия, факултет „Авиационен”, гр. Хасково, ул. „Славянска” 50, тел.: 0 87 646 55 70, Email: r.bodurova@abv.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.52.16.020**

# РОЛЯТА НА ШВЕЙЦАРСКИЯ „СПЪТНИК-ЧИСТАЧ" В КОСМОСА

**Николай Манев**

# THE ROLE OF THE SWISS „SATELLITE CLEANER" IN SPACE

**Nikolay Manev**

**Abstract:** *More than half a century of sending objects into space has left the Earth surrounded by junk. Bits of long-dead satellites, spent rocket stages and other debris orbit the planet at almost 18 000 mph, each chunk a potential hazard to working satellites or astronauts. NASA keeps track of 16 000 pieces of orbiting junk that are larger than 10 cm (4 in) in diameter. There could be more than 500 000 measuring from 1 cm to10 cm and many hundreds of millions of smaller ones.*

***Key words:*** *long-dead satellites, NASA, orbiting junk*

## 1.Въведение

Космическия боклук не е сериозен проблем за нашата планета, но е сериозна заплаха за хората и космическите апарати, които изпращаме в космоса. Повече от половин век изпращане на обекти в космоса, остави Земята заобиколена от боклуци. Части от отдавна мъртви спътници, отломки обикалят около планетата с почти 18 000 мили в час, като всяка част представлява потенциална опасност за работещите спътници или астронавтите. НАСА следи 16 000 парчета боклук в орбита, които са по-големи от 10 см (4 инча) в диаметър. Може да има повече от 500 000 с размери 1 см-10 см и много стотици милиони по-малки. Дори малък фрагмент от отломки може сериозно да повреди (или дори да унищожи) спътници или други космически кораби, които се сблъскат с тях, създавайки още по-опасни отломки. Международната космическа станция трябва редовно да променя орбитата си, за да не бъде ударена от големи парчета боклук. Всеки път, когато два орбитални обекта се сблъскат, те се разпадат на още хиляди отломки. Ефективни мерки за защита от обектите

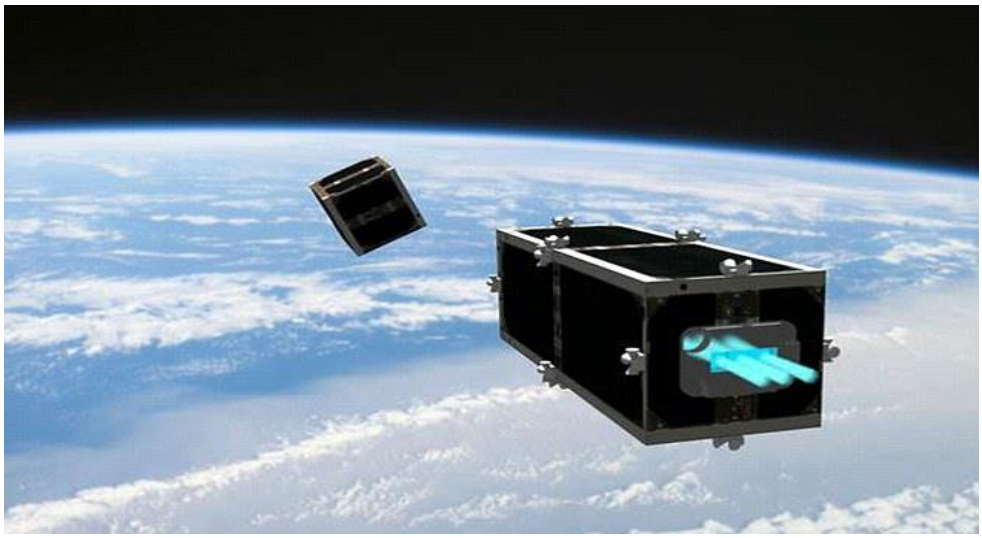
на космическия боклук с напречен размер над 1 cm (на ниски и средни орбити) практически няма.

Планираната руска лунна сонда на Марс никога не е избягала от орбитата на Земята след изстрелването през ноември. Въпреки усилията на руските и европейските космически агенции да се свържат с него, той се превърна в едно от най-тежките и най-токсичните части космически боклук, падали някога на Земята.

През февруари 2009 г. американският спътник Иридий-33 избухна, когато случайно удари отдавна изоставения руски спътник Космос-2251.

**2. Първият „сателит за почистване"**

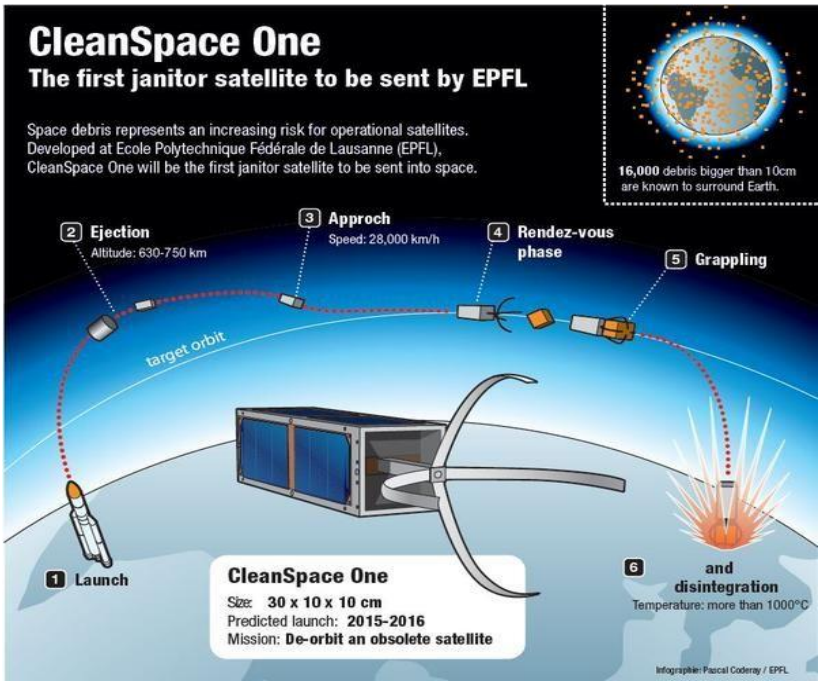
Швейцарците обаче имат план. Учените от швейцарския космически център в EPFL, федералния технологичен институт в Лозана, искат да изпратят в орбита „сателит за почистване", за да почистят отломки и да ги премахнат за постоянно от орбита. „CleanSpace One"(фиг. 1) ще съпостави траекторията си с тази на целта си, използвайки свръхкомпактен мотор, проектиран от EPFL. Когато достигне целта си, ще улови космическия отпадък. При скорости до 18 000 мили в час това няма да е лесна задача, особено ако боклуците се въртят. След това „CleanSpace One" ще се върне обратно към Земята и ще изгори в атмосферата, заедно с прикрепените към нея боклуци. Цената на такъв проект се оценява на 11 милиона долара. В случай на успешно изпълнение на първата задача космическият кораб CleanSpace One ще бъде пуснат в серийно производство. В орбита спътникът „CleanSpace One" трябва да намери, да улови изстреляния по-рано (през 2009 г.) швейцарски спътник „Swiss Cube" и да отиде с него за унищожаване в плътните слоеве на атмосферата. С една дума, еднопосочен полет.



***Фиг.1*** *CleanSpace One*

### 3. Плана за изпълнение на първата мисия на CleanSpace One

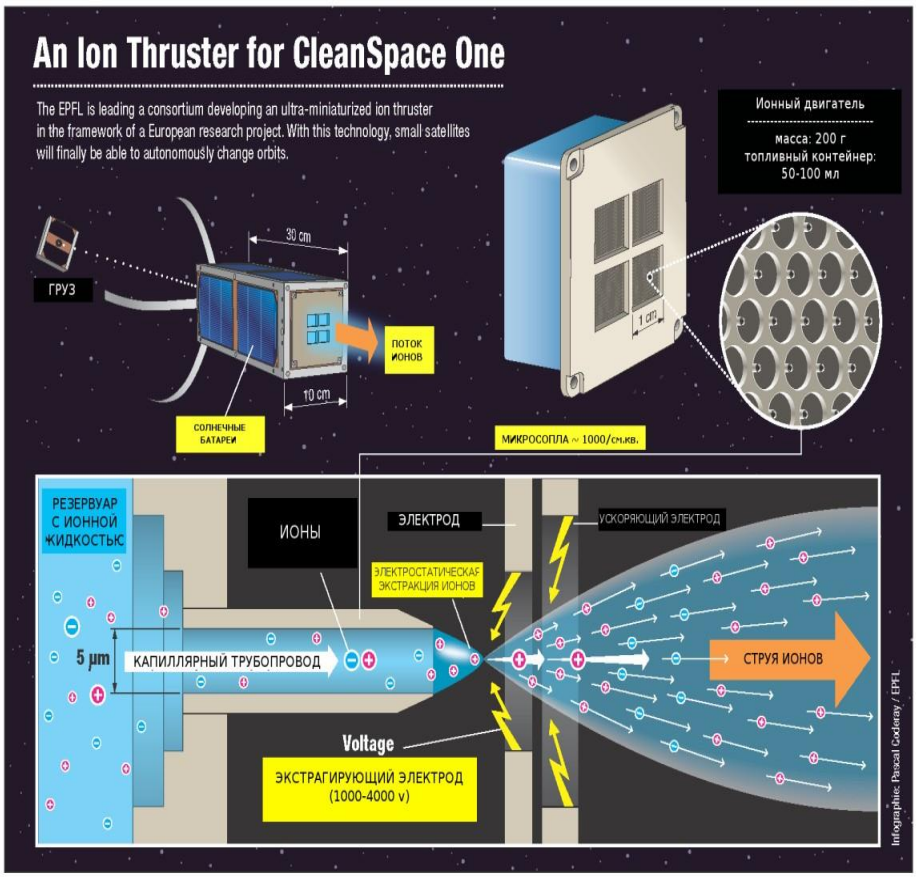
Инженерите, работещи под ръководството на бившия европейски астронавт, а сега известен професор от EPFL Клод Николие, вече са избрали първия обект, който може да бъде дезорбитиран от спътника от серия CleanSpace One. Изборът е много символичен: швейцарците внимателно ще почистят след себе си, премахвайки първия си пико-сателит SwissCube, изстрелян през 2009 г., който все още остава в космоса, или колегата му TIsat, изстрелян година по-късно. Както е замислено от създателите, след изстрелването спътникът-чистач ще започне да маневрира, навлизайки в траекторията на среща с целта: за това на борда е осигурен ултракомпактен йонен двигател. След като се приближи до обекта, той внимателно ще го улови и ще стабилизира полета, като забави въртенето му. В случая на пико сателитите, споменати по-горе, CleanSpace One ще се движи със скорост от 26 000 км/ч и надморска височина от 630 до 750 км. След това, здраво задържайки уловения товар, той ще слезе, за да изгори с него в плътните слоеве на атмосферата (фиг. 2). CleanSpace One ще бъде изведен в орбита не по напълно традиционен начин (без използване на ракета-носител), а с помощта на швейцарски космически самолет за многократна употреба. Очаква се този подход да намали значително общата цена на проекта. Мисията ще демонстрира технологии за срещи, улавяне и излизане от орбита за спътници в края на живота и изгражда пътя към отстраняването на космическия боклук.




***Фиг. 2.*** *Мисията на „CleanSpace One"*

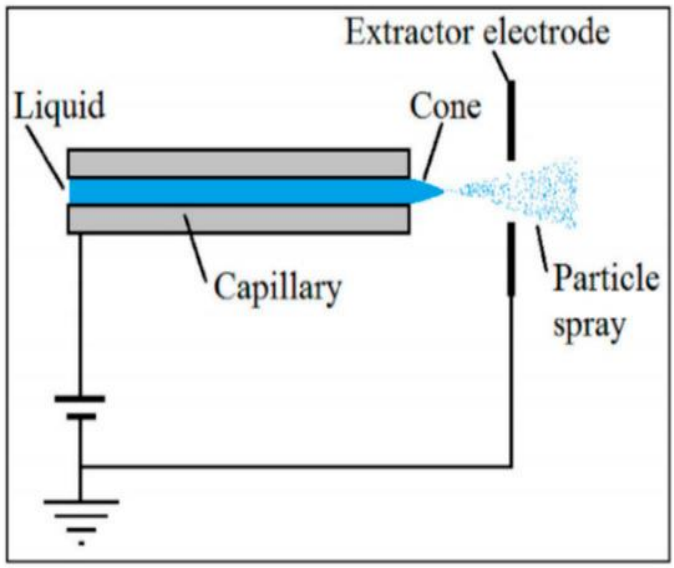
### 4. Йонният двигател на CleanSpace One

Electrospray microthruster е пулверизатор, който произвежда тяга чрез излъчване на струя от частици, създадена от така наречения конус на Тейлър, в който заредени течни капчици или йони се извличат от емитер чрез приложено електрическо поле (фиг. 3). По този начин електроспрей тласкачите могат да произвеждат висок специфичен импулс при ниска скорост на потока, но ниска тяга.



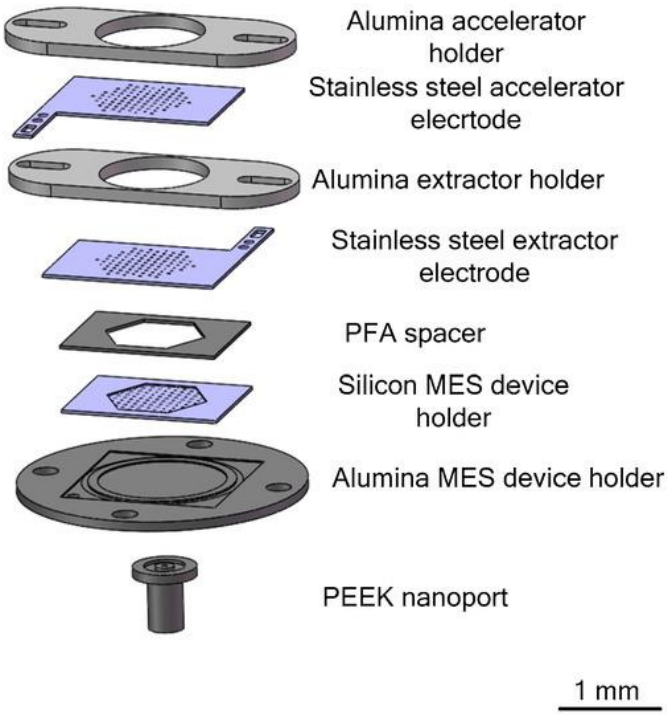

***Фиг.3*** *Йонният двигател на CleanSpace One*

Схематична диаграма на electrospray microthruster е показана на фигура 4. Пропелантът може да бъде или йонна течност или смес, или течен метал. Емитерите могат да бъдат увеличени с ускорителна решетка след екстрактора, за да се увеличи допълнително скоростта на излизане на частиците. Electrospray microthruster са признати за обещаваща технология за осигуряване на възможности за микрозадвижване на малки космически кораби, поради тяхната относително висока производителност и простота.




***Фиг. 4**. Схематична диаграма на electrospray microthruster*

Мултиплексираният electrospray (MES) микротласкач, който покрива широк диапазон от специфични импулси и генерирана тяга при висока (> 50%) има ефективност на задвижване чрез излъчване на бързи нанокапчици.

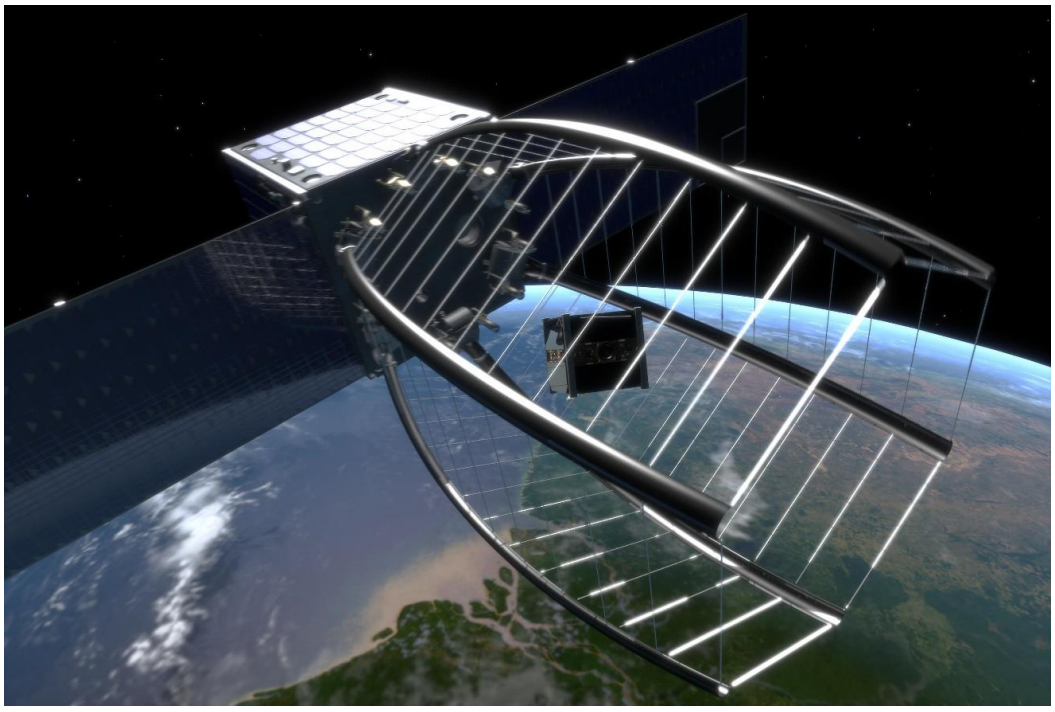



***Фиг. 5**. Разглобен изглед на микротласъщото устройство MES*

Microthruster MES се състои от дюзов блок и два електрода, които включват извличащ електрод и ускорителен електрод с оптимална междуелектродна изолация, за да се увеличи приложеното напрежение. Фигура 5 показва разглобен изглед на микротласъщото устройство MES. Изследвана е производителността на различни устройства съответно със 7, 37 и 91 дюзи. Microthruster 37-MES произвежда тяга от 31,10 μN при напрежение 7,56 kV и специфичният импулс достига 1870 s. Освен това устройствата 91-MES произвеждат тяга от 65,20 μN и специфичният импулс достига 1140 s при напрежение 7,35 kV.

**5. „Pac-man” в космоса**

За да проектират най-ефективната система за улавяне, инженерите се възползваха от сътрудничеството на студенти по микроинженерство от Hepia Geneva, член на Университета за приложни науки и изкуства HES-SO в Западна Швейцария. Учениците измислиха различни решения, от съчленени ръце с нокти до система от пипала. Най-накрая избраха така нареченото решение „Pac-Man”. Прототипът прилича на мрежа под формата на конус (фиг. 6), който се разгъва и след това се затваря обратно, след като улови малкия спътник. „Тази система е по-надеждна и предлага по-голямо поле за маневриране от нокът или шарнирна ръка”, казва Мишел Лаурия, професор по индустриални технологии в Hepia.



***Фиг. 6**. „Pac-Man”*

**6.Заключение**

Очакваме резултатите да бъдат такива каквито сме планирали. Това е нов скок в бъдещето, с който можем да се развиваме и за напред. Ако искаме да пращаме нови спътници или дори хора трябва да подържаме космоса ни чист.

Спрямо това как се развиваме в тази посока, смъртта може би очаква само първия тестов сателит CleanSpace One. В бъдеще, според авторите, той ще се превърне в основа за създаване на цяла серия от космически „чистачи", пригодени да извеждат от орбита обекти с различни размери и форми. Те също могат да станат за многократна употреба, изпращайки само своя товар на Земята, докато самите те продължават да работят.

**Литература:**

1. https://www.mdpi.com/2072-666X/10/12/818/htm
2. https://www.theguardian.com/science/2012/feb/15/swiss-create-janitor-satellite-space-cleanup
3. https://actu.epfl.ch/news/a-giant-pac-man-to-gobble-up-space-debris/
4. http://stella-sol.info/clean-space-one-chistilshhik-kosmicheskogo-musora/

***Адрес за кореспонденция:***
*Николай Иванов Манев, курсант-сержант, Висше военновъздушно училище „Георги Бенковски", гр. Долна Митрополия, факултет „Авиационен"; гр. Пловдив, ул. „Лев Толстой" № 5, 0 87 921 80 14, Email: n.i.manev05@gmail.com*

**DOI: 10.34660/INF.2023.19.18.021**

# КОСМИЧЕСКАТА ЕКОЛОГИЯ И КОСМИЧЕСКИТЕ ОТПАДЪЦИ

**Кристияна Николова**

# SPACE ECOLOGY - SPACE WASTE (OBSERVATIONS, TRACKING, COOPERATION WITH SPACE ENVIRONMENTAL MISSIONS)

**Kristiyana Nikolova**

***Abstract:*** *For years, NASA, ESA and other space agencies have been researching technologies to remove debris in space. More than 1 million pieces of waste between 1 and 10 centimeters in orbit around the Earth - a number that continues to grow. Another problem related to space debris is the difficulty of financing cleaning projects. Private companies such as SpaceX have begun designing satellites to return to Earth at the end of their life cycle. Space debris is dangerous for astronaut flights, but it can also have a negative impact on life on Earth.*

***Keywords:*** *NASA, ESA, debris, SpaceX*

От началото на космическата надпревара около 6000 изстрелвания изведоха в орбита 11 800 спътника, от които 4550 функционират, а останалите са отпадъци, които продължават да обикалят в орбита. През следващите години ще бъдат изстреляни повече от 20 000 допълнителни спътника. В резултат на това космосът бързо става гъсто населен със съзвездия от спътници и системи за изстрелване. Увеличаването на претоварването в космоса застрашава жизнеспособността и безопасността на космическата инфраструктура и операции. Повече от 1 милион отпадъци с размер между 1 и 10 cm са в орбита около Земята — брой, който продължава да се увеличава.

Представете си колко опасно би било да се плава, ако всички кораби, загубени в историята, все още се носят по повърхността на водата, казва генералният директор на ЕКА Ян Вьорнер [1]. Това е настоящата ситуация в орбитата и не може да продължи така [2], добавя той.

Николас Бобрински, който ръководи програмата към ЕКА „Информираност за ситуацията в космоса” казва: „10 сантиметра – това е големината на парченцата отпадък, която често използваме за ориентир, по-скоро лимит при изчисленията си. В този смисъл една отломка с големина един сантиметър ще нанесе щети върху сателит, ако го удари. Но ако тя е над 10 сантиметра и в комбинация със скоростта, с която се движи – например 8 километра в секунда - сателитът при сблъсък ще експлодира, а това ще генерира още боклук в Космоса [3]!

В същото време съществуват само много ограничени глобални „правила за движение” във връзка с поведението при дейности в космическото пространство. Въпреки че на равнището на ООН бяха отбелязани значителни постижения, разработването на всеобхватен подход на международно равнище е изправено пред значителни дипломатически и политически пречки, които увеличават спешната необходимост от действия.

Защо космическият боклук е толкова голям проблем?

Проблемът с космическия боклук – всевъзможни останки от космически апарати, стари спътници, отпадъци, изхвърлени в космоса, обикалящи на орбита около Земята, става все по-наболял. За справяне с него от Европейската космическа агенция имат ново предложение. От там заявяват, че всяка държава трябва самостоятелно да се грижи за своите космически отпадъци и да ги отстранява поетапно. Причината не е само в желанието за организирано „почистване” на космическото пространство, но е свързана и с юридическата страна на нещата.

Всичко това се рее из космическото пространство – някои части се движат със скорост, надвишаваща тази на куршум. Тъй като се движат толкова бързо, дори най-финните частици космически боклук носят сериозна опасност със себе си, тъй като могат да повредят работещи сателити или космически совалки.

Космическите отломки са опасни за полетите с космонавти на борда, но също така могат да имат негативно влияние и на живота на Земята, тъй като евентуална повреда на сателити би възпрепятствала получаването на важна информация, използвана в прогнозата за времето, комуникацията и GPS услугите.



***Фигура 1.*** *Космически отпадък*

За да изчезнат отломките от орбитата на Земята, могат да бъдат необходими векове, ако изобщо това се случи. Проблемът е толкова голям, че вече се умножава от само себе си. Дори човечеството да спре да изстрелва ракети и сателити, боклукът ще се множи, тъй като частиците ще се сблъскват и раздробяват на все по-малки и многобройни боклуци, става ясно от обяснението на ЕКА. Предлагането на застраховки за космически полети изглежда като доста сложно бизнес начинание.

От години НАСА, ЕКА и другите космически агенции проучват технологии, чрез които да премахват отломки в космоса. Някои от идеите включват употребата на мрежи за събиране на боклук, харпуни и роботизирани ръце.

За дълъг период от време просто нямахме необходимата технология, за да посрещнем този проблем, но през последните години се наблюдава прогрес. Например, японски учени разработват сателит, който разчита на магнити, за да улавя и унищожава отломки.

Експериментално устройство, разработено във Великобритания, успя да прихване неактивен сателит с мрежа в космоса. Тестът показа, че тази технология има бъдеще, но иронията е, че мрежата и устройството останаха да се реят свободно в космоса, реално превръщайки се в поредния космическо боклук.

Друг проблем, свързан с космическия боклук, е трудното финансиране на проекти за почистването му. Британското устройство струва 15 млн. евро, което е ниска цена, когато говорим за космически технологии. Мисията на ЕКА ClearSpace разполага с бюджет от около 100 млн. евро.

Почистването е само една част от решението, превенцията е другият тъжък момент. Частни компании, като SpaceX, започнаха да проектират сателити, които да се връщат обратно на Земята в края на жизнения си

цикъл, вместо да остават свободно реещи се в орбитата й. Но засега космическите организации са оставени на самоконтрол. Няма международни правила, които да държат операторите на сателити отговорни за боклука в космоса.




***Фигура 2.*** *Космическите отпадъци около Земята*

По думите на специалисти от Европейката космическа агенция, дори хората да престанат да пускат космическа машини, след няколко десетилетия на околоземна орбита ще се случи каскаден сблъсък на апарати. Това ще превърне близкия космос в абсолютно непригодно място за практическо използване, прогнозират специалистите.

Какво представлява управлението на космическия трафик?

Космическият трафик се определя като средствата и правилата за достъп, провеждане на дейности и връщане от космическото пространство по безопасен, устойчив и сигурен начин.

Той е свързано със следните елементи:

- дейности за осведоменост за ситуацията в космоса;
- намаляване и отстраняване на космическите отпадъци;
- управление на орбитите в космическото пространство и на радиочестотния спектър;
- целия жизнен цикъл на космическите операции, включително фазата на изстрелване, операциите в орбита на космически летателни апарати и операциите по извеждане от орбита в края на жизнения цикъл;
- фаза на повторно навлизане на космически летателни апарати (както контролирано, така и неконтролирано).

С десетилетния опит в правене на пари от космоса, Люксембург залага на всичко - от космически ресурси до сателити и обучаване на следващото поколение космически предприемачи.

Според Стив Колар, директор на SES е много вълнуващо, че Люксембург оставя много по-голяма следа в космоса, отколкото на Земята. Има най-големия космически бюджет на глава от населението, от която и да е друга страна в света.

Матайас Линк, директор по международни отношения в Люксембургската космическа агенция казва, че е утроен броя космически компании в Люксембург за по-малко от 6 години и над 70 компании участват в сектора.

Големите амбиции на тази малка страна може да ни открият цял нов свят на възможности, научни открития и изследвания, които ще ни позволят да направим следващата крачка. Истински люксембургски компании се опитват да въведат иновации в космоса, за да подобрят живота ни на Земята, както и способностите ни да живеем извън Земята.

С настоящото предложение се цели да се разработи система за сигурна и автономна космическа свързаност, за да се осигурят гарантирани и устойчиви спътникови комуникации, по-специално:

- да се осигури за правителствените ползватели наличието в дългосрочен план и в световен мащаб на надеждни, сигурни и икономически ефективни услуги за спътникови комуникации, подкрепящи защитата на критичните инфраструктури, наблюдението, външните действия и управлението на кризи, като по този начин се повиши устойчивостта на държавите членки;

- да се даде възможност за високоскоростен широколентов достъп за търговски цени в цяла Европа, като се премахнат мъртвите зони и се гарантира сближаване между териториите на държавите членки, и да се осигури свързаност в географски райони от стратегически интерес, като Африка и Арктическия регион.

По-специално целите на инициативата са:

- да се разработи, изгради и експлоатира най-съвременна многоорбитална система на космическа свързаност, постоянно адаптираща се към промените в търсенето на правителствени спътникови комуникации, като се отчитат съществуващите и бъдещите активи на държавите членки;

- да се допълни базата на Съюза от капацитет и услуги за спътникови комуникации и да се интегрира инфраструктурата на наземния сегмент на GOVSATCOM, посочена в член 67 от Регламент (ЕС) 2021/696;

- да се допринесе за киберустойчивостта срещу киберзаплахи и електромагнитни заплахи, както и за оперативната киберсигурност, и да се интегрира европейската космическа инфраструктура за квантова

комуникация (EuroQCI), за да се даде възможност за сигурно предаване на криптографски ключове;

- да се подобри устойчивостта на телекомуникационните инфраструктури на Съюза;

- да се подобрят и разширят способностите и услугите на други компоненти на космическата програма на Съюза;

- да се стимулира разработването на иновативни и революционни технологии, както и използването на екосистемата „Ново космическо пространство" и да се създаде благоприятна среда за по-нататъшното развитие на високоскоростния широколентов достъп и безпрепятствената свързаност в цяла Европа.

Важен аспект е взаимното допълване на инициативата със съществуващите инфраструктури за наземна свързаност, с които се добавя „последната миля" и се предлага висока степен на дублиране.

**Литература:**

1. Космическите отпадъци - възможно ли е общоевропейско решение?

Зорница Близнашка - програма „Хоризонт" - euranetplus

2. Космическо пространство: ЕС стартира спътникова система за свързаност и засилва действията за управление на космическия трафик за по-устойчива Европа - Официален уебсайт на Европейския съюз Sonya GOSPODINOVA, Телефон +32 2 296 69 53, Ел. адрес - sonya.gospodinova@ec.europa.eu

3. Въпроси и отговори: Сигурна свързаност - - Официален уебсайт на Европейския съюз Sonya GOSPODINOVA, Телефон +32 2 296 69 53, Ел. адрес -sonya.gospodinova@ec.europa.eu

4. Как човечеството планира да се справи с космическия боклук? - profit.bg

5. ЕКА: Всяка държава да чисти Космоса от собствените си космически отпадъци, редактор: Анна Маринова, Актуално.бг

***Адрес за кореспонденция:***

*Кристияна Иванова Николова, курсант-сержант, Висше военновъздушно училище „Георги Бенковски", гр. Долна Митрополия, факултет „Авиационен", гр. Плевен, ул. „Генерал Скобелев" № 3, 0 88 463 28 86, Email: kobrieta123@abv.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.11.18.022**

# ЧОВЕШКИТЕ ДЕЙНОСТИ КАТО ГЛАВЕН ФАКТОР ЗА ЗАТОПЛЯНЕТО НА КЛИМАТА

**Велико Ламбов**

# HUMAN ACTIVITIES AS A MAJOR FACTOR IN GLOBAL WARMING

**Veliko Lambov**

***Abstract:*** *Increased heat waves, droughts and floods lead to mass mortality of plants and animals as well as trees and corals.*

***Keywords:*** *Environmental problems, Climate warming, solving climate problems.*

## Въведение

Ефектите от затоплянето вече прогонват хората от домовете им с издигането на моретата, както и убиват дървета и животински видове. Можем да се адаптираме, но също така спешно трябва да направим дълбоки и незабавни съкращения на емисиите, за да предотвратим още по-лошите въздействия.

Изменението на климата причинява по-голямо въздействие от очакваното при по-ниски температури от очакваното, нарушавайки природните системи и засягайки живота на милиарди хора по света, според последния доклад на Междуправителствена експертна група по климатични промени на ООН.

Новият доклад установи, че сушите и горещите вълни убиват дървета и корали, повишаването на морското равнище принуждава хората в уязвими райони да напускат домовете си, а екстремните условия могат да увеличат вероятността от насилствен конфликт.Ако затоплянето не бъде спряно скоро и то продължи, до половината от видовете, живеещи на сушата, може да изчезнат, недохранването в части на света вероятно ще стане широко разпространено, а екстремните метеорологични явления ще станат все по-чести.

Бедните, много младите и много възрастните, етническите малцинства и коренното население са изложени на най-голям риск.

И докато мерките за ограничаване на въздействието на изменението на климата съществуват, единствената наистина значима стъпка е да се намалят емисиите на парникови газове възможно най-скоро.

Докладът „Промяна на климата 2022: Въздействия, адаптация и уязвимост” [1] публикуван след одобрение от 195 държави. Той „показва ясно колко много трябва да променим курса, защото забавените действия рискуват да предизвикат въздействия, които са толкова катастрофални, че нашият свят бавно става неузнаваем.

**Много въздействия от изменението на климата са по-лоши, отколкото се смята**

Към днешна дата емисиите на парникови газове доведоха до средно повишаване на глобалната температура само с 1,1 градуса по Целзий. Едно от най-поразителните заключения е, че виждаме неблагоприятни въздействия, които са много по-широко разпространено и много по-отрицателно от очакваното при това ниво на повишаване на температурата.

Особена загриженост, добавя, че това сравнително малко затопляне е било достатъчно, за да започне топенето на вечната замръзналост, изсушаването на торфищата и увреждането на горите чрез огнища на вредители от насекоми и горски пожари.

Изменението на климата вече засяга селското стопанство, горското стопанство, рибарството и аквакултурите. Пример за това е че в цяла Северна Америка изменението на климата е намалило селскостопанската производителност от 1961 г. насам.

Нещо повече, учените могат все повече да свързват екстремните метеорологични явления директно с изменението на климата. Настоящите модели продължават да „подценяват въздействието, което изменението на климата вече оказва върху постоянно екстремни метеорологични условия и предсказват влошаване на тези въздействия с допълнително затопляне.

Докладът заключава, че „повишените горещи вълни, сушите и наводненията вече надхвърлят праговете на толерантност на растенията и животните, което води до масова смъртност при видове като дървета и корали” [2]. Тези екстремни метеорологични условия се появяват едновременно, причинявайки каскадни въздействия, които са все по-трудни за управление.

**Необходимостта от действие е спешна**

Признаването, че въздействието върху климата вече се усеща, увеличава неотложността от ограничаване на по-нататъшното затопляне. На сушата до повече от 15 процента от видовете вероятно ще бъдат изправени пред „много висок риск от изчезване” при нива на глобално

затопляне от 1,5°C, се казва при скачане на глобалната температура до не голямата разлика от 2°C. Тази цифра нараства до 20 процента и чак до 50 процента при 5°C (Ако нациите по света спазят настоящите си обещания за намаляване на емисиите, установи скорошен анализ, затоплянето ще се поддържа под 2,5ºC) [3].

При 2°C или по-високо затопляне рисковете за продоволствената сигурност на хората поради изменението на климата ще бъдат по-сериозни, което ще доведе до дефицит на хранителни вещества и недохранване, особено в Африка, Южна Азия, Централна и Южна Америка и малките островни държави. Освен това, тъй като температурите продължават да се покачват, въздействията и рисковете от изменението на климата вероятно ще станат „все по-сложни и по-трудни за управление”, като множество опасности – от суши и горски пожари до покачване на морското равнище и наводнения – възникват едновременно.

Именно поради тази причина целта на Парижкото споразумение е да ограничи затоплянето до „много под 2 градуса, а за предпочитане 1,5 градуса” затопляне. Въпреки това, дори много от страните, ангажирани с 1,5°C, очакват средната глобална температура първо да се покачи над това ниво, преди да падне, процес, известен като превишаване. Тъй като сега се усещат сериозни въздействия, такъв подход може да бъде опасен.

Тъй като всички тези промени вече са въведени в решението за проблема на екологична катастрофа, ние стигаме до заключението, че с превишаване... имаме повишен риск от необратими въздействия, като изчезване на видове, както и че някои от тези процеси, които вече наблюдаваме да се случват, ще бъде все по-трудно да се обърне.

Трябва всички нации да се опитаме да ограничим затоплянето до 1,5°C с възможно най-малко превишаване, в идеалния случай нулево превишаване. Но това, което трябва да направим, всъщност е доста просто: трябва да намалим въглеродните емисии възможно най-бързо.

**Изменението на климата засяга някои повече от други**

Промените в климата ни засягат всички [4], но не всички ни засягат еднакво. Тези, които вече живеят под прага на бедността, младите и възрастните, етническите малцинства и коренното население. Това са популации, непропорционално засегнати от въздействието на климата. И в много случаи те са и тези, които са направили най-малко, за да допринесат за проблема. Ето защо изменението на климата е дълбоко несправедливо.

Изследванията на екологичния проблем показват че уязвимостта към изменението на климата е по-висока в местата и сред популациите, които имат по-малка устойчивост на екстремни промени: например тези, засегнати от бедност и насилствени конфликти.

Въпреки че досега има малко доказателства, че изменението на климата директно причинява конфликт, то може да увеличи риска от него,като изостри социални, икономически и екологични проблеми. От 2010 до 2020 г. човешките смъртни случаи от наводнения, суши и бури са били 15 пъти по-високи в силно уязвимите региони, в сравнение с регионите с много ниска уязвимост. Свързаните с наводненията и сушата продоволствена несигурност и недохранване се увеличиха в Африка и Централна и Южна Америка.

Климатът и екстремните метеорологични условия все повече водят до изместване на населението в някои региони;малките островни държави, застрашени от издигането на моретата, са непропорционално засегнати. Загубата на екосистемни услуги има особено тежки последици за тези, които разчитат пряко на тях за задоволяване на основни нужди, включително коренното население.

**Можем да се адаптираме природата е ключова**

С повишаването на температурите хората трябва да се адаптират. Една от основните констатации е, че такава адаптация разчита повече на естествените екосистеми. Сега има повече доказателства за тази зависимост.

Рискът от наводнения по реките може да бъде намален чрез възстановяване на влажни зони и други естествени местообитания в заливни равнини или чрез връщане на реките в естественото им русло. Опазването на мангровите гори предпазва бреговата линия от бури и ерозия. Чрез намаляване на прекомерния улов, морските защитени зони осигуряват устойчивост срещу изменението на климата. Градовете могат да се охлаждат чрез паркове и езера и чрез озеленяване на улици и покриви. Земеделските производители могат да увеличат както своята устойчивост на климата, така и добивите си, като подобрят здравето на почвата.

Адаптирането, което се фокусира върху поддържането на естествените системи, също помага да се избегне. Напояването на полета с подпочвени води може да осигури незабавно облекчение от сушата, например, но ако сушите станат по-чести или продължителни, водната маса може в крайна сметка да изчезне. По същия начин, морските стени могат да защитят крайбрежните зони в краткосрочен план, но тяхното изграждане може да унищожи крайбрежните екосистеми като коралови рифове, които сами по себе си допринасят за защитата на брега.

За да се адаптираме към въздействията на изменението на климата, без да предприемаме адекватни стъпки за премахване на емисиите на парникови газове, които го причиняват. Опасното изменение на климата е

пред нас и е просто въпрос на това колко зле сме готови да го оставим да стане.

**Междуправителствена експертна група по климатични промени**

Докладът отразява констатациите на Работна група II на Междуправителствена експертна група по климатични промени [5], една от трите такива групи, които публикуват актуализирани констатации приблизително на всеки осем години. Работната група II на Междуправителствената експертна група по климатични проблеми се занимава с как изменението на климата взаимодейства с хората, икономиките и околната среда.

Докладът обхваща 3675 страници, като подробно описва въздействието на изменението на климата върху континенталните и полярните региони, сухоземните и морските екосистеми, храната и здравето. Той също така изследва пресечната точка на глобалното затопляне и бедността и изследва пътищата за развитие, които са възможно най-устойчиви на изменението на климата и неговите въздействия. То е предшествано от 35-странично „Резюме за политиците”, което е старателно одобрено, изречение по изречение, с консенсус”.

**Изводи**

Европейският съюз е сред водещите значими икономики, когато става въпрос за справяне с емисиите на парникови газове. До 2019 г. съюзът е намалил емисиите на парникови газове с 25 % в сравнение с нивата от 1990 г., като върви уверено към постигането на целта по Протокола от Киото за намаляване на емисиите с 20 % до 2020г. През декември 2019 г. Комисията представи Европейския зелен пакт и сега предлага пакет от мерки, насочени към увеличаване на амбицията на ЕС за намаляване на емисиите на парникови газове за 2030 г., и намаляване на въглеродните емисии на икономиката на ЕС до 2050 г. В съответствие с Парижкото споразумение, за да може ЕС да следва балансиран път към въглеродна неутралност до 2050г., през април 2021 г. Комисията се съгласи да бъде повишена амбицията в областта на климата за постигане на цел за намаляване на емисиите на парникови газове от 40 % на 55 % до 2030г. в сравнение с равнищата от 1990 г. В Ню Йорк градският съвет миналата пролет прие закон, който ще изисква големи и средни сгради да намалят въглеродните си емисии с повече от една четвърт до 2030г.

Света приема все по строги мерки, които не само се приемат но и регулират все по-строго [6, 7].

**Заключение**

Във всички сектори и региони се наблюдава напредък в планирането и прилагането на мерките за адаптиране към изменението на

климата, което води до много ползи. Този напредък обаче е неравномерно разпределен и се наблюдават пропуски. Съществуват осъществими и ефективни опции за адаптация, които могат да намалят рисковете за хората и природата. Възможността за краткосрочни опции за адаптация варира в различните сектори и региони.

Определени граници на възможността за адаптация вече са достигнати, но те могат да бъдат преодолени чрез преодоляване на редица ограничения, най-вече финансови, управленски, институционални и политически. Въпреки това, в някои екосистеми са достигнати твърди граници на адаптация. Тъй като глобалното затопляне се увеличава, загубите и щетите ще се увеличават и различните системи ще достигнат прага на способността си да се адаптират. Липсата на адаптация към изменението на климата може да създаде условия за уязвимост, излагане на риск и да изостри съществуващите неравенства.

**Източници:**

1. Индексът на ефективността на изменението на климата за 2021г, https://newclimate.org/2020/12/07/the-climate-change-performance-index-2021/, (13.04.2022г.)

2. Относно- Междуправителсвена експертна група по климатични промени. https://www.ipcc.ch/about/(13.04.2022)

3. Откриване и приписване на изменението на климата: от глобално към регионално. https://www.ipcc.ch/site/assets,(13.04.2022)

4. Междуправителствена експертна група по климатични промени подценява изменението на климата. https://www.sciencedaily.com/(12.04.2022)

5. Доклад Междуправителсвена експертна група по климатични промени. https://www.ipcc.ch/reports/(12.04.2022)

6. Долчинков Н., Н. Озерова, Влияние на тежките метали върху околната среда, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят", НВУ „В. Левски"- гр. В. Търново – 22 ноември 2019 г ISBN 2603-4689, стр. 5-12

7. Панайотова, М., Европейската сигурност и отбрана през 2020 година на равносметка, възможности и предизвикателства, Годишник на НВУ „Васил Левски" 2019, част 1", Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски" ISSN 1312-6148, стр. 135-147

***Адрес за кореспонденция:***
*Курсант старши сержант Велико Ламбов,*
*НВУ „Васил Левски", ф-т „Артилерия, ПВО и КИС"*
*E-mail: aminalz@abv.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.17.97.023**

# ПОСЛЕДИЦИ ОТ ИЗМИНИНИЕТО НА КЛИМАТА ВЪРХУ ПРИРОДНАТА СРЕДА

**Християн Божанов**

# CONSEQUENCES OF CLIMATE CHANGE ON THE NATURAL ENVIRONMENT

**Hristian Bojanov**

***Annotation:*** *In this report we will look at what climate change is, what are the natural causes influencing these changes, what are the anthropogenic factors and what are the main consequences of climate change.*

***Key words:*** *climate change, natural environment*

**Въведение:**

Измененията на климата оказват влияние върху всички сфери на природата. Климатът на Земята винаги се е променял поради многообразни фактори, но промените през последните два века се дължат основно на увеличението на нивата на парникови газове в атмосферата в резултат от човешката дейност [1, 2, 10]. Последствията от промените в климата включват: повишение на средната температура на Земята, промени в режимите на валежите, увеличение на честотата на екстремните метеорологични явления, стопяване на морските и континенталните ледове, покачване на морското равнище и много други [3, 4].

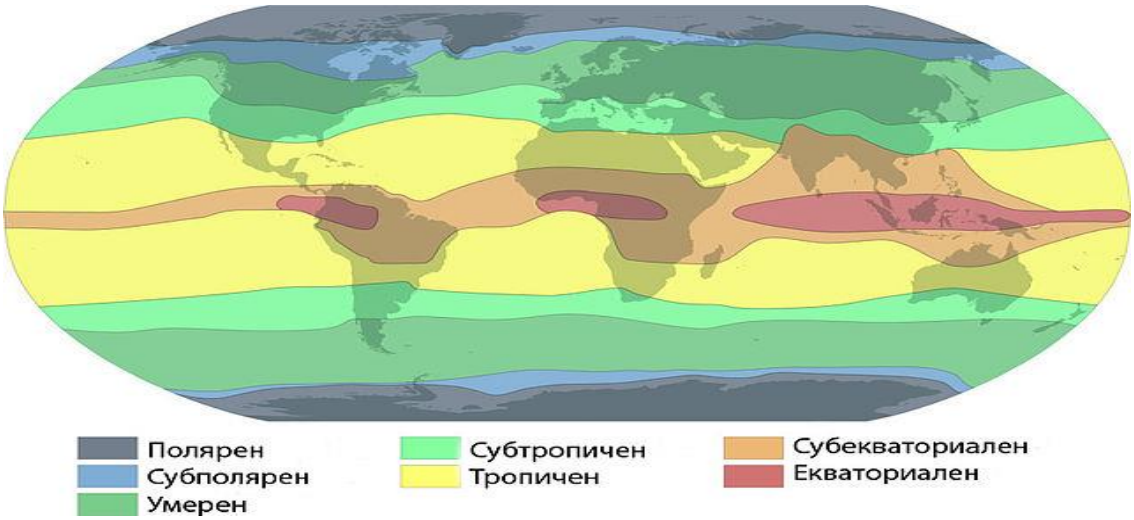
**Какво представлява промяната в климата?**

Промяна в климата означава изменение на състоянието на климата, което може да бъде идентифицирано чрез промяна в средната стойност или колебанията на свойствата му, които продължават за дълъг период от време, обикновено от поне няколко десетилетия. Въздействията върху климата, както и последиците от неговите изменения, са многообразни. Те биват преки и непреки и са все още в процес на изучаване от науката.

**Какви са естествени причини, които влияят на климата?**

Климатът на Земята се е изменял в исторически план поради естествени причини, като например промяна в интензивността на

слънчевото греене, колебанията в земната орбита и вулканичната активност.




*Фиг. № 1 – Климатични пояси на Земята[№ 6]*

Нито един от тези фактори обаче не може да обясни изцяло наблюдаваните в съвременната епоха промени. На първо място, няма съществена промяна в енергията на слънчевите лъчи, която достига до Земята през последните 150 години. Промените, които биха били причинени от цикли в земната орбита, се очакват да се случат в рамките на хиляди и десетки хиляди години [5]. А изригванията от вулканите през последните столетия причиняват временни захлаждания на климата. Те са отговорни за по-малко от 1 % от годишните емисии на въглероден диоксид ($CO_2$).

**Какви са антропогенните фактори, които влияят на климата?**

Ключовата причина за затоплянето на климата на Земята е увеличението на концентрацията на парниковите газове в атмосферата. Когато слънчевата енергия достигне до Земята, част от нея се отразява в космоса, но по-голямата част се поглъща от земната повърхност, атмосферата или облаците. Тази погълната енергия се излъчва обратно, главно под формата на инфрачервено лъчение. Парниковите газове са онези съставни части на атмосферата, естествени и антропогенни, които улавят част от това лъчение и след това го преизлъчват във всички посоки – по този начин не цялата енергия успява да напусне планетата и атмосферата се оказва по-топла, отколкото би била без наличието на тези газове. Това явление наричаме парников ефект, а газовете – парникови [6].

Основните парникови газове в земната атмосфера са водна пара (п.$H_2O$), въглероден диоксид ($CO_2$), диазотен оксид ($N_2O$), метан ($CH_4$) и озон ($O_3$). В атмосферата има и значителен брой на изцяло синтетични парникови газове – флуоринирани газове [№ 2].

Парниковият ефект не е непременно нещо негативно. Ако не беше неговото действие средната температура на повърхността на Земята щеше да е едва -15 °C, с 30 °C по-ниска от сегашната. От началото на Индустриалната революция (1750 г.) атмосферната концентрацията на въглеродния диоксид се е увеличила с почти 50 % – от около 280 ppm до 413 ppm през 2020 г. Основната причина за увеличението на концентрациите на парниковите газове е изгарянето на изкопаеми горива като петрол и въглища – това се случва, защото при изгарянето съдържащият се в горивата въглерод се свързва с кислорода във въздуха и като резултат се образува въглероден диоксид.

В по-малка степен изсичането на гори и промените в използването на земната повърхност (земеделие, мини, строителство) също са допринесли за нарастването на концентрациите на парникови газове.

**Какви са основните последствия от климатичните промени?**

*Статистически данни за повишение на средната температура на Земята.* От края на XIX в. насам средната температура на повърхността на Земята се е повишила с повече от 1 °C. Затоплянето се ускорява – по-голямата част от повишението на температурата се наблюдава през последните четиридесет години като 2016 г. и 2020 г. са най-топлите години от началото на световните метеорологични наблюдения. Промяната на температурата през последните 150 години е в пъти по-бърза от промените, които са се случвали преди десетки хиляди и милиони години [7].

*Интензивни процеси са свързани със свиването на ледниковите шапки и отдръпване на планинските ледници.* Ледените шелфове на Гренландия и Антарктида са загубили маса. По данни от спътникови наблюдения от мисията на НАСА GRACE, Гренландия е загубила около 279 милиарда тона лед всяка година в периода от 1993 до 2019 г., докато Антарктида е загубила годишно 148 милиарда тона. Глетчерите се отдръпват почти навсякъде по света – включително в Алпите, Хималаите, Андите, Скалистите Планини, Аляска и Африка.

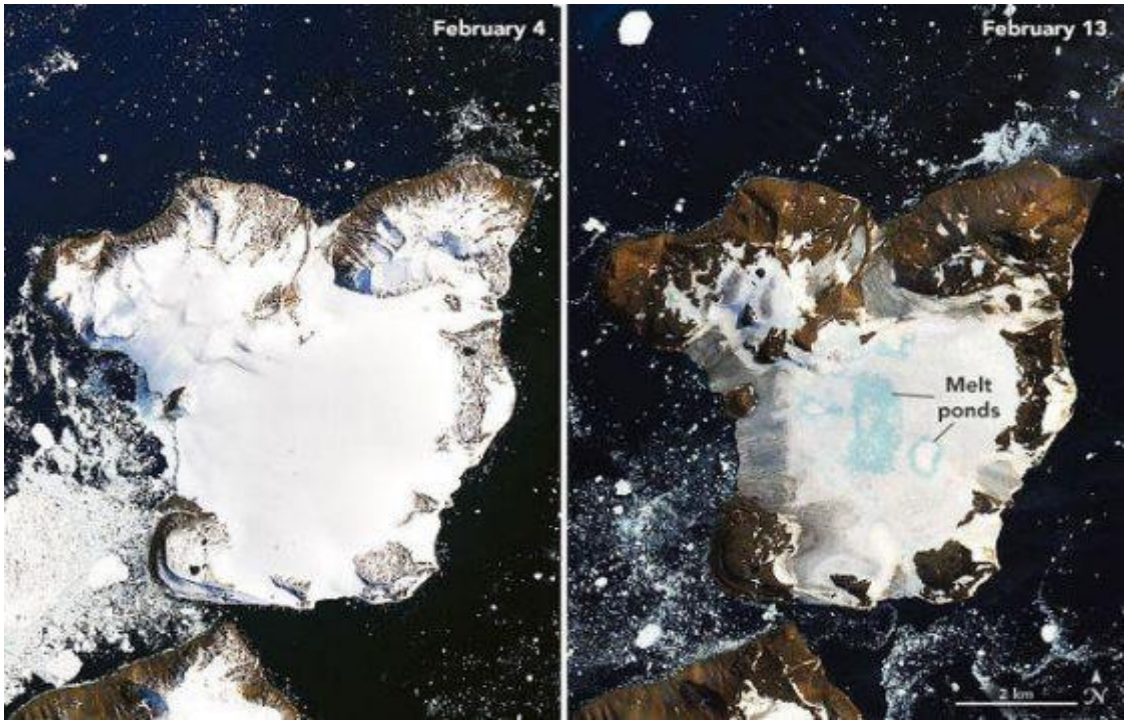


*Фиг. № 2 – Плаващ лед в Северния ледовит океан [№ 3]*



*Фиг. № 3 – Стапяне на ледници и отделяне на големи айсберги [№ 3]*

*Констатирано е намаляване на снежната покривка.* Спътниковите наблюдения през последните петдесет години разкриват намаление на площта на снежната покривка през пролетта в Северното полукълбо и по-ранно топене на снега. Според проучване, оценяващо европейския планински масив, Алпите са загубили почти метър от своята снежна покривка за период от половин век. За периода 1971 - 2019 г., времето, през което се наблюдават снеговалежи е намаляло средно с от 22 до 34 дни в Алпите на височина 2000 m над морското равнище.




***Фиг. № 4.*** *Спътникова снимка на стапяне на ледникови шапки за времето от 04 Февруари до 13 Февруари [№ 1]*

*Климатичните промени водят до затопляне на океанските води, покачване на морското равнище и окисляване на океанските води.* Огромната част от допълнителната топлина в климатичната система е поета от океаните, поради което се наблюдава и повишение на температурите на морските води. Например атлантическата треска, скумрията и херингата в Северно море мигрират от историческите си местообитания към по-хладните води на север. Повишаващите се температури на водата могат да увеличат и риска от болести, предавани чрез водата, например вибриозата в региона на Балтийско море. Драматично увеличение на избелването на кораловите рифове, дължащо се главно на повишените температури в Тихия и Индийския океан. Дори малка промяна на един от ключовите аспекти като температурата или солеността на водата или съдържанието на кислород може да окаже отрицателно въздействие върху тези чувствителни екосистеми [1, 4].



***Фиг. № 5.*** *Спътникова снимка на Северния полюс, показваща изменението на ледниковата шапка [№ 1]*

Например животът в Балтийско море, което е полузатворено море, е силно зависим от солеността и съдържанието на кислород ($O_2$) в морската вода. Повече от 1 000 вида морски животни обитават зоната на Категат, където равнищата на соленост и съдържанието на кислород са относително високи, но броят им намалява до едва 50 вида в северната част на Ботническия залив и във Финландския залив, където започват да преобладават сладководни видове. Заради топенето на континенталните ледове и разширяването на водата, нивото на морското равнище се е увеличило с над 25 см от края на XIX в. насам. Скоростта на покачване се ускорява всяка година и в момента тя е 2 пъти по-голяма от тази през миналия век [3].

*Основен проблем е и намаляване на морския лед.* Площта и дебелината на морския лед в Арктика значително намаляват през последните десетилетия. Това важи особено силно за нивото на леда през най-топлите месеци. Намаление на морския лед се наблюдава и в района на Антарктика. Топенето на морския лед не може да повиши морското равнище, но има отношение към така наречените обратни връзки. Колкото повече намалява белият лед, толкова повече слънчева енергия ще се поглъща от тъмните морски води и по този начин температурата на океанските води би нараснала значително, което би довело до още повече топене на лед и т.н.

От началото на Индустриалната революция, киселинността на повърхностните океански води се е увеличила с над 30 %. Причината за това са допълнителните антропогенни емисии на въглероден диоксид, които водят до по-голямо поглъщане [5]. Океаните са абсорбирали между 20 и 30 % от всичките антропогенни въглеродни емисии през последните десетилетия (между 7,2 и 10,8 милиарда тона годишно). Човечеството вече е оказало значително влияние върху климата на Земята. При най-песимистичните сценарии, средната температура на Земята ще се повиши с до 4 - 5 °C, а нивото на морското равнище ще се покачи с повече от 1 m, което ще бъде пагубно за крайбрежните зони.

*Отчетено е нарастване на честотата на екстремалните метеорологични явления.* Установено е, че антропогенните емисии са довели до увеличена честота и интензитет на екстремните метеорологични явления. От 1950 г. насам се наблюдава повишение на горещите екстремуми и намаление на студените. Наблюдава се и увеличаване на броя на метеорологични събития с интензивни валежи в редица райони на света.

*Предложени са различни подходи в борбата срещу климатичните изменения, но все още не се наблюдават желаните резултати.* Съществуват два основни подхода в борбата срещу климатичните изменения, които би следвало да вървят паралелно [6, 9].

Първият подход е свързан със *смекчаването на въздействието върху околната среда*. Той включва предотвратяването на по-нататъшните въздействия, а основните марки са: намаляване и спирането на парниковите емисии, залесяването и предпазването на гори, горските и природните екосистеми.

Вторият подход е този на *адаптацията* – при него се взимат мерки спрямо вече случилите се и очакваните в бъдеще негативни ефекти от климатичните промени. Примери за адаптация са изграждането на предупредителни системи за горещи вълни, пожари или наводнения в рискови райони. Други примери са свързани с градската среда – като боядисването на покриви в бяло, засаждане на повече дървета в населените места, с цел по-голямо охлаждане на градската среда [3, 8].

**Заключение**

В съвременната наука ключовата причина за затоплянето на климата на нашата планета в последните десетилетия е свързано с увеличението на концентрацията на парниковите газове в атмосферата в следствие на човешката дейност, докато ролята на естествени фактори като слънчева активност, изменения в земната орбита и изригвания на вулкани е твърде несъществена. Климатичните промени имат широк кръг от последствия,

както върху природата, така и върху хората. Сред най-съществените от тях са повишаването на температурата на атмосферата и океаните, топенето на ледовете, покачването на морското равнище, нарастването на честотата на екстремните метеорологични явления и окисляването на морските води – процеси, които наблюдаваме днес.

**Използвани литература и източници**

1. https://climate.nasa.gov/evidence/
2. https://www.usgs.gov/natural-hazards/volcano-hazards/volcanoes-can-affect-climate
3. https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/how-do-we-know-build-carbon-dioxide-atmosphere-caused-humans
4. Новият доклад на Междуправителствения панел по климатичните промени е червен код за човечеството
5. IPCC, 2021: Annex VII: Glossary
6. Годишен хидрометеорологичен бюлетин за 2020 година – НИМХ
7. Национална Стратегия за адаптация към изменението на климата и План за действие
8. Долчинков Н., Н. Озерова, Влияние на тежките метали върху околната среда, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят", НВУ „В. Левски"- гр. В. Търново – 22 ноември 2019 г ISBN 2603-4689, стр. 5-12
9. Панайотова, М., Европейската сигурност и отбрана през 2020 година на равносметка, възможности и предизвикателства, Годишник на НВУ „Васил Левски" 2019, част 1", Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски" ISSN 1312-6148, стр. 135-147
10. Панайотова, М., От стратегическо преосмисляне към стратегически действия. ОПСО – от стратегия към тактика, Списание Дипломация, 25/2021, януари, Дипломатически институт, Министерство на външните работи, ISSN 1313-6437, стр.17-33

***Адрес за кореспонденция:***
*Курсант Християн Божанов,*
*НВУ „Васил Левски"*
*E-mail: turvarna2016@abv.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.33.11.024**

# ВЪВЕДЕНИЕ В РАДИОАСТРОНОМИЯТА. ПОЯВАТА НА НАУКАТА И КОСМИЧЕСКАТА РАДИОИНФРАСТРУКТУРА

**Жулиана Михнева**

# INTRODUCTION TO RADIO ASTRONOMY. THE EMERGENCE OF SCIENCE AND SPACE RADIO INFRASTRUCTURE

**Zhuliana Mihneva**

***Abstract:*** *The mission of radio astronomy is to use radio methods to study astronomy. Although radio waves from space were perceived as early as 1932, true radio astronomical research developed during World War II. Initially, „vigilant radar" detects the strong radio noise emitted by the sun, which leads people to conclude that the conditions for the study of celestial bodies by radio signal have evolved. This is because the Earth's atmosphere can transmit radio waves, and receiving equipment at this time can receive certain signals from space.*

***Key words:*** *radio astronomy, radio noise, space, terrestrial atmosphere*

## 1. Въведение

В днешно време виждаме радиоастрономията като напълно интегрирана част от астрономията. Тя е подполе на астрономията, което открива небесните обекти посредством радиочестоти. Самото наблюдение по радиото се провежда с помощта на единична антена или решетка от антени, известна като радиотелескоп. Изучаване на небесните тела чрез изследване на енергията, която те излъчват на радиочестоти. Радиоастрономическите наблюдения обхващат целия радиоспектър от по-малко от 1 mm, където космическите сигнали стават силно отслабени от атмосферата, до дължини на вълните от десетки метри, отвъд които входящите сигнали се отслабват от йоносферата. Въпреки това, радиовълните с дължина на вълната между около 1 cm и 1 m не само преминават през земната атмосфера и йоносферата с малко изкривяване, но също така проникват в голяма част от газа и праха в космоса, както и в

облаците на планетарните атмосфери. Следователно радиоастрономията понякога може да даде много по-ясна картина на звездите и галактиките, отколкото е възможно чрез конвенционално наблюдение с помощта на видима светлина. Радиоастрономията се счита че има предимство пред други алтернативи на оптичната астрономия, поради способността си да извършва наблюдение от нивото на земята.

## 2. История на радиоастрономията

### 2.1. Ранни открития водещи до радиоастрономията

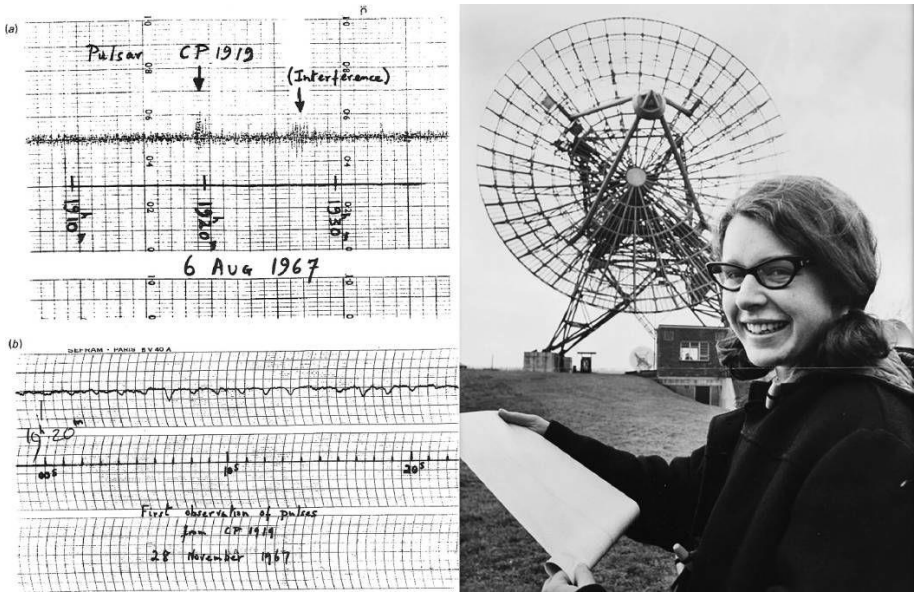
Въпреки че радиоастрономията е сравнително млад клон на астрономическата наука. Днес някои от най-важните открития за нашата Вселена идват от радиотелескопите. В началото на 20-ти век. През 1932 г. инженерът Карл Г. Янски се заема с озадачаващ проблем: шумната статика пречи на трансатлантическите гласови комуникации с къси вълни. След месеци на проследяване на източника, той забеляза, че той се измества бавно по атмосферата. Работата му, наречена „Радиовълни извън Слънчевата система”, публикувана през 1933 г. довела до една от най-важните статии в историята на астрономията през 20-ти век.

### 2.2. Откритието на Джоселин Бел

Едно от най-известните открития в радиоастрономията е през 1967 г., когато студентка на име Джоселин Бел забелязала странен сигнал в разпечатка от радиотелескоп, който тя помага да се построи. В последствие тя открива обект, произвеждащ силни радиоимпулси с редовна скорост, около 30 пъти в секунда. Бел и нейните колеги първо помислили че са открили сигнал от извънземна цивилизация, но накрая се оказало че са открили един необясним природен феномен. Обектът нарекли LGM-1 като шеговита отметка, че редовните импулси може да са от „Малки зелени човечета” [1]. Първите сигнали, серия от остри импулси, идвали на всеки 1,3 секунди. В последствие Бел забелязала друг подобен сигнал, пристигащ с интервал от 1,2 секунди и от съвсем различна област на небето. А през Коледа 1967 г. Бел забелязала още две такива късчета, с което общата сума станала четири. До края на 1967 г. са открити десетки такива проблясъци на радио излъчвания от странен обект, наречен пулсар [2].

Пулсарите се оказват бързо въртящи се неутронни звезди, които биват изключително плътни. Те се образуват след колапс на масивна звезда и след свръхнова. Характеризират се със силни магнитни пполета, които не са подравнени с оста на въртенето на звездата. Силното поле и бързото въртене произвеждат лъч радиация, който се движи наоколо, докато звездата се върти. На Земята виждаме това като серия от импулси, докато неутронната звезда се върти, като лъч светлина от фар. Той изпраща облаци от отломки в космоса, оставяйки след себе си масивен

компресиран обект, направен изцяло от неутрони. Откритият пулсар Бел се върти около оста си 30 пъти в секунда, изпращайки маяк при всяко завъртане. Това е почти като тиктакането на часовник.




***Фиг. 1**. Снимка на Джоселин Бел в Радиообсерваторията на Мълард през 1967 г. с диаграмата на пулсарите, вляво. Изображението е предоставено от лабораторията Кавендиш.*

Днес знаем за повече от 2000 пулсари. За някои, като например пулсара в центъра на мъглявината Рак, можем да видим и светещите отломки на масивната звезда. Радиоастрономите се фокусират върху тиктакащия пулсар в сърцето на експлозията.

**2.3. Радиоинтерферометър АЛМА**

Atacama Large Millimeter / Submilimeter Array (ALMA) е най-големият в света радиоинтерферометър, разположен на платото Чайнантор в Чилийските Анди [3] на надморска височина от повече от 5000 m над морското равнище, с условия, недостижими другаде по света има една от най-сухите атмосфери на Земята [4]. Обсерваторията е разположена толкова високо, че астрономите, работещи в нея, трябва да използват кислородни маски. Състои се от 66 прецизно изработени радиотелескопа с диаметри 12 и 7 метра. Те провеждат наблюдения в обхвата на милиметрови и субмилиметрови вълни.

ALMA е революционен телескоп, работещ в диапазона от 31,3 GHz до 950 GHz. Той има много по-висока чувствителност и разделителна способност от съществуващите телескопи с дължина на вълната под милиметър.



***Фиг. 2.*** *Снимка на изглед от обсерваторията АЛМА през 2021г.*

Излъчването с тази дължина на вълната често идва от най-хладните и отдалечени обекти в космоса [5]. Радио емисиите, както и инфрачервената светлина могат да пътуват направо през тези гъсти облаци от газ и прах, „повдигайки воала” върху процесите на образуване на звезди и планети. Те включват газови и прахови облаци, които раждат нови звезди, и далечни галактики на ръба на видимата вселена [6]. Космосът на тези дължини на вълната досега не е изследван задълбочено, тъй като за да се правят ценни наблюдения е необходима обсерватория на място, която гарантира не само добри метеорологични условия за наблюдения, но и много ниска влажност на въздуха.

На друго място в галактиката ALMA е открил следи от молекула, наречена метил изоцианат. Този отровен материал се оказва прекурсорна молекула, която може да се комбинира с други молекули, за да образува пребиотични органични съединения, наречени пептиди, които са един от ранните градивни елементи на ДНК. С други думи, ALMA помага на астрономите да откриват предшественици на живота и давайки улики за това как животът може да е възникнал в нашата собствена слънчева система преди милиарди години.



***Фиг. 3.*** *Изображение на част от известната мъглявина Орион, област на образуване на звезди, разположена на около 1350 светлинни години от Земята. Той съчетава мозайка от милиметрови изображения с дължина на вълната от ALMA и 30-метровия телескоп IRAM, показан в червено, с по-познат инфрачервен изглед от инструмента HAWK-I на Много големия телескоп на ESO, показан на син. Групата от ярки синьо-бели звезди вляво е Трапециевият куп, горещи млади звезди, които са само на няколко милиона години.*

## 3. Технологията на радиоастрономията

Радиотелескопа може да бъде разгледан като за много специализирана антена, оборудвана с приемници. В ежедневието телевизията и сателитните чинии улавят сигнали, които доставят забавление в домовете на хората и на други места. Радиотелескопите сами по себе си улавят сигнали от обекти в небето, които не са направени от хора. Някои от тези телескопи са големи чинии, други изглеждат като огради или малки вертикални метални рамки, разпръснати из пейзажа.

Типичният радиотелескоп, независимо от неговия размер и форма, има няколко основни компонента. Първо е чинията или антената. Размерът и формата се диктуват от честотите, които инструментите са създадени да откриват и фините детайли, които астрономите искат да изобразят. Една чиния трябва да е голяма, за да събере много слабите сигнали от далечни източници в космоса върху техните детектори. Той фокусира сигнала от далечен обект върху подрефлектор над чинията. Това отразява сигнала към детектор и след това към усилвател на сигнала, за да усили сигнала, ако е много слаб. След това данните се записват за последващо изследване.

### 3.1. Разбивка на телескопа

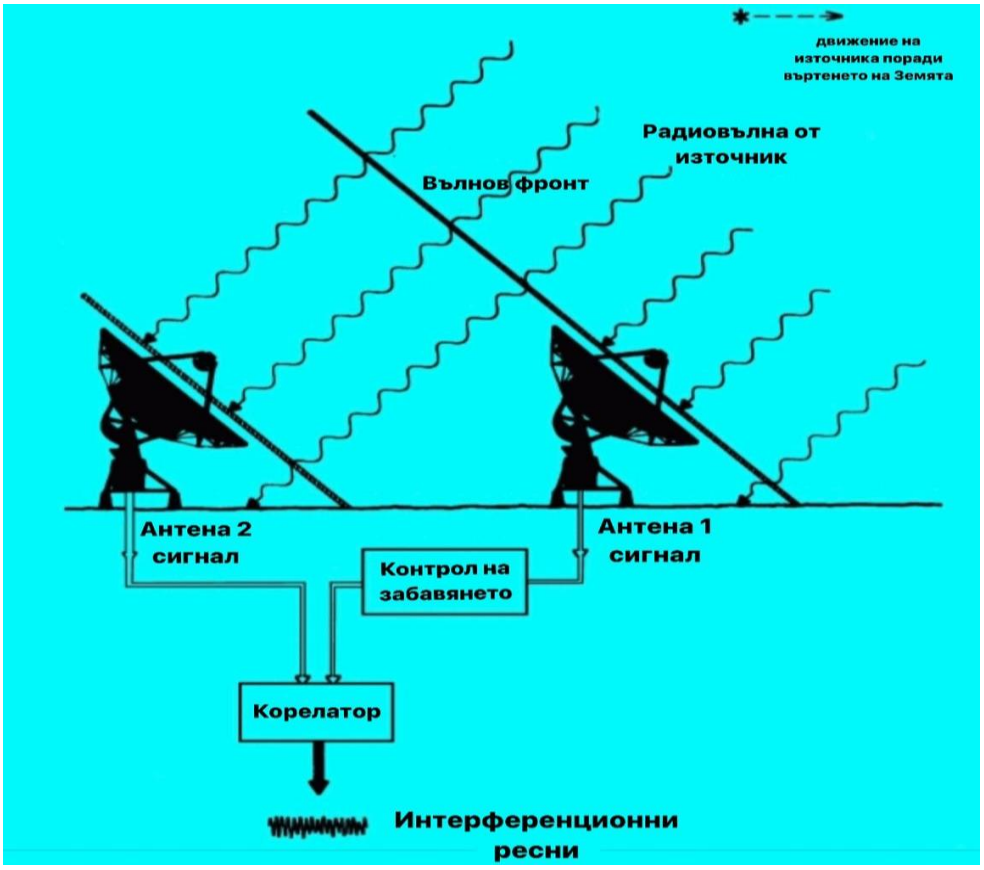
- Гръмоотвод – Разположен в най-високата точка на телескопа, върха, е малка зона за достъп до подрефлектора отдолу и гръмоотражателя, който защитава чувствителните електронни приемници и оборудване.
- Крака на четириноги – Състои се от четири крака, които поддържат еднакво структурите на върха, включително субрефлектора.

- Подрефлектор – астрономическите сигнали се събират от повърхността на чинията и се отразяват до подрефлектора, който след това отхвърля сигналите надолу към подаващите клапи.
- Повърхност на чинията – Параболичната чиния е с диаметър 88 фута (25м) и е направена от една трета акра стоманени панели. Възможно е да се ходи по повърхността на съда, но само там, където панелите се съединяват, а не по центровете.
- Подпори за чинии – Механична носеща конструкция за повърхността на чинията. Върховата стая се намира в тази структура.
- Анемометър – Ветромерно устройство е прикрепено към всяка чиния и се следи за условия на силен вятър. Когато не е безопасно телескопът да работи, телескопът ще се премести в позиция „прибиране”, където гледа директно нагоре.
- Захранващи рогове- – Метални вълноводни рогове насочват сигнала от подрефлектора към приемника под повърхността на чинията.
- Приемници – Охлаждани до 16 градуса над абсолютната нула, за да се намали шума, генериран от електрониката, персонализираните приемници разделят, усилват, оформят и откриват сигналите с изключително ниска мощност, които влизат в захранващия сигнал. Заедно с големия диаметър на чинията, приемниците помагат за откриване на сигнали от звезди и галактики, отдалечени на много милиарди светлинни години.
- Вертекс стая – Съдържа приемниците, усилвателите, шкафа за проби и панела с оптични влакна.
- Кабинет за усилватели – Шкафът във върховата стая приема високочестотни сигнали от приемниците и се комбинира със сигнали на локалния осцилатор, за да произвежда аналогови сигнали с по-ниска честота. Оттук сигналите преминават по коаксиални кабели към оптичния панел.
- Оптичен панел – Разположен във върховата стая, този панел приема коаксиалните кабели от усилвателя и шкафа за проби и прехвърля сигналите към влакното.
- Стълби с ограничен достъп – Достъп по стълбище от земята до платформата на компресора. Компресорите доставят и приемат хелий към криогенните хладилници на 8 приемника. Когато телескопът се движи по азимут (върти се в кръг), стълбите се движат заедно с телескопа.
- Elevation Gear – Позволява основната структура на чинията да се накланя нагоре и надолу, спрямо оста (линия) между върховете на ярмата. Конструкцията на тарелката се движи върху височинно-азимутално монтиране, където височината се нарича още „надморска височина”.

- Ярма – Механично поддържа структурата на чинията и в комбинация с повдигащата предавка позволява на чинията да се накланя нагоре и надолу във височина.
- Azimuth Gear – Позволява на основната структура на чинията да се върти по азимут. Също така механично поддържа рампата, стълбите за достъп и конструкцията на чинията върху лагера на азимутната ос, където е разположен центърът на тежестта за целия телескоп.
- Кабелна обвивка и часовникова пружина – Тъй като телескопът се върти по азимут, обвивката на кабела се върти в обратна посока, но със същата скорост, което предотвратява повреда на деликатните кабели. Беше добавена обвивка с пружинни пружини за управление на деликатни оптични кабели. Тези оптични, коаксиални и захранващи кабели свързват телескопа към сградата за управление.
- Стая за пиедестал – Съдържа електрониката за управление на задвижващите двигатели по азимута и височината на антената и разпределението на мощността в антената. Това е и мястото, където заровеният вълновод - тръбопровод, който позволява комуникации към и от антените към контролната зала - влиза в антената.
- Подсилени опори на основата – Те осигуряват механична опора за азимуталната предавка и по този начин цялата 230-тонна структура на антената.
- Бетонни опори – Телескопът е класически триножник (трикрак) монтаж. Триъгълната основа се поддържа от три бетонни опорни стълба, прикрепени към пиедестали на средно 36 фута под земята.

**3.2. Интерферометрията**

Докато „по-голям” обикновено означава „по-ярки изображения” с по-фини детайли, телескопите могат да станат толкова големи. Възможното количество детайли също зависи от дължината на вълната на работа на телескопа. За да се получи разделителна способност, подобна на Хъбъл, един радиотелескоп би трябвало да е на много километри. Когато радиоастрономите се изисква фино подробен поглед към отдалечен обект, те насочват набор от антени към този обект, след което използват точно време и суперкомпютър, за да ги накарат да действат като един гигантски телескоп. Всяка антена събира радиовълни, които трябва да се комбинират по умни начини, позволявайки на астрономите да произвеждат изображения с детайлите на огромен телескоп, равни на разстоянието между компонентните телескопи. Използвайки компютри и обработка на сигнали, всички тези сигнали се комбинират, за да се създаде изображение с висока разделителна способност.




***Фиг. 4**. Примерна схема на интерферометър*

Най-простият интерферометър се състои от 2 чинии (А и В), свързани с проводници. Радиоастрономическият сигнал първо достига до чиния А, след това В, със закъснение, което зависи от посоката, в която са насочени антените. Чрез въвеждане на закъснение в пътя на вълната на чиния А, се получават сигналите да пристигат във фаза към специален компютър, наречен „корелатор” (Фиг. 4).

Корелаторът комбинира двата сигнала (идващи от А и В), образувайки това, което се нарича „Интерференционна граница”. В този случай разделителната способност не зависи от диаметъра на съдовете, а от разстоянието им.

Ъглова разделителна способност = разстояние/ламбда

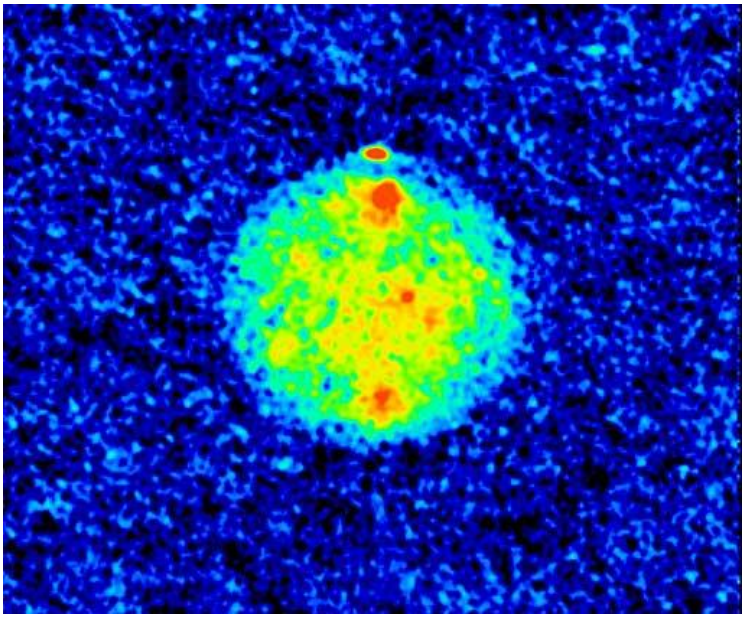
**4. Слънчевата система през радиотелескоп**

**4.1.Проследяване на буря по Слънцето**

Повърхността на Слънцето е силен източник на радио излъчване – и на потенциална вреда, поради тази причина съществуват радиотелескопи наблюдаващи звездата през цялото време. Тя, както повечето други звезди, има гигантско магнитно поле. Докато Слънцето се върти, повърхността му

увива полето във вихри, заплитайки го [7]. За да възвърнат ред, линиите на полето се свързват отново в точките на натрупване, откъсвайки нежелани нишки и бримки, за да направят по-къси, директни пътища от полюс до полюс. Всеки материал, който все още се вкопчва в отклоненията, се отнася като вълна от зареден слънчев материал. Това се заключава като „слънчеви изригвания”. Когато изхвърлените бримки са достатъчно големи, за да експлодират в Слънчевата система, те се наричат „изхвърляне на коронална маса” (coronal mass ejections) (CME) [8]. Тези цунамита от заредени частици могат да прекъснат радиокомуникациите на Земята, да изпържат чувствително оборудване в спътници и дори да застрашат астронавтите на Международната космическа станция. Затова астрономическия консултативен комитет има първостепенна научна цел и приоритетност в прогнозирането на това „космическо време”. Радиотелескопите могат да видят изхвърлянията, които често предхождат CME, затова са много добри предупредителни устройства. Пример затова е 45-футовият, тестово съоръжение за широкомащабен набор от телескопи, наречен „Frequency Agile Solar Radiotelescope” или FAS.

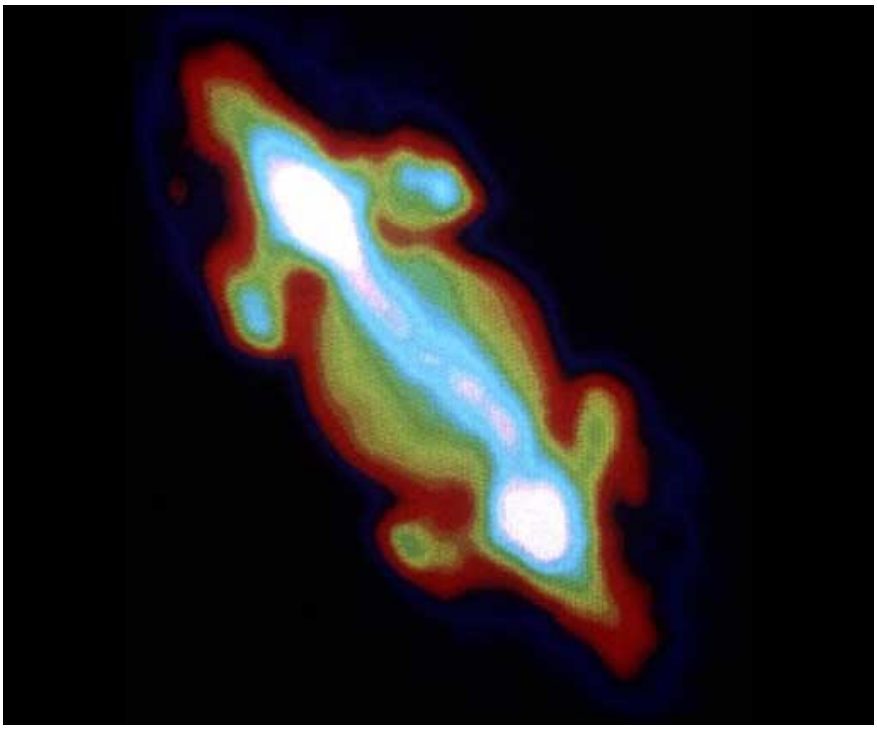
### 4.2. Меркурий



***Фиг. 5.*** *Изображени на най-вътрешната планета в нашата Слънчева система, Меркурий в която радиотелескопите откриват изненадващите отражения на леда на полюсите на иначе горещата планета.*

Планетата Меркурий може да е по-малка от половината на Земята, но е два пъти по-близо до Слънцето от нас. Части от лунната скалиста

повърхност на Меркурий се нагряват от Слънцето до температури, близки до 800 градуса по Фаренхайт (425 градуса по Целзий) [9].
Въпреки че това не свят като този на Земята, през 1991 г. планетарни учени изучават Меркурий, използвайки радарна система, състояща се от 70-метрова (230-фута) антена на НАСА в Голдстоун, Калифорния, оборудвана с предавател от половин милион вата и (Very Large Arrays)(VLA) като приемна система. VLA е конфигуриран да картографира Меркурий с детайли до 100 метра в диаметър [10].



***Фиг. 6.*** *Изображени на Юпитер в радиовълните наподобяващо гигантски гущер, поради мощното магнитно поле, което го заобикаля. Заредените частици, изригнали от неговите луни, се улавят от това поле и излъчват радиовълни.*

Лъчът от 8,5-GHz микровълни, изпратен от Голдстоун, достига от Меркурий и събран във VLA, за да се получи радарно изображение на планетата. Използвана е радарната система „Goldstone-VLA”, за да разгледат страната на Меркурий, която не е снимана от „Mariner 10” в средата на 70-те години.

Полученото радарно изображение (Фиг. 6), показва в червено силно отражение на радарния сигнал, а в жълто, зелено и синьо, прогресивно по-слабо отражение. Ярката червена точка в горната част на изображението показва силно радарно отражение на северния полюс на Меркурий. През 1994 г. екипът открива подобно място на южния полюс на Меркурий.

„Нормалният” лед, като този на Земята, е като гъба, която абсорбира радиовълните, но ледът при много ниски температури е огледало за радиовълните. Силното отражение, наблюдавано на Меркурий, е твърде голямо, за да бъде причинено от моментен „отблясък” от стена на кратера и когато се изследва по-подробно, споделя характеристиките на отраженията от водния лед, наблюдаван на Марс и ледените луни на Юпитер [11].

В днешно време учените вярват, че ледът се събира на пода на дълбоки кратери на полюсите на Меркурий, където може да остане постоянно засенчен от Слънцето и да достигне температури до -235 градуса по Фаренхайт (125 градуса по Келвин) [12].

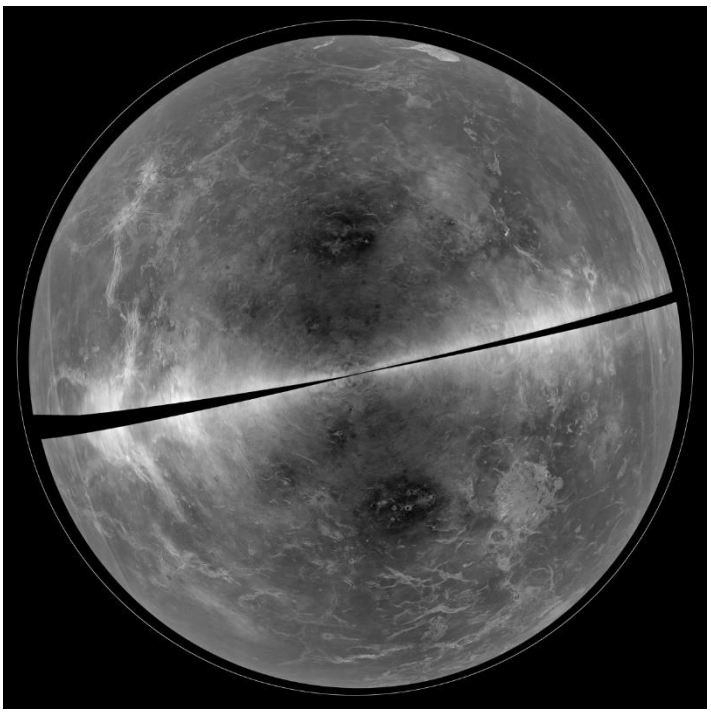
**4.3. Венера**

Венера е най-близкият ни съсед в космоса и най-близкият ни роднина по размер. В миналото единственото което се е знаело като информация за тази планета били дебелите слоеве облаци, криещи повърхността ѝ. В продължение на десетилетия много хора вярвали, че гъстите облаци създават гореща дъждовна гора от венерианска растителност под себе си.

Още по изключителни теории биват разбивани, когато радиотелескопите се появяват на сцената през 50-те години на миналия век. Облаците на Венера не са пречка за радиовълните, поради дългите дължини на светлината, която преминава през тях. Радиоастрономите стигат до откритие, че Венера има повърхностни температури доста над точката на кипене на водата. Никоя джунгла не би могла да оцелее в пещ с такъв размер на планета и скоро се появиха описания на сурова пустинна планета.

Поглеждайки към Венера с радарни техники, радиоастрономите най-накрая обявяват груба представа за терена под дебелото газово покритие, което го заобикаля. В началото радио отражения от повърхността били неравномерни и показвали по-специално огромна планинска верига, издигаща се под облаците. Лъчистите радиовълни в продължение на часове разкрили огромна изненада: планинската верига, простираща се над гледката. Наблюдавали въртенето на планетата обратно срещу въртенето на Земята.

Това било шоково откритие поразило много астрономи. Те вярвали, че всички планети трябва да се въртят в същата посока, в която обикалят Слънцето - обратно на часовниковата стрелка. Хубаво е и подредено, но сега знаем, че също е грешно. Това радарно изследване на Венера накарало обществото да преосмисли теориите си за това как се е формирала нашата Слънчева система (Фиг. 7).

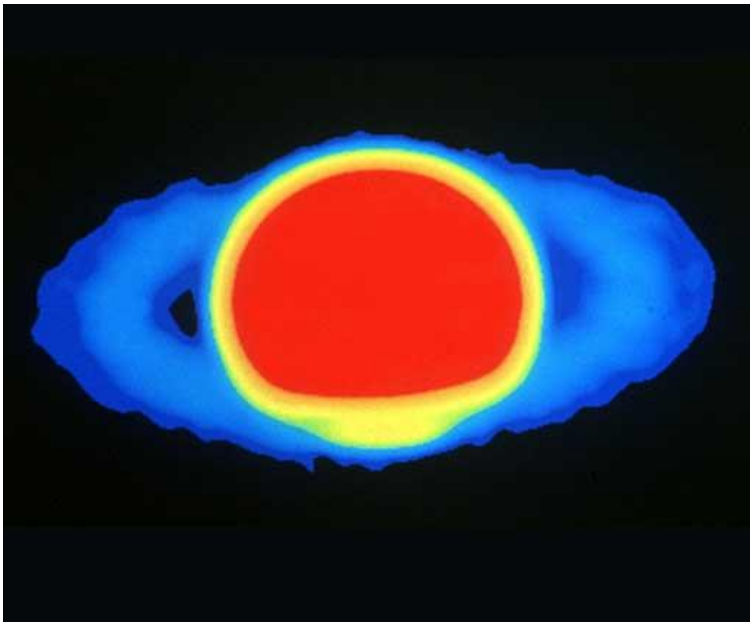


***Фиг. 7.*** *Проекция на радарните данни на Венера, събрани през 2012 г. Поразителни повърхностни характеристики – като планини и хребети – се виждат лесно. Черната диагонална лента в центъра представлява области, твърде близо до доплеровия „екватор”, за да се получат добре разрешени данни за изображението.*

Тъй като радарните техники се усъвършенствали с годините, някои космически кораби посетили Венера, с радар, с висока разделителна способност на борда. Така станало ясно, че под облаците си Венера е пустиня с хълмове, образувани от лава, смачкана под екстремния натиск на гъстия горещ въздух над нея. Радарът показал много кратери и вулканични планини, по-високи от връх Еверест по повърхността.

**4.4. Марс**

Наясно сме, че Марс е планета около половината от Земята. Повърхността му обаче е суха и измазана с геоложка история на вулкани и течаща вода. За радиотелескопите, използвани като радарни устройства, плоските равнини на древни лавови полета са изключително ярки, както и „ледените шапки” на планетата. Астрономите използвали примера с ледените шапки на Марс, за да анализират радарните отражения, наблюдавани на Меркурий. Накрая се достига до заключени, че те също са причинени от лед, хванат във вечно тъмни кратери в този иначе горещ свят.



***Фиг. 8.*** *Изображени на атмосферата на Сатурн, която охлажда към външните слоеве на този газов гигант. Пръстените от лед и прах изглеждат тъмни пред планетата, защото поглъщат радиовълните от Сатурн.*

**4.5. Астероиди**

Хиляди астероиди обикалят около Слънцето между Марс и Юпитер, а десетки пресичащи Земята астероиди се залюляват още по-близо.

Радиотелескопите, използвани като радарни инструменти, са наблюдавали четирите най-големи астероида: Церера, Палада, Веста и Хигия, плюс по-малки астероиди, които са прелитали покрай нас през годините, като Касталия, Митра, Итокава, Тоутатис и 2012 DA14, които са пропуснали удара само с 17 200 мили!

Резултатите от радарите установили, че по-големите астероиди са покрити с фино зърнеста мръсотия, пулверизираната скала, създадена от стотици милиони години метеороиден удар. Повърхността на Луната е покрита по подобен начин с този вид „реголит”. Без атмосфери, които да забавят и спират малките удари, повърхностите на тези малки светове са многократно пескоструени от всякакви космически отломки. Оказва се, че по-малките астероиди се появяват като двойки светове, които обикалят един около друг или са в контакт един с друг, след като не са напълно смачкани в една голяма скала.

**4.6. Изследване на газовите гиганти**

Радиоастрономите открили интензивни радиационни пояси около Юпитер, създадени от електрони, уловени в неговото мощно магнитно

поле – 10 пъти повече от Земята. Космическият кораб на НАСА „Вояджър” „слуша” радио излъчванията от Юпитер, за да улови дадени изблици [13].

VLA беше сред многото астрономически очи, настроени на Юпитер, когато парчета от комета се потопиха в него през 1994 г. Радиационните пояси на Юпитер [14] се вдигнаха в радиовълни по време на ударите и останаха ярки месеци след това.

Виждането дълбоко в газовия гигант на Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун е невъзможно с оптични телескопи, но магнитните полета обикновено са продукт на топло, движещо се ядро, така че те са добро ръководство за структури и дейности в рамките на планетите.

**4.7. Метеори**

Метеорните следи действат като неонови табели за радиотелескопи, които улавят тези статични изблици и по небето. Тези пътеки рекламират не само атмосферен удар, но скоростта, височината и ъгъла на навлизане на отломките. Масата на отломките е основно изчисление от тези данни.

Земята непрекъснато оре в отломки, събирайки хиляди тонове космически скали годишно; така че въпреки че не можете да ги видите, метеорни ивици се случват и през деня. Радиотелескопите могат да поддържат 24-часова система за наблюдение настроена към метеорната активност. Всъщност огромен източник на постоянни радиометеорни данни идва от граждански учени, които използват собствено оборудване, за да наблюдават небето.

**5. Проследяване на космически кораби в Слънчевата система**

Радиотелескопите могат да бъдат извикани, за да приемат предаванията от космически кораби в орбита около Земята или пътуващи през Слънчевата система.

През 80-те години на миналия век са се инсталирали набор от специални приемници на VLA антените, за участието в мисии на НАСА, Voyager II, специално за да се извлекат предаванията на данни от космическия кораб, докато се върти около планетата Нептун.

През 90-те години на миналия век 45-футовият телескоп в Green Bank е бил една от четирите проследяващи станции на НАСА, посветени на поддръжката на спътници с много дълга базова интерферометрия (VLBI).

Проследяващите станции предавали сигнал за синхронизиране към орбиталните спътници. Сателитите извлекли проби от астрономическите си сигнали и предали данните по низходяща връзка обратно към станциите. Проследяващите станции впоследствие записали данните на широколентова магнитна лента, които изпратили до суперкомпютърното съоръжение на НАСА за обработка.

Когато първият космически радиотелескоп, HALCA, е изстрелян от Япония през 1997 г., американските VLA и VLBA се съчетали с него, за да направят снимки на галактики с ниво на детайлност, което никога досега не е достигано.

През 2008 г. GBT беше призован в действие, за да следи отблизо опасното спускане от 13 000 mph на Phoenix Mars Lander [15] на НАСА на Марс. Въпреки че космическият кораб може да предава своя поток от данни към космически кораб, който вече е в орбита около Марс, антената на GBT от 2,3 акра лесно грабна този сигнал от десетки милиони мили разстояние.

В момента 43-метровият телескоп в Green Bank е приемна станция за руския 33-футов (10-метров) космически радиотелескоп RadioAstron [16]. GBT рутинно се свързва с този космически радиотелескоп, който пътува почти толкова далеч от Земята, колкото Луната, за да наблюдава свръхмасивни черни дупки в сърцата на далечни галактики.

**6. Заключение**

Слънчевата активност представлява уникално достъпен пример за повсеместните процеси на енергия освобождаване и ускорение на частиците, които се срещат в широк спектър от контексти, от планетарни магнитосфери към галактиката. Сред многовълнови наблюдения на слънчеви явления, радионаблюденията предоставят обединяваща перспектива, поради тяхната чувствителност както към термична плазма, така и към нетермични частици и тяхната уникална чувствителност към слънчеви магнитни полета – източник на енергия за слънчева активност.

Радио излъчването е особено ненадминато по своята чувствителност към ускорени частици. Радиоспектърът с пространствено разрешение осигурява мощен източник на диагностична информация с потенциалът за трансформационни прозрения за слънчевата активност и нейните земни въздействия. Същите процеси, които преобразуват магнитната енергия в ускорени частици по време на слънчева активност, се срещат в много други астрофизични контексти и това, което научаваме за тези процеси от изследванията на слънчевото радио е пряко приложими за тях.

**Използвана литература:**

1. Adediji, A. T., Mandeep, J. S. and Ismail, M. (2014). Meteorological Characterization of Effective Earth

2. Aschwanden, M. J., Benz, A. O. 1997. Electron Densities in Solar Flare Loops, Chromospheric Evaporation Upflows, and Acceleration Sites. The Astrophysical Journal 480, 825-839.

3. Bastian, T. S., Benz, A. O., Gary, D. E. 1998. Radio Emission from Solar Flares. Annual Review of Astronomy and Astrophysics 36, 131-188.

4. Bergin, Chris (7 January 2019). „Hera adds objectives to planetary defense test mission". NASASpaceFlight.com. Retrieved 11 January 2019.

5. Christian, Eric R.; Davis, Andrew J. „Advanced Composition Explorer (ACE) Mission Overview". California Institute of Technology. 2017.Frequency Allocation for Radio Astronomy at the L Band. Publications of the Astronomical Society of Australia

6. Ezekoye, B. A. and Obodo, R. M. (2007). The Effects of Solar Radiations on Telecommunications. The Pacific

7. Grieves, Shell. „Route To Space Alliance" 2017. 233-241

8. Hernandez, Vladimir; „Alma telescope: Ribbon cut on astronomical giant" 2013.

9. Journal of Science and Technology 8 (1): 109-117

10. Latifiyan, Pouya -Radio astronomical telescope in Malaysia. New Astronomy 15(3): 307–312.

11. MCMC manual of Spectrum Plan (2006). MCMC manual of „Spectrum Plan"

12. Merola, L. (2006). A Study of the Effects of Sunrise and Sunset on the Ionosphere as Observed by VLF Wave

13. NSSDC. „Tentatively Identified Missions and Launch Failures". NASA. 2016.

14. „WIND Near Real-Time Data". NASA. 3 December 2017. 2017.

15. Bergin, Chris (7 January 2019). „Hera adds objectives to planetary defense test mission". NASASpaceFlight.com. Retrieved 11 January 2019.

16. Christian, Eric R.; Davis, Andrew J. „Advanced Composition Explorer (ACE) Mission Overview". California Institute of Technology. 2017.

**Correspondence addresses:**
*Zhuliana Milenova Mihneva, (BG) Cadet OR-5, „Vasil Levski" National Military University, Bulgaria, Phone number: +359 877959388, E-mail: july.mihneva@gmail.com*

**DOI: 10.34660/INF.2023.75.42.025**

# ФИЗИКО-ГЕОГРАФСКА УЧИЛИЩНА КОЛАБОРАЦИЯ – СПЕЦИФИКИ И ВЪЗМОЖНОСТИ В КОНТЕКСТА НА КОСМИЧЕСКАТА ЕКОЛОГИЯ

**Тамара Драганова, Анка Цончева**

# PHYSICAL AND GEOGRAPHICAL SCHOOL COLLABORATION - SPECIFICS AND OPPORTUNITIES IN THE CONTEXT OF SPACE ECOLOGY

**Tamara Draganova, Anka Tsoncheva**

***Abstract:*** *The article presents the collaborative connections and interactions between the general education subjects in the Bulgarian school – „Physics and Astronomy" and „Geography and Economics" on a normative basis. Models of competence scope have been studied and systematized, didactically interpreted and visualized, applied competence and research approach, as expected results from the training of physics and geography. The specifics and the opportunities for school education in the context of space ecology are presented.*

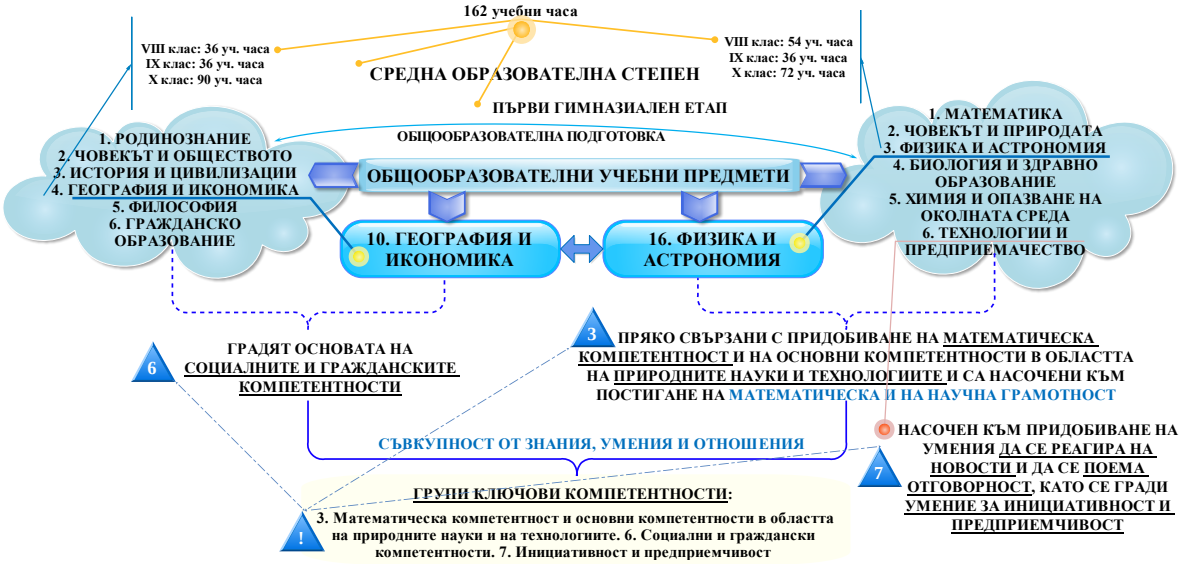
***Key words:*** *Physics and Astronomy, Geography and Economics, school education, space ecology*

Учебните предмети в българското училище „Физика и астрономия" и „География и икономика" са два от общо 21 общообразователните предмети, които се изучават в общообразователната подготовка, придобивана в хода на цялото училищно обучение. Нормативният интердисциплинарен модел разкрива учебна колаборация с фундаментално значение за социално-икономическата и екологично-ценностната функции на образованието. Цялостната процедурна рамка на общообразователната подготовка е обхванатa от деветте групи ключови компетентности и като образователна политика е доказателство за учебна колаборация, но с различни ключови нюанси на ниво взаимозависимости и съвкупности.

Дейностите по необходимостта „за личностното развитие на индивида през целия живот, за изграждането на активна гражданска позиция и участие в социалния живот, както и за пригодността му за

реализация на пазара на труда” са съградени именно върху основата на ключовите компетентности, които изискват интердисциплинарност и взаимодействие, вътрешна обвързаност и междупредметен интегритет [4].

Общообразователните предмети са обвързани с групите ключови компетентности, но нормативния дизайн и дидактическо програмиране за физиката и географията ги поставя на различни компетентностни плоскости – фиг. 1.




***Фиг. 1.*** *Нормативно-интердисциплинарен колаборативен модел между Физика и астрономия и География и икономика [3, 5]*

Нормативно-процедурните и методико-дидактическите изследвания в настоящата статия обхващат първи гимназиален етап на средната образователна степен по двата общообразователни учебни предмета – *физика и астрономия* и *география и икономика*. Специфики се открояват на няколко нормативни равнища, на обект на изследване са учебната колаборация в контекста на космическата екология. За да бъде проследена обективната картина при двата общообразователни учебни предмета е необходимо да се изведат нормативните изисквания и за екологичното образование като предметна норма и възможност за осъществяване във всички възрастови групи в българското училище.

Екологичното образование е същностно насочено към формиране на екологична култура, екологично съзнание и екологично поведение, които са нормативно експонирани от една страна на самостоятелно предметно ниво, а от друга интердисциплинарно с ясно разпознаваеми и устойчиво вградени зад границите на невидимото с учебни предмети като – география

и икономика, физика и астрономия, химия и опазване на околната среда, биология и здравно образование и др. В училищното образование на различни предметни интегрирани плоскости са локализирани и дидактически интерпретирани взаимните връзка за „познаване на екологичните закони, защита, подобряване, управление и разумно използване на природните ресурси, както и опазване на природната среда и на екологичното равновесие”[2].

Екологичната *култура*, екологичното *съзнание* и екологичното *поведение* са неделима част от ноосферата и космическата екология, успоредно надграждащи компетентностите като очаквани резултати от обучението по физика и география. Космическият ум и биосферата на Земята (неделима част от сферите на планетата) са сложни и комплексни глобални системи, които се явяват подсистеми на най-голямата система – *Вселената*. В училищното образование е наболял момента, дори в известна степен закъснял да се учи не само за екологията в контекста на планетата Земя, но и за космическата екология в контекста на Вселената.

Екологичните, икономическите и социалните измерения за конструиране на дългосрочна визия за обществото, се осъществява чрез обучението по различни учебни предмети и видове подготовка като цели изграждане на умение за поемане на лична отговорност за устойчиво бъдеще. Съдържателната корелация с концепцията за устойчиво развитие детерминира множество допирателни за обучение по физика, география, екология и други общообразователни учебни предмети.

Четвъртата от общо 12 цели на предучилищното и училищното образование се отнася за *придобиване на компетентности за прилагане на принципите за устойчиво развитие [1]*. Във взаимодействие с останалите цели и принципи на образованието, тази цел е пряко обвързана с мястото и значението, ролята и особеностите, структурата и съдържанието на темата за екологичния проблем по нормативен вектор в неговата хорологична и холистична процедурна рамка, логическа визия и дидактическа съдържателност в това число и за космическите екологични проблеми [12].

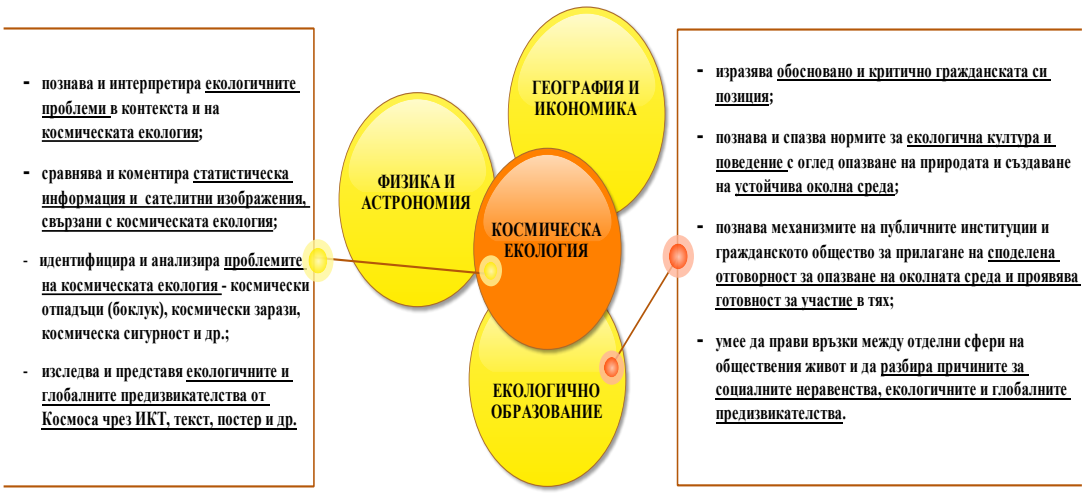
Доказателство за присъствието на въпросите за устойчивото развитие и тяхното трансформиране в учебното съдържание по различните учебни предмети в контекста на космическата екология е нормативно нововъведено и чрез групиране на ключовите компетентности, особено релевантно обвързани с 2, 3, 4, 6 и 9 група: *1) компетентности в областта на българския език; 2) умения за общуване на чужди езици; 3) математическа компетентност и основни компетентности в областта на природните науки и на технологиите; 4) дигитална компетентност; 5) умения за учене; 6) социални и граждански компетентности; 7)*

*инициативност и предприемчивост; 8) културна компетентност и умения за изразяване чрез творчество; 9) умения за подкрепа на устойчивото развитие и за здравословен начин на живот и спорт [4].*

Концептуалната образователна идея за принципите на устойчивото развитие е част от интрадисциплинарния екологичен синтез (екология, геоекология, космическа екология и др.), както и от интердисциплинарния синтез с други учебни предмети, които съдържат базовата съдържателна рамка, която обхваща взаимоотношенията във фундаменталната интегративна система: *природа – общество – стопанство – Космос – космическа екология [13].*

Интердисциплинарният прочит на ниво учебни програми по *физика и астрономия* и *география и икономика* за първи гимназиален етап на средната образователна степен разкрива множество тематични и ключови взаимодействия и интегративен синтез, които са имплицитно конструирани зад границите на видимото учебно съдържание и различното мислене, но космически интерпретирано и разгънато в учебна среда.

Необходима е нормативна и дидактическа ревизия за образователната политика в контекста на космическата екология като теми, очаквани резултати и нови понятия на ниво учебно програмно съдържание. Целевата концепция на образованието за космическата екология трябва да се развива на основата на интердисциплинарността, компетентностния и интегративния подход (примерен целеви модел за училищното образование – фиг. 2).




***Фиг. 2.*** *Примерен училищен модел за резултатна колаборация*

Фигурите 3, 4 и 5 представят авторски модели за възможни съдържателни трансмисии на ниво учебни програми по *Физика и*

*астрономия* и *География и икономика*, свързани с темата за космическата екология (VIII клас - фиг. 3, IX клас - фиг. 4, X клас - фиг. 5).

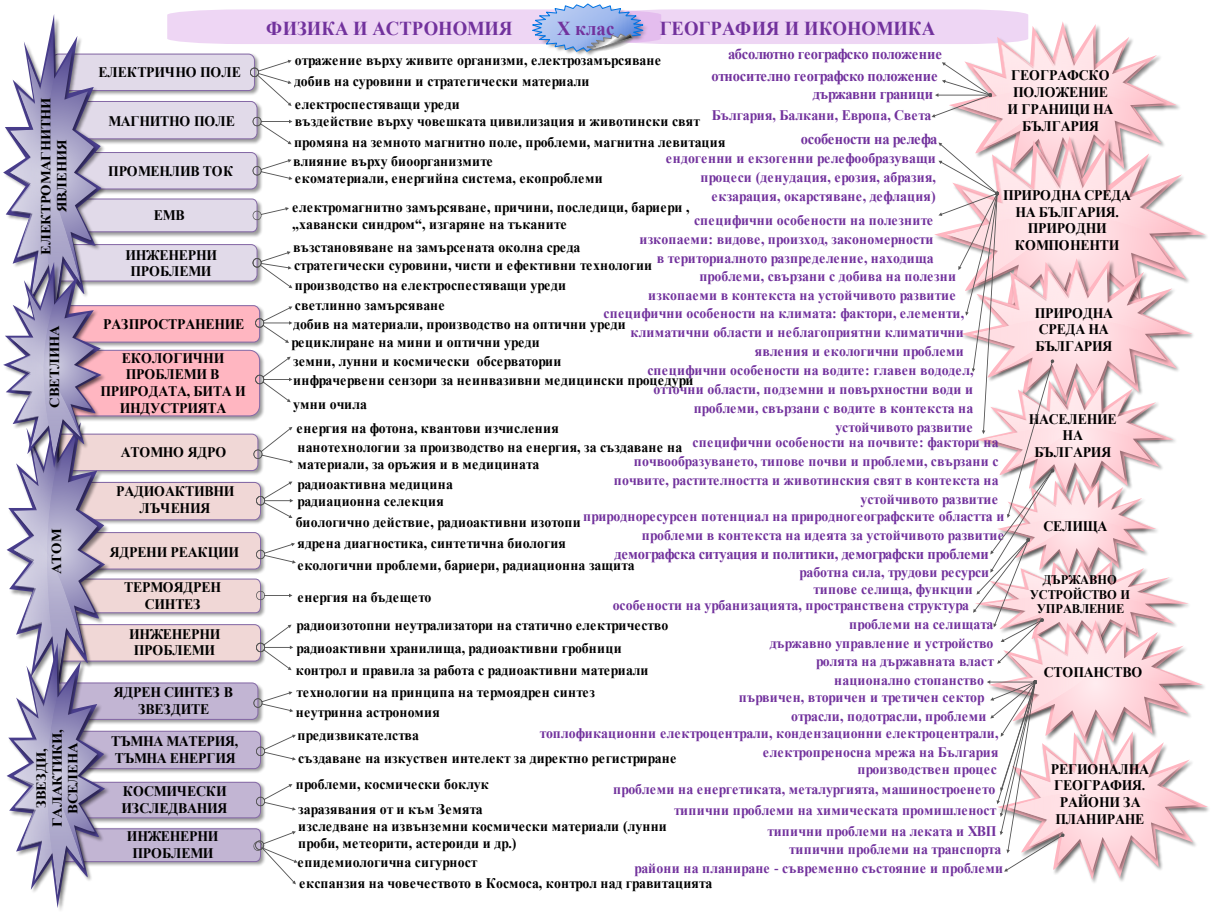



***Фиг. 3.*** *Примерен училищен модел на съдържателни трансмисии за предметна колаборация между Физика и астрономия и География и икономика по учебни програми – VIII клас в контекста на климатичните промени, екологичните и космическите проблеми [7, 10]*




***Фиг. 4**. Примерен училищен модел на съдържателни трансмисии за предметна колаборация между Физика и астрономия и География и икономика по учебни програми – IX клас в контекста на климатичните промени, екологичните и космическите проблеми (ЕМВ – електромагнитни вълни) [6, 9]*

Моделите на съдържателни трансмисии за трите класа на първи гимназиален етап на средната образователна степен демонстрират различна степен на дидактическа колаборация, количествени и качествени прилики и разлики, специфики в преноса на интердисциплинарните връзки и взаимодействия, плътност на интегративния синтез, честота на дидактическата обвързаност, с различна последователност и специфична понятийна система, с конкретика в степента на координиране и кооперране в проявлението на единството на научното знание в образованието. Всяка от съдържателните трансмисии по физика и география са самостоятелни „тухли”, които в края на първи гимназиален етап градят физико-географската училищна предметна картина и колаборация, която без причинно-следствените връзки и междупредметните взаимодействия няма да има успеха на съградената „къща”.




***Фиг. 5.*** *Примерен училищен модел на съдържателни трансмисии за предметна колаборация между Физика и астрономия и География и икономика по учебни програми – X клас в контекста на климатичните промени, екологичните и космическите проблеми [8, 11]*

***„Науката се прави от факти, както къщата се прави с тухли. Но натрупването на факти още не е наука, както купчина тухли не е къща”.*** *- А. Поанкаре*

**Използвана литература:**

1. Закон за предучилищното и училищното образование, 2015 г., в сила от 2016 г.
2. Наредба № 13 от 21.09.2016 г. за гражданското, здравното, екологичното и интеркултурното образование.
3. Наредба № 4 от 30 ноември 2015 г. за учебния план.
4. Наредба № 5 от 30.11.2015 г. за общообразователна подготовка.

5. Наредба за изменение и допълнение на Наредба № 4 от 2015 г. за учебния план (ДВ, бр. 94 от 2015 г.) издадена от министъра на образованието и науката обн. дв. бр.76 от 28.08.2020 г.

6. Учебна програма по география и икономика за IX клас (общообразователна подготовка), 2017.

7. Учебна програма по география и икономика за VIII клас (общообразователна подготовка), 2016.

8. Учебна програма по география и икономика за X клас (общообразователна подготовка), 2018.

9. Учебна програма по физика и астрономия за IX клас (общообразователна подготовка по рамкови учебни планове), 2017.

10. Учебна програма по физика и астрономия за VIII клас (общообразователна подготовка), 2016.

11. Учебна програма по физика и астрономия за X клас (общообразователна подготовка), 2018.

12. Драганова, Т. Ситуационный анализ экологической проблемы в вариантах учебников по географии и экономике – 8 класс. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию профессора Анвара Сафовича Тайсина „Региональный аспект эколого-географического образования в школе и ВУЗЕ", г. Казань 30 октября 2020. Электронный ресурс. Казань, Издательство Казанского университета, 2020, с. 50 – 59.

13. Dermendzhieva, S., T. Draganova. The concept of Sustainable Development in teaching of Geography and economy in the new educational realities. – In: 1st Istanbul International Geography Congress Proceedings Book, Istanbul University Press, Publication № 5255, Faculty of Economics Publication № 3465, Turkey. June 20-22, 2019, p. 1110 - 1118.

***Адрес за кореспонденция:***

*Тамара Георгиева Драганова, главен асистент, ВТУ „Св. св. Кирил и Методий", гр. Велико Търново, ул. „Георги Измирлиев" 4, 0889904561, t.draganova@ts.uni-vt.bg*

*Анка Василева Цончева, ст. учител по физика и астрономия, гр. Велико Търново, ул. „Цветарска" 10, 0886999109, avc_vt@abv.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.72.70.026**

# ПРИРОДА НА РЕАЛНОСТТА И КОСМИЧЕСКАТА ЕКОЛОГИЯ В УЧИЛИЩНОТО ОБРАЗОВАНИЕ – ДИДАКТИЧЕСКИ АЛТЕРНАТИВИ И МОДЕЛИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ В УЧЕБНА СРЕДА

**Тамара Драганова, Анка Цончева**

# THE NATURE OF REALITY AND SPACE ECOLOGY IN THE SCHOOL EDUCATION - DIDACTIC ALTERNATIVES AND MODELS FOR APPLICATION IN A LEARNING ENVIRONMENT

**Tamara Draganova, Anka Tsoncheva**

***Abstract:*** *The article presents the nature of reality through the prism of space ecology and the modern space research adapted for the school education. Exemplary models for application of the issues in the learning environment for the secondary education level in the Bulgarian school have been created, as didactic alternatives, author's constructs and methodological ideas have been proposed.*

***Key words:*** *space ecology, school education, didactic alternatives, Physics, Geography*

Глобалните проблеми на съвременността в училищното образование в България имат широко разгънато съдържателно място в общообразователните и профилираните учебни предмети на интердисциплинарно ниво - *Човекът и природата, География и икономика*, *Физика и астрономия*, *Химия и опазване на околната среда* и др. В училищното образование са представени различни по своята същност, пространственост, специфика и последици глобални проблеми, като най-често изучаваните са – екологичния, климатичните промени, суровинно-енергийния, продоволствения, демографския и др. Част от глобалните проблеми имат различна степен на локално и регионално проявление, но глобалният характер от последиците е доказан във времето и пространството, а провокираните глобални кризи и катастрофи са свидетелство за несправяне с проблемите от човечеството.

Природата на реалността включва и един друг световен проблем, който няма локално или регионално покритие, а се отличава с глобални измерения, но този проблем все още не намира достойно място в учебното съдържание. В обучението по география и икономика при профилираната подготовка космическата екология има имплицитно присъствие в контекста на замърсяване на Космоса, без въпросът да е представен, проследен във времето и разкрит като последица за човечеството.

Един от проблемите на космическата екология е проблемът с **космическите отпадъци** или космическия боклук (научно детерминиран като новия глобален проблем). Проблематиката може да бъде „вградена" програмно по *Физика и астрономия* при следните теми на учебното съдържание:

- VIII клас: 1. Механика; 2. Топлинни явления;
- IX клас: 2. Механично движение;
- X клас: 2. Светлина; 3. От атома до Космоса, 3.3. Звезди, галактики, Вселена.

Примерна програмни локации на темата за космическата екология в обучението по *География и икономика* на ниво учебно съдържание по учебни програми:

- VIII клас: 1. Планетата Земя; 2. География на природата и подтеми: 2.1., 2.3., 2.5., 2.13-2.14, 2.17-2.18, 2.19. Глобални проблеми на съвременността;
- IX клас: 1. География на обществото;
- X клас: 4. Население на Българи; 7. Стопанство.

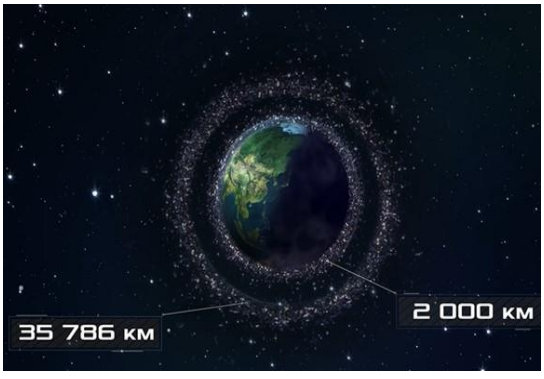
Контент-анализът на учебните програми по география и икономика за профилирана подготовка разкриват мястото на космическата екология в задължителните модули 1, 2, 3 и 6 при следните теми:

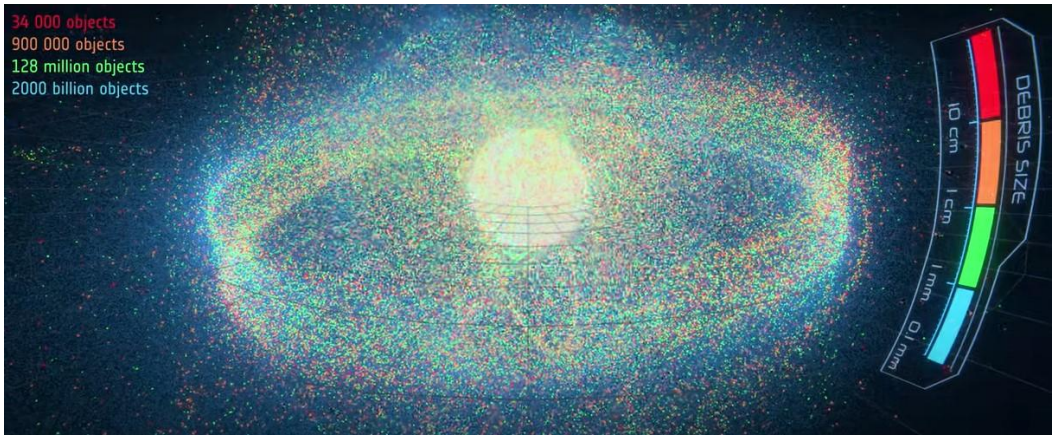
- XI клас – *Модул 1 „Природноресурсен потенциал. Устойчиво развитие"*: 1. Основни методи на географското изследване; 2. Процеси и закономерности в геосферите; 5. Глобалните проблеми на природноресурсния потенциал на Земята; 6. Съвременни аспекти на взаимовръзки в системата „природа – общество – стопанство"; 7. Устойчиво развитие на планетата;
- XI клас – *Модул 2 „Геополитическа и обществена култура"*: 1. Политическа география и геополитика; 3. Геополитика и икономическо развитие; 12. Международни проблеми и регионални конфликти;
- XI клас – *Модул 3 „Съвременно икономическо развитие"*: 1. Съвременни процеси на икономическо развитие; 3. Международна икономическа интеграция; 4. Външноикономически връзки; 8. Високите технологии и световното стопанство; 9. Транснационални корпорации;

✎ XII клас – *Модул 6 „Географска и икономическа информация”*: 3. Геоинформационни технологии; 4. Приложни направления на географската наука; 5. Трансформиране на географска информация [1, 2, 3, 4].

Не е обоснована липсата на съдържателни акценти, свързани с космическата екология на програмно ниво, както и в учебниците по физика и география при положение, че през 2022 г. се честват 50 години „България – Космическа държава”. Ключови думи, които са съотнесими към темата за Космоса констатираме в обучението по физика и география: космическа храна, български космонавт, Георги Иванов, замърсяване на Космоса, космически боклук и др.

Космическият боклук представлява съвкупността от изкуствени обекти, фрагменти и отломки около земната орбита (създадени от човека), които не функционират, не са в изправност, не мога да бъдат полезни за човечеството. В края на 50-те години на XX век стартира теоретично темата с изстрелването в Космоса на изкуствени спътници, а официално се регистрира на международно ниво чрез доклад на Генералния секретар на ООН „Въздействието на космическите дейности върху околната среда” от 10 декември 1993 г., в който е обявено замърсяване на космическото пространство на Земята, което засяга еднакво негативно всички страни. Космическите отпадъци носят опасност за човечеството и нашата планета, като са определяни като антропогенно въздействие върху околоземното пространство.

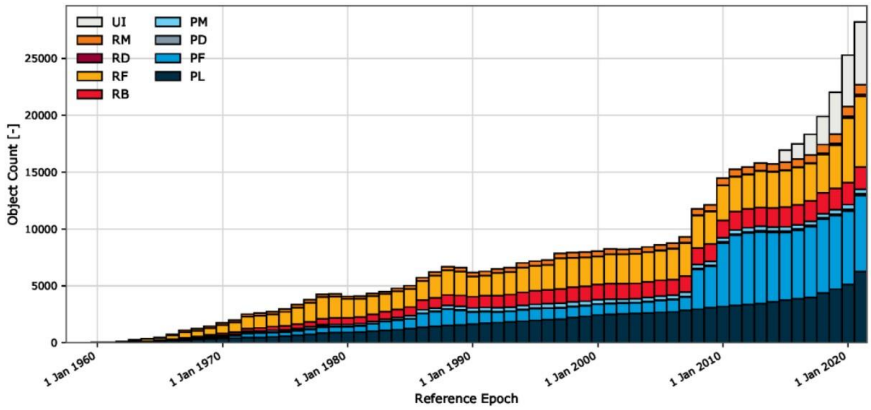


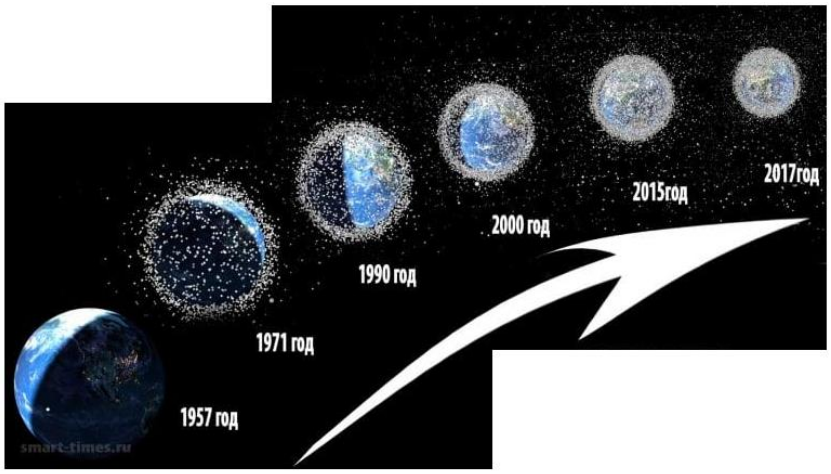



***Фиг. 1**. Космически отпадъци в орбити на планетата Земя – 2022 г.*

Част от космическите отпадъци се намират в геостационарната орбита на Земята над Екватора на 35 786 км, а пространството в рамките на 2000 км от земната повърхност се нарича „ниска околоземна орбита” (LEO – „Low Earth orbit”) и е най-концентрираната област от космически боклук (фиг. 1). Чрез научни методи и модели общия брой обекти от космически отломки в околоземната орбита за 2021 г. се оценяват на около 29 000 космически обекта с размер над 10 см, 670 000 обекта с размер по-голям от 1 см и повече от 170 млн. отломки с размер по-големи от 1 мм. [11]. Всеки от тези обекти може да причини вреда на работещ космически кораб, а при сблъсък на отломки се наблюдава ефекта на Кеслер. Количеството на космическите отпадъци в орбита продължава да нараства по данни на европейската космическа агенция (фиг. 2). В зависимост от орбитата скоростта на частиците може да достигне до 14 км/сек.

Ефектът на Кеслер предполага, че при сблъсък на два орбитални обекта или отломки, това води до образуването на хиляди и милиони отломки, облак от космически отпадъци, които ще летят във всички посоки и при сблъсък с други ще създават нови и нови отломки (верижна реакция).






***Фиг. 2.*** *Еволюция на наблюдаваните космически отпадъци във всички орбити на планетата Земя по години и видове [13, 14]*

Дидактически възможности за изготвяне на **научно съобщение** по правило в обучението по физика и география се разкриват при следните теми (темите са приложими и за написване на **есе по физика или по география**):

- ✓ Космическият боклук – история на проблема и решения в XXI век;
- ✓ Мерки срещу космическите отпадъци;
- ✓ Как да уловим невидимото?;
- ✓ Космическата индустрия и нейните последици за планетата Земя и човечеството;
- ✓ На лов за космически отломки в земната орбита;
- ✓ Вторият живот на космическите отпадъци;
- ✓ Каталогизиране на космическите отпадъци;
- ✓ Проследими обекти в орбита около Земята;
- ✓ Защо ниската земна орбита е с най-голяма честота на космическия боклук?;
- ✓ Ефект на Кеслер в земната орбита и прогнози за бъдещето [12];
- ✓ Видове космически отпадъци;
- ✓ Падане на космически отпадъци на Земята;
- ✓ Космически екотехнологии в действие;
- ✓ Моделът MASTER;
- ✓ Експеримент със сателита RemoveDebris;
- ✓ Руският апарат „Ликвидатор” – сателит-чистач [9];
- ✓ Устройство за събиране на космически отломки в орбита „СКМ”;
- ✓ Приложение на лазера за унищожаване на космическия боклук;

- ✓ Космически кораби за космическия боклук;
- ✓ Разработване на методи и средства за защита на космическите кораби;
- ✓ Международната космическа станция и космическите отпадъци;
- ✓ Сценарии за бъдещето – космически боклук.

Друг дидактически вариант за приложение в учебна среда е **решаване на казус**. Казус на тема „Първият в историята сблъсък в орбита" [7, 11].

„*Първият в историята случаен сблъсък в земната орбита между два спътника се случи в 16:56 UTC (19.56 часа московско време), 10 февруари 2009 г., на 805 км височина над Сибир. Сблъсъкът е между руски военен спътник от серията Strela „Kosmos-2251" (тежест – 900 кг, изведен от експлоатация през 1995 г.) и частен американски комуникационен търговски спътник „Iridium-33" (тежест – 600 кг, изведен в орбита през 1997 г.). Скоростта на сблъсъка е 11,7 km/s., при което двата спътника са унищожени и генерират верижна реакция от отломки - повече от 2 300 проследими фрагмента (общо 200 000 фрагмента с различни размери). Част от тях са навлезли в атмосферата, където са изгорели. Сблъсъкът на двата спътника се определя като първата космическа катастрофа.*

*Два часа по-рано математическото моделиране, проведено от системата SOCRATES, е показало, че двата обекта ще преминат опасно близо един до друг – на 584 метра разстояние. Но в момента на сближаването на двата обекта, „Иридиум" спрял излъчването на сигнали и малко след това американските военни са видели облак от фрагменти на тази орбита, тоест сблъсъкът се е състоял.*

*След сблъсъка се образувал огромен облак от хиляди фрагменти в орбита. Само при това събитие броят на космическите отломки се е увеличил с повече от 10% – сега на орбита са проследяват около 29 хиляди отломки.*

*Събитие, сравнимо по отношение „мощността", е било само разрушаването на китайския метеорологичен спътник „Fengyun-1C" по време на изпитанията на противоспътниково оръжие от КНР, когато са се появили около 3 хиляди проследими фрагмента космически боклук.*

*През 2015 г. представител на информационно-аналитичния център на Междудържавната акционерна корпорация „Вимпел" е съобщил, че последиците от първата в историята „космическа катастрофа" ще влияят на ситуацията в околоземното пространство още 20-30 години [5, 8, 10].*"

1. Проучете кои страни имат участие в сблъсъка и характеристиките на двата космически обекта.

2. Каква е ролята на САЩ и Русия в световната космическа индустрия? Оценете мястото на двете страни в развитието на космическите изследвания.

3. Как влияе космическата катастрофа върху околоземното пространство?

4. Генерираните космически отломки за времето на сблъсъка (2009 г.) представляват 1/3 от всички космически отпадъци. На какво се дължи голямото количество на генерираните космически отломки от сблъсъка? Защо частите, които остават след сблъсъка са много големи? Как се е проявил синдрома на Кеслер?

5. Къде греши прогнозата за предстоящия сблъсък?

Друга дидактическа възможност за приложение в учебна среда е създаване на **ученически визуален модел** за степента на опасност от космическите отпадъци чрез графически организатори. Примерни въпроси, които да бъдат експонирани: Колко дълго космическите отпадъци са в орбита?, Каква е скоростта на движение на космическите отпадъци?, Как да се рециклират космическите отпадъци?, Какво да очакваме след 50 год. – космическа криза или космическа катастрофа?

Друга дидактическа възможност е **работа с изображения и изследване на ситуации** с падане на космически отпадъци на Земята (фиг. 3). Изследователска задача: открийте по изображенията на фиг. 3 кои са ситуациите на паднали космически отпадъци на Земята – година, местоположение, характеристики на космическия фрагмент, проблеми.



*Фиг. 3. Ситуации на паднали космически отпадъци на Земята [6]*

**Литература:**

1. Учебна програма по география и икономика (профилирана подготовка), Модул 1 „Природноресурсен потенциал. Устойчиво развитие”, XI клас, 2018.

2. Учебна програма по география и икономика (профилирана подготовка), Модул 2 „Геополитическа и обществена култура", XI клас, 2018.

3. Учебна програма по география и икономика (профилирана подготовка), Модул 3 „Съвременно икономическо развитие", XI клас, 2018.

4. Учебна програма по география и икономика (профилирана подготовка), Модул 6 „Географска и икономическа информация", XII клас, 2018.

5. Шустов, Б., О фундаментальных исследоВаниях по проблеме космического мусора, Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы МОСКВА, Сборник трудов, ИКИ РАН, Москва, 2019, с. 7 – 14.

6. http://srjcstaff.santarosa.edu/~lwillia2/ecospace.pdf - Linda Williams, Space ecology, 15.05.2022.

7. https://iki.cosmos.ru/ - Институт космических исследований российской академии наук, 15.05.2022.

8. https://novosti-kosmonavtiki.ru/ - новасти космонавтики, 15.05.2022.

9. https://spacegid.com/kosmicheskij-musor.html - Ваш гид в мире Космоса, 15.05.2022.

10. https://vseomusore.com/musor/kosmicheskij-musor-vokrug-zemli-istochniki-vozniknoveniya-ego-na-orbite-realnaya-ugroza-dlya-planety-i-puti-resheniya/ - Експертный журнал о мусоре, 15.05.2022.

11. https://www.esa.int/ - European Space Agency, How many space debris objects are currently in orbit?, 15.05.2022.

12. https://ecologyofrussia.ru/stories/musor-v-kosmose/ - Экология России, 15.05.2022.

13. https://www.sdo.esoc.esa.int/environment_report/Space_Environment_Report_latest.pdf - ESA'S ANNUAL SPACE ENVIRONMENT REPORT, 15.05.2022.

14. https://www.vesvks.ru/vks/article/kosmicheskiy-musor-fundamentalnye-i-prakticheskie--16429 - ВЭСВКС, 15.05.2022.

***Адрес за кореспонденция:***

*Тамара Георгиева Драганова, главен асистент, ВТУ „Св. св. Кирил и Методий", гр. Велико Търново, ул. „Георги Измирлиев" 4, 0889904561, t.draganova@ts.uni-vt.bg*

*Анка Василева Цончева, ст. учител по физика и астрономия, гр. Велико Търново, ул. „Цветарска" 10, 0886999109, avc_vt@abv.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.38.52.027**

# НАМАЛЯВАНЕ НА РИСКА ОТ ЛАЗЕРНО НАРАНЯВАНЕ

**Николай Пъдарев**

# REDUCING THE RISK OF LASER DAMAGE

**Nikolay Padarev**

***Summary:*** *In the last few years, the introduction of laser technology in the military has been observed, the use of laser technology is accelerating more and more, but the information for safety of personnel is very scarce. The report presents the dangers of laser radiation. There is a structure of the process for risk assessment for personnel and the limits of exposure to laser radiation are proposed. Means have been proposed to reduce the risk of laser radiation.*

***Keywords:*** *laser, radiation.*

Laser safety is the safe design, use and implementation of lasers to minimize the risk of laser accidents, especially those with eye injuries. Because even relatively small amounts of laser light can cause permanent eye damage, the sale and use of lasers is usually subject to government regulations.

Moderate and powerful lasers are potentially dangerous as they can burn the retina, or even the skin. To control the risk of injury, various specifications, such as 21 Federal Code of Conduct (CFR) Part 1040 in the United States and IEC 60825 internationally, define „classes" of lasers based on their power and wavelength. These provisions require manufacturers to take the necessary safety measures, such as labeling lasers with specific warnings and wearing laser goggles when working with lasers. Consensus standards, such as the American National Standards Institute (ANSI) Z136, provide consumers with laser hazard control measures, as well as various tables useful in calculating maximum exposure limits (MPEs) and available exposure limits).

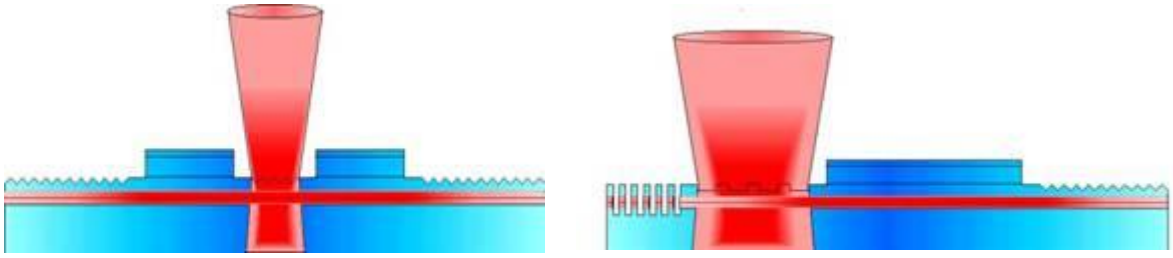
Class 1 laser equipment is safe for normal use and therefore no evaluation is required. However, an assessment is required when carrying out technical maintenance or servicing of Class 1 laser equipment if the equipment contains a

built-in higher class laser. Class 3B and Class 4 laser beams pose a risk of eye damage. Class 4 lasers also carry a risk of skin injury.

Distribution of laser equipment to class 2 is performed on the basis of GSE, which will not be exceeded in case of accidental exposure lasting up to 0.25 sec. If the use of the equipment means that the worker's eyes are likely to be repeatedly exposed to the laser beam, then a more detailed assessment is made to determine whether the GSE is likely to be exceeded.

The basic concept of a datacom/telecom GSE laser is shown in cross-section in Fig. 1. These GSE lasers use a planar cavity with first-order DBR gratings on both ends for feedback and a second-order grating in the middle (Fig. 1a) or near one end (Fig. 1b) of the device to out-couple light. Because the lasing wavelength is selected by a first order grating in a passive region that has the same effective index and temperature dependence as the out coupling region, the out coupled beam is stable over temperature and current. (This would not be the case if both DBRs were replaced by broadly reflecting cleaved facets.)

One of the shallow DBRs could be replaced with an extremely deep DBR (as shown in Fig. 1b) that would give a very high and broad reflectivity in less than ten microns [1, 7, 8].The emitting aperture is ~ 10 μm to 15 μm longitudinally and ~ 6 μm laterally for efficient out-coupling into single mode fibers.



(a) (b)

***Fig. 1.*** *a) Basic concept of a GSE laser with an out-coupling grating within the gain region. b) GSE laser with an out-coupling grating at the end of the gain region and one deep and one shallow grating DBR on each side.*

Class 1M, Class 2M and Class 3R lasers must be evaluated in order to determine the likely exposure scenarios. When calculating radiation or radiation exposure, then the radiation or radiation exposure from the laser beam should be averaged over an aperture called the limiting aperture [10]. When deciding on the time of exposure, it will depend on whether the exposure is accidental or planned. In case of accidental exposure, when the exposed organ is the eye, 0.25 sec is usually allowed for laser beams from 400 to 700 nm, and for all other

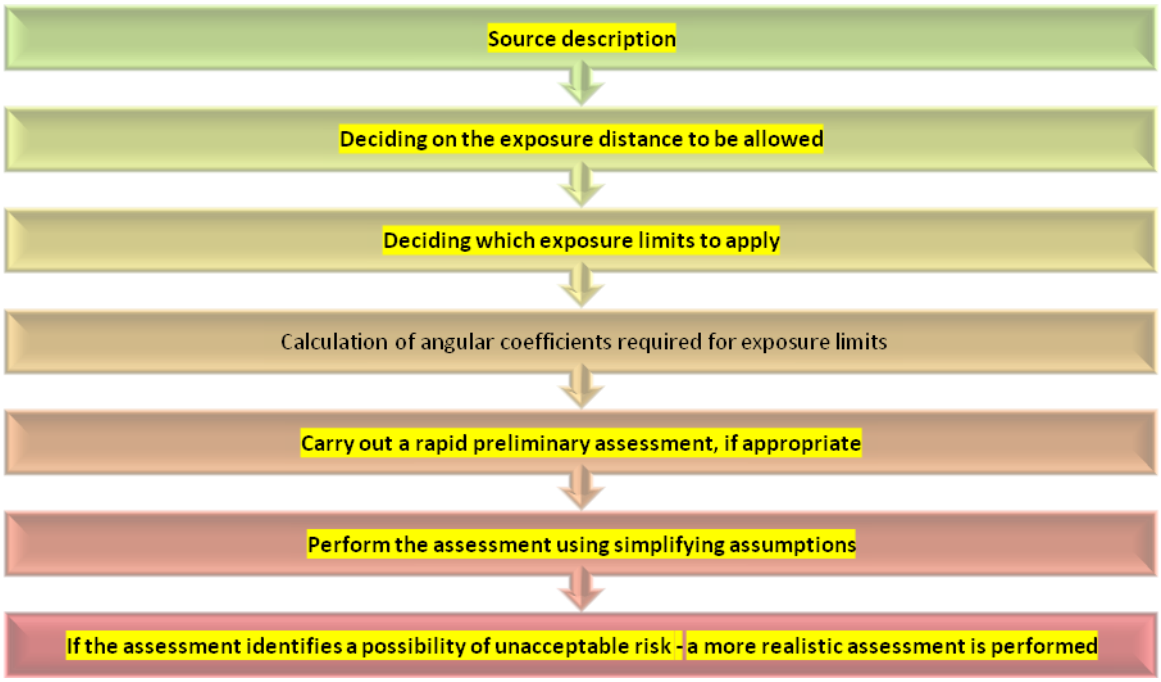
wavelengths - 10 or 100 sec. If only the skin is exposed, then it is prudent to use 10 or 100 seconds for all wavelengths. [2, 3, 9]

It is possible to calculate the maximum power for these exposures over the specified aperture before the GSE is exceeded. The results of these calculations for the exposure of the eyes to a laser beam with a non-decaying wave from a small source are presented below.

A step-by-step approach to risk assessment:

- Step 1. Identify hazards and people at risk
- Step 2. Risk assessment and prioritization
- Step 3. Choosing a preventive action
- Step 4. Take action
- Step 5. Monitoring and review

The usual approach has been used to assess the risk from these simple sources. This approach is set out in great detail below and is broadly followed in each of the following examples. [4, 5, 6] This general method has been developed on the basis of standard EN 62471 (2008), but where possible, simplification assumptions are made to act as cautiously as possible as far as retinal hazards are concerned. The following explanation is rather complete, as it is intended to cover all the examples given later. The risk assessment is performed in several steps:




Measurement of optical radiation is something that can be done as part of the risk assessment process. Due to the wide variety of sources emitting optical

radiation, the risks arising from their use vary considerably. Data provided by manufacturers of equipment that emits optical radiation should assist users in assessing the hazard and determining the necessary control measures. In particular, the classification of the safety of laser and non-laser sources and laser hazards can be very useful in conducting a risk assessment [11, 12].

The distance at which the exposure level has fallen to the level of the applicable exposure limit value is known as the hazardous distance: outside this distance there is no risk of injury. This information, if provided by manufacturers, can be useful for risk assessment and ensuring a safe working environment. At a certain distance, the radiation is aligned with the GSE for the eyes, as the laser beam is deflected. The nominal ocular hazard distance (NOHD) is defined as the distance from a radiation source at which eye exposure to laser radiation equals the maximum permissible exposure (MPE). At a greater distance, the GSE will not be exceeded - the laser beam is considered safe outside this distance. Manufacturers often provide NOHD information along with technical requirements for equipment. Another important definition for laser safety calculations is the Nominal Hazard Zone (NHZ). This is a distance within which exposure to a direct, reflected, or scattered beam is greater than the MPE. Mirrors, optics, and reflective materials in the beam path may result in diffuse or specular reflections in unintended directions. Specular reflections are hazardous over a greater range than diffuse reflections. If you are in the NHZ, you are at risk of an exposure above the MPE. A measure of the attenuation of laser radiation through a material. The OD is a logarithmic relationship with a higher OD providing increased attenuation of the laser radiation. This value is primarily used in laser safety eyewear and viewing window specifications. The Accessible Emission Limit (AEL) is primarily used for the classification of lasers and defines the maximum total power of radiation that can be emitted from a laser of a particular class. The AEL is the product of the MPE and the Aperture of the eye at that wavelength.

Calculations allow us to assign quantitative values to laser safety parameters. As mentioned above, the MPE value varies by wavelength and time of exposure and while under some circumstances the MPE may be represented by a single value, in other cases, notably those of visible and near-infrared radiation during ordinary time-periods of exposure, the MPE is found via a calculation with numerous variables. Therefore, it is important to verify the MPE for each laser. The human body has developed aversion responses to certain wavelengths such as turning or blinking in response to bright light or responding to the heating of tissues. Table 1 below provides us with approximate exposure times to use in MPE calculations.

***Table 1**. Maximum anticipated exposure*

| Wavelength Range | Diffuse Viewing (seconds) | Intrabeam Viewing (seconds) |
|---|---|---|
| UV: 180 nm – 400 nm | 30,000 ( 8 hour work day / 24hr period) | 100 |
| Visible: 400 nm – 700 nm | 600 | 0.25 |
| Near IR: 700 nm – 1400 nm | 600 | 10 |
| Far IR: 1400 nm – 1000 μm | 10 | 10 |

In addition to the proper exposure time, proper calculations will depend on the beam diameter. The most common profile of a laser beam is a Gaussian profile. The diameter of a Gaussian beam be specified according the 1/e or $1/e^2$ point. Laser manufacturers may often use the $1/e^2$ definition since this area encompasses 90% of the total beam energy. However, safety calculations use the 1/e diameter, so check which one you are using for consistency in your calculations.

First, the source is described and its dimensions are listed. These dimensions will be needed if the source emits in the visible or IRA spectral regions.

It is necessary to decide at what distance the risk assessment should be performed. The distance for the measurements is usually chosen so that the closest approximation is realistic, even a slightly unfavorable option is chosen. Do not just choose the closest possible distance to the source.

Choice of exposure limits. Which exposure limits are appropriate? Considering the worst possible exposure, which is someone staring at the source for 8 hours.

If the source emits visible and / or IRR, the appropriate exposure limits and radiometric values will depend on the geometric coefficients to be calculated. Some of these coefficients are explained in standard EN 62471 (2008). If the source emits only UVR, these coefficients are inappropriate.

The angular coefficients are:

- θ (the angle between the perpendicular to the source surface and the field of view used for measurement), (see diagram on the right)
- Z (means source size)
- α (angle opposite to the source)
- Cα (coefficient depending on α),
- ω (spatial angle opposite the source).

Before calculating these coefficients, it is important to note whether or not the source emits a relatively homogeneous field. If the source is homogeneous, it should be understood that all dimensions (length, width, etc.) refer to the total

area of the source. If the source is obviously inhomogeneous (such as a strong lamp against a weak reflector), these dimensions should be considered as referring only to the brightest area. In cases where the source includes two or more identical emitters, each of them may be considered as a separate source, which participates with a proportional share in the measured emissions [2, 13].

The eyes are at risk of damage from optical radiation if the exposure exceeds the exposure limit values. If other measures are inappropriate to control the risk to the eyes from exposure in excess of the applicable GSE, eye protection products recommended by the equipment manufacturer or the optical radiation safety consultant specially designed for the eye should be worn. for the given wavelengths and power output.

Eye protection should be clearly marked with the range of wavelengths and the corresponding level of protection. This is especially important if there are multiple sources that require different types of eye protection, such as lasers with different wavelengths, which require specially designed eye protection. In addition, the use of a clear and sustainable method of marking eye protection is recommended to ensure that there is a clear link to the individual equipment for which the PPE is designated.

The level of attenuation of optical radiation provided by the eye protection in the hazardous region of the spectrum should be at least sufficient to reduce the level of exposure below the applicable GSE. Light transmission and ambient color, as seen through protective filters, are important characteristics of eye protection, which can affect the operator's ability to perform necessary operations without compromising the safety of non-optical radiation. Eye protection should be properly stored, regularly cleaned and subject to a certain inspection regime.

From a professional point of view, the areas of skin that are most often at risk of exposure to optical radiation are the hands, face, head and neck, as other areas are generally covered by work clothes. Hands can be protected by wearing gloves with low permeability to hazardous optical radiation. The face can be protected with an absorbent face mask or an absorbent face visor, which can also offer eye protection. Proper head protection can protect the head and neck.

**References:**

1. J. Brouckaert, Student Member, IEEE, W. Bogaerts, Member, IEEE, S. Selvaraja, Student Member, IEEE, P. Dumon, Student Member, IEEE, R. Baets, Fellow, IEEE, and D. Van Thourhout, Member, IEEE, Planar Concave Grating Demultiplexer With High Reflective Bragg Reflector Facets, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 20, NO. 4, FEBRUARY 15, 2008

2. Пъдарев, Н.И., Софтуерни инструменти за оценка на риска при използване на радиологично разпръскващо устройство. Годишник на НВУ 2019 част II, с. 79- 87, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски" ВТ, 2019.

3. Пъдарев, Н.И., Оценка на риска от възникване на радиационно, химическо или биологично опасно събитие при операции в подкрепа на международният мир и сигурност. Сборник доклади от научна конференция на НВУ „Васил Левски" „Актуални проблеми на сигурността", том 6, ВТ, с. 151- 157.

4. Teirumnieks, E., Balchev, I., Ghalot, R.S., Lazov, L., Antibacterial and anti-viral effects of silver nanoparticles in medicine against COVID-19 - A review, 2021, Laser Physics 31(1),013001;

5. Angelova Y., Lazov L., Mezinska S., Rezene, Latvia, Innovative Laser Technology in Textile Industry: Marking and Engraving, Technical University of Gabrovo, Bulgaria, Rezekne Academy of Technologies, Faculty of Engineering, Rezekne, Latvia Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference. Volume III, 15-21;

6. Angelova Y., Factors influencing the laser treatment of textile materials: An overview, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 2020. 15: 1–16.- journals.sagepub.com;

7. Lazov, L., Teirumnieks, E., Angelov, N., Teirumnieka, E., Methodology for automatic determination of contrast of laser marking for different materials, Vide. Tehnologija. Resursi - Environment, Technology, Resources, 2019, 3, pp. 134–136;

8. Lazov, L., Angelov, N., Teirumnieks, E., Teirumnieka, E., Preliminary numerical analysis for the role of speed onto laser technological processes, Vide. Tehnologija. Resursi - Environment, Technology, Resources, 2019, 3, pp. 137–142;

9. Dolchinkov N., Shterev Y., St. Lilianova, D. Boganova, M. Peneva, L. Linkov, D. Nedialkov, Exploring the possibility of laser cutting with $CO_2$ laser on felt in the range from 1W to 26W power, International scientific journal: Industry 4.0 Issue 1/2019, ISBN 2534-8582, pp. 29-31;

10. Todorov, D.N., Lyubomir, L., Shterev, I.J., Dimitrov, N.D., Ivanov, L.L., Study of cutting and labeling of polymethylmethacrylate using a $CO_2$ laser, 2019, Vide. Tehnologija. Resursi - Environment, Technology, Resources;

11. Dolchinkov N., Shterev Y., St. Lilianova, D. Boganova, M. Peneva, L. Linkov, D. Nedialkov, Laser marking and cutting of plexiglas with $CO_2$, International journal for science Machines, Technologies, Materials,, ISSN 1313-0226, 4/2018 pp 494-496;

12. Todorov, D.N., Practical research of marking and cutting of textiles with increased resistance, using $CO_2$ laser, Journal of Physics: Conference Series 1681 (1), 012014, 2020;

13. Маринов, А., Р., Анализ ефективността на симулатори и симулационни системи за обучение по тактическа подготовка, Годишник на ВА. София. 2012, стр. 18-28

***Адрес за кореспонденция:***
*LtC Chief Assist. Prof. Nikolay Iliyanov Padarev, PhD, „V. Levski" NMU, e-mail: nikolai_padarev@abv.bg*

**DOI: 10.34660/INF.2023.68.73.028**

# ОЦЕНКА НА РИСКА И МЕРКИ ЗА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ РАБОТА С ВИСОКОЕНЕРГИЙНИ ЛАЗЕРНИ СИСТЕМИ

**Деян Недялков, Иван Костадинов**

# RISK ASSESMENT AND SAFETY MEASURES FOR OPERATING WITH HIGH-ENERGY LASER SYSTEMS

**Deyan Nedyalkov, Ivan Kostadinov**

***Abstract:*** *With the advancement of laser technology, engineers are facing new challenges. Adequate protection against laser radiation is mandatory, especially for High-Energy Laser systems such as Class 4. Risk assessment and Safety Measures of laser systems can minimize the adverse effects of laser radiation hazard for the biological tissue and to prevent unwanted and negative effect of the personnel.*

***Keywords:*** *Laser Technology, Laser Safety, Risk Assessment*

## 1.Introduction

Since their first appearance in 1960, lasers have been seen as potentially useful light sources for medical applications, because they have three characteristics which distinguish them from conventional light sources: their directivity, the ability to use them in pulsed mode, and their monochromaticity. The word laser is an acronym for Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation [1, 4]. In this document, the word laser will be limited to electromagnetic radiation-emitting devices using light amplification by stimulated emission of radiation at wavelengths from 180 nanometers to 1 millimeter [2, 3]. The electromagnetic spectrum includes energy ranging from gamma rays to electricity. Figure 1 illustrates the total electromagnetic spectrum and wavelengths of the various regions.

Directivity, i.e. the emission in a narrow parallel beam, allows the transmission of light (whether visible, near infra-red or near ultra-violet) with the aid of an optical fibre of small diameter (50 to 600 μm). Very short emission times (pulsed mode) from milliseconds to femtoseconds (10-3 to 10-15 s), deliver extremely high instantaneous power which can be as high as Gigawatts

(109 W), with different tissue effects than one obtains with continuous exposures. Emission of a single colour, a property known as monochromaticity, allows the use of a laser beam to produce wavelength -selective effects, as an alternative to using a filtered broad-band light source, which is inefficient. It should be remembered that biological molecules have a wider absorption spectrum than the narrow band emitted by a laser and that this characteristic, although important for physicians, is not fully utilized [5, 6, 7].

**2.Laser safety and risk assessment**

There are two types of laser hazards: the laser beam hazards and the non-beam hazards. Laser beam hazards include eye and skin burns which are due to laser beam shining on a person's body [8]. Non-beam hazards are associated with the laser equipment or the hazardous substances released from the laser equipment, and fumes emitted from materials exposed to laser beams, including laser-plumes produced during surgical procedures.

**2.1. Laser Safety**

The primary objective of the laser safety program is to ensure that no laser radiation in excess of the maximum permissible exposure (MPE) limit reaches the human eye or skin. Additionally, the program is designed to ensure that adequate protection against collateral hazards is provided. These collateral hazards include the risk of electrical shock, fire hazard from a beam or from use of dyes and solvents, and chemical exposures from use of chemicals and vaporization of targets [9].

In order to implement the program properly while giving the greatest possible latitude to the researcher and instructional laboratories, all laser operations at the University must be reviewed and approved by the Laser Safety Officer (LSO) and the Laser Safety Committee (LSC).

**2.1.1. Sources of laser hazards**

Unintentional eye exposure during alignment, misaligned laser beam,lack of eye protection, equipment malfunction, improper handling of high voltage systems, use of unfamiliar equipment, improper restoration of equipment following service.

**2.1.2. Eye hazards when using lasers**

The eye is the most vulnerable to injury from a laser beam. The potential for injury depends on the power and wavelength of the laser beam (light). Intense bright visible light makes us blink as a reflex reaction. This closing of the eye provides some degree of protection. However, visible laser light can be so intense that it can do damage faster than a blink of an eye. The invisible infrared laser beam, such as carbon dioxide ($CO_2$) laser beam, does not produce a bright light that would cause the blinking reflex or the pupil to constrict and, therefore, chances of injury are greater compared to visible light beam of equal

intensity. The location of the damage depends on the optical nature of the laser beam. Lasers in the visible light and near infrared range focus on retina. The refore the injuries produced are retinal burns. The infrared radiation is absorbed in the cornea and may cause corneal damage and loss of vision.

**2.1.3. Eye Protection**

Lasers can produce serious injury to the eyes if adequate protection is not worn. A laser eye protection device can be defined as a filter which is designed to reduce light transmission of a specific wavelength, or range of wavelengths, to a safe level while maintaining adequate light transmission at all other wavelengths. Eye-protection devices which are specifically designed for protection against the emitted wavelength of the laser should be used when engineering and procedural controls are inadequate. All laser protective eyewear shall be clearly labeled with the optical density values and wavelengths at which the particular eyewear affords protection. The optical density of laser protective eyewear at a specific wavelength.

**2.1.4 Skin Protection**

Skin protection may be required if one is likely to be chronically exposed to scattered ultraviolet light, such as during excimer laser applications, or acutely exposed to levels greater than the MPE for the skin. If exposure of the body to a concentrated, high-power laser beam is likely, such as greater than 100 watts in a 1 cm diameter beam, then one must consider skin as well as eye protection. One should always strive, if the laser application permits, to enclose as much of the beam as possible, or to use protective barriers. Skin protection is required when personnel are exposed to laser radiation greater than the MPE for the skin.

Where personnel are subject to chronic skin exposure from UV radiation, even at levels less than the MPE for the skin (e.g., certain excimer laser applications), skin covers and/or „sun screen" creams are recommended.

**2.2 Risk assessment**

Risk assessment is a term used to describe the overall process or method where you: Identify hazards and risk factors that have the potential to cause harm (hazard identification). Analyze and evaluate the risk associated with that hazard (risk analysis, and risk evaluation).

A risk assessment is not about creating huge amounts of paperwork, but rather about identifying sensible measures to control the risks in your workplace. You are probably already taking steps to protect your employees, but your risk assessment will help you decide whether you have covered all you need to.

Think about how accidents and ill health could happen and concentrate on real risks – those that are most likely and which will cause the most harm.

**2.2.2. Management**

The departmental management is responsible for guaranteeing a safe working and healthful environment for its employees. The principal investigator will ensure that all laser operators will be sufficiently trained to operate the research lasers under their authorization and that all necessary safety controls are operational and in place.

When new Class 3B or Class 4 lasers are acquired by a facility, Radiation Safety should be notified so that the laser can be properly inventoried and pertinent safety and operational information can be provided.

When Class 3B or Class 4 lasers are moved to another location or sent out for surplus, the supervisor (or a designated individual) will notify the Radiation Safety Office in order to update the inventory requirements.

**2.2.2.1 Inventory requirements.**

Personal Protection (PPE):

Eyewear in particular is a very effective control, if and only if, it has the correct optical density (OD), and is actually worn. This is a control that is easily defeated, however, such as when a laser operator decides to push his/her goggles up on the forehead to „get a better view."

Eyewear Requirements: Protective eyewear is required for all individuals who are exposed to Class 3B and Class 4 laser radiation. The eyewear must be labeled with the wavelength to be attenuated and the optical density (OD) for each wavelength.

All eyewear should be inspected every six months to ensure that there is no damage, such as cracks, scratches, holes, or discoloration. All eyewear should fit the user well.

Eyewear Selection:

When selecting eyewear the following should be considered laser wavelength or range, Optical Density (OD) for that wavelength or range,damage Threshold of the eyewear (the maximum irradiance or beam power that the eyewear will protect against for at least 5 seconds, visual transmittance of the eyewear (how much visible light is transmitted to the eye), field of view and curvature of the lens,goggles large enough to accommodate prescription eyewear, ventilation to prevent fogging and general comfort, effect on color vision, impact resistance and cost

Key Control:

Class 3B or Class 4 lasers or laser systems should be provided with a master switch. This master switch shall affect beam termination and/or system shutoff and shall be operated by a key or by a coded access (such as a computer code). As an alternative, the master switch can be designed to allow system activation using a momentary switch action (or alternative) that initiates system operation with the option that the key (or alternative) can be removed after

operation commences. In this mode, if the system ceases to operate, the key switch (or alternative) must again be used to restart the laser or laser system.

Blocking barrier:

A blocking barrier, screen, or curtain that can block or filter the laser beam at the entryway should be used inside the LCA to prevent the laser radiation from exiting the area at levels above the applicable MPE. In some cases, where the barrier does not extend completely to the ceiling or to the floor, the LSO shall conduct an NHZ analysis to ensure safety is afforded to all workers outside the barrier-protected area. Laser barriers shall be specifically selected to withstand direct and diffusely scattered beams. The barrier shall exhibit a damage threshold for beam penetration for a specified exposure time commensurate with the total hazard evaluation for the facility and specific application. Note: Flammability and decomposition products are important factors to consider in the selection of the barrier material. All laser protective barriers sold other than as an integral part of a product shall be labeled with the barrier exposure time for which the limit applies and the beam exposure conditions under which protection is afforded

Enclosed Beam Path:

In applications of lasers or laser systems where the entire beam path is enclosed and the enclosure fulfills all requirements of a protective housing [i.e., limits exposure to laser radiation to levels at or below the applicable MPE, the requirements of Class 1 are fulfilled and no further controls are required. When the protective housing requirements are temporarily relaxed, such as during service, the LSO shall affect the appropriate controls. These may include establishing a temporary laser-controlled area and instituting appropriate administrative controls Protective housings that are of sufficient size to allow personnel within the enclosure require special interlocking

Laser Radiation Emission Warning:

Within the laser-controlled area, an audible or visible laser radiation emission warning device (or emission indicator) should be used with Class 3B, and shall be used with Class 4 lasers or laser systems during activation or startup. The purpose of this radiation emission warning is to ensure that persons already within the laser-controlled area are aware that a laser is emitting or is about to begin emitting accessible laser radiation within the area. The most common laser radiation emission warning device is a single (red) light located on the laser or its control panel. This form of emission warning device is a requirement for any Class 3B or Class 4 laser or laser system certified for compliance with the CDRH or with IEC standards.

Laser Controlled Area:

In the Laser Controlled Areas, the following must be designed into the location.

NON-BEAM HAZARDS:

Non-beam hazards of laser systems may include electrical, fire, explosion, other optical radiation hazards, compressed gases, cryogenic, toxic and carcinogenic materials, noise, ionizing radiation and toxic air contaminants from beam interaction with a target material.

These hazards must be evaluated separately by each principal investigator for their specific laser system and appropriate control measures for these hazards incorporated in the laser safety procedure. Additional information on specific guidelines and evaluation of non-beam hazards may be obtained by contacting EH&S, or reviewing the UCSB Laboratory Safety

Electrical:

The most lethal hazard associated with lasers is the electrical hazard. Electrocution, burns and severe shock have occurred to a number of individuals trouble-shooting or servicing laser equipment. To prevent electrical injuries, all personnel should be adequately trained and the „buddy system" used whenever working around high voltage laser power supplies. Training in Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) is recommended for all laser service personnel, research personnel, and their assistants. Periodic refresher courses are also recommended.

Call the EH&S Training Coordinator for a list of CPR classes. The following potential problems have frequently been identified during laser facility audits: Uncovered or improperly insulated electrical terminals Hidden „power-up" warning lights.

Lack of personnel trained in CPR, or lack of refresher training. „Buddy system" not being practiced during maintenance and service. Non earth-grounded or improperly grounded laser equipment. Non adherence to the OSHA lock-out standard (29 CFR 1910.147). Excessive wires and cables on floor that create a fall or slip hazard. Laboratory researchers have been killed or burned by the hot gas plasma formed from arcing. 480 volt systems powering a laser, by a simple thing as a metal pen falling out of one's pocket, or by setting an inexpensive multimeter to „ohms" and trying to measure 480 volts at unlimited current. Facilities Management's Electrical Shop can provide assistance in fuse-changing, or anything involving 480/277 volt work. For new 480 volt equipment installations contact the Senior Electrical Power Engineer (x4315).

Laboratory lasers at UCSB are required to be supplied with the following wall-type connections for operator safety: A fully fused, enclosed and rated disconnecting means at the wall for ampacities over 30 amperes, at 208 or 480 volts. This provides a means for operator turn-off at the laser when working on the laser.

High-powered 480 volt lasers must be equipped with a full 600 V AC disconnect switch and fusing means (locked), as well as a sign warning operators of the extremely hazardous voltage and current available at the source of laser power.

**3.Conclusion:**

Decisions regarding the allocation of future resources to attempt to reduce the lack-of-knowledge, and gather new data, should take into consideration the most influential input factors in the model and the cost of gaining new information about these factors. Sensitivity analysis can be used to identify which factors are most important in the model. Once so determined, the source of its spread or distribution should be determined. If it has a significant uncertainty component, further research can be used to reduce this uncertainty. If, on the other hand, the distribution represents inherent variability, the spread cannot be reduced.

The risk assessment methodology is mature and has been used on a number of occasions by a number of different people. As stated above, it will only become adopted by the laser display industry if they can see the benefits to them, and these will normally be commercial benefits. Adoption by enforcing officers should ensure a consistent approach across the UK.

The methodology could be programmed into a decision support system which would be of value to the laser display company, the enforcing officers, venue managers and the promoters. It is important that the methodology does not become a „worked example", which is copied for different performances without consideration of the performance and/or venue specific issues. The software developed for this application could be tailored to specific industries or could be generic. Such an approach may be able to attract financial support from government departments or regulators. 127 The existing guidance for the safe use of lasers in the entertainment industry throughout the world has generally been written by enforcing bodies and not by persons within the industry. The initiative by the International Laser Display Association to develop its own international guidance is to be welcomed. The research undertaken here will hopefully be taken forward by the industry under the ILDA banner to provide detailed practical guidance on how to undertake safe laser shows, the technology required to ensure that they remain safe, and that the residual risks can be assessed.

There needs to be a major investment by the industry either as individual companies or collectively to consider what makes an impressive laser show. The ability to arbitrarily scan laser beams in to audience areas for effect has stifled the development of more impressive beam effects. Audience scanning generally appears effective to a small proportion of the audience at a time, and these

people are spending a significant amount of time recovering from eye exposures, even at irradiance levels below the MPE. Beams projected just out of reach above the audience should present the same impact to a much larger proportion of the audience at a time. Laser show can be impressive and the risks can be effectively managed. Hopefully, future research will not include studies of eye injuries resulting from the use of lasers in this industry.

**References**

1. Guidance on the safe use of lasers in education and research aurpo guidance note no. 7 2012 revised edition prepared by trevor moseley, University of Sheffield and gus zabierek, University of Birmingham

2. Laser safety program college of engineering – csulb issue date 19/02/2018 review date: 19/02/2021

3. High-energy laser systems: analytical risk assessment and probability density functions P. A. Smitha*, d. A. Van veldhuizenb and g. D. Poihamusa aljttotasc 4241 woodcock drive, ste b-100, san antonio, tx 78228 USA boptical radiation branch, usaf research laboratory brooks afb, tx 78235 USA

4. Direct and indirect hazards from laser radiation and personal protective equipment Lyubomir Lazov, Edmunds Teirumnieks faculty of engineering, Rezekne academy of technologies, 115 Atbrivosanas aleja, lv-4601 Rezekne, Latvia.

5. Todorov, D.N., Practical research of marking and cutting of textiles with increased resistance, using CO2 laser, Journal of Physics: Conference Series 1681 (1), 012014, 2020;

6. Lazov, L., Teirumnieks, E., Angelov, N., Teirumnieka, E., Methodology for automatic determination of contrast of laser marking for different materials, Vide. Tehnologija. Resursi - Environment, Technology, Resources, 2019, 3, pp. 134–136;

7. Dolchinkov N., Lazov, L., Shterev Y., D. Boganova, M. Peneva, Study of laser cutting and marking on the filt with the help of a $CO_2$-laser, 12th International Scienfic and Practical conference Environment. Technology. Resources. ISBN 1691-5402, Vol 3, 20-22.06.2019 г.

8. Dolchinkov N., Lazov, L., Shterev Y., Lilianova St., Pacejs Anton, Use of CO2 laser for marking and clearing of textile materials for manufacture of military equipment, 12th International Scienfic and Practical conference Environment. Technology. Resources. ISBN 1691-5402, Vol 3, 20-22.06.2019 г. Резекне, Латвия, стр. 32-36;

9. Lazov, L., Angelov, N., Teirumnieks, E., Teirumnieka, E., Preliminary numerical analysis for the role of speed onto laser technological processes, Vide.

Tehnologija. Resursi - Environment, Technology, Resources, 2019, 3, pp. 137–142

***Mailing address:***
*1. Deyan Nedyalkov*
*Faculty of Engineering, Rezekne Academy of Technologies, Latvia*
*dn19006@edu.rta.lv author*
*2. Ivan Kostadinov*
*Faculty of Engineering, Rezekne Academy of Technologies, Latvia*
*Ivan_k_kostadinov@abv.bg coauthor*

**DOI: 10.34660/INF.2023.30.55.029**

# ЛАЗЕРНА БЕЗОПАСНОСТ ВЪВ ВОЕННА СРЕДА

**Любомир Линков, Иван Нинов**

# LASER SAFETY IN MILITARY ENVIRONMENT

**Lyubomir Linkov, Ivan Ninov**

***Abstract:*** *With the development of technology, is increasingly observed the use of laser systems to deal with certain problems and tasks. The developments of the military-industrial complexes are aimed at the invention of modern weapons using laser systems for surveillance, targeting and destruction. Here arises the need to solve the problems of laser safety and protection, and the accompanying safety measures as an integral part of the training of military personnel at all levels in the army.*

***Keywords:*** *laser, laser safety, laser in army, laser hazards, Light Identification Detection And Ranging (LIDAR)*

## 1. Introduction:

With the advancements in modern technology, new equipment and materials have been develop that can improve the quality and longevity of dental treatment, resulting in better comfort, safety and excellent patient acceptance. „Laser" is a synonym for „light amplification by stimulated emission of radiation". First principle of the laser was known in 1917 when physicist Albert Einstein described the theory of stimulated emission [1, 5, 6].

The main task facing users of laser systems, regardless of where they are in industry or the military is to create and maintain a laser-safe environment for both personnel and casual people in the danger zone of laser radiation [2, 7, 9].

### Characteristics of Laser radiation

Coherence – Visible light receives its emission from excited electrons (electrons of the higher energy level) are moved down to the lower energy level.

Directionality – In conventional light sources like lamps, torchlights, electric bulbs, etc, photons move at random points. As such, these sources scatter light in all possible directions. The lasers emit light in a particular focused direction.

Monochromatic – Monochromatic light means a light beam which contains a single wavelength. Photons that originate from natural light sources contain a range of energies, wavelengths, and colors [3].

Wave intensity is the energy flowing through a unit normal area per unit time. Light from an ordinary source spreads out in all directions. The light of a laser is focused in a particular direction.

Electromagnetic Spectrum – The primary wavelengths for lasers include the ultraviolet, visible and infrared regions of the spectrum. Ultraviolet radiation for lasers consists of wavelengths between 180 and 400 nanometers (nm). The visible region consists of radiation with wavelengths between 400 and 700 nm. This is the portion we call visible light. The infrared region of the spectrum consists of radiation with wavelengths between 700 nm and 1 mm.

The color or wavelength of light being emitted depends on the type of lasing material being used. For example, if a Neodymium: Yttrium Aluminum Garnet (Nd: YAG) crystal is used as the lasing material, light with a wavelength of 1064 nm will be emitted. Table 1 illustrates various types of material currently used for lasing and the wavelengths that are emitted by that type of laser. Note that certain materials and gases are capable of emitting more than one wavelength. The wavelength of the light emitted in this case is dependent on the optical configuration of the laser [4].

With all these capabilities, however, sometimes it seems that news of laser weapons has been played out. Since the 1960s, engineers and science fiction writers The U.S. Navy is set to complete installation of the High Energy Laser and Integrated Optical-dazzler and Surveillance (HELIOS) system aboard the destroyer USS Preble sometime this year.

The U.S. Navy is set to complete installation of the High Energy Laser and Integrated Optical-dazzler and Surveillance (HELIOS) system aboard the destroyer USS Preble sometime this year.

The primary concern in laser safety is the possibility of eye injury. A secondary one is damage to the skin. Biological effects of laser light may depend on a number of factors including the wavelength of the light; its power; whether it possesses a continuous wave nature or is pulsed; or whether it is the result of a direct exposure of laser light rather than a diffuse reflection. Lasers has to be treated with great respect and caution.

**2. Laser Classes:**

The International Electro technical Commission (IEC) is a global organization that prepares and publishes international standards for all electrical, electronic and related technologies [10]. The IEC document 60825-1 is the primary standard that outlines the safety of laser products. Classification is

based on calculations and determined by the AEL as with the ANSI standard, but the IEC standard also incorporates viewing conditions:

Class 1 lasers are very low risk and „safe under reasonably foreseeable use", including the use of optical instruments for intra beam viewing.

Class 1M lasers have wavelengths between 302.5 nm and 4000 nm, and are safe except when used with optical aids (e.g. binoculars).

Class 2 lasers do not permit human access to exposure levels beyond the Class 2 AEL for wavelengths between 400 nm and 700 nm. Any emissions outside this wavelength region must be below the Class 1 AEL.

Class 2M lasers have wavelengths between 400 nm and 700 nm, and are potentially hazardous when viewed with an optical instrument. Any emissions outside this wavelength region must be below the Class 1M AEL.

Class 3R lasers range from 302.5 nm and 106 nm, and is potentially hazardous but the risk is lower than that of Class 3B lasers. The accessible emission limit is within 5 times the Class 2 AEL for wavelengths between 400 nm and 700 nm, and within 5 times the Class 1 AEL for wavelengths outside this region.

Class 3B lasers are normally hazardous under direct beam viewing conditions, but are normally safe when viewing diffuse reflections.

Class 4 lasers are hazardous under both intrabeam and diffuse reflection viewing conditions. They may cause also skin injuries and are potential fire hazards.

**3. LASERS IN THE MILITARY**

**3.1Military Interest in laser systems**

Researchers at the Defense Department's Advanced Research Projects Agency (ARPA) and military services' research and development (R&D) laboratories, including the Army's R&D labs at Pica tinny Arsenal, New Jersey, and Ft Monmouth, New Jersey, quickly recognized that laser energy possessed a number of special properties, not least of which are spatial and temporal coherence. Coherent and almost parallel beams of light can achieve extremely high radiation densities when tightly pulsed and highly focused, creating transitory temperatures exceeding those on the sun's surface.

Impressive though they are, even today's most modern laser applications still pale in comparison to the power and efficiency of those depicted in science fiction. Early military applications were all the more benign by contrast. The original ruby lasant was applied to a number of applications with military potential. Within a year of Maiman's original achievement, the first prototype military laser device — an artillery laser rangefinder — had been designed and built. In much the same way that radar modernized air operations, some

visionaries believed the laser could fundamentally change future battlefields across a wide spectrum of military functions.

**4. Types of laser systems in the military.**

**4.1. Aiming Lasers**

Although the handheld TD-100 laser marker is often described as an „aiming laser," this term is now more commonly used to describe systems that are fitted onto weapons. These include the families of the AN/PAQ-4 and the AIM-1 systems (International Technologies Ltd), which fit many individual and crew-served weapons used by the US Army and Marine Corps. In a similar category are the handheld, clip-on, or finger-mounted ground commander's pointer and air commander's pointer. These pointers are small infrared aiming lasers that can be used with night vision devices to identify and illuminate targets at night. They are used by all US military services. 6 other aiming lasers also exist.

**4.2. Laser Training Devices**

Laser training devices have been in use since the late 1970s. The multiple-integrated laser engagement system (MILES) is a training system that provides a realistic battlefield environment for soldiers involved in direct fire, force-on-force training exercises that utilize tactical engagement simulation and eye safe lasers.

**4.3. HEL**

High-energy laser (HEL) as one that could produce an output energy of 10 kW. That criterion was quickly raised to 100 kW, and then to 400 kW. Within the Department of Energy, the megawatt-class laser was considered a HEL. As a practical matter, the term „HEL" is one whose output causes the destruction or mission-neutralization of a target, whether it is an electro-optical missile seeker, a helicopter in attack mode, an intercontinental ballistic missile in flight, or a satellite in orbit. For example, mounted on a tracked vehicle, a single-kW (but more likely 10-kW) laser might be considered a HEL. However, for the purposes of this section, „HEL" will refer to any laser that satisfied or exceeded ARPA's original definition (10 kW).

**4.4. Airborne Laser Laboratory**

With these objectives met, the next logical step was to install a HEL in an airframe as a weapon testbed. In March 1972, the Air Force Weapons Laboratory took possession of a Boeing NKC-135A aircraft and instrumented it with a 400-kW CO2 GDL. The system was integrated with a Hughes optical pointing and tracking system and a Perkin Elmer dynamic alignment system to become the Airborne Laser Laboratory, a program platform that lasted 11 years and was successfully used to shoot down five AIM-9B Sidewinder air-to-air missiles in 1983.39

**4.5. Unified Navy Field Test Program**

While the US Army tested the MTU, the US Navy entered the HEL arena. In 1978, the Navy mated a 400-kW TRW Inc (Cleveland, OH), deuterium-fluoride HEL with a Hughes pointer-tracker. Dubbed the Unified Navy Field Test Program, this system destroyed four out of five tube-launched, optically tracked, wire-guided antitank missiles in flight. Later, a UH-1 Iroquois helicopter was targeted and destroyed.

**4.6. Close-Combat Laser Assault Weapon**

In the early 1980s, the US Army commenced development of a laser system known as the close-combat laser assault weapon (C-CLAW), nicknamed „Roadrunner." The C-CLAW used modestly low-powered lasers to attack and neutralize electro-optic sights, night vision equipment, and helicopter canopies. The system employed the primary frequency of pulsed CO2 at 1 kW and both the primary and doubled frequencies of Nd: YAG. As a consequence of the latter, the system was quite capable of inflicting severe damage to enemy eyes, although these were not its intended targets.

**4.7. Laser Diode Illuminator**

The US Air Force also developed the LX-5 Laser Diode Illuminator, which is a compact, lightweight system for illuminating the battlefield at night. The LX-5 operates in the near-infrared range and is used with night vision goggles. The system uses 230 W of power at 28 V and provides up to 9.5 W of illumination, adjustable from spot to floodlight size. Completely self-contained, the LX-5 can be operated by battery pack or platform electrical system.

**4.8. Rapid Optical Beam Steering**

The rapid optical beam steering (ROBS) system is a one-of-a-kind laser radar system operating at White Sands Missile Range. ROBS utilizes a 0.5-m aperture optical system, two tunable 3- to 5-μm imaging cameras, and a CO2 laser radar for range and Doppler measurements. The optical system is based on a roving fovea design, enabling signal target tracking over large angles at a high-track update rate and rapid retargeting among multiple targets. Although this is currently a singular system, it hints at what is possible. 52 A transportable ROBS system was under development in 2003.

**4.9. Laser Navigation Systems**

A host of laser navigation systems, laser inertial navigation systems, and laser inertial navigation attack systems has also been in use by the military for many years. These systems employ a three-axis ring laser gyroscope and laser inertial navigation system. Carrier aircraft use one of several generations of carrier aircraft inertial navigation systems.

**4.10. Laser Spot Tracker**

Numerous laser spot trackers are also in service. Normally aircraft associated, these devices lock onto the reflected energy from a laser-marked or designated target and define the direction of the target relative to itself. The pilot can then self-designate the target for an LGM, relay target coordinates, or select another type of precision or conventional munition for delivery to the target. Once the laser spot tracker achieves target lock, the operator who designated the target can cease designation activity and exit the area or designate another target.

**4.11. LiDAR**

Light Detection and Ranging (LIDAR) sensors provide high-resolution, 3-dimensional (3D) geospatial data. Using capabilities developed and refined under the Rapid Terrain Visualization Advanced Concept Technology Demonstration (RTV ACTD), the AGC continues to perform LIDAR data collections, exploit LIDAR data for operational support, and research LIDAR technologies. LIDAR data can be used as a stand-alone product, or as an accurate foundation for rectifying and draping high-resolution imagery.

Provides a way to see urban areas in rich 3-D views that give tactical forces unprecedented awareness in urban environments. LIDAR data is both high-resolution and high-accuracy, enabling improved battlefield visualization, mission planning and force protection. LIDAR also supports automated extraction of urban features like buildings and trees-a critical technological improvement for constructing simulation databases rapidly.

Other data collections for training, research, and system development take place as required. Distribution of data from the archive of LIDAR holdings is continuous and ongoing. Data distribution is accomplished via DVD, hard drive, and web-based downloads on all DoD networks. High-altitude LIDAR collectors have been demonstrate in Afghanistan, and the next generation of high altitude systems is in development.

**6. Laser Safety and Interaction of the laser beam with the biological tissue**

**6.1. Types of Beam Exposures**

Exposure to the laser beam is not limited to direct beam exposure. Particularly for high powered lasers, exposure to beam reflections may be just as damaging as exposure to the primary beam [8].

Intra beam exposure means that the eye or skin is exposed directly to all or part of the laser beam. The eye or skin is exposed to the full irradiance or radiant exposure possible.

Specular reflections from mirror surfaces can be nearly as harmful as exposure to the direct beam, particularly if the surface is flat. Curved mirror-like

surfaces will widen the beam such that while the exposed eye or skin does not absorb the full impact of the beam, there is a larger area for possible exposure.

A diffuse surface is a surface that will reflect the laser beam in many directions. Mirror-like surfaces that are not completely flat, such as jewelry or metal tools may cause diffuse reflections of the beam. These reflections do not carry the full power or energy of the primary beam, but may still be harmful, particularly for high-powered lasers. Diffuse reflections from Class 4 lasers are capable of initiating fires.

Whether a surface is a diffuse reflector or a specular reflector will depend upon the wavelength of the beam. A surface that would be a diffuse reflector for a visible laser may be a specular reflector for an infrared laser beam.

**6.2. Eye.**

The major danger of laser light is hazards from beams entering the eye. The eye is the organ most sensitive to light. Just as a magnifying glass can be used to focus the sun and burn wood, the lens in the human eye focuses the laser beam into a tiny spot than can burn the retina. A laser beam with low divergence entering the eye can be focused down to an area 10 to 20 microns in diameter.

The laws of thermodynamics do not limit the power of lasers. The second law states that the temperature of a surface heated by a beam from a thermal source of radiation cannot exceed the temperature of the source beam. The laser is a non-thermal source and is able to generate temperatures far greater than it's own. A 30 mW laser operating at room temperature is capable of producing enough energy (when focused) to instantly burn through paper.

Per the law of the conservation of energy, the energy density (measure of energy per unit of area) of the laser beam increases as the spot size decreases. This means that the energy of a laser beam can be intensified up to 100,000 times by the focusing action of the eye. If the irradiance entering the eye is 1 mW/cm2, the irradiance at the retina will be 100 W/cm2. Thus, even a low power laser in the milliwatt range can cause a burn if focused directly onto the retina.

NEVER point a laser at someone's eyes no matter how low the power of the laser.

**6.2. Skin**

Lasers can harm the skin via photochemical or thermal burns. Depending on the wavelength, the beam may penetrate both the epidermis and the dermis. The epidermis is the outermost living layer of skin. Far and Mid-ultraviolet (the actinic UV) are absorbed by the epidermis. A sunburn (reddening and blistering) may result from short-term exposure to the beam. UV exposure is also associated with an increased risk of developing skin cancer and premature aging (wrinkles, etc) of the skin.

Thermal burns to the skin are rare. They usually require exposure to high-energy beams for an extended period. Carbon dioxide and other infrared lasers are most commonly associated with thermal burns, since this wavelength range may penetrate deeply into skin tissue. The resulting burn may be first degree (reddening), second degree (blistering) or third degree (charring).

**7. Laser safety in the military**

The policy on range laser safety is dominated by two principal requirements: The first isto ensure that all service personnel and civilians on or around training areas are protected from exposure to hazardous levels of laser radiation. The second is for realistic training to be possible whilst all guidelines and legal requirements (both civilian and military) are adhered to. This is a challenging.

When the laser hazard class is unknown, or when the laser has been modified and the hazard class has changed, the Laser Safety Officer must be contacted to evaluate and classify the laser system.

The four laser hazard classes, along with their subdivisions, are:

**Class 1** lasers are considered safe based on current medical knowledge. This class includes lasers which cannot emit levels of optical radiation in excess of the exposure limit for the eye (i.e. Maximum Permissible Exposure) under any exposure condition inherent in the design and intended use of the laser. A Class 1 laser system may contain a more hazardous laser embedded in the enclosure, but no harmful levels of the laser radiation can escape the system enclosure. For Class 1 lasers containing an embedded higher class of laser, the enclosure must be interlocked.

**Class 2** lasers operate in the visible wavelength region (400-700 nm), are sub-divided into Classes 2a and 2, and are considered low-power lasers operating at less than 1 mW.

Class 2a lasers are not intended for prolonged viewing of the beam, but under normal operating conditions would not be hazardous if viewed directly (i.e. intrabeam viewing) for periods not exceeding 1,000 seconds. Class 2 lasers are not considered hazardous for momentary viewing of the direct beam for up to 0.25 seconds (i.e., aversion response time).

The aversion response, blinking of eye and turning away, will afford ample protection from the beam of all Class 2 lasers. However, a Class 2 laser beam could be hazardous if one were to intentionally overcome the aversion response and stare directly into the beam for longer than 0.25 seconds. As a comparison, conventional bright light sources are also considered

**Class 3** laser system can emit any wavelength, but cannot produce a hazardous diffuse reflection unless viewed for extended periods at close range or with collecting optics. Class 3 is subdivided into Class 3a and Class 3b. Class 3a

lasers would normally not present a hazard if viewed directly for momentary periods with the unaided eye (i.e., without collecting optics) and operate at 1 to 5 mW for those emitting a continuous wave beam. Class 3b lasers operate at 5 to 500 mW for continuous wave. The beam from all Class 3 lasers are not considered a fire, skin, or a diffuse reflection hazard.

**Class 4** laser systems can emit any wavelength, exceed 500 mW, and are considered a fire, skin, and a diffuse reflection hazard. The most stringent control measures have been established for these lasers.

**7.2. Maximum Permissible Exposure**

Maximum Permissible Exposure (MPE) levels have been established by ANSI Z136.1 for various laser wavelengths and exposure durations. The MPE is the level of laser radiation to which a person may be exposed without hazardous effect or adverse biological changes in the eye or skin. In most cases, it is unnecessary to make use of the MPE directly, if the laser hazard class is known and appropriate controls for that hazard class are implemented. Since the determination of the MPE for various wavelengths and exposure situations can be quite complicated, the complete ANSI Z136.1 standard or the Laser Safety Officer should be consulted for further information. It is good practice to maintain exposure levels as far below the MPE values as possible. One reason is that exposure to levels at the MPE values may be uncomfortable to view or feel upon the skin. MPEs for the eye and skin, along with correction factors for certain wavelengths.

**8. Conclusion:**

The invention of the laser was very quickly and successfully applied to military tasks involving line of sight from laser to target, including range finding, target illumination, marking, and designation. The latter evolved concurrently with the ability to place laser seekers on maneuverable munitions. These applications involved low-energy lasers. Weapons required higher energies.

As technologies matured, higher-energy lasers were again investigated, this time with an expectation of fielding a system. The first efforts were again too large, too complex, too dangerous, too expensive, or a combination. Only at the lower end of high energy were successful systems deployed, due entirely to breakthrough advances in solid-state laser technologies.

The United States has not been alone in its efforts to develop lasers for use on the battlefield. The former Soviet Union (now Russia), France, Germany, the United Kingdom, and China are five of the nine or ten nations that have tried or succeeded in developing laser weapons. As far as is known, all have abandoned the search for a megawatt class of weaponry and, instead, have found promise in the revolution in SSLs, especially fiber SSLs.

In conclusion, it can be emphasized that the assessment of the risk of laser radiation in the dynamic conditions of the army and in terms of the huge variety of strategic and tactical laser systems used in air and water field conditions is an extremely difficult task that requires highly trained professionals, at each level of the army structure. Laser safety and risk assessment must be the task of the entire officer corps.

**Reference:**

1. History and development of military lasers, Jack B. Keller, JR* Distribution A: Approved for public release; distribution unlimited. PA Case No.: TSRL-PA-2015-0119.

2. Applications of laser technology in the army, may 2021 Journal of defense management 11(4):1-8 b DOI: 10.35248/2167-0374.21.11.210 Lab: Edmunds Teirumnieks's Lab Lyubomir Lazov Edmunds Teirumnieks Risham Singh

4. JSP 390 - Military Laser Safety Vol 1 2011

5. Direct and indirect hazards from laser radiation and personal protective equipment, Lyubomir Lazov, Edmunds Teirumnieks Faculty of Engineering, Rezekne Academy of Technologies, 115 Atbrivosanas aleja, LV-4601 Rezekne, Latvia;

6. Todorov, D.N., Practical research of marking and cutting of textiles with increased resistance, using $CO_2$ laser, Journal of Physics: Conference Series 1681 (1), 012014, 2020;

7. Lazov, L., Teirumnieks, E., Angelov, N., Teirumnieka, E., Methodology for automatic determination of contrast of laser marking for different materials, Vide. Tehnologija. Resursi - Environment, Technology, Resources, 2019, 3, pp. 134–136;

8. Dolchinkov N., Lazov, L., Shterev Y., D. Boganova, M. Peneva, Study of laser cutting and marking on the filt with the help of a $CO_2$-laser, 12th International Scienfic and Practical conference Environment. Technology. Resources. ISBN 1691-5402, Vol 3, 20-22.06.2019 г.

9. Dolchinkov N., Lazov, L., Shterev Y., Lilianova St., Pacejs Anton, Use of $CO_2$ laser for marking and clearing of textile materials for manufacture of military equipment, 12th International Scienfic and Practical conference Environment. Technology. Resources. ISBN 1691-5402, Vol 3, 20-22.06.2019 г. Резекне, Латвия, стр. 32-36;

10. Lazov, L., Angelov, N., Teirumnieks, E., Teirumnieka, E., Preliminary numerical analysis for the role of speed onto laser technological processes, Vide. Tehnologija. Resursi - Environment, Technology, Resources, 2019, 3, pp. 137–142

***Mailing address:***
*1. Lyubomir Linkov*
*Faculty of Engineering, Rezekne Academy of Technologies, Latvia,*
*ll21172@edu.rta.lv, author*
*2. Ivan Ninov*
*Faculty of Engineering, Rezekne Academy of Technologies, Latvia,*
*ivan_81f@abv.bg, coauthor*

**DOI: 10.34660/INF.2023.22.40.030**

# ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЯДРЕНО, ХИМИЧЕСКО И БИОЛОГИЧНО ОРЪЖИЕ ВЪВ ВОЕННИЯ КОНФЛИКТ МЕЖДУ РУСИЯ И УКРАЙНА

**Кристиан Ониск**

# OPPORTUNITIES FOR USE OF NUCLEAR, CHEMICAL AND BIOLOGICAL WEAPONS IN THE MILITARY CONFLICT BETWEEN THE RUSSIA AND UKRAINE

**Krystian Onisk**

***Summary:*** *We are at a fairly critical point in this war, where it is difficult to say what will happen next. The forces of the parties are actually aligning thanks to massive Western aid for Ukraine. Therefore, in order to upset the balance or end this unfavorable conflict, Russia may follow a path consistent with the escalation doctrine. After achieving all-out war and carrying out criminal activities, there is a risk of using nuclear weapons as the final argument to end the present conflict. This may be a warning nuclear strike, somewhere high in the air, over the Black Sea, but with a simultaneous message to Ukraine to end the war and accept their terms.*

***Keywords:*** *Russia, Ukraine, conflict, chemical, radiological, biological, nuclear weapon, escalation, de escalation, black sea, mass destruction weapon.*

The longstanding efforts of the international community writ large have to exclude weapons of mass destruction (WMD) from international competition and conflict. The proliferation of these weapons is likely to be harder to prevent and thus potentially more prevalent. [6] The threat of exposure of the civilian population to nuclear, biological, and chemical agents, which has traditionally been considered a military issue, has increased due to the potential causes from direct military attacks, stolen weapons of mass destruction (WMDs), acts of terrorism, and industrial accidents and disasters. Based on mass casualty effects, the release of such CBRN agents might create thousands of casualties, thereby overwhelming local health and medical resources. [7]

At the moment, in the military field, we can speak of a level playing field on the eastern and southern fronts. This state should persist, assuming that the

massed western side will reach the Dnieper, where the main fighting is currently taking place. However, it is harder to talk about a situation of final victory for one of the sides.

In general or strategic terms, however, we can say that Russia failed because it did not win the war right away, it did not defeat Ukraine at the very beginning. In addition, the Ukrainian army of the battle in Donbas does not have to lose (although most information indicates that it will not lose anyway) without defeating the Russian army.

Therefore, we should draw our attention to the forecasts of the stalemate in eastern Ukraine. Such a situation would force both sides to an initial truce and continue peace talks (which may last for years) so that the hostilities would be stopped. In a military sense, it is a matter of weeks of armed struggle, which may be followed by truce negotiations in the summer, but there is no indication that this war can be ended by victory by either side.[1]

There is no indication of the possibility of surrender to either Russia, the nuclear power, or Ukraine, whose strength is the determination and will of the entire nation. It can be assumed that armed struggles will continue for some time, followed by a ceasefire, perhaps the introduction of some international, peaceful forces on the line of contact, and then a long-lasting search for a solution to this frozen conflict, of a scale largely dependent on the course of the battle in Donbas, giving Russia the opportunity to continue manipulating and propaganda activities.[2]

At the very beginning of the conflict, the possibility of using nuclear weapons was minimal, but today, unfortunately, it can be assessed as quite probable. In the course of the conflict in Ukraine, we can see a certain pattern of behavior that Russia uses in the conduct of its activities. This doctrine could be summed up in a simple phrase: If you start losing a war, escalate it. For the best way to avoid losing a war that has already been lost is to escalate it to ever greater levels of violence.

We see the application of this doctrine and its stages in the intensity of the activities carried out. The conflict began with expeditionary operations to enter roads and highways quickly and deeply so that Ukraine would fall without the need for major armed struggles. The master plan did not bring results, so Russia escalated the conflict into a total war. We can see the change in the nature of the activities carried out in the intensification of the massive bombing of civilian infrastructure, cities and people in order to intimidate the population and put pressure on the authorities.[4] It turned out that the determination of the Ukrainian people to fight is stronger than initially assumed, therefore another escalation took place, which turned the total war into a terrorist or criminal conflict.[3] This is confirmed by the published evidence of the use of war crimes

on a massive scale, which refer to, for example, genocide. Terror is used on a massive scale.

This escalation trend in the Ukrainian war is very evident, but it is especially dangerous if Russia were indeed to receive a staggering, if not knockout, blow. Even assuming that Russia wins the battle in Donbas, it will not stop, it will continue with its escalation philosophy to continue its offensive on Odessa in order to take over the entire southern Ukraine, establish Novorossia there, which Putin talked about in previous years, and connect to Transnistria. At this point, the possibility of using weapons of mass destruction as another level of escalation of the conflict cannot be ruled out. It would not have to be associated with the direct use of nuclear weapons, but e.g. provocative activities aimed at the use of various chemical, biological or radiological agents, i.e. weapons below the nuclear threshold.

In support of the above statements, the recently published leaks, signals and information about the Ukrainian laboratory discovered by the Russians in which research on the development of chemical and biological weapons in cooperation with the Americans and the British were conducted. Additionally, quite incomprehensible actions in the area of Chernobyl and during the capture of the nuclear power plant in Enerhodar.[4] These behaviors should be treated as laying the foundations for Ukraine's future accusations of using chemical and biological agents or the preparation of radioactive materials by using them in a provocative manner. This could significantly contribute to the weakening or collapse of the strong will of the Ukrainian people, which would make it easier for Russia to continue the implementation of its original plans.[5]

At present, it can be estimated that such a development of events will not take place, taking into account the course of the war to date, Russia could proceed with the implementation of its doctrine of the so-called nuclear de-escalation of war conflict.[1] This doctrine assumes that if Russia waged some conventional war and began to lose it, mainly NATO, which would threaten important strategic interests of the state, it is ready to use tactical nuclear weapons as a warning by causing a small nuclear explosion somewhere high above the sea or in the air which would give a clear message to the other side that the war is over, but what has already been won or taken over will be retained.[4] As we would be on the brink of nuclear war, such actions would convey a clear message that Russia is determined to carry out this type of action.

In the context of the war with Ukraine, which is not a nuclear opponent, it may be a warning attempt, e.g. on the Black Sea, to convey the message that this war should be ended on Russian terms because by continuing to act, they can only lose.[1] This scenario is becoming serious today and should be taken into account as it is behind another escalation level, i.e. the use of low-power tactical

nuclear charges to destroy selected strategic objects on the Ukrainian side. This could be a precisely targeted attack on military depots, warehouses or bases, etc. This was the end of the conflict, after which Ukraine could only go on to conduct capitulation talks. as in the case of Japan after the impacts of Hiroshima and Nagasaki where the mere use of dirty bombs caused a collapse of the will.

Fear of nuclear weapons is an extremely important factor in conflict management, especially according to the Russian de-escalation doctrine. It follows that even a small use of nuclear weapons can lead to uncontrolled escalation, to the use of strategic nuclear weapons and the exchange of such strikes on a large scale, on a global scale, which could lead to the extermination of not only these countries.[1] For example, if several hundred such nuclear charges fell on Russia and the USA, these nations would almost cease to exist, and it is not even known what the global effect of such strikes would be.

In current trends, we can define two approaches to the use of nuclear weapons. The former describes nuclear weapons as a tool not to win the war but to conduct activities aimed at preventing war by intimidating or deterring the enemy. Nuclear weapons are more of a political weapon here, the second approach is clear that nuclear weapons are for winning wars. As soon as the Americans had nuclear weapons, the main strategic concept was massive nuclear retaliation: in the event of aggression, a massive and devastating attack was to be carried out on the aggressor, and thus the nuclear weapons alone would be sufficient to ensure safety [1, 4]. But when the USSR also obtained nuclear weapons, such a strategy turned out to be insufficient and the concept of flexible response was adopted, including the possibility of conducting a nuclear war. Initially, it was assumed the possibility of a controlled escalation of war, at first with a low intensity and, in the event of an unresolved issue, moving to the next escalation levels. However, the prevailing opinion was that nuclear escalation could not be controlled, it was difficult to limit it and treat it as a single act leading to almost unpredictable consequences, rather than consciously controlling their sequence. Therefore, the concept of escalating warfare fell in favor of the idea of nuclear weapons as a tool to prevent warfare. However, the Russian doctrine presents a new view on the use of nuclear weapons, which was inadvertently revealed by General J. Bałujewski, former chief of the Russian General Staff, that it is possible to use nuclear weapons as a warning to de-escalate a conflict that Russia is losing as a peculiar means of surviving a conventional war [4, 8]. This is the de-escalating doctrine that the Russians may apply in the present Ukrainian war, if they find themselves against the wall, or Putin forcibly wants to achieve a greater goal than is suggested by the course of the conventional war with the Ukrainian army [1].

Therefore, one should ask the question what would happen if Russia had used nuclear weapons in accordance with its doctrine. Ukraine is not a nuclear power, it is not a member of the nuclear alliance. It is also not a member of NATO and therefore it cannot nuclear deter Russia or use the protection of the allied nuclear deterrence system. Therefore, Ukraine would probably have to capitulate [1. 9]. However, it should be added what effects this would have for Russia itself. It would become a country politically marked as having gone so far as to use this type of weapon, which could lead to even greater isolation on an unprecedented scale, as is now the case with sanctions.

So, going to the summary, although at the beginning of the war the possibility of using weapons of mass destruction existed but the chance of using them seemed extremely small, at the moment considering Russia as a state that is deliberately destroying the Ukrainian nation with mass murder and terrorist methods, it is in my opinion, the probability of an escalation of the war in Ukraine along with the transition to weapons of mass destruction or, in particular, nuclear weapons becomes something that cannot only be excluded, but which should be taken into account very seriously.

**Bibliography:**

1. https://oko.press/na-czym-polega-grozba-ograniczonego-uzycia-przez-rosje-broni-nuklearnej-przeciwko-ukrainie/

2. https://www.bbc.com/news/world-60664169

3. https://www.politico.com/news/2022/03/24/how-ukraine-war-could-go-nuclear-00019899

4. https://oko.press/gen-koziej-ryzyko-ze-rosja-siegnie-po-bron-masowego-razenia-jest-powazne/

5. https://www.theguardian.com/world/2022/mar/26/russia-reasserts-right-to-use-nuclear-weapons-in-ukraine-putin

6. Padarev, N. I., Chemical, biologycal, radiologycal and nuclear threats in the hybrid war context, Science. Business. Society. Vol. 4 Issue 3 (2019), ISSN PRINT 2367-8380. Sofia. 2019. pp.118-119

7. Padarev, N. I., Approaches that decontamination of chemical warfare agents and toxical industrial chemicals, International scientific journal „Security and future", ISSUE 2/2019, Sofia, 2019 pp 56-59, pub. Scientific technical union of mechanical engineering – Industry 4.0 Bulgaria, ISSN PRINT 2535-0668.

8. Dolchinkov N., History and development of nuclear weapons, International scientific journal: Security@future 1/2018, june 2018, ISSN 2535-0668 Стр. 32-35;

9. Dolchinkov N., Nuclear weapons in NATO, International scientific journal: Science. Business. Society 4/2018, ISSN 2367-8380 стр. 181-184

***Contact:***
*Bachelor Krystian Onisk, War Studies Academy, e mail:krystian@onisk.pl*

**DOI: 10.34660/INF.2023.17.26.031**

# ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЛАЗЕРИ ЗА ДИРЕКТНО ИНИЦИРАНЕ НА ВЗРИВ

**Диана-Летисия В. Креца**

# USE OF LASERS FOR DIRECT INITIATION OF EXPLOSIVES

**Diana-Letiția V. Crețа**

***Abstract:*** *Research in the field of laser initiating of explosives is derived from the need for versatile, fast-acting, and reliability. Ideally, the laser device can meet the criteria for use required by sensitive explosive materials, respecting the necessary safety measures for personnel when operating it. In essence, the surface of the explosive material will be in direct contact with the pulsations of the laser device, thus initiating it. In another context, the laser may represent the momentum through which the electrical-pyrotechnical circuit used for initiation is actuated. The radiation of the laser beam, its divergence and pulse duration can vary considerably depending on the intensity and power of the laser, characteristics that will be taken into account when initiating each explosive.*

***Key words:*** *laser, direct initiation, explosives, pulsations, beam.*

## Introduction

Today humanity enjoys widespread automation, integrated systems based on artificial PC intelligence and advanced research in the scientific fields. In the military field, the use of laser is a necessity because, on the one hand, the military must carry out high-risk missions to which they are exposed, and on the other hand, missions without interventions, but extremely important that require increased attention for a long period of time [4, 8].

It has been almost a decade since the photoelectric effect was completed with the advent of the laser device, and since then it has undergone a multitude of changes that are today the subject of a very valuable and important scientific discovery.

Basically, a laser device or scientifically speaking, a laser oscillator consists of three main elements: The first is the active medium, in which atoms in a higher energy state than equilibrium is found. Through this medium, the

amplification of incident light radiation or even its emission and amplification occur.

The excitation system, the second element of the laser, is necessary for obtaining atomic systems with several atoms in a higher energy state. It is worth noting that there are several ways to achieve the excitation of atoms in the active environment, depending on the nature of the environment [3, 5, 9].

The optical resonator, the last component of the laser device, is a system of lenses and mirrors necessary for the optical processing of the emitted radiation. The laser beams are perfectly parallel when exiting the active medium, and the optical resonator thus manages to achieve their concentration at a well-calculated point, or also their dispersion.

The initiation of the most powerful explosives is carried out either directly, the laser wave being propagated directly on the surface of the explosive, by heating to be initiated, or by means of a metal sheet applied to the surface of the explosive that the laser pulsations heated and which generated a quantity of heat that initiated the explosive material.

**1. Direct initiation of explosives with the laser device**

Studies of the initiation of explosives by optical means began shortly after the laser appeared. The wavelength used was usually between 0.266 and 1.06 μm. The initiation was carried out with energies below 10 J (joules), with radiant exposure measured in ($J/cm^2$ and irradiation in ($W/cm^2$). The variety of lasers included Ruby, $CO_2$, Excimer and ND-YAG. All lasers were operated via pulsations to emit radiation measured in ($GW/cm^2$) range.

Apart from the safety measures needed by staff when operating these high-power lasers, it is also important to know the limitations of the laser. Exposure to radiation from the output of the beam from the device, its divergence and pulse duration can vary considerably depending on the output energy. To overcome these problems, it is recommended that the beam intensity at the target is attenuated by external filters while operating the laser without interruption. The attenuator consists of a half-wave plate and a polarizing prism.

When the laser pulse is used in a concentrated way, the power handling capacity of the optical components must be carefully specified. In addition, in the case of irradiation with a size greater than 50 $GW/cm^2$, it should be noted that it is possible to break down the gas at room temperature and that this may affect laser interactions and target targets. For this reason, laser studies requiring high radiation are frequently performed at low ambient pressures.

In this approach, laser light interacts directly with the explosive sample. The explosive is usually pressed into a container that may have a window. If used, the window provides insulation. The procedure is shown in Figure 1.

Sensitivity of PETN, HNS, HMX and RDX was observed at direct laser initiation. The parameters of interest were: Density, particle size, specific surface (SSA), wavelength, pulse duration, beam point size and insulation materials used.

The researchers used a ND: YAG laser (1.06 μm) against the high density (1.7 g/cm$^3$) of PETN at a maximum intensity of 105 GW/cm$^2$. Their one-dimensional calculation indicated that surface pressure would reach 500 GPa (Giga pascali) for a radiation of 103 GW/cm$^3$. This was considered an overestimation because in reality the interaction is not one-dimensional. However, PETN was successfully initiated at ~103 GW/cm$^2$ with a beam size of approximately 1 mm. However, it was found that at smaller beam sizes of the order of 250 μm, detonation could not be achieved at even 105 GW/cm$^2$. It has been found that the initiation energies for PETN are virtually independent of the wavelength for a ND: YAG operating at 0.355, 0.532 and 1.06 μm. The initiation energies were 7 mj at the two smaller wavelengths and 10 mj at the longer wavelength. The radiation was approximately 0.2 GW/cm$^2$ in each case.

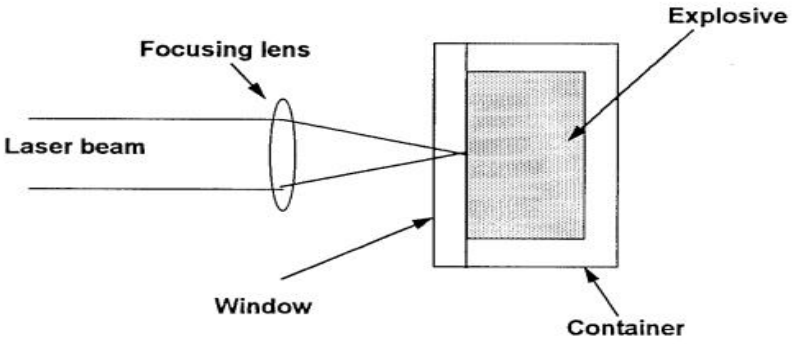



***Fig. 1.*** *Schematic of the method typically employed for direct laser initiation [1]*

RDX was also successfully initiated with laser excimer at 0.308 μm and a ruby laser at 0.694 μm. No details on the type of RDX were provided and no other exercises performed with RDX were reported. Attempts to initiate pure HNS have so far failed even with an SSA of up to 13 m$^2$/g and a radiation of 10 GW/cm$^2$.

The most important aspect determined by direct laser initiation studies was the process of fine-detail decomposition of explosives. RDX and PETN, explosives subjected to such investigations, have undergone surface modifications in the form of craters, which are micrometer in size, subsequently

discovering the possible routes of reaction of the explosives to direct laser ignition.

**2. Initiation of laser-driven explosives on a strip of glass placed on the surface of the explosive**

In this experiment, a glass window, a thin metallic layer on the inside of the window, and the explosive to be initiated are used. Following laser action, the closed metal layer explodes, generating a shock that ignites the adjacent explosive. This approach is also known as EBW mode, and is shown in Figure 2.

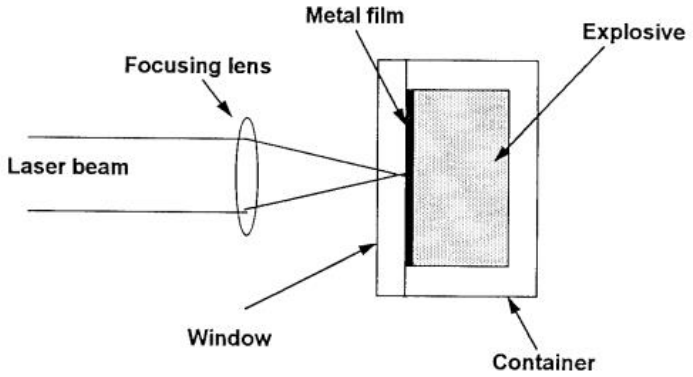



***Fig 2.*** *Schematic employed for laser initiation of HE in contact with a thin metallic foil [2]*

The shock generation was studied this time on 26 different materials with thicknesses between 0.004 μm and 1 μm, and limited between two glass slides. As a result, if one of the closing glass slides is replaced by a porous explosive, the low air impedance tends to reduce the maximum voltage. However, local stresses generated inside the explosive may depend on explosive morphology and plasma expansion rate, rather than the presence of air.

For PETN in the form of fine grain (<40 μm) at density 1.58 g/ $cm^3$ and RDX at density 1.18 and 1.52 g/ $cm^3$, detonations took place at a much shorter distance than for tests where the explosives were made of larger granular material. The results indicated that as the density of the explosive increased, the radiation threshold also increased. PETN has been found to have a lower radiation threshold than RDX; 1.4 GW/$cm^2$ compared to 5 GW/ $cm^2$.

The effect of film thickness on the energy required to exceed the initiation threshold was examined. It was found that smaller radiant exposures were required for thinner strips. It has been suggested that the thinner film forms a plasma in direct contact with the explosive. [3, 6]

It was also attempted to separate the explosive sample from the metal layer by an air gap. The researchers show that to provide heat to heat such a layer is only required about 10 mj. Therefore, in multi-GW/cm$^2$ laser irradiation with sub-millimeter beam dimensions and pulse duration < 10 ns, a very dense plasma can form and reach very high temperatures.

Following laser irradiation of the metal sheet, the created plasma expands adiabatically, sending a shock into the target explosive material. The result was that the transformed plasma provides a shock wave-like force and that its initial transformation can begin after 8 ns before reaching the maximum power rendered by the laser pulse [1, 7].

Its blowing speed or released pressure continues to increase as maximum plasma condensation capacity is reached. Changes to the target material are made at very high speed.

The characteristics of the initiation plate is an important aspect in the understanding and implementation of the laser initiation of explosives. Laser-driven plates have a rapid acceleration of approximately 1010 m/s and reach 90% of the maximum initiation speed in about 20 ns.

Precise time, rapid response, low electromagnetic vulnerability and low explosive sensitivity to initiate are requirements for effective initiation. The ability to port light in different ways and initiate even through optical fibers offers added versatility. It is obvious that both direct laser initiation and laser initiation through thin strips of metal and glass in contact with explosives are unacceptable for incorporation into modern and military wear. The production of a shock-triggering plate that initiates the explosive has successfully detonated HN. Currently, the only viable approach to laser initiation of explosives is therefore through the metal and glass plates on which we operate laser.

**Conclusion**

Currently, the size, cost and energy requirements of the right lasers are too high to be incorporated in all areas. Future developments ensure that laser initiation will become a widely used practical option. It is considered, however, that laser initiation will not become the only ignition option, as percussion detonators are also an effective alternative. The use of one of the methods will depend on the specific initiation requirements.

In this regard, I could say that laser systems will be delegated missions of the most complex with various fields of activity. Laser systems prove to be effective because the military benefits by using them with caution, speed of execution, safety and protection. I therefore recall some of the missions that lasers will soon have, namely those in which they help personnel in the event of dangerous initiations of explosives, those in which they have the ability to vaporize targets, to interrupt technological signals of adversaries, as well as

those in which they are used as laser weapons that would change the way the military combats small drones, fast-moving missiles and human enemies, having effects on them ranging from skin irritation to blindness.

**References:**

1. Leo Y., Tam N., Jhon W., *Laser ignition of explosives, Pyrotehnics and Propellants: Review*, DSTO Aeronautical and Maritime Research Laborator, 1995, p. 5.

2. Idem, p. 8.

3. Пъдарев, Н.И., Прогнозиране на опасностите за населението и инфраструктурата при ядрени, радиологични и химически опасни събития чрез симулационни модели, Монография, Изд. НВУ „В. Левски" ВТ, 2021.

4. L. Lazov, E. Teirumnieks, Application of laser technology in the army, Proceedings of International Scientific Conference „Defense Technologies", Faculty of Artillery, Air Defense and Communication and Information Systems, ISSN 2367-7902

5. US Defense Threat Reduction Agency, Section 11: Lasers and Optics Technology, in US Department of Defense, Devloping Science and Technologies List, Ft. Belvoir, 2000,

6. B. Rivers, C. Crawford, Chorioretinal Injury Caused by Presumed Laser Dazzler, Surgery: Current Research, ISSN: 2161-1076 SCR, an open access journal 2014.

7. Dolchinkov N., Lazov, L., Shterev Y., D. Boganova, M. Peneva, Study of laser cutting and marking on the filt with the help of a $CO_2$-laser, 12th International Scienfic and Practical conference Environment. Technology. Resources. ISBN 1691-5402, Vol 3, 20-22.06.2019 г.

8. Dolchinkov N., Lazov, L., Shterev Y., Lilianova St., Pacejs Anton, Use of $CO_2$ laser for marking and clearing of textile materials for manufacture of military equipment, 12th International Scienfic and Practical conference Environment. Technology. Resources. ISBN 1691-5402, Vol 3, 20-22.06.2019 г. Резекне, Латвия, стр. 32-36;

9. Dolchinkov N., Lazov, L., Shterev Y., Linkov L., Nedialkov D., Study of cutting and labeling of polymethylmethacrylate using a $CO_2$ laser, 12th International Scienfic and Practical conference Environment. Technology. Resources. ISBN 1691-5402, Vol 3, 20-22.06.2019 г. Резекне, Латвия, стр. 37-40

***Mailing address:***
*Diana-Letiția V. Creța,*
*„Nicolae Bălcescu" Land Forces Academy, Faculty of Military Sciences, Romania*

**DOI: 10.34660/INF.2023.41.76.032**

# ПРОЦЕС НА ЛАЗЕРНО ЗАТОЧВАНЕ НА СК 45 В ЗАВИСИМОСТ ОТ ПАРАМЕТРИТЕ НА ЛАЗЕРА - КРАТЪК АНАЛИЗ

**Артур Воркалис**

# LASER HARDENING PROCESS ON CK 45 DEPENDING ON THE LASER PARAMETERS - A SMALL REVIEW

**Arturs Vorkalis**

***Abstract.*** *This study displays the effect of laser surface hardening parameters on the Ck 45 steel. The method is mostly based on experimental tests, with micro-hardness data being used to obtain the hardness profile Ck 45.The beauty of the surface laser hardening technique is that, it hardens a specific area without changing the surface qualities of the surrounding area. Due to its versatility and capacity to manufacture parts with complex geometry, laser heat treatment is regarded one of the best-performing manufacturing technologies currently in use.*

***Keywords****: Laser hardening, hardening of steel Ck 45, parameters.*

## Introduction

Laser hardening is one of the economical techniques used to improve surface properties of target materials. This process is easy to use for improving surface properties of a complex shape component with minimum time requirement. The important beauty of this process is that only selective surface area properties can be improved without changing the remaining bulk material surface properties [1-3].

Surface properties and wear resistance can be improved by laser hardening process. There are wide variety of industrial applications of laser hardening process for the mechanical components such as steering gear assemblies, diesel engine cylinder liner, turbine blades and stub axles to achieve maximum microhardness and to increase the wear resistance.Because of the self-quench and easily regulated laser power, laser surface treatment is a very versatile method that has been widely employed in the car and other industrial sectors [4-5].

One important application is the laser hardening, which involves only a thermal effect on the surface where a new structure with high hardness is obtained on the top surface. In most of these applications, laser does not treat the complete surface of the components but rather small local tracks. With a designed and delicate movement control system, laser hardening is suitable for some components with complex geometry, i.e. edges, corners and holes [6].

Many parameters that might affect the procedure should be examined in order to execute proper laser hardening for the parts and get the desired outcomes. Many studies have been conducted to determine the impact of the independent parameters of the laser hardening process, such as laser power, processing speed, laser spot size, and the work material's thermal characteristics [7-8].

**Methodology and Experimentations**

***Material.***

The process of laser surface hardening performed on metal components reveals different types of responses like hardness, depth of hardness, grain structures. The material with few chemical compositions including Carbon, Chromium, Manganese, and Molybdenum in process shows different responses.[9].

Table 1. Chemical composition and mechanical properties of C45 steel

| Designation | Chemical composition, % | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Si | Mn | P | S | Cu | Cr | Mo | Ni |
| C45 | 0,42-0,50 | 0,17-0,37 | 0,5-0,8 | ≤ 0,04 | ≤ 0,04 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,10 | ≤0,30 |
| | Mechanical properties | | | | | | | | |
| | $R_e$, MPa | | | $R_m$, MPa | | | $A_5$, % | | HB |
| | 340 | | | 620 | | | 16 | | 207 |

The steel C45 has a carbon percentage of 0.5 percent, making it a medium carbon steel.Steel C45 has a high carbon content, as stated in table 1 [10], indicating that it is appropriate for laser hardening.

***Lasers.***

Carbon dioxide ($CO_2$) lasers have been used in heat treating for over 30 years, as an alternative for induction or other traditional heat treating techniques. However, limitations in $CO_2$ laser reliability and cost of ownership have made their use as a heat treating source less than ideal. Over the past few years, a new approach for heat treating based on the high-power, direct diode laser has emerged. Direct diode lasers utilize a very different technology than $CO_2$ lasers to produce light and in this way overcome the most significant disadvantages of $CO_2$ lasers. While direct diode lasers are by no means a panacea for all applications they do offer some compelling advantages in certain distinct

applications. This article reviews the basics of laser heat treating, its optimum uses, and compares $CO_2$ with diode laser technology [11, 16].

For the majority of laser hardening applications, the HPDDL output beam illuminates an area that is smaller than the total area to be processed. Thus, either the work piece or the beam is moved in order to achieve total coverage. A typical implementation of this approach, in this case for a large construction vehicle spindle, is shown in the photograph [10, 15].

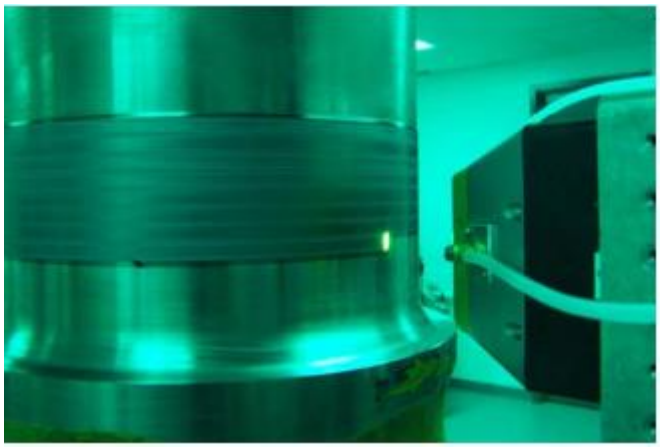


***Figure 1.*** *The laser beam is moved across the part in order to heat treat large areas [10]*

HPDDLs offer a substantial cost advantage over $CO_2$ lasers. One reason for this is that their electrical efficiency (conversion of input electrical energy to useful light output) is about 3 — 4 times higher than that of the $CO_2$ laser. This translates directly into lower operating cost. Additionally, the HPDDL has „instant on" capability so there is no standby power consumption. Even larger savings results from reduced maintenance costs which are orders of magnitude less for the HPDDL as compared to a $CO_2$ laser.[10].

**Results and Discussions**

A typical laser hardening process is shown in Figure 2 whereby a defocused laser beam is utilized to scan over a surface to obtain the hardening effect. The hardened zone can be clearly distinguished from the base microstructure after etching with 2% nital solution.

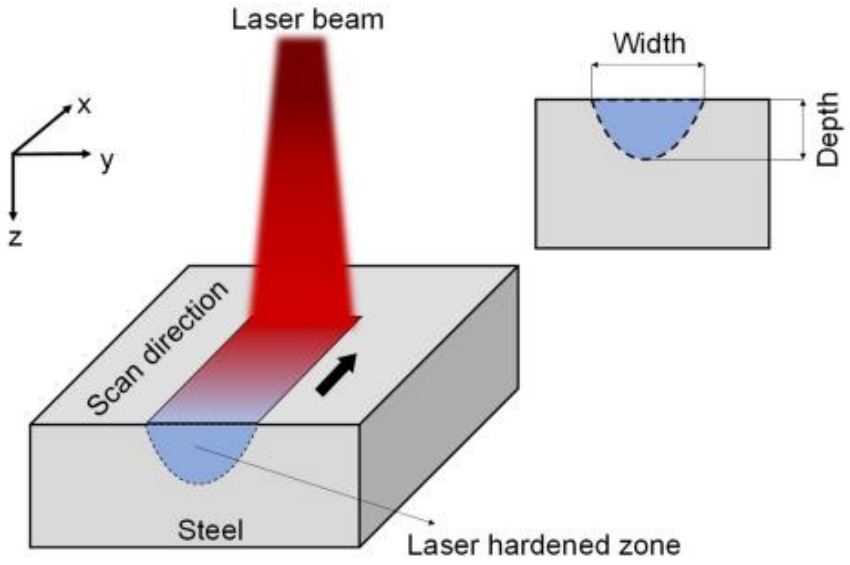



***Figure 2**. A single laser-hardened track showing associated depth and width.*

Heat input can be varied by changing the power and speed. If the power is high and the scanning speed is slow.The efficiency is low at low heat input which is expected as a lower heat input is insufficient to increase the temperature at the surface. With the increase in heat input, the temperature at the surface can reach the austenitization temperature required for hardening. Further increase in heat input expands the austenitized region in the steel substrate which transforms into martensite on rapid cooling.Increase in hardened depth and width with an increase in heat input. This results in a rapid increase in hardening efficiency. However, it is to be noted that the austenitized region does not keep on linearly increasing. The increment slows down at higher heat input. This is because the depth of penetration is limited by the thermal conductivity of the material. Therefore, the hardening efficiency slightly reduces after approximately 20 J/mm2. The further increase in heat input might result in surface melting [11, 16].

The absorption of the laser beam by a steel surface increases with the decrease in laser wavelength. Higher absorption should result in a larger amount of energy available for surface heating. Nevertheless, infrared lasers are still widely employed for surface hardening due to their low cost and easy availability.A slightly lower efficiency was calculated for the fiber laser used in our experiment compared to others. This is probably due to the low power used in our case. With the low power available, the hardened volume is small and much of the energy is lost in heating the substrate [12, 15]

**The effect of laser power on the depth of hardness**

As the power of the laser beam increases between 210 and 330 watts, the value of the signal to noise ratio and hardness depth of laser hardened sample increase too which is shown in Fig. 3. It is observed increments in the hardness depth are 308.51, 325.14 and 340.25 μm respectively of laser hardened samples of Ck45 steel with variations in the laser beam power of 210, 270 and 330 watt at constant 1.0 mm/s laser scan speed and the maximum achieved hardness depth is 340.25 μm.[13]

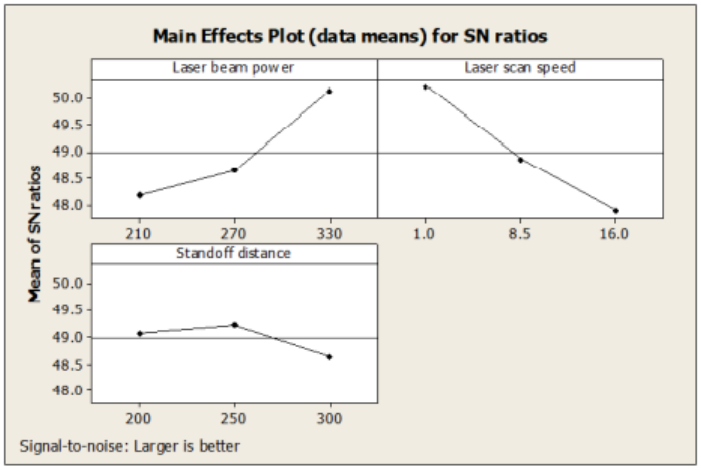



***Figure 3**. Main effects plot for S/N ratios [13]*

**The effect of laser scanning speed on the depth of hardness**

The effects of the process parameters as a laser scanning speed on the laser treated samples hardness depth value shows that a curve trend graph is inversely proportional as shown in Fig. 3. As the variations in the laser scanning speeds are 1.0, 8.5 and 16.0 mm/s at 330 watt constant laser beam power is observed. Table 2 shows the effects of laser scanning speed which decreases the hardness depth to 340.25, 322.32 and 300.34 μm respectively and decreases the signal to noise ratio values [13, 14].

***Table 2.*** *Experimental Ck45 steel laser hardness depth*

| Sr. No. | Laser Power (w) | Laser scanning speed (mm/s) | Standoff distance (mm) | Width (µm) Ck45 | Hardness depth of HAZ(µm) | S/N Ratio |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 210 | 1 | 200 | 1114.81 | 308.51 | 49.7854 |
| 2. | 210 | 8.5 | 250 | 1088.34 | 249.10 | 47.9275 |
| 3. | 210 | 16 | 300 | 1037.75 | 220.13 | 46.8536 |
| 4. | 270 | 1 | 250 | 1094.68 | 325.14 | 50.2414 |
| 5. | 270 | 8.5 | 300 | 1022.67 | 264.18 | 48.4380 |
| 6. | 270 | 16 | 200 | 1063.68 | 231.32 | 47.2843 |
| 7. | 330 | 1 | 300 | 1090.14 | 340.25 | 50.6360 |
| 8. | 330 | 8.5 | 200 | 1093.22 | 322.32 | 50.1657 |
| 9. | 330 | 16 | 250 | 1027.93 | 300.34 | 49.5523 |

## Conclusions

Laserhardening is widely used in many industries and laserhardening of steel C45 is common occurrence. The experiments show that it is possible to harden the steel C45 with $CO_2$ laser however results was not continual good but showed that used laser with choosen parameters is suitable to achieve the requirements what are stated in the drawing.

From all the three variables, laser scanning speed is the foremost impacting noteworthy calculates of laser hardness depth of Ck45 steel, taken after by the laser beam power and standoff distance separate individually.

## References

1. Advances in Mechanical Processing and Design pp 293-304, Santoshkumar V. WaghEmail authorDhananjay V. BhattJyoti V. MenghaniSujit S. Pardeshi.

2. Lazov, L.,H. Deneva, P. Narica, Factors influencing the color laser marking, 2015, *ENVIRONMENT. TECHNOLOGIES. RESOURCES. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, v. **1**, pp. 102-107,

https://doi.org/10.17770/etr2015vol1.223

3. Lazov, L., T. Karadzhov, Methods for Measuring Laser Power. Environment. Technology. Resources. Rezekne, Latvia, *Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference*. Volume 3, 173-180, 2021, Online ISSN 2256-070X, DOI: 10.17770/etr2021vol3.6565,

4.Adel, K. M., (2014). Enhancement of dry sliding wear characteristics of CK45 steel alloy by laser surface hardening processing, Procedia materials science.

5. Lazov, L., E. Teirumnieks, T. Karadzhov, N. Angelov, Influence of power density and frequency of the process of laser marking of steel products. Infrared Physics and Technology 116 (2021) 103783, DOI: 10.1016/j.infrared.2021.103783, Web of Science IF 2.638

6. The influence of different conditions of laser-beam interaction in laser surface hardening of steels, Thin Solid Films, J. Grum, T. Kek, 2004

7. Laser Hardening Process with 2D Scanning Optics, lvia Martínez*, Aitzol Lamikiz, Iván Tabernero, Eneko Ukar, Department of Mechanical Engineering, University of the Basque Country (UPV-EHU), Spain, Physics Procedia 39 ( 2012 ) 309 – 317

8. H. Pantsar, et al., „Effect of Processing Parameters on the Microstructure and Hardness of Laser Transformation Hardened Tool Steel," Proceedings of the 23rd Interna-tional Congress on Applications of Laser and Electro- Optics (ICALEO 2004), San Francisco, California, USA

9. Martinovs A., et al., Laser hardening process optimization using FEM, Engeneering for rural development, 2020, pp.1500-1508, DOI:10.22616/ERDev.2020.19.TF372

10. Parker K., Heat Treating with High Power Diode Lasers, www.coherent.com, (408) 764-4983

11. Maharjan, N.; Zhou, W.; Zhou, Y.; Guan, Y.; Wu, N. Comparative study of laser surface hardening of 50CrMo4 steel using continuous-wave laser and pulsed lasers with ms, ns, ps and fs pulse duration. Surf. Coat. Technol. 2019, 366, 311–320. [CrossRef

12. Baumann, M.; Balck, A.; Malchus, J.; Chacko, R.V.; Marfels, S.; Witte, U.; Dinakaran, D.; Ocylok, S.; Weinbach, M.; Bachert, C.; et al. 1000 W blue fiber-coupled diode-laser emitting at 450 nm. In Proceedings of the SPIE 10900, High-Power Diode Laser Technology XVII, 1090005, San Francisco, CA, USA, 3–5 February 2019.

13. Santoshkumar V. Wagh *et al* 2020 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.***,** Effects of laser hardening process parameters on hardness depth of Ck45 steel using Taguchi's optimization technique, https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/810/1/012027;

14. Lazov, L., Angelov, N., Teirumnieks, E., Teirumnieka, E., Preliminary numerical analysis for the role of speed onto laser technological processes, Vide. Tehnologija. Resursi - Environment, Technology, Resources, 2019, 3, pp. 137–142;

15. Dolchinkov N., Shterev Y., St. Lilianova, D. Boganova, M. Peneva, L. Linkov, D. Nedialkov, Exploring the possibility of laser cutting with CO2 laser on felt in the range from 1W to 26W power, International scientific journal: Industry 4.0 Issue 1/2019, ISBN 2534-8582, pp. 29-31;

16. Todorov, D.N., Lyubomir, L., Shterev, I.J., Dimitrov, N.D., Ivanov, L.L., Study of cutting and labeling of polymethylmethacrylate using a CO2 laser, 2019, Vide. Tehnologija. Resursi - Environment, Technology, Resources

***Mailing adress:***
*Mg.sc.ing. Arturs Vorkalis, e – pasts: av09089@edu.rta.lv*
*Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija*
*Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne, Latvija*

**Сборник доклади от научна конференция**
**„Близкият Космос – обща цел"**

Технически редактор:
доц. д-р инж. Николай Долчинков

**ISSN 2815-3510 Print**
**ISSN 2815-3529 CD**

Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски"
2022 г.

295