

# **СБОРНИК**

## **ДОКЛАДИ ОТ НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ „РАДИАЦИОННАТА БЕЗОПАСНОСТ В СЪВРЕМЕННИЯ СВЯТ”**

**посветена на 150 годишнината от рождението на  
Ърнест Ръдърфорд и 100 годишнината от  
рождението на Андрей Сахаров**

**17-18 ноември 2021 година**

**Велико Търново  
2021 г.**

**Конференцията се съфинансира от Фонд „Научни изследвания“ към Министерството на образованието и науката на Република България с договор № КП-06-МНФ/19 от 12.11.2021 г.**

**Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски“  
ISSN 2738-7607 Print  
ISSN 2603-4689 CD**

**ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ**

Председател:

Доц д-р инж. Николай Тодоров Долчинков – НВУ „Васил Левски“

Членове:

Проф. д.х.н. инж. Михаил Стефанов Харалампиев – НВУ „Васил Левски“

Полк. доц. д-р инж. Илиян Ангелов – НВУ „Васил Левски“

Майор д-р Николай Илиянов Пъдарев – НВУ „Васил Левски“

Полк. доц. д-р Борислав Косев Димитров – НВУ „Васил Левски“

Capt. Cdr. Assoc. Prof. Eng. Cristian-Emil Moldoveanu, PhD – Ferdinand I Military Technical Academy, Romania;

Доц. д.т.н. Кондратьева Ольга Евгеньевна – Национальный исследовательский университет МЭИ, Россия;

Associate Professor Ērika Teirumnieka – Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Rēzekne, Latvija;

Проф д-р Любомир Лазов – Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Rēzekne, Latvija;

Associate Professor Tamar Dolbaia – Tbilisi State University, Georgia;

Associate Professor Nino Durglishvili – Tbilisi State University, Georgia;

Col Mariusz Gontarczyk, PhD, MSc., Eng. –Military University of Technology, Poland;

Чл.-кор. Олег Юрьевич Латышев-Майский – президент Международной Мариинской академии;

Проф. д.ф.н. Александър Драйшу – СУ „Св. Климент Охридски“, Председател на Съюза на физиците в България;

Проф. д.ф.н. Ана Георгиева – СУ „Св. Климент Охридски“, БАН – зам.-председател на Съюза на физиците в България;

Doctor of Technical Sciences Viola Vambol – Public Agency National Scientific and Research Institute of Industrial Safety and Occupational Safety and Health, Ukraine



**СЪДЪРЖАНИЕ:**

<b>1.</b>	<b>Слово на бригаден генерал Иван Маламов при откриване на научната конференция</b>	<b>9 стр.</b>
<b>2.</b>	<b>Поздравителни адреси</b>	<b>12 стр.</b>
<b>3.</b>	<b>Първи пленарен доклад</b> <b>Любомир Лазов</b> Assessment of laser radiation risk in the army	<b>21 стр.</b>
<b>4.</b>	<b>Втори пленарен доклад</b> <b>Николай Долчинков, Олег Локтионов, Алгази Жауит, Нино Дурглишвили</b> Световен добив на уран	<b>32 стр.</b>
<b>5.</b>	<b>Viola Vambol, Sergij Vambol, Sergiy Yeremenko, Roman Shevchenko</b> Forest Fires in Radioactively Contaminated Territory: The Consequences of the Chernobyl Disaster Today	<b>48 стр.</b>
<b>6.</b>	<b>Michael R. Sandy</b> A preliminary investigation of remnants of Bulgaria's in situ leaching (ISL) uranium mining industry infrastructure on the Upper Thracian Plain; "Cold War monuments" – their industrial archaeology and educational potential	<b>59 стр.</b>
<b>7.</b>	<b>Татяна Маглевана, Виктор Долин, Сергей Вамболь, Евгений Яковлев</b> Использование аэрокосмических технологий для оценки радиозкологических последствий лесных пожаров на радиоактивно загрязненных территориях	<b>70 стр.</b>
<b>8.</b>	<b>Евгений Борисов</b> Обучение студентов ВУЗА спортивного профиля основам радиационной безопасности	<b>82 стр.</b>
<b>9.</b>	<b>Младен Митев</b> Аспекти на радиационната защита при лицензиране на ядрено съоръжение	<b>88 стр.</b>
<b>10.</b>	<b>Inga Zinicovskaia</b> Neutron Activation Analysis in Environmental Studies	<b>94 стр.</b>
<b>11.</b>	<b>Теодора Петрова, Живо Петров</b> Локализиране на горски пожари с помощта на безпилотни летателни апарати	<b>104 стр.</b>
<b>12.</b>	<b>Николай Такучев</b> Слънчеви потоци от алфа частици и смъртност от исхемична болест на сърцето в България	<b>114 стр.</b>

---

---

<b>13. Александра Димитрова, Радослав Коев, Мариана Кънчева</b>	
Радиационна защита в случай на авария	<b>120 стр.</b>
<b>14. Евгени Андреев, Димитър Димитров</b>	
Предизвикателства, свързани с киберсигурността на ядрените програми и централи	<b>128 стр.</b>
<b>15. Тамара Драганова, Анка Цончева</b>	
Хоризонтални взаимодействия между физиката и географията в контекста на радиационната безопасност в съвременния свят – дидактическа интерпретация	<b>136 стр.</b>
<b>16. Тамара Драганова, Анка Цончева</b>	
От атома до Космоса – вселенският пъзел и линия на времето	<b>155 стр.</b>
<b>17. Гроздю Грозев</b>	
Необходима ли е световната морска система за бедствие и безопасност на корабите от Военноморските сили	<b>165 стр.</b>
<b>18. Ромуалдас Каминскас</b>	
Действия на червения кръст и доброволните формирования при радиационна авария	<b>171 стр.</b>
<b>19. Юсупов Усман, Мусаев Маруфджан, Сулейманов Адылжан</b>	
Исследование на радиационную устойчивость строительных материалов и конструкций зданий и сооружений	<b>179 стр.</b>
<b>20. Субракова Людмила Константиновна</b>	
Радиационная опасность угля в добывающих и потребляющих регионах	<b>185 стр.</b>
<b>21. Viktorija Piziča, Vitālijs Jurčs, Rūdolfs Čeirs</b>	
Study of the Dependence of Acrylic Depth and Surface Roughness on Output Laser Power and Processing Speed	<b>191 стр.</b>
<b>22. Артур Аболинс</b>	
Параметри на ефективност на лазерна обработка на млякото	<b>201 стр.</b>
<b>23. Борислав Димитров</b>	
Германия – за или против ядрената енергия	<b>210 стр.</b>
<b>24. Йордан Щерев Иванов</b>	
Шуманови честоти	<b>224 стр.</b>
<b>25. Йордан Щерев, Калоян Колев</b>	
Мощност на 4G потребителско оборудване	<b>236 стр.</b>
<b>26. Йордан Щерев, Жулиана Михнева</b>	<b>246 стр.</b>

- Енергитични характеристики на мобилни устройства
- 27. Мария Велкова**  
Анализ на загубите за животновъдството през последните пет години в следствие на вирусни и бактериологични заболявания 255 стр.
- 28. Наталия Паскалева, Цветелина Славчева**  
Екологични аспекти на биогоривата 262 стр.
- 29. Теодор Петров, Георги Петров, Кристиан Толев, Емануил Димитров**  
Цветно лазерно маркиране: повтораемост, стабилност и устойчивост на механични, химични и екологични въздействия 269 стр.
- 30. Теодор Петров, Георги Петров, Кристиан Толев, Емануил Димитров**  
Особености при цветното лазерно маркиране върху хром-никелова основи 283 стр.
- 31. Димитър Раев**  
Въздействие на микровълните от РЛС 295 стр.
- 32. Милен Торториков**  
История и развитие на АЕЦ Белене 305 стр.
- 33. Мадлен Пенева, Деница Божанова**  
Chernobyl – the Nuclear Accident with Catastrophic Effect 323 стр.
- 34. Михаел Павлов**  
Анализ и възможности за противодействие на радиационен и ядрен риск в съвременния свят 330 стр.
- 35. Михаел Павлов, Михаил Харалампиев**  
Анализ на някои съвременни средства за радиационен и дозиметричен контрол 340 стр.
- 36. Николай Пъдарев, Йонко Благоев**  
Експресна оценка при радиологични събития в съоръжения 357 стр.
- 37. Михаел Павлов**  
Анализ на някои съвременни средства за радиационен и изотопен контрол 363 стр.
- 38. Траяна Долчинкова**  
Замърсяване на околната среда с тежки и радиоактивни метали 376 стр.
- 39. Павлина Пенева**  
Ликвидиране на последствията от радиационно замърсяване при ниски температури 386 стр.

- 40. Николай Долчинков, Бонка Караиванова-Долчинкова**  
Съвременните планове за развитие на производство на електрическа енергия в световен мащаб и енергийната независимост на България **392 стр.**
- 41. Екатерина Бебенова**  
Приложение на ултравиолетовата светлина в борбата с Covid-19 и други вирусни и бактериални заболявания **400 стр.**
- 42. Момчил Йотов**  
Приложение на деленето на атома за енергийни източници **411 стр.**
- 43. Росен Илиев**  
Приложение на роботиката в промишлеността **420 стр.**
- 44. Александър Димитров**  
Действия на формиранията на Българската армия при радиационна авария **431 стр.**



**Слово**

**на бригаден генерал Иван Маламов – началник на НВУ „Васил Левски” при откриване на научната конференция „Радиационна безопасност в съвременния свят”**

**Уважаеми дами и господа** – участници и гости на шестата международна научна конференция „Радиационна безопасност в съвременния свят“, посветена на 150 годишнината от рождението на Ърнест Ръдърфорд и 100 годишнината от рождението на Андрей Сахаров.

Новозеландският учен Ърнест Ръдърфорд със своите открития прави революция в областта на строежа на атома в края на XIX век и началото на XX век и може да се каже, че е основател на ядрената физика и способства за развитието на познанието в тази нова област от физиката и науката като цяло. Той е учен, който работи по целия свят – Нова Зеландия, Великобритания, Канада и други страни. През 1908 година получава Нобелова награда за своите „проучвания на разпадането на елементите и химията на радиоактивните вещества“. Той работи с плеяда от големи учени физици и не обръща внимание на здраве и невинна херния и последствията от нея са причина за смъртта му. Умира на 19 октомври 1937 г. в Кеймбридж. След кремацията е удостоен с високата чест за погребение в Уестминстърското абатство, близо до Исак Нютон и други знаменити британски учени.

Друго голямо име е Андрей Сахаров – съветски учен – ядрен физик, дисидент и общественик. По време на втората световна война той завършва образованието си в евакуирания в Душамбе, Таджикистан, Московски държавен университет. След края на войната работи върху ядрените реакции и създаването на атомната и водородната бомба. В края на 50<sup>-те</sup> години на миналия век той преосмисля приложението на ядрените реакции за създаване на оръжия и се насочва към приложението на ядреното делене и синтез за мирни цели и често заявява своя гражданска позиция. За тези свои действия има проблеми с властите и дори при награждаването му с Нобелова награда за мир той не е пуснат да я получи и я получава съпругата му Елена Бонер. Заради участието си в разработването на ядрените оръжия той заедно с Игор Курчатов не са допуснати за номиниране за Нобелова награда за реализиране на управляем термоядрен синтез.

Съдбата на всеки един от нас е различна и всички сме подложени да преживеем много неща. Освен присъщите на всяко човешко същество събития в личния живот и професионална дейност, всички ние се намираме във водовъртежа на поредица от исторически събития, някои от

които епохални. В началото на третото десетилетие от технологичния 21-ви век, днес ние преживяваме поредното събитие, носещо белега на катаклизъм – пандемията, свързана с разпространението на вируса КОВИД– 19, която вече 2 години е обхванала света и човечеството все още не може да намери адекватни мерки за ограничаването и лечението ѝ. Невидим с невъоръжено око, също като проникващата радиация при ядрен взрив, този микроорганизъм нанася и още дълго време ще нанася физически, емоционални и икономически щети, както на всеки единот нас, така и на обществото като цяло..

Само 9 години след края на последната голяма кръвопролитна война – Втората световна война – на 27 юни 1954 год., в град Обнинск на тогава съществуващата държава СССР, се открива първата в света Атомна електрическа централа. За три десетилетия ядрената енергетика са превръща в печеливша индустрия, в евтин производствен ресурс, но и в глобална заплаха. Човечеството се сблъска с 2 големи радиационни аварии –Чернобил 1986 година и Фукушима 2011 година и допуснатите пропуски и последствията от тях накараха хората да се замислят за безопасното използване на ядрената енергия. След период на отричане на ядрената енергия и действащата в момента световна енергийна, ценова и икономическа криза започна преосмисляне на отношението към ядрената енергия. Според последните индикации на Европейските световни организации се заговори за приобщаване на ядрената енергия към зелените енергии.

### **Уважаеми колеги,**

Поздравявам ви с „Добре дошли!“ всички вас – участниците в настоящия форум „Радиационна безопасност в съвременния свят“, както и организаторите на това събитие, което е част от нашия годишен календар! Като ректор на университет съм радостен, че потребността да се споделят и обогатяват знание и опит обединява съмишленици! Темата на форума е актуална и кореспондира с предизвикателствата на ежедневието ни, а надсловът ни прави съпричастни към усилията на по-съзидателната част от човечеството и научната общност у нас. Възможността за изява и обмен на актуална информация и идеи именно тук, в НВУ „Васил Левски“, приемаме като привилегия. Тук работят хора, за които проблемите на радиационната сигурност представляват професионален и творчески интерес.

Уверявам ви, че настоящият форум няма да остане последният по рода си, за нашия Университет! Той вече се е утвърдил, като едно от събитията с подобна тематика в национален мащаб и ще търсим признаване и в международен мащаб. Вече влизаме и в планове на

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

---

университети, научни организации и наукометрични индикатори и ще се стремим да отговорим на изискванията на времето. Присъствието на Вас, уважаеми гости и участници и признание за работата на нашия университет.

Чувствайте се тук, като у дома си. Винаги сте добре дошли и знайте, че при нас винаги ще намирате съмишленици и експерти!

Пожелавам успех в изявите и ползотворна работа!

Откривам научният форум „Радиационна безопасност в съвременния свят”, посветена на 150 годишнината от рождението на Ърнест Ръдърфорд и 100 годишнината от рождението на Андрей Сахаров.

**На добър час!**

**Dear colleagues,**

I would like to welcome all of you, the participants in today's forum Radiation Safety in the Modern World, as well as the organizers of this event which is part of our annual calendar of scientific events. As the rector of the university, I am glad that the need to share and enrich knowledge and experience unites like-minded people! The topic of the forum is a hot topic corresponding to the challenges of our daily lives, and the title we have chosen shows we are committed to the efforts of the more creative part of humanity and the scientific community in our country. We accept as a privilege the opportunity to present and exchange up-to-date information and ideas here, at Vasil Levski National Military University. For some of the people who work here the problems of radiation safety present a professional and research interest.

I assure you that this forum will not be the last of this kind for our University! It has already established itself as one of the national scale events on a topic of such importance.

Feel at home here! You are always welcome and can be sure that you will always find like-minded people and experts with us!

I wish you success and fruitful work on the forum!

I open the scientific forum Radiation Safety in the Modern World, dedicated to the 150th anniversary of the birth of Ernest Rutherford and the 100th anniversary of the birth of Andrei Sakharov.

Good luck!

# Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021



ROMANIA  
MINISTRY OF NATIONAL DEFENCE  
Military Technical Academy „Ferdinand I”

BUCHAREST, 39-49 George Coșbuc Avenue, Sector 5, cod 050141  
Phone: +40.21 335 46 60; Fax: 4021 335 57 63

Bucharest, the 19<sup>th</sup> of November 2020

## GREETING ADDRESS

*on the occasion of the  
SCIENTIFIC FORUM ON “RADIATION SAFETY IN THE MODERN WORLD”*

**Dear Brigadier General Ivan MALAMOV,  
Rector and Commandant of “Vasil Levski” National Military University, Bulgaria**

The academic community of the Military Technical Academy “Ferdinand I” of Bucharest, Romania, is greeting you on the occasion of the 2020 edition of the *Scientific Forum on “Radiation Safety in the Modern World”*.

It is a great honour for us to be invited to this valuable scientific event. We appreciate the purpose of this conference, to bring together experts from industry, academia, and other interested organizations, to discuss the latest developments and challenges in the field of radiation safety, and to foster interaction and networking between industry and academia. I am confident that this event with a high level of scientific international recognition will provide a great forum for military and civilian staff, researchers and teachers in the field of the radiation safety, to present their results, exchange new ideas, and find new directions of collaboration.

We are extremely proud of our great cooperation built on a solid base which allows us to achieve individual objectives with mutual benefits. We have a lot of successful collaborations within Military Erasmus initiative, Erasmus+ programme; we are partners in scientific and educational projects and in the international events for students and staff. One of the recent results of our collaboration is the *Erasmus+ strategic partnership project* concerning the *European Common Technical Semester for Defence and Security* in partnership with your academy, as well as with Military University of Technology from Poland, Hellenic Air Force Academy and with French Air Force Academy, in the frame of the Erasmus+ programme and of the Military Erasmus initiative.

Given the current global situation of the COVID-19 pandemic and its major impact on the international relations, we congratulate you for the valiant decision to organize the conference in this difficult period.

On behalf of the Military Technical Academy “Ferdinand I” of Bucharest, I would like to extend our warm congratulations to the “Vasil Levski” National Military University for this outstanding scientific event and for our successful collaboration.

Sincerely,

*Rector and Commandant of Military Technical Academy “Ferdinand I”*  
**Brigadier General Prof. Eng. Iulian Constantin VIZITIU, PhD**



Dear general Malamov,  
Dear colleagues,

I would like to welcome all of you, participants of the forum. Radiation safety in the modern world faced with the global pandemic of KOVID-19 is an important issue for every country. The expected energy crisis in Europe raised new serious questions, like should we build the new nuclear power plants, even the many previous still present enormous threats.

Research to reduce these uncertainties must continue, but must be framed, and focused by an understanding of the possible impacts that research could have on the principle, policy, regulatory and application aspects of radiation safety.

Today I could not be with you, at the Vasil Levski Military University, a traditionally safe and friendly place where scientists and practitioners have an opportunity to exchange our research, share experience for the identification of emerging issues of radiation safety, and contribute to the evolution of the international system of radiation safety.

I wish you success and fruitful work on the forum and look forward to reading the book with all of your articles.

Good luck and kind regards from Belgrade.

Vesela Radovic

# Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

---



Минобрнауки России  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский  
университет «МЭИ»  
111250, Россия, Москва,  
Красноказарменная ул., 14,  
Тел.: (495) 362-75-60, факс: (495) 362-89-38  
E-mail: universe@mpei.ac.ru  
<http://www.mpei.ru>

## GREETING ADDRESS

On behalf of Environmental Engineering and Occupational Safety Department of the National Research University "MPEI", I welcome the participants of the scientific conference "Radiation Safety in the Modern World".

For many years, scientists and specialists in the field of radiation protection have been conducting research on radiation safety, dosimetric control and nuclear medicine.

The field of radiation sources application is energy, medicine, agriculture and wastewater treatment. Meanwhile, the issues of eliminating the nuclear legacy as well as ensuring the safety of the technological complex with the use of nuclear energy are still acute at the international levels.

The last decade has been characterized by a significant evolution of the international system of radiation protection and safety.

Our university participates in the improvement of legislation in the field of radiation safety and research aimed at improving the reliability of nuclear power plants.

And last but not the least, we hope that the scientific conference "Radiation safety in the modern world" will allow us to study the experience of colleagues from other countries and find ways to improve safety.

I wish all participants of the conference successful work and interesting speeches!

With regards,  
Associate Professor of Dept.  
Engineering Ecology  
and Occupational Safety  
National Research University "MPEI"

Oleg A. Loktionov

**Rezekne Academy of Technologies, Latvia**  
**Artis Teilans, dean of Faculty of Engineering, PhD, Professor**

Once again Bulgarian National Military University “Vasil Levski” is host of important European Scientific Conference, the „Radiation Safety in the Modern World” 2021. This Conference is a major annual event and is the proud achievement of Radiation Safety domain.

As a representative of Your partner Rezekne Academy of Technologies, Latvia, I am extremely impressed with the dedication and enthusiasm of the Conference Organizing Committee Members. I congratulate them all for their team effort that is adding to the success of the Conference. The Conference theme is “Radiation Safety”, and the Organizing Committee Members and participants are known names in this field in Europe. I look forward to an excellent conference and to major technical and scientific achievements.

I wish the conference great success and inspiring and successful ideas during this event. Thank you for your attention.



**СЪЮЗ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ**  
**УПРАВИТЕЛЕН СЪВЕТ**  
1164 София, бул. „Джеймс Баучер“ 5



ДО

**БРИГАДЕН ГЕНЕРАЛ ИВАН МАЛАМОВ**  
**НАЧАЛНИК НА НАЦИОНАЛЕН ВОЕНЕН УНИВЕРСИТЕТ**  
**„ВАСИЛ ЛЕВСКИ“**

**По повод: НАУЧЕН ФОРУМ НА ТЕМА:**  
**„Радиационната безопасност**  
**в съвременния свят“,**  
*посветена на 150-годишнината*  
*от рождението на Ърнест Ръдърфорд и*  
*100-годишнината от рождението на Андрей Сахаров*  
**18 и 19.11.2021 г.**

**УВАЖАЕМИ БРИГАДЕН ГЕНЕРАЛ ИВАН МАЛАМОВ,**

**УВАЖАЕМИ ОРГАНИЗАТОРИ, УЧАСТНИЦИ И ГОСТИ,**

Особено ми е приятно от името на Съюза на физиците в България (СФБ) и лично от свое име да ви приветствам по случай провеждането на **петия Научен форум с международно участие на тема: „Радиационната безопасност в съвременния свят“.**

Целите на **тази конференция** – да съдейства за всестраниното развитие на науката, технологиите и практиката за безопасното използване на ядрените съоръжения е една от основните цели и на СФБ. Една от гаранциите за нейното постигане е обмяната на знания и идеи, повишаване на квалификацията на кадрите и активен диалог с българското общество, което ние осъществяваме чрез вече установеното ползотворно сътрудничество с Вашия университет.

Ядрената физика се обособява като основен клон на физиката, когато Ръдърфорд създава своя модел на атома, доказвайки експериментално съществуването на атомното ядро. На тази знакова годишнина е посветена Вашата конференция, тъй като от своето възникване до днес ядрената физика е база за развитието на нови технологии, както и за множество интердисциплинарни научни изследвания и приложения. Ядрените технологии използват различните реакции на атомните ядра ( $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  - разпад, ядрено делене и сливане), които намират широки приложения в разработването на различни видове детектори, ядрени реактори и ядрените оръжия. Тези приложения (с



изключение на военните) съществено влияят на развитието на икономиката и качеството на живот в съвременното общество. Съзнавайки отговорността си в това отношение, учените от самото начало се занимават и с проблемите на радиационната безопасност, и със защитата на здравето на населението. Прекрасен пример за това е Андрей Сахаров, който първоначално е ангажиран в надпреварата с въоръжаването, но скоро изцяло се посвещава на защитата на правата на човека и на каузата за задълбочаване на стратегията за мирно съвместно съществуване между САЩ и Съветския съюз. Затова той става носител на Нобелова награда за мир през 1975 г., а на 13 декември 1985 г. Европейският парламент с голямо мнозинство учредява наградата „Сахаров“ за свобода на мисълта.

Един от проблемите за развитието на ядрените технологии и изследвания сега е страхът сред обществото от възникването на ядрени инциденти, който може да се преодолее само с непрекъснато повишаване и осъвременяване на технологиите на ядрената безопасност, за което са нужни както фундаментални научни изследвания, така и нови технологични решения. Тези проблеми не са изолирани само в рамките на България, а стоят пред цялата световна общност и решението им може да се намери само с активно сътрудничество с международните и национални институции. У нас има традиции и перспективи и в това отношение, от което следват и богатите в професионални перспективи за успешни кариери в тази област. На фона на намаляващия брой учени, преподаватели, учители, които да мотивират и повишат интереса към изучаването на физиката изобщо, а и специално към ядрената физика, Вашата конференция е пример за решаване на тези проблеми и това подчертава и важноста на темата ѝ. Това доказва и високите цели, които си поставяте и отговорността, която за пореден път поемате пред младото поколение.

Отново поднасям нашето приветствие на организаторите и участниците в този форум и Ви пожелавам успешна и ползотворна работа за да осигурим за нас, нашите съвременници, а и за бъдещите поколения, конкурентна икономика, основана на знанието, науката и модерните и безопасни технологии.

Пожелаваме на всички здраве, сили и ентузиазъм, за да продължим съвместно успешната си и ползотворна работа.

18 ноември 2021 г., София

С УВАЖЕНИЕ,



**Чл.-кор. АЛЕКСАНДЪР ДРАЙШУ  
ПРЕДСЕДАТЕЛ НА СЪЮЗА  
НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ**

*А. Георгиева*

**Проф. д.фз.н. АНА ГЕОРГИЕВА  
Отговорен секретар на СФБ**

**Ташкентский государственный технический университет  
Мусаев М.Н., заведующий кафедрой „Безопасность  
жизнедеятельности” ТГТУ им.И.Каримова, к.т.н., профессор**

Добрый день уважаемые участники Международной конференции!

Мне очень приятно представлять Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, Республики Узбекистан, на конференции по теме: **„Радиационная безопасность в современном мире”**, организованной Болгарским университетом.

Данная международная конференция посвящена актуальным проблемам по обеспечению радиационной безопасности и защите населения, объектов, а также подготовке кадров по специальности.

На сегодняшний день в Узбекистане функционируют более 13000 зарегистрированных в комитете промышленной безопасности –опасных производственных объектов (ОПО) и около 200 крупных производственных предприятий. Также функционируют более 2000 объектов с источниками ионизирующего излучения, такие как сканеры, рентгены, установленных в соответствующих учреждениях.(аэропорты, вокзалы и медицинские учреждения).

Несмотря на достижения технического прогресса проблемы радиационной безопасности приобретают всё большую социальную актуальность и научную значимость.

В Республике Узбекистан радиоактивные отходы (РАО) образуются при эксплуатации объектов ядерного топливного цикла, исследовательских реакторов и мощных источников ионизирующего излучения и иными радиационными источниками, а также при использовании изотопной продукции в научных организациях и медицине.

Кафедра вплотную сотрудничает с институтом гражданской защиты МЧС Республики Узбекистан, с академией МЧС, с государственным комитетом промышленной безопасности, с Алмалыкским и Навоийским горно металлургическими комбинатами и многими другими промышленными предприятиями.

Отрадно отметить, что на кафедре “Безопасность жизнедеятельности” Ташкентского государственного технического университета читается предмет “Радиационная безопасность” и выпускники работают в таких организациях, как Узбекатом, НГМК, АГМК, Узметкомбинат, МЧС РУз и др.

Результаты научных исследований публикуются в популярных международных и республиканских изданиях.

В республике функционирует филиал МИФИ.

## Радиационная безопасность в современную эпоху 2021

---

Участие в конференции разных стран позволит расширить кластерное взаимодействие между Вузами.

Ещё раз Приветствую всех участников Международной конференции и желаю всем продуктивной работы. Спасибо.



INTERNATIONAL MARIINSKAYA ACADEMY named after M.D. SHAPOVALENKO  
(Establishment of the International Telecommunication Educational Project  
"Mariinskaya Gallery named after Maria Shapovalenko", NGO "Information for all")  
Russia, 121096, Moscow, POB 44. [fb.me/IMA888](https://fb.me/IMA888) <https://twitter.com/papa8883> [www.ifap.ru](http://www.ifap.ru)  
+7 (918) 443-00-43, +7 (988) 955-61-32, +7 (928) 434-20-84. [papa888@list.ru](mailto:papa888@list.ru), [latyshev-1970@inbox.ru](mailto:latyshev-1970@inbox.ru)

*Aliis inserviendo consumer!*  
*Dr. Tulpius.*

### GREETING ADDRESS

Глубокоуважаемые организаторы и участники Международной научной конференции «Радиационная безопасность в современном мире»! Позвольте от имени трудового коллектива Международной Мариинской Академия имени М. Д. Шаповаленко выразить вам чувство искренней признательности за приглашение к участию в вашем почтенном научном событии! От всей души желаем вам успешного проведения столь важной и нужной конференции, содержательного общения, новых творческих открытий, задора и оптимизма!

President of IMA&PH-IMA, Professor and member of expert council of RANH, ScD h.c. of IANH, PhD in Philology, Academician of IAST, UANH, IANH, IAYTLH, Corresponding Member of IAPS, Emeritus member of ISAC at the ISA, Honored Worker of Science, Technics and Education

Vice-President and Academician-secretary (head) of the department of Kingdom of Saudi Arabia of IMA, Associate Professor of Department of Biology of Imam Abdul Rahman bin Faisal University (Dammam, Saudi Arabia)

Chief Scientific Secretary and Academician-secretary (head) of the Department of Psychology of IMA, Prof., Dr., Professor of Psychological Counseling, Department of Psychology, Faculty of Education, King Khalid University, and Psychology Department, Faculty of Arts, Zagazig University

HR-manager of IMA&PH-IMA, Academician-secretary of the department of «ANTHROPOLOGY» (54), Ph.D. in History and Philosophy of Science, Centro de Filosofia da Ciência, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal

Director of the Publishing House, academician-secretary of the department of «SOCIOLOGY» (04) and Academician of the department of «PHILOSOPHY» (02) of IMA, Doctor of Philosophy in Medicine, clinical researcher of the Department of Forensic science of Jordan University of Science and Technology (Irbid, Jordan)

Deputy Director of the Publishing House, Academician-secretary of the department of «MECHANICS» (30) of IMA, Professor (Associate) of the Department of Mechanics of Todor Kableskov Higher School of Transport (Sofia, Bulgaria)

Deputy Director of the Publishing House, Corresponding member of the department of «Biochemistry» (32) of IMA, Ph.D of the Department of Biochemistry of University Of Kufa (Najaf, Iraq)



O.Yu. Latyshev

G.A. Ibrahim

B.I.A. Arnout

J.C.B. Tiago de Oliveira

A.J. Al-Khatib

A.I. Ivanov

Sh.M.H.H. Mubarak

2021.10.31. Reg. №: 798-2021.

## ASSESSMENT OF LASER RADIATION RISK IN THE ARMY

**Lyubomir Lazov**

**Abstract.** *Today, when laser sources and laser technology have become an integral part of the strategy, tactics of combat operations, as well as the training of military personnel in many armies around the world, the burden of responsibility for laser safety has shifted to all levels of military management. What remains, regardless of the place of application and use of the laser system, is the constant goal that we must pursue from the point of view of „Laser Safety” is namely, to always create and maintain a safe laser environment in the army unit among the personnel, both in the performance of combat missions and in the training and education of servicemen. For this purpose, it is necessary to include and apply in practice all appropriate and adequate resources to obtain the necessary competence of both the officer corps and the ordinary soldier. Laser safety is a problem at all levels in the army! The laser is as safe or dangerous as it is well prepared the army staff at all levels of government in the army with the necessary knowledge and skills. Therefore, it is imperative to develop a laser safety risk management strategy in each military. Proper safety management requires a comprehensive approach, including knowledge of European laser safety standards; identification of hazards and risks in the application of laser sources in the military; implementation of appropriate control measures and consistent audit of quality assurance measures and actions.*

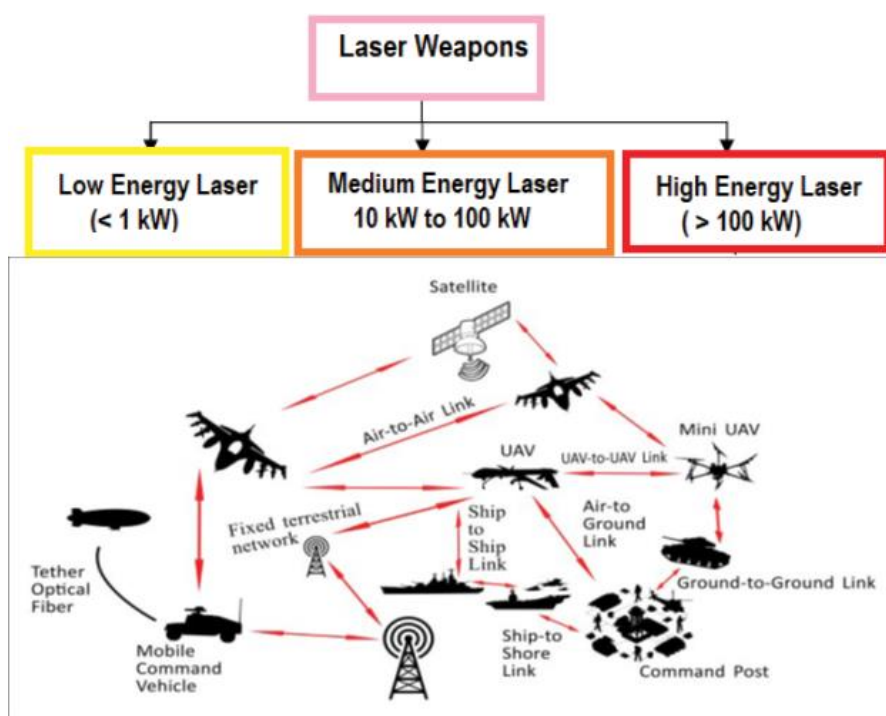
**Keywords:** *laser, laser safety, laser in army, identification of laser hazards and risks*

### 1. INTRODUCTION

The living beings on our planet are exposed to optical radiation daily, without harming their existence. The sun is an important factor in sustaining life on Earth. People need a little ultraviolet radiation to produce vitamin D, they need visible light to see, and they need infrared radiation for heat. Each surface around us emits infrared radiation, it is interesting to note that humans are also a source of optical radiation with a peak wavelength of about 10  $\mu\text{m}$  and a total radiated power of about 100 W. However, large doses of optical radiation can also be harmful. Damage to the skin and eyes from exposure to intense sunlight is well known, in particular sunburn, skin cancer and snow blindness (photokeratitis, inflammation of the cornea and conjunctiva). Due to the special nature of laser light, much less power is sufficient to cause serious injury to humans than compared to conventional light sources.

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. This should be the goal of all those involved in the production of laser systems, the training of personnel to work with laser systems, as well as those who are authorized to manage and regulate laser safety - in all circumstances.

As a rule, the adopted international standards for laser safety in Europe and America use a deterministic approach to the assessment of the danger of laser radiation. Personnel are protected from hazardous laser radiation by defining a space in which direct, reflected, or scattered radiation during laser operation exceeds the safe maximum permissible exposure level. Security can only be guaranteed if access to this space is controlled. This approach has satisfied commercial and industrial laser communities for many years, but it cannot be applied in the military where high-power laser systems are used to defeat the enemy and where it is difficult to define and control a safe space in dynamic combat conditions (Fig 1). These systems have extremely long laser hazard distances and controlling access to this space is unrealistic, especially when it comes to enemy troops [1,2,3].



**Fig. 1 Examples of different laser systems with different power and their possible application in combat [4]**

Hazards are assessed on a worst-case analysis of the possibility of over-exposure, where over-exposure is defined as an exposure above the safe Maximum Permissible Exposure level (MPE). This hazard evaluation is thus expected to provide an absolute indicator of safety (zero risk) in each environment, even though the concept of „zero risk” might be regarded as unsound.

The risk is defined as the probability that a laser radiation will produce harm under specified conditions. Risk is a combination of two factors: the probability that an adverse event will occur (such as a specific type of injury), and the consequences of the adverse event. Risk encompasses the impact of the activity on both human health and the environment and arises from laser exposure and other different hazards. Risk does not exist if exposure to a harmful radiation does not or will not occur.

Military laser systems are increasing in power, and the range of applications expanding rapidly, with the potential for megawatt systems to be fielded in the not-too-distant future. As the complexity of the scenario increases, the hazard analysis includes so many variables, or degrees of freedom, that an exact treatment becomes increasingly intractable, and less useful [6].

Where the number of degrees of freedom is extremely large, statistical approaches to risk assessment become increasingly necessary. Indeed, some contributors to risk, such as atmospheric reflection and scintillation, may be inherently probabilistic, and can only be described statistically.

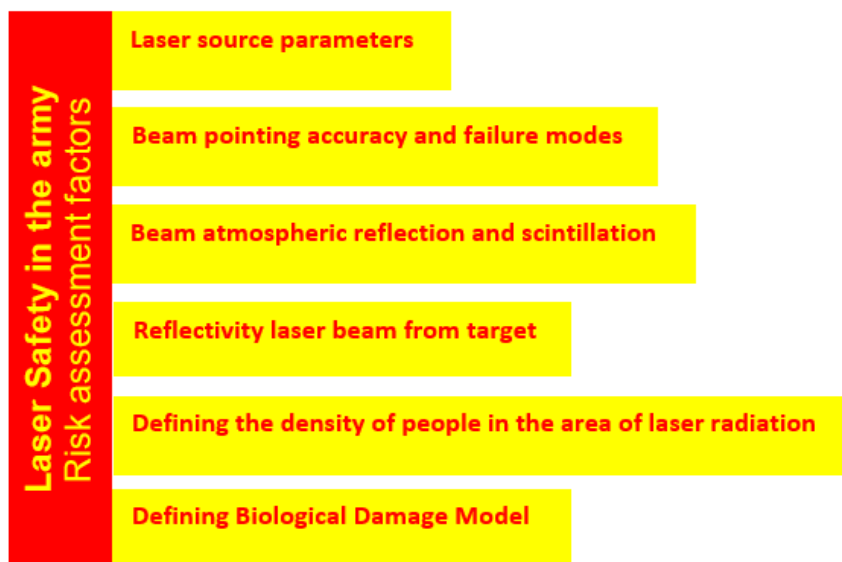
Conventional laser hazard assessment techniques, when applied to military laser systems, show that hazards exist here, even if the hazard is likely to be realized (i.e., the risk) is extremely low. Distances and danger zones are proportionally greater when using high-energy laser (HEL) military systems and controlling access to this space is largely unrealistic. To assess such laser safety situations, more sophisticated analytical approaches based on a logical extension of risk assessment should be considered, using analytical risk assessment techniques that assess both the level of risk and the degree, to which the risk can be minimized by controlling key factors. These factors will be discussed in this article.

## **2. RISK ASSESSMENT & RISK MANAGEMENT**

### ***A. Risk scenario definition***

The process of constructing and solving problems with risk assessment starts with building a useful mental picture or model of the activity and then introducing all the process factors influencing the model. The model should be as simple as possible, while including all important sources of risk. For the risk activation scenario, whether it is a ground-based laser, in the air or in space, the danger considered is that due to excessive exposure of human tissue (eye or

skin) to laser radiation. The subject of the risk assessment are a number of factors (Fig. 2)



**Fig.2 Basic factors influencing the risk assessment of laser radiation.**

***B. Laser beam parameters***

To create each specific model, it is necessary to know the technological parameters of the laser source. That is, for each laser system under consideration, characteristics such as wavelength, beam power / energy, beam divergence, operating mode, etc. must be well known. It is necessary to know well the specific technological application of the laser source in the army. This is an extremely difficult task, as in recent years laser sources of different types and with different wavelengths have been widely used in the army. Finding these technical parameters is a task of the competences of military-technical intelligence and requires specific competencies of analysts and a lot of time for analysis and processing.

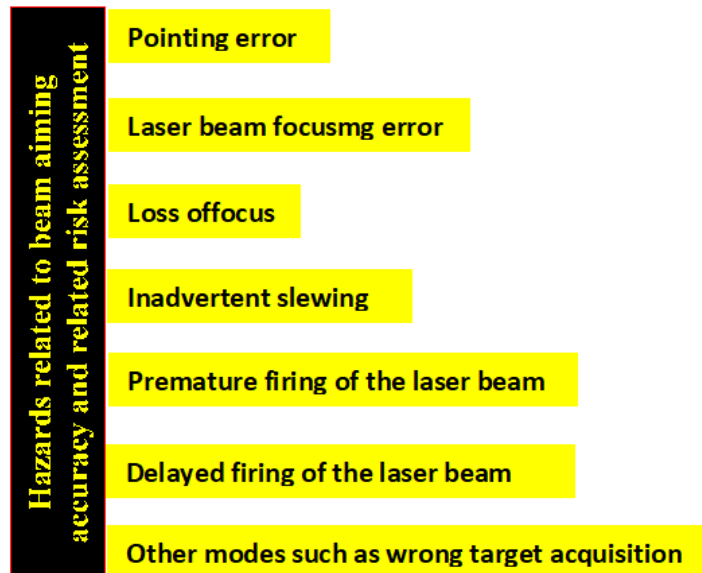
It is also necessary to be aware of the possibility of the appearance of secondary reflected laser beams from various objects around its application. It is also necessary to assess the probability of accidental leakage of laser radiation in an undesirable direction, based on accidental human errors. All these factors are essential for the outcome of the risk assessment.

***C. Accuracy of the beam directing in different operating technological modes***

The safety requirements for the range of military training grounds require the presentation of analysis and supporting data outlining possible damage to the laser system for all phases and modes of its operation. The data must be analysed in the form of the probability of occurrence about the operating time



for each of the following general hazard modes (beam control error or fault mode) ( Fig.3) Pointing error, Laser beam focusmg error, Loss of focus, Inadvertent slewing, Premature firing of the laser beam, Delayed firing of the laser beam, other modes such as wrong target acquisition.



**Fig.3 Laser safety requires analysis and reporting of possible errors in operation and different modes of directing the laser beam in space**

*D. Beam atmospheric reflection and scintillation*

Atmospheric scintillation Modern high-energy lasers (HELs) used in the military include long (several tens of kilometres) almost horizontal paths of beam propagation through the atmosphere.



**Fig.4 Three examples of the application of tactical laser systems to defeat the electronic sensors of enemy navigation systems**

Specialized adaptive optical systems are used for this purpose (Fig.4). These systems are designed to compensate for atmospheric turbulence and focus

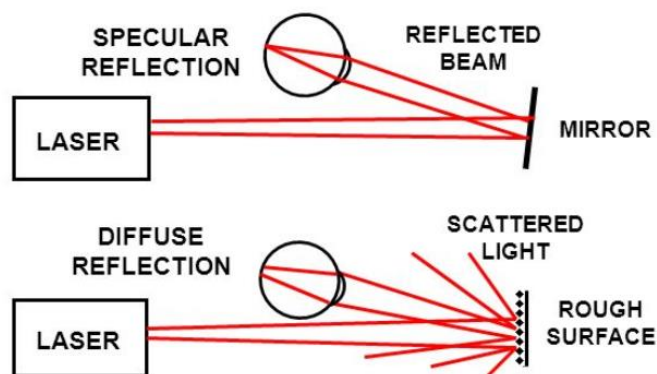
the laser beam over long distances to ensure maximum energy flow to the target. When the wave front of laser radiation passes through an atmosphere subject to different turbulences, various phenomena can occur, such as reflection, scintillation and backscattering of the beam. All this can lead to a change in the trajectory and deviation of part of the laser power in undesirable directions and cause accidental injuries to servicemen in action, without them suspecting the danger. Depending on the exposure time and the wavelength of the laser radiation and the damage to the eyes or skins of the soldiers may be different (Table 1).

**Table1. Damage to eyes and skin by laser radiation above the Exposure Limit Value (ELV) for different wavelengths by laser radiation.**

Photo-biological Spectral Domain	Eye	Skin
Ultraviolet C (200 nm - 280 nm)	Photokeratitis	Erythema (sunburn), skin cancer, accelerated skin aging
Ultraviolet B (280 nm - 315 nm)	Photokeratitis	Increased pigmentation
Ultraviolet A (315 nm - 400 nm)	Photochemical cataract	Pigment darkening, skin burn
Visible (400 nm - 780 nm)	Photochemical and thermal retinal injury	Pigment darkening, photosensitive reactions, skin burn
Infrared A (780 nm - 1400 nm)	Cataract and retinal burn	Skin burn
Infrared B (1.4µm - 3.0 µm)	Corneal burn, aqueous flare, cataract	Skin burn
Infrared C (3.0 µm - 1000 µm)	Corneal burn only	Skin burn

*E. Reflectivity Laser beam from target*

Combining the interaction of laser traction with a moving target can lead to several types of reflective properties (both mirror and diffuse), will lead to two main types of exposure scenarios at a given point on the earth (Fig.5). The mirror component can result in short-term, high-energy mirror reflection, while the diffuse component will result in long-term exposure at lower power. This dynamic, together with atmospheric variations, will mean that the model needs to calculate the time-integrated profile of the incident laser intensities on human tissues. This is because the biological response to exposure depends not only on the power / energy of the laser, but also on the duration of exposure with which the laser energy is delivered to the exposed tissue.



**Fig. 5. Types of reflections of laser radiation when interaction different surfaces in combat conditions**

The mirror component of laser radiation has significantly higher power and is potentially more dangerous to the individual than the diffusely reflected component. In some cases, we tend to overestimate the risk of the mirror component and underestimate the diffusely reflected component of the laser radiation.

However, this is not always the right approach for scenario modelling and risk assessment. For example, if there was a significant risk of overexposure to people from the diffusely reflected component, then any underestimation of the amount of radiation would potentially involve many more people than the mirror-reflected component, as diffusely reflected radiation spreads over a larger area, potentially more people to be exposed to longer exposure. It is correct to use the analysis of the probabilistic risk assessment to assess the relative contribution of each one mirror / diffuse component to the overall risk assessment.

*F. Defining the density of people around laser radiation*

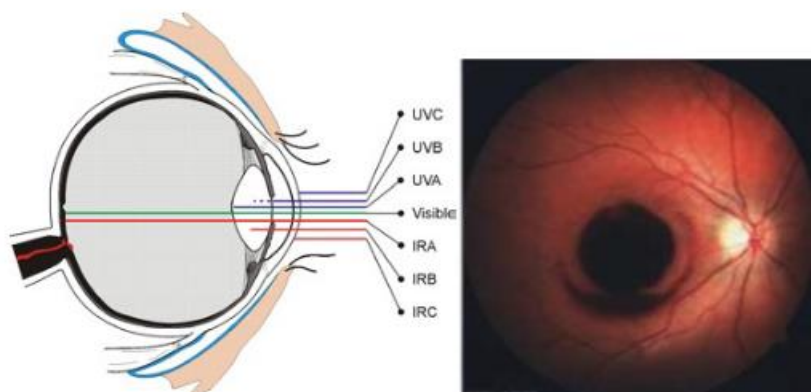
To determine the probability of injury to people exposed to laser radiation in each region, it is necessary to consider in the model the density coefficient of the personnel of the military unit located in it.

Such simplified models for determining the density of people in an area have in the past been developed to determine the damage from radioactive radiation.

Appropriate coefficients should be set depending on the time of irradiation during all day (day, evening, or night). Into account when modelling the scenario and the use of different types of personal protective equipment against laser radiation, as well as the location of the army unit in shelters (bunkers, trenches, buildings, etc.) of different types.

*G. Biological Damage Model*

Research on the impact of this factor on laser radiation risk assessment is extremely complex. Exposure of a military unit to laser radiation can cause serious injury without death, but this does not make it any less dangerous for personnel. However, it should be noted that the defeat of the laser beam affects one of the most important human organs, namely the eye. Without the proper functioning of the visual organ/eye, the soldier is exposed to a number of other risks, such as loss of orientation and inability to perform his combat mission.



**Fig.6. (a) Absorption and propagation of laser radiation to different parts of the eye (cornea, lens or retina), depending on the wavelength; (b) Large retinal burn from 1 watt, 445nm (blue) laser**

Laser irradiation of the eye can cause damage to the cornea, lens or retina, depending on the wavelength of light and the characteristics of energy absorption from the eye tissues (Fig.6). The potential location of the injury in the eye is directly related to the wavelength of the laser radiation. For laser radiation entering the eye and biological damage as a function of laser wavelength can be analyzed in several main groups:

➤ In the near ultraviolet region of the electromagnetic spectrum (UVA) 315 - 400 nm, in which the excimer lasers emit, most of the radiation is absorbed mainly in the lens of the eye. The effects observed here are delayed and do not manifest for many years (eg cataracts). The laser radiation, which is from the far ultraviolet region of the spectrum (UVB) 280 - 315 nm and (UVC) 100 - 280 nm, is mostly absorbed in the cornea. The keratoconjunctivitis (snow blindness/welder) is observed at sufficiently high doses of such laser radiation. It should be noted that both areas of this laser radiation are invisible to the soldier's eye and therefore he does not feel that he is exposed to laser radiation. The laser radiation that emit in the visible range (400 -760 nm) and the near infrared range of the electromagnetic spectrum (760 - 1400 nm), in most is transmitted to the retina. Excessive exposure can cause lightning blindness or burns and retinal lesions. It should be noted here that in this area of the electromagnetic spectrum

emit most lasers with tactical application in the army, such as: diode lasers, Nd: YAG lasers, Fiber lasers, Dazzle lasers and others (Fig. 7).



Fig.7. Military application of dazzle laser [5]

**Laser retinal injury can be severe because of the focal magnification (optical gain) of the eye which is approximately 100,000 times. This means that an irradiance of 1 mW/cm<sup>2</sup> entering the eye will be effectively increased to 100 W/cm<sup>2</sup> when it reaches the retina.**

The duration of exposure also plays a role in eye injury. For example, if the laser is a visible wavelength (400 to 700 nm), the beam power is less than 1.0 mW and the exposure time is less than 0.25 second (the human aversion response time), no injury to the retina would be expected to result from an intra-beam exposure. Class 1, 2a and 2 lasers fall into this category and do not normally present a retinal hazard. Unfortunately, intra-beam or specular reflection viewing of Class 3a, 3b, or 4 lasers and diffuse reflections from Class 4 lasers may cause an injury before the aversion response can protect the eye. Time from 0.25 seconds is considered the amount of time it takes a person to blink or avert their eyes. For pulsed lasers, the pulse duration also effects the potential for eye injury. Pulses less than 1 ms in duration focused on the retina can cause an acoustical transient, resulting in substantial damage and bleeding in addition to the expected thermal injury. Many pulsed lasers now have pulse duration less than 1 picosecond.

➤ When overexposed to laser radiation in the far infrared region (1400 nm - 1 mm), most of the radiation is transmitted to the cornea. These wavelengths cause corneal burns. In this range of the electromagnetic spectrum emit mainly high-power strategic lasers sources that are used to destroy enemy missiles, drones and other aircraft.

European laser safety standards set the Maximum Permissible Exposure (MPE) that the eye can receive without expecting an eye injury (under specific exposure conditions). If the MPE is exceeded, the probability that an eye injury can result increases dramatically.

In conclusion, the following basic rule can be defined as a recommendation for the army staff (soldiers and officers) that fall into the area of laser radiation: **NEVER UNDER ANY CIRCUMSTANCES LOOK INTO ANY LASER BEAM!** If you can prevent the laser beam and beam reflections from entering the eye, you can prevent a painful and possibly blinding injury.

### 3. CONCLUSION

When assessing laser safety in the military, it is imperative to develop a variety of probabilistic risk assessment models to minimize the risk of defeat to military personnel involved in training or combat operations and exposed to laser radiation. These models must be well mastered by the officer corps so that they can respond quickly to dynamic and rapidly changing combat conditions. In the various scenarios that may arise, information based on these models can be used by laser safety officers, security chiefs, and military command of military units to make risk management decisions. One of the most important challenges in each case for the risk assessor will be to be able to respond quickly to the analysis of variability.

Like the risk assessment models developed for launching manned spacecraft, those to be used for HEL safety are likely to be very complex due to several factors and radically different scenarios. The difficulty comes from the need in the development of a particular model to know well the specific technical parameters of the laser system and its purpose, as well as the specific scenario of application in a dynamic combat environment and in real time. Some of this input to find the probability density functions may be common to each laser safety scenario (e.g., propagation in the atmosphere), others may be specific to the laser and the system under consideration (e.g., targeting accuracy and error modes). Some of them may be based on preliminary scientific and technical preliminary intelligence activities, others based on data from the use of specific filters and personal protective equipment analysed in advance in laboratory conditions.

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. The knowledge and competencies of the army personnel in

this new rapidly developing field is of paramount importance for the success and achievement of the set goals in real action.

### REFERENCES

1. Nelson Alex Roso, Andrew M. Wallace et.al, Military Laser technology and Systems, Publisher: Excelic Press LLC, ISBN: 978-1-64224-141-9
2. Wilson J.R. Laser weapons get ready for the big time, Military & Aerospace Electronics, <https://www.militaryaerospace.com/home/article/14180250/military-laser-weapons>
3. Qiang Ji, Siguang Zong, Jianbo Yang, Application and development trend of laser technology in military field, Proceedings Volume 11606, ICOSM 2020: Optoelectronic Science and Materials; 1160607, 2020, doi.org/10.1117/12.2586786
4. Lyubomir Lazov, Edmunds Teirumnieks, Application of laser technology in the army, Proceedings of International Scientific Conference "Defence Technologies, 2018, Faculty of Artillery, Air Defence and Communication and Information System, National Military University, ISSN 2367-7902, pp. 10-23
5. Craig A. Williamson, Leon N. McLin Determination of a laser eye dazzle safety framework, Journal of laser applications, volume30, number 3, 2018, doi:10.2351/1.5029384
6. Dolchinkov N., Practical research of marking and cutting of textiles with increased resistance, using CO2 laser, Journal of Physics: Conference Series, Volume 1681, 2020, 1681 012014 IOP Publishing The 6th International Conference on Chemical Materials and Process 2-4 July 2020, Warsaw, Poland, doi:10.1088/1742-6596/1681/1/012014 Online ISSN: 1742-6596 Print ISSN: 1742-6588

*Mailing address:*

*Lyubomir Lazov, Faculty of Engineering, Rezekne Academy of Technologies, Latvia, E-mail: [Lyubomir.Lazov@rta.lv](mailto:Lyubomir.Lazov@rta.lv)*

## СВЕТОВЕН ДОБИВ НА УРАН

Николай Долчинков, Олег Локтионов, Алгази Жауит,  
Нино Дурглишвили

## WORLD URANIUM MINING

Nikolay Dolchinkov, Oleg Loktionov, Algazy Zhauyt, Nino  
Durglishvili

***Abstract:** Uranium is a strategic raw material and the presence of uranium deposits is a prerequisite for economic growth of its owners. Uranium mines operate in more than 20 countries in different parts of the world, although in 2018 about 55% of world production comes from only ten mines in four countries, and these four countries provide 77% of the world's uranium mined. The countries have varying degrees of government risk, affecting their attractiveness for investment in the extraction, processing and export of this raw material, taxes and the availability of skilled workers. These factors have already influenced the exploration of minerals, which led to the identification of an ore body before the extraction and processing process began.*

***Key words:** uranium mines, uranium production, countries, factors, nuclear power.*

През последното десетилетие на ХХ век с настъпването на световните промени настъпи значително намаляване на уранодобива, но добивът на уран от началото на настоящия век се е увеличил оттогава и сега в началото на 20<sup>-те</sup> отговаря на повишеното търсене на суровини за добив на електроенергия [1, 2, 3, 6, 23]. След аварията във Фукушима отново настъпи ново намаляване на добива на този стратегически материал, но в последствие отново има увеличаване на търсенето и предлагането на уран. Дори някои от големите страни започнаха да трупат залежи от тази стратегическа суровина с цел финансов ресурс на държавата в ценни метали. Различните участъци за добив на този ценен материал имат отличаващо се процентно съдържание на уран в суровината. В зависимост от това себестойността на суровината има различна стойност, а от там и цената на получения уран се различава в пъти.



Различните добивни мини имат процентно съдържание на уран, което се различава в пъти и от там ефективността на производството и неговата себестойност е в големи граници. Поради тази причина и някои мини се консервират и не се експлоатират. Начинът на добиване на суровината също оказва влияние върху цената и през последните десетилетия се използват по-прогресивни технологии, за сметка на трудоемкия и замърсяващ околната среда класически метод [5, 14, 24].

Най-големи запаси в света притежава Австралия.

Австралия е безспорен световен лидер по запаси от уран. По данни на световната ядрена асоциация около 31,18% от всички световни запаси се намират в тази страна, като количественото им измерение е 661 хиляди тона уран, но засега не се разработват всички източници.

В Австралия има разкрити и работещи 19 находища на уранова руда. Най-големите и известни от тях са: Олимпик Дам, където се добиват около 3 хил. тона урана годишно, Беверли (добив 1 хил.т.) и Хонемун (900 тона). Себестойността на произведения уран в страната е \$40 за 1 килограм.

Политическата и икономическата стабилност на Австралия прави страната идеално място за работа на най-големите в света миннодобивни компании като Rio Tinto и BHP Billiton Limited. Те са и най-големите играчи на световния уранов пазар.

Второто място по запаси от уран в света заема Казахстан. В средноазиатската държава се намират 11,81% от глобалните запаси от такава руда, което се равнява на 629 хиляди тона уран.

В Казахстан има разработени 16 находища, където се добива ценния природен ресурс.

„Казатомпром“ е държавната компания, която контролира добива на уран в страната с помощта на дъщерни предприятия, а така също и със смесени компании с участието на чуждестранни партньори.

Руската федерация е на трето място в света обем на находищата си от уранова руда. Според експертите в нейните недра се намират 487200 тона уран, което представлява 9,15% от световните уранови ресурси.

Но независимо от огромните размери на страната, в Русия има разработени само 7 находища и всичките те се намират в Забайкалския край. Над 90 процента от добивания в страната уран се пада на област Чита.

Лидерско място в Северна Америка и четвърто в света заема Канада. Общите запаси от ценния химически елемент в страната се изчисляват на 468700 тона, което представлява 8,80% от световните запаси от уран.

Добивът на уран в Канада геостратегически има голямото преимущество заради съседа си САЩ, голям потребител за военните си

програми и ядрената енергетика. Основната компания занимаваща се с производството на уран в страната е Cameco.

Съгласно някои оценки ЮАР притежава 6% от всички световни запаси от уран. В страната този ресурс се добива попълно в находищата от злато в страната.

Средната себестойност на произвеждания в ЮАР уран е 40 долара за килограм. По обем на добива страната значително отстъпва на водещите страни в тази област с производство от едва 540 тона уран годишно, което я нарежда на 12 място в света по този показател.

Някои експерти твърдят, че запасите от уран в ЮАР са по-малки от тези в Нигер, Мали и Намибия. Страната обаче е световно известна с голямото си производство на злато, платина, хром, а не с урана си.

В ЮАР има две действащи атомни централи, планира се изграждането на още няколко АЕЦ.

Запасите от уран в тази африканска страна представляват 5% от световните. В Нигер има 12 находища на уранова руда, себестойността на 1 кг. уран в страната е в диапазона 34-50 долара.

Уранът е най-голямата по стойност експорта стока на Нигер, на производството на уран се пад 5 процента от брутния вътрешен продукт на страната.

Главният играч на урановия пазар в Нигер е френската компания Areva SA, която осъществява добива в находището Арлит, едно от 10-те най-големи в света.

Запасите от уран в тази страна се оценяват на 261 хиляди тона, което представлява около 5 на сто от световните запаси. В Намибия има четири големи находища на този ценен природен ресурс.

Освен уран, Намибия е голям световен износител и на диаманти, мед, злато, цинк. Като цяло добиването на полезни изкопаеми осигурява около 12 на сто от брутния вътрешен продукт на страната.

Китай притежава около 5% от световните запаси на уран. Някои източници даже твърдят, че те са по-големи от тези на Намибия и Нигер.

Страната развива с бързи темпове ядрената си енергетика, готови или в процес на строителство към настоящия момент са около 20 атомни централи.

В момента над две трети от световното производство на уран от мини е от Казахстан, Канада и Австралия. Казахстан има най-голям дял на добив на уран от мини (39% от световните доставки през 2018 г.), следван от Канада (22%) и Австралия (10%). Забелязва се значително увеличение на производството на уран в Казахстан, което е и една от причините от

възхода на страната в икономически план. От 2009 г. Казахстан е световен лидер в добива на природен уран.

Към 2021 година най-големите фирми производители на уран са разположени в страните с най-големи запаси и производство на уранова суровина – Казахстан, Канада, Австралия, Франция, Русия, Китай и други. Почти всички са играчи на световните борси и оперират на територията не само в собствените си държави, но и в други страни.

Най-голям производител към 2021 година е НАК Казатомпром АД и той е национален оператор на Република Казахстан по внос и износ на уран, редки метали, ядрено гориво за атомни електроцентрали и е изграден на базата на предприятия от производството на цветни и редки метали на територията на бившата република от СССР.

Казатомпром има статут на национален оператор на Република Казахстан за износ и внос на уран и неговите съединения, ядрено гориво за атомни електроцентрали, специално оборудване и технологии. Този статут предоставя на компанията определени привилегии, включително получаване на права за ползване на недра чрез преки преговори с правителството на Република Казахстан и съответно приоритетен достъп до висококачествени находища на природен уран в Република Казахстан, подходящи за добив чрез добив. излугване на място (ISL).

Казатомпром произвежда уран само на територията на Република Казахстан и разполага с най-голямата база за запаси от уран в индустрията от 300 хиляди тона. Фирмата е доставчик на суровина на уранопреработвателни предприятия в Русия, Франция, Канада, САЩ и други.

Всички уранови находища на компанията са подходящи за рентабилен и най-малко опасен за околната среда добив по метода PSV, което в съчетание с дългия експлоатационен живот на минните активи позволява на Казатомпром да остане сред водещите световни производители с най-ниска цена на уранова суровина.

Наскоро Казатомпром преразглежда традиционната си стратегия за увеличаване на обема на производство и продажби в полза на пазарна ориентация, като измести фокуса от обемите към реализуемата стойност. През 2017 г. производството на уран възлиза на 12 488 тона, което е 21% от световното производство, а през 2020 година вече заема 25% от световното производство на тази суровина.

Достъпът до богати уранови находища позволява на Казатомпром да осигурява производството си със собствени суровини поне за много десетилетия напред. Естественият уран се добива по екологично чист и рентабилен начин на излугване на място (ISL), което дава технологично

лидерство на Компанията в сегмента с ниски разходи. Прави впечатление, че PSV изключва прякото участие на хората в процеса на добив. Казахстанският уранов концентрат осигурява повече от 40% от нуждите на мирната ядрена енергия и се доставя в почти всички страни по света, където се експлоатират атомни електроцентрали.

Активите на националната ядрена компания включват целия комплекс от предприятия, участващи в производствената верига на крайните продукти - проучване, добив на уран, производство на продукти, социално благополучие и обучение.

Втората по пазарен дял компания е Самесо.

Самесо е канадска минна компания, един от най-големите производители на уран в света. В находището на река Макартър „Камеко“ произвежда около 14–13% от световното производство на уран и още 3% в рудника на Заешкото езеро. През 2017 г. компанията произвежда 9155 тона уран, което представлява 15% от световното производство.

В момента компанията произвежда уран в 4 мини (2 в Канада и 2 в САЩ). Самесо също така разработва мина в Казахстан, използвайки подземни кладенци.

Мините на компанията в Северна Америка имат лицензиран капацитет за производство на повече от 60 милиона евра (100% основа) уранови концентрати годишно, като има и повече от 520 милиона евра доказани и вероятни запаси. Канадската фирма е водещ доставчик на услуги по рафиниране, преобразуване и производство на гориво на уран за ядрените централи в много страни по света. Нашите земя, включително проучвания, обхващат около девет милиона декара земя, повечето близо до съществуващите канадски мини.

Комуналните компании по целия свят разчитат на тези стратегически продукти за ядрено гориво, за да генерират енергия в безопасни, надеждни ядрени реактори без въглерод. Представителите на компанията търсят решение на непрекъснато нарастващото търсене на чисто електричество при базово натоварване, като същевременно предоставяме безопасни и надеждни решения за днешната криза с чист въздух. Това е много актуално след като европейската комисия и други световни организации дават заден ход за използването на ядрената енергия и дори вече тихомълком я прехвърлят към чистата зелена енергия.

Франция като водеща страна в използването на атомни електроцентрали също има водеща компания в уранодобива. Orano е голяма международна френска индустриална компания, лидер на френската ядрена индустрия. През 2020 г. компанията е произвела 8050 тона уран, което е 13% от световното производство на уран.

Основните дейности на ORANO S.A. са свързани с ядрената енергия: добив на уран, преработка и обогатяване на уран, производство на горивни сглобки, транспорт на ядрено гориво, управление на радиоактивни отпадъци, преработка на отработено ядрено гориво, извеждане от експлоатация на ядрени съоръжения. През април 2017 г. Orano подписа споразумение за стратегическо сътрудничество с Казатопром, в което компаниите засилват сътрудничеството в областта на добив на уран в Казахстан.

На четвърто място в тази класация е Uranium One.

Uranium One е компания за добив на уран, пряко подразделение на руската държавна корпорация „Росатом“. Uranium One притежава добивни предприятия в Австралия, Канада, Казахстан, Южна Африка и САЩ. През 2017 г. компанията е произвела 5102 тона уран. В края на 2018 г. базата на минерални ресурси на Uranium One се оценява на 216 хиляди тона.

China General Nuclear Power Group - втората по големина китайска компания, работеща в областта на ядрената енергия, е една от стоте най-големи компании в страната. Сферите на дейност на CGN включват също хидроенергия, вятърна и слънчева енергия, електричество, добив на уран, производство на ядрено гориво, изграждане на енергийни съоръжения, комунални услуги и финансови услуги, операции с недвижими имоти. China General Nuclear Power Group е дъщерно дружество на CNNC.

Тези две китайски компании са произвели 3897 тона уран през 2017 г., което е 4% от световното производство.

Атомредметзолото АД (АРМЗ) е руска компания за добив на уран, която по собствени данни се нарежда на пето място в света по производство на уран и на второ място по запаси на уран в недрата. (Тя е подразделение на държавната корпорация „Росатом“.) През 2017 г. компанията е произвела 2917 тона уран, което е 5% от световната продукция. АРМЗ извършва проучване, добив и преработка на уран, златосъдържащи руди, както и руди от редки и микроелементи.

Ресурсите от уран са достатъчни за дългосрочното и устойчиво използване на атомна енергия за производството на нисковъглеродна електроенергия, а също така и за други цели като производството на промишлена топлина и производство на водород. В същото време влиянието от продължаващата пандемия COVID-19 върху сектора и намаляването на добива на уран и на проучвателните дейности може да повлияят върху достъпните запаси. Своевременните вложения в иновационни методи за добив и преработка ще помогнат да се гарантира, че урановите ресурси ще бъдат доставяни на пазара тогава, когато са необходими. Това е един от основните изводи от последното 28-мо

издание „Уран, ресурси, производство и проучване“, известно също така като „Червена книга“ - важен глобален справочник, който се изготвя веднъж на две години съвместно с Агенцията за ядрена енергия към ОИСР (Nuclear Energy Agency (NEA) ) и МААЕ (Международната агенция за атомна енергия (International Atomic Energy Agency (IAEA)).

Червената книга от 2020 г. представлява обзор на фундаменталните показатели на урановия пазар, в значителна степен базирани на официална правителствена информация, а също така предлага и статистически преглед на световната уранова промишленост. Докладът предоставя анализи и информация от 45 страни производителки и консуматори на уран въз основа на официални данни от 31 държави и национални доклади. Освен че оценява търсенето и търсенето на уран през 2018 г., той включва прогнози до 2040 г.

Червената книга показва, че световните запаси на уран са се увеличили, но много скромно в сравнение с предишните години. Традиционните идентифицираните ресурси от уран в света към 1 януари 2019 г. са съставлявали 8 070 400 тона метален уран (t U).

Това представлява всички разумно осигурени уранови ресурси, които могат да бъдат извлечени по пазарни цени, вариращи от 40 до 260 долара за килограм уран (еквивалент на цена от 15 до 100 щатски долара за фунт  $U_3O_8$ ). В сравнение с общото количество посочено в изданието от 2018 г., обемът се е увеличил само с 1 %. Малка част от тези общи ресурси е свързана с откриването на нови находища.

Попълването на урановата ресурсна база може да стане чрез все още неоткрити или неконвенционални ресурси като уран от фосфатни скали.

Продължаването на низходяща тенденция в продължение на няколко години е довело до спад на глобалните разходи за проучване и развитие до около 0,5 млрд. долара през 2018 г., което е доста под нивото от 2 млрд. долара през 2014 г. Не се очаква тази тенденция да доведе до дефицит, но може да сигнализира за проблеми на пазара в дългосрочен план, става ясно от доклада.

Производството на уран в световен мащаб е намаляло с 10,8% от 2017 до 2018 г. поради съкращаване на производството в резултат на лошите пазарни условия, но леко се е увеличило с 1% до 54 224 t U през 2019 г.

В допълнение, планираните намаления в добива на уран в началото на 2020 г. се засилват с началото на пандемията COVID-19 и нейното въздействие ще се усети до 2021 г. и след това, сочат очакванията на експертите.

Докато някои производители на уран са намалили дейността си в някои обекти, други са избрали да затворят дейността си, докато пазарните условия се подобрят достатъчно, така че да оправдаят повторно отваряне. Ресурсите и годишният производствен капацитет на временно затворени предприятия, определени като „неработещи мини“, се подлагат на преглед за първи път в изданието на Червената книга за 2020 г. Предполага се обаче, че годишният производствен капацитет може да се увеличи относително бързо при повторното отваряне на така наречените „бездействащи мини“, но в случай, че пазарните условия се подобрят.

Червената книга съдържа също така и прогнози за необходимостта от уран за ядрената енергетика до 2040 година, а също така и всеобща оценка за съотношението на търсенето и предложенията на уран.

В зависимост от развитието на потребностите на атомния сектор от уран, свързан с експлоатацията на АЕЦ, прогнозите варират от 56 640 т U при сценарий на ниско търсене до 100 224 т U годишно при сценарий на високото търсене през 2040 г. Прогнозите за атомните мощности за различните региони се различават значително, но все пак се очаква, че ръстът в ядрения сектор и необходимостта от уран ще е най-голяма в Източна Азия.

Предвид тези прогнози, ресурсната база, описана в Червената книга ще е повече от достатъчна за удовлетворяване на ниското и високото търсене на уран до 2040 г. и след това. За удовлетворяване на високото търсене до 2040 г. ще е необходима около 28 % от общата идентифицирана ресурсна база от 2019 г., подлежащи на извличане при разходи под 130 долара / kg U (\$ 50 / фунт U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) и 87% от идентифицирания ресурс, наличен по цена под 80 долара / kg U (еквивалентно на 30 долара / фунт U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>).

Бъдещите доставки ще са в зависимост и ще спечелят от съвременните изследвания и иновациите за по-нататъшно подобряване на проучванията на уран и разработване на нови, по-икономични методи за добив. Силните пазарни условия са в състояние да помогнат постигането на необходимите инвестиции, от които се нуждае индустрията за разработване и внедряване на новите технологии.

Методите за добив се променят. През 1990 г. 55% от световното производство идва от подземни рудници, но това рязко се е свило до 1999 г. с 33% след това. От 2000 г. новите канадски мини отново я увеличиха. Инженерното извличане на място (ISL или ISR) непрекъснато увеличава своя дял от общата сума, главно поради Казахстан, а през 2017 г. представлява половината от производството [13,19]. Все по-голямо количество уран, сега 50%, се получава чрез излугване in situ.

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

Конвенционалните мини имат мелница, където рудата се раздробява, смила и след това се излугва със сярна киселина, за да се разтворят урановите оксиди. В мелницата на конвенционална мина, или в пречиствателната станция за ISL работа, уранът се отделя чрез йонен обмен преди да бъде изсушен и опакован, обикновено като U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>. Някои мелници и ISL операции (особено в САЩ) използват карбонатно излугване вместо сярна киселина, в зависимост от рудата. Когато уранът се извлича като страничен продукт, например мед или фосфат, процесът на третиране е вероятно да бъде по-сложен [8, 16, 22].

През 90-те години промишлеността за производство на уран бе консолидирана от поглъщания, сливания и затваряния, но това отново диверсифицира казахстанската многонационална структура на собственост. Повече от половината от производството на уранови рудници е от държавни минни компании, някои от които дават приоритет на сигурното снабдяване спрямо пазарните съображения [10, 18, 23]. През 2017 г. 10-те най-големи компании по производство са продали 86% от световното производство на уран:

Company	tonnes U	%
Kazatomprom	12,488	21
Cameco	9155	15
Orano	8031	13
Uranium One	5102	9
CNNC & CGN	3897	7
ARMZ	2917	5
Rio Tinto	2558	4
Navoi	2404	4
BHP Billiton	2381	4
Energy Asia	2218	4
General Atomics/Quasar	1556	3
Sopamin	1188	2
Paladin	970	2
Other	4667	7
<b>Total</b>	<b>59,532</b>	<b>100%</b>

Таблица 1. Най-големите уранодобивни компании в света [18]

Казахстан е важен производител на уран повече от 50 години. От 2001 до 2013 г. производството му се е увеличило от 2022 до около 22 550



тона U годишно, което прави Казахстан - водещият производител на уран в света. Капацитетът е около 25 000 tU/година, но през октомври 2011 г. Kazatoprom обяви ограничение на производството от 20 000 tU/година, което очевидно не беше взето предвид през последното десетилетие. От неговите 17 работещи мини, пет са изцяло собственост на Kazatoprom и 12 са съвместни предприятия с чуждестранни акционери и някои от тях произвеждат с номинален капацитет на натоварване. През 2016 г. 12 986 tU се дължи на самия Kazatoprom - 21% от световното производство, изпреварвайки канадската Cameco, следван от Areva и ARMZ-Uranium One [7, 12, 20].

Общото производство на страната през 2016 г. е 24 575 tU, а през 2017 г. е 23 600 tU. През януари 2017 г. Казатомпром заяви, че производството ще бъде намалено с около 10%, поради ниските цени; през декември 2017 г. Kazatoprom обяви, че намалението ще бъде с 20% спрямо нивата от 2017 г., приети за период от три години. Обявените съкращения възлизат на продукт с отлагане от 11 000 тона естествен уран [21]. През май 2018 г. енергийният министър на страната обяви, че целта на производството за 2018 г. е определена на 21 600 tU.

Канада беше най-големият производител на уран в света в продължение на много години, като представляваше около 22% от световната продукция, но през 2009 г. беше изпреварена от Казахстан и в момента той е световен лидер в добива на тази ценна суровина.

Канада е страна, богата на уранови ресурси и с дълга история на проучване, добив и преработка на уран за добиване на ядрена енергия. До 2014 г. в Канада е добит повече уран от която и да е друга държава - 485 000 tU, около една пета от общото производство в света [11, 20, 23].

В Канада урановите руди за пръв път попаднаха в общественото внимание в началото на 30-те години, когато златодобивната компания Eldorado започна да работи в Порт Радий, Северозападните територии, за производство на радий. На следващата година в Порт Хоуп, Онтарио, на около 5000 километра, е построена предприятие за производство на радий.

Проучванията за уран започват сериозно през 1942 г. в отговор на търсенето му за военни цели. Стратегическият характер на такъв материал доведе до забрана за търсене и добив на всички радиоактивни материали в цяла Канада. През 1944 г. федералното правителство поема компанията Eldorado и създава нова корпорация Crown, която по-късно става Eldorado Nuclear Ltd. Проучването на уран е ограничено до съвместните усилия на Eldorado и Геоложката служба на Канада [15, 19, 24].

Следвоенното проучване на уран набира скорост, когато военната забрана за частни проучвания е отменена през 1947 г. Залежите около

района Банкрофт, Онтарио, са открити в началото на 50-те години на миналия век, а първото откритие в района на езерото Елиът в Онтарио е през 1953 г. Северният уран на Саскачеван провинция също е открита през 50-те години на миналия век и Eldorado Nuclear започва да добива в Beaverlodge през 1953 г.

Към 1956 г. са открити хиляди радиоактивни находища. Няколко се оказаха жизнеспособни находища, а до 1959 г. 23 мини с 19 пречиствателни станции бяха в експлоатация в пет области. От тези 19, около 11 в района на езерото Елиът, включително най-големите заводи, които се управляват от мини „Рио Алгом“ и „Денисън“. Три други завода бяха разположени в близост до Bancroft, три в северната част на Саскачеван и две в северозападните територии [9, 21].

Тази първа фаза от производството на канадски уран достига своя връх през 1959 г., когато са произведени над 12 000 тона уран. Уранът донесе 330 милиона канадски долара приходи от износ, повече отколкото за всеки друг износ на минерали от Канада през тази година. Този период обаче бележи края на разходите плюс производство за износ и през следващите няколко години броят на мините намаля до четири [4, 18, 22]. Производството на уран в района на Bancroft и в Beaverlodge спира през 1982 г. и последната от трудоемките мини с ниско ниво на езерото Elliot е затворена през 1996 г.

През 60-те години федералното правителство подкрепя местната уранова индустрия, като инициира програма за складиране и запасяване, която приключва през 1974 г., след като са закупени около 7000 тона уран на цена от 100 милиона канадски долара. Проучването на уран беше съживено от очакванията за растеж на ядрената енергетика и в резултат на това бяха открити няколко нови находища на уран в басейна на Атабаска в северната част на Саскачеван, започвайки в края на 60-те години.

Конвенционалните мини имат мелница, където рудата се смела, смела и след това се излугва със сярна киселина, за да се разтворят урановите оксиди. В мелницата на конвенционална мина или пречиствателната станция на ISL операция, уранът след това се отделя чрез йонообмен, преди да се изсуши и опакова, обикновено като  $U_3O_8$ . Някои мелници и ISL операции използват карбонатно излугване вместо сярна киселина, в зависимост от рудното тяло. Когато уранът се оползотворява като страничен продукт, например от мед или фосфат, процесът на обработка вероятно ще бъде по-сложен [8, 17, 23].

Австралийският уран се добива от 1954 г. и в момента там работят три големи мини. Планира се откриването още.

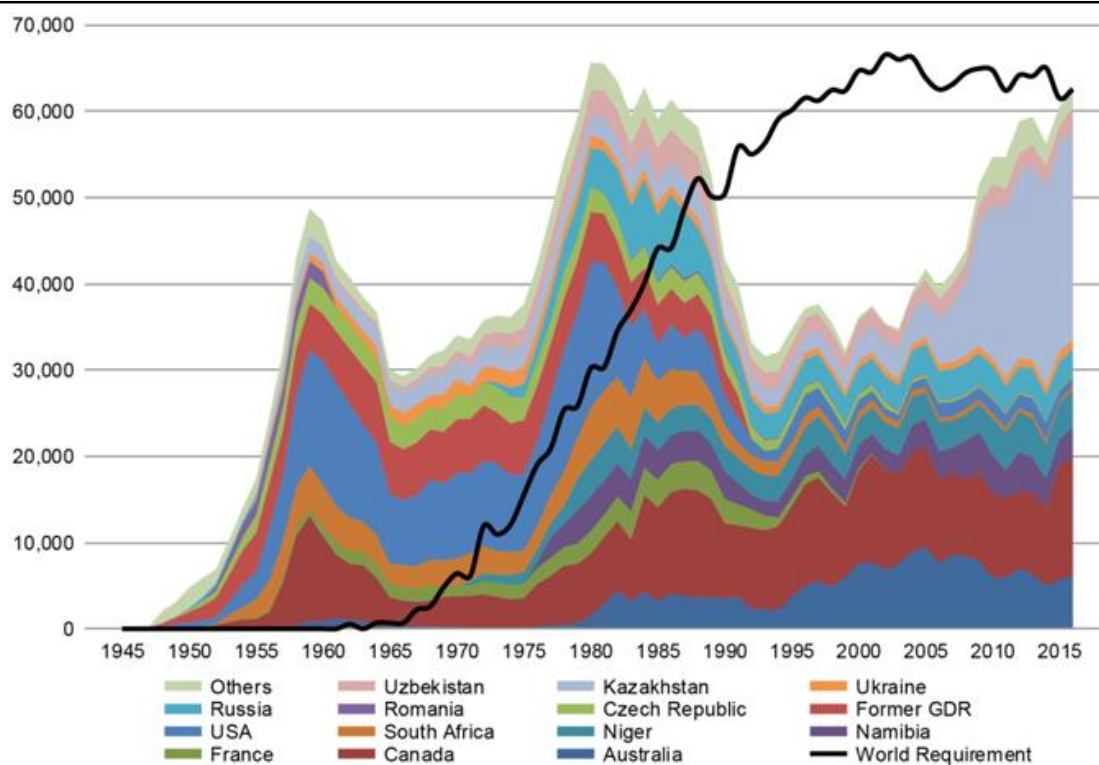
Известните запаси от уран в Австралия са най-големите в света - почти една трета от целия свят.

През 2017 г. Австралия е произвела 6937 тона  $U_3O_8$  (5882 tU). Това е третият производител в света, зад Казахстан и Канада. Цялата продукция се изнася, защото Австралия не използва ядрена енергия. Но голямата зависимост от въглищата и евентуалните ограничения на въглеродните емисии при производството на електроенергия може да доведат до развитието на ядрената енергетика.

Австралийската икономика е уникална, тъй като около 20% от БВП през този век се формира от минното дело и минните услуги. Уранът е малка част от това, но в енергийно отношение уранът (4200 PJ през 2015-16 г.) представлява около една четвърт от енергийния износ на Австралия.

През 30-те години на миналия век се добиват руди в Radium Hill и Mount Painter за добиване на радий за медицински цели. В резултат на това са били произведени и няколкостотин килограма уран.

Урановите руди като такива се добиват и обработват в Австралия първоначално от 1950-те до 1971 г. Radium Hill, SA, Rum Jungle, NT, Mary Kathleen и Queensland са най-големите производители на уран (като жълт кекс). Производството се прекратява или при изчерпване на рудните запаси, или при изпълнение на договори. Продажбите трябваше да доставят материали, предназначени предимно за оръжейните програми в САЩ и Великобритания по това време. Голяма част от него обаче се е използвало за производство на електроенергия.



Фиг. 1 Производство на уран в света

Развитието на гражданската ядрена енергия стимулира втора вълна на проучвателна дейност в края на 60-те години [6, 20]. Общо около 60 находища на уран са идентифицирани от 50-те до края на 70-те години, много от големите компании с голям бюджет. Оттогава са открити само две значими нови: Kintyre и Beverley Four Mile. Малкият бум на проучванията 2002-07 г. е бил задвижван от малки компании, фокусирани върху доказването на известни находища.

Мери Катлийн пуска отново в експлоатация своята мина и мелница през 1974 г. Други разработки бяха отложени в очакване на констатациите от проучването на околната среда на Ranger Uranium и нейното решение в светлината на тези проучвания. Втората производствена фаза на Мери Катлийн е от 1976 г. до края на 1982 г.

**Изводи:**

1. Казахстан произвежда най-голямо количество уранова руда в целия свят (39% от световните доставки през 2017 г.), следван от Канада (22%) и Австралия (10%);
2. През 2017 г. 10-те най-големи компании за добив и производство са добили и реализирали 86% от световното производство на уран;
3. Основните източници на добив на уран през 2017 г. са: Канада 29%, Русия, 15%, Нигер 15%, Австралия 15% и Казахстан 14%. Средната

цена за 2017 г. за доставки по дългосрочни договори е била 80,55 евро / kgU, със 7% по-ниска от тази през 2016 г. През 2017 г. обогатяването е предоставено от: ЕС (Areva и Urenco), 7,69 милиона SWU; Русия (Tenex), 2,52 милиона ЮЗУ; и други, 0,65 милиона ЮЗУ.

**Ползвана литература:**

1. Върбанова, Б. Финансови и икономически аспекти на образованието в България. Издателство „Фабер”, 2020, с. 126, ISBN 978-619-00-1197-2;

2. Стоянова В., Георгиев Г., История и теория на голямата световна криза от 2008-2010 година, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, ВТ, 2010, ISBN 978-954-753-074-4;

3. Георги Атанасов Георгиев, В. Стоянова, Икономическата криза в нейното съвременно проявление, Сборник доклади от Годишна университетска научна конференция, том 9, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, 2020, с. 169-175, ISSN 1314-1937;

4. Димитров Б. К., Транспортиране на радиоактивни материали съгласно европейската спогодба за превоз на опасни товари по шосе, Сборник доклади от Научна конференция „Актуални проблеми на сигурността”, том 5, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, 2020, с. 116-128, ISSN 2367-7475;

5. Долчинков Н. Т., Озерова Н. В., Проблемы реабилитации загрязненных территорий урановых месторождений горнорудной промышленности республики Болгарии, Сборник материалов семинара: Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории земли, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, ISBN 978-5-7264-2033-2, Москва Издательство МИСИ – МГСУ 2019, стр. 67-71;

6. Николов Н. Х., Устойчиви органични замърсители, Сборник доклади от Научна конференция „Актуални проблеми на сигурността”, том 5, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, 2020, с. 18-24, ISSN 2367-7475;

7. Павлов М., М. Харалампиев, Върху натрупването и преноса на радионуклидите в екосистемите, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“, НБУ „В. Левски“- гр. В. Търново – 22 ноември 2019 г ISBN 2603-4689, стр. 76-83;

8. Пъдарев Н. И. Планиране управлението на отпадъци съдържащи ЯХБ агенти, Годишник на НБУ „Васил Левски”, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, 2019, с. 88-101, ISSN 1312-6148;

9. Маринченко А. В. Безопасность жизнедеятельности, Дашков и Ко, Москва, 2015 г;
10. Харалампиев М., Последствия от радиоактивното заразяване при ядрена война, Сборник доклади от научна конференция „Радиационна безопасност в съвременния свят“ НВУ „ Васил Левски”, Велико Търново, 2016, с.95, ISBN 978-954-753-243-4;
11. Щерев Й., Биологично въздействие на радиационните лъчения, Сборник доклади от научна „Радиационна безопасност в съвременния свят” 2016, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”, 2016,„стр.13, 60-72, ISBN: 978-954-753-243-4;
12. Dolchinkov N. T., World uranium mining production, International journal for science Machines, Technologies, Materials,, ISSN 1313-0226, 3/2019;
13. Dolchinkov N. T., Paramonova T. A, Historical evaluation, review and analysis of the development of uranium mining in the republic of Bulgaria, International journal „Knowledge “, Skopie ISSN 2545-4439 Vol 30.3 стр. 547-554;
14. Padarev, N.I., Analysis of the Relation Between Climate Changes and Security Area, International Conference Knowledge-Based Organization, Vol. XXIV. Conference proceedings 3, Applied technical Sciences and Military Technologies, Sibiu, Rom., 2018, pp 169-173;
15. Trifonov T., T. Georgieva-Trifonova, Ivanov I. S., Signal processing and storing of high dynamic range acoustic data for knowledge discovery, Proc. of 14th International Conference on Communications, Electromagnetics and Medical Applications CEMA'19, Sofia, Bulgaria, October 17th-19th, 2019, pp. 58-62, ISSN: 1314-2100;
16. Varbanova B., Security and economy, Knowledge International Journal, 41(5), 915 - 922. Retrieved from, <https://ikm.mk/ojs/index.php/KIJ/article/view/4358>, ISSN 2367-7465;
17. Josephson, Paul R, 1999, Red Atom - Russia's nuclear power program from Stalin to today;
18. Minatom 2000, Strategy of Nuclear Power Development in Russia;
19. O. Saraev, paper at WNA mid-term meeting in Moscow, May 2003;
20. Rosenergoatom Bulletin 2002, esp. M.Rogov paper;
21. Perera, Judith 2003, Nuclear Power in the Former USSR, McCloskey, UK;
22. [https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull59-2/5921213\\_ru.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull59-2/5921213_ru.pdf)
23. <https://www.world-nuclear.org/getmedia/3418bf4a-5891-4ba1-b6c2-d83d8907264d/performance-report-2020-v1.pdf.aspx>

24.[https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/reports/2018/gc63-5\\_rus.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/reports/2018/gc63-5_rus.pdf)

*Адрес за кореспонденция:*

*Доц. д-р инж. Николай Тодоров Долчинков: катедра „ЗНИ“, НВУ „Васил Левски“, Велико Търново, България; катедра „Инженерна екология и охрана на труда“, НИИ МЕИ, Москва, Русия, E-mail: [n\\_dolchinkov@abv.bg](mailto:n_dolchinkov@abv.bg) тел. +359884730833;*

*Олег А. Локтионов,; катедра „Инженерна екология и охрана на труда“, НИИ МЕИ, Москва, Русия, E-mail: [loktionova@yandex.ru](mailto:loktionova@yandex.ru);*

*Algay Zhauyt; Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty 050013, Kazakhstan, E-mail: [ali84jauit@mail.ru](mailto:ali84jauit@mail.ru), [a.zhauyt@aes.kz](mailto:a.zhauyt@aes.kz)*

*Nino Durglishvili, Tbilisi State University, Georgia, E-mail: [durglishvili2@gmail.com](mailto:durglishvili2@gmail.com)*

DOI 10.34660/INF.2021.17.31.003

## **FOREST FIRES IN RADIOACTIVELY CONTAMINATED TERRITORY: THE CONSEQUENCES OF THE CHERNOBYL DISASTER TODAY**

**Viola Vambol, Sergij Vambol, Sergiy Yeremenko, Roman Shevchenko**

***Abstract:** The paper presents an analysis of the consequences of forest fires in a radioactively contaminated area. The main causes of forest fires in radioactively contaminated areas and factors affecting the spread of fires and radioactive substances are considered. The main types of pollution affecting the safety of human life and the level of environmental safety are described.*

***Key words:** radioactively contaminated areas, forest fires, human life safety, environmental safety, radioactive substances, spread of radioactive substances.*

### **Relevance of problems associated with forest fires in radioactively contaminated areas.**

The lack of active industrial and economic activity in the last 35 years in the Chernobyl zone has contributed to a huge accumulation of combustible material in this area. Most of these combustible materials are pine forests with a high density of trees. The total wooded area is more than 100 thousand hectares, which is almost half of the territory of the Exclusion Zone. The main geographical area is Polesie.

Fire statistics over the past 35 years in the 30-kilometer zone show an increase in the growth of this type of emergency. About 1400 fires that burned down 25 thousand hectares of forests and former farmland ([1, 2] Jones et al., 2020; Evangelidou et al., 2016). Climate change (an increase in the average annual temperature in this region) has increased the risk of large fires, climatic anomalies, and droughts only exacerbate the problem of fires.

These fires are especially dangerous due to the presence of radionuclides such as Cs 137 and Sr 90 in the biosphere of this territory (half-lives of 30.1 and 29.1 years, respectively). Radionuclides have now migrated to the forest soil and mostly remained there. The presence of these elements is caused by a very slow natural clearance from radioactive contamination. In the Belarusian and Ukrainian exclusion zones, 60% of the forests are pine forests, where pine forest



litter is the main fuel for forest fires and can concentrate up to 90% of radionuclides from the total amount in the forest ecosystem.

In this regard, the purpose of this report is to determine the most important causes and consequences of fires in radiation-contaminated areas in the Chernobyl zone. The main factors affecting the radiation pollution of these areas due to fires will also be considered.

### **Results and Discussion**

#### **1. The main causes of forest fires in radioactively contaminated areas.**

Considering the problem of forest fires in radioactively contaminated areas, scientists operate with different initial parameters, for example, for Cs 137 they take into account the concentration in the surface layer of the atmosphere, the density of fallout on the ground, the coefficient and rate of re-transition of settled radioactive material into the atmosphere (that is, resuspension), which can continue in the contaminated area for a long time, etc. The choice of these parameters depends on many factors: the type of fire (downstream, upstream, transitional) and the phase of a forest fire (initial, active, smoldering); physical and chemical properties of forest combustible materials; composition and age of radioactive deposits in forests; meteorological parameters (wind speed, humidity, temperature, season), etc. Therefore, considering the main causes of such fires, one should pay attention to the specificity of the radiocytic component.

*Anthropogenic factors* are the main cause of fires (90% of all cases). Vehicles, actions of mechanisms, power lines, arson are the main factors contributing to the occurrence of fires ([3, 4] Dvornik et al., 2017, Vambol et al., 2019a). From the point of view of seasonality, the most fire hazardous period is April-May, as well as August-September. In these intervals, the spring period, annually, occurs up to 70% of all fires, which cover about 1200 hectares of the total area of fires. This time coincides with the conduct of agricultural work, therefore, the number of forest fires also occurs from agricultural arson and the burning of dry vegetation. To clear agricultural land, vegetation is burned with fire. Due to the difficult economic situation in some countries, the use of such technologies leads to the fact that fires become almost uncontrollable. In this case, the fire covers huge areas, spreads rapidly, and a large-scale fire is likely to occur. This variant of the development of an emergency periodically arises in the territories radioactively contaminated after the Chernobyl accident, the duration of fires can be several days due to insufficient resources for their elimination. The forces and means, the structure and location of fire-fighting units in the exclusion zone do not correspond to such a high level of fire hazard, and do not guarantee a quick response and effective extinguishing in critical weather conditions. The fire and rescue unit is assigned a protected

area of more than 60,000 hectares, with 2-3 technically obsolete vehicles allocated. It should be said that more than 30% of the territory of the exclusion zone is not equipped with fire detection equipment and almost 25 thousand hectares of forests are inaccessible for fire fighting equipment. Therefore, large-scale fires periodically occur in the exclusion zone, the largest of which (after 1992) took place at the end of April 2015 and in the spring of 2020.

***Changing the landscape of the area*** in the Chernobyl exclusion zone. In this case, this factor significantly affects the frequency and scale of forest fires in radioactively contaminated areas. Technologically, due to the strong radioactive contamination of the territory, work on the processing of agricultural land was stopped there. This includes measures for cutting down trees and shrubs, which should be carried out using technology that takes into account the consistent pattern of replacement of one biological community with another. The lack of such activities has led to an increase in the area covered by forests by 20% (5. IAEA, 2001). Agricultural fields and pastures are currently occupied by woody species.

The dynamics of the migration processes of radionuclides in forests depends on the biocenotic and biogeochemical parameters of the ecosystem. These are the processes of sorption and desorption, movement with surface and subsurface composition, biogenic mixing, the effect of vegetation composition, as well as diffusion, deflation, and convective transfer. Wood species, plants and fungi absorb radionuclides during their main life cycle. The migration of radionuclides in the soil and their entry into wood depends on the properties of the soil (texture, acidity, humus content, etc.) and the biological characteristics of plants. The surface layer of forests is also formed from biological components containing radioactive elements and their compounds. At the same time, forest litter is the main conductor of the combustion process in forest fires. More than 90% of Cs 137 radionuclides are concentrated in the lower part of the forest litter and in the upper 10-centimeter soil layer.

***Factors influencing the spread of fires and radioactive substances***

One of the significant factors in the occurrence of large forest fires is the action of strong winds, (April 2020 Chernobyl Exclusion Zone (CEZ), [5] (Evangelidou & Eckhardt, 2020)), at high air temperatures and low relative humidity [6 - 8] (Stocks et al., 2002; Millán et al., 1998; Wagner, 1977). In a study [9] (Dimitrakopoulos et al., 2011), of 84 large forest fires in Greece (burned area is more than 1000 hectares), about 70% occurred at high air temperatures and moderately low relative humidity, and about 25% of large fires occurred in extreme heat. Near the Chernobyl nuclear power plant, the climate becomes more and more warm, and the amount of precipitation has slightly decreased, [10] (Evangelidou et al., 2014). Warming trends in this region are

already contributing to increased pressure on boreal forests such as those prevalent in the Chernobyl region. In such conditions, trees are more sensitive to the outbreak of fires, and this contributes to an increase in the strength of the fire.

The speed of fire propagation also depends on the combustion conductor. The conductor of combustion (fuel) in forest fires is forest litter, dry grass and mosses, lichens, fallen leaves, branches, fragments of bark, etc. (pine phytocenoses have 3–6 cm of forest litter).

The presence of continuous and homogeneous patches in forests can also be attributed to the factors that contribute to the spread of fires over large areas during extreme events [11] (Cary et al., 2006). The largest area of burnout occurred in regions with less than 60% forest cover, while if the forest cover exceeded 60%, the average area of burnout was low, but the 95th percentile remained high. Therefore, large fires will occur in densely forested regions, such as in early April 2020 in the Chernobyl exclusion zone for 22 days, which contributes to extreme releases of toxic and radioactive substances.

## **2. Pollution affecting the safety of human life and the level of environmental safety.**

### ***Air pollution and fallout.***

In radioactively contaminated areas, during forest fires, radioactive combustion products and toxic gases enter the atmosphere. This has an impact on human life activity [12] (Ragimov S. et al., 2018). The concentration of combustion products depends on the surface heat flux emitted by the fire, the prevailing wind and precipitation regime. This is especially evident in the summer months from July to August, when there is a great fire hazard. When 1 kg of pine is burned, about 5 m<sup>3</sup> of combustion products are formed at a temperature of 1290 K. Flame combustion of wood in air is possible provided that it contains at least 15% oxygen. In addition, pyrogenic emissions also contain substances such as K, Cl, SO<sub>4</sub> and heavy elements such as Cu and Zn. Radioactive iodine, cesium and chlorine were detected in the smoke from biomass fires in the Chernobyl exclusion zone and an increase in the concentration of Cs137 in the air was observed at a distance of about 17 km from the forest fire [13] (Garger et al., 1998).

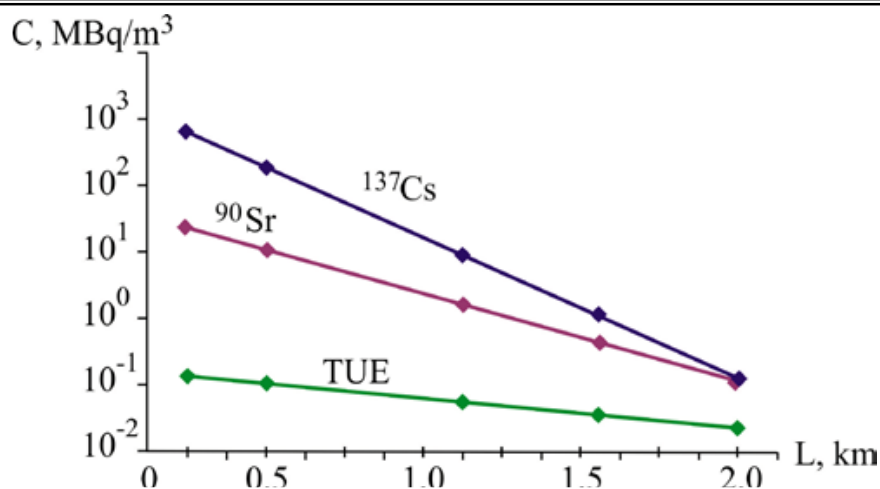
The main factors on which the active concentration of radionuclides in aerosols depends are: the density of contamination of fuel materials, the intensity and duration of combustion, the area of forest fires and their intensity, the speed and direction of the wind. The higher the density of radioactive contamination of fuel components, the higher the concentration of radionuclides in the air in the event of a forest fire.

Air currents can carry combustion products, affecting their chemical transformation and the concentration of harmful substances in the air. In corona fire studies, it has been shown that many fires generate enough energy to lift clouds of smoke above the boundary layer to stratospheric heights by convection, which can help diffuse pollutants and reduce the likelihood of them settling in the ground layer.

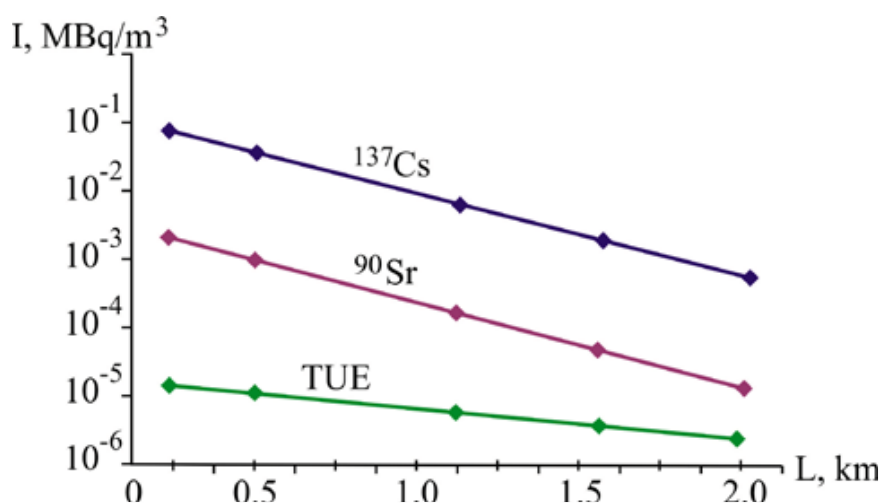
The exclusion zone is characterized by the transfer of a large amount of radionuclides as a result of high-intensity crown fires. The distance can reach hundreds and thousands of kilometers in the direction of the wind, including to settlements. During this combustion, solid products are always formed, such as ash and products of incomplete combustion, and aerosols that also contain radionuclides. In the process of forest burning, plutonium, cesium, strontium, etc. are released into the atmospheric air in the form of small particles. Volatile radionuclides, such as  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{133}\text{I}$ , together with fine dust particles („aerosols”) spread to the atmosphere, although most of the radioactive iodine remains in gaseous form.

The activity of long-lived radionuclides in solid combustion products exceeds the activity in fuel materials by 1.5–4 times (the highest ratio was  $4.2 \pm 0.4$  for  $^{137}\text{Cs}$ ). At the same time, forest materials lose up to 90% of their organic matter, and radionuclides are concentrated in the mineral part of combustion products and ash. Therefore, solid combustion products are an open source of ionization with a potentially high activity of long-lived radionuclides. Radioactive substances, in the form of dust or smoke from forest fires, can be inhaled by people living near contaminated areas. The human respiratory tract is the main option for the penetration of toxic substances into the body. The next main option for the penetration of toxic substances into the body can be considered the digestive organs and the skin.

Below are the results of field studies by scientists in the field [14] (Azarov et al., 2016), which were carried out at distances of 7 and 15 km from the center of a forest fire, in which the smoke jet reached a height of 1.2 km, and the length of the smoke plume up to 20 km. The volumetric activity of radioactive combustion products is mainly due to  $^{137}\text{Cs}$ , which accounts for 82% of the total activity,  $^{90}\text{Sr}$  - 7%, and transuranic elements -  $<1.0\%$ . It was also found that in the surface layer of the atmosphere, smoke particles with an aerodynamic range of less than 1 micron, the most dangerous in terms of radiation for humans, prevailed. The distribution of the volumetric concentration of radionuclides and the intensity of their sedimentation in the atmospheric air at various distances from a forest fire are shown in Figures 1, 2.



**Figure 1. Distribution of the volumetric concentration of radionuclides in the atmospheric air depending on the distance during the active phase of a forest fire [14] (Azarov et al., 2016)**



**Figure 2. Distribution of the intensity of precipitation of radionuclides in the atmospheric air depending on the distance during the active phase of a forest fire [14] (Azarov et al., 2016)**

Based on the analysis results in Fig. 1 that at a distance of 2 km from the site of the forest fire, the volume concentration of Cs137 decreased by three orders of magnitude, and for Sr90 only by an order of magnitude. In this case, the intensity of the settling of smoke particles from the atmosphere to the soil surface will be determined mainly by two factors: „dry” gravitational turbulent sedimentation and washout by precipitation (Fig. 2). It should be noted that the sediment of smoke particles can occur due to moisture condensation and diffusion processes [14] (Azarov et al., 2016). The same conclusions were reached by researchers in [15, 16] (Smith & Beresford, 2005; Smith & Clark,

1989). It is assumed that there are three options for the fallout of radionuclides:

- fallout of heavier particles near the source;
- direct adsorption of gaseous elements on the surface of the earth;
- collision of particles in the air with a surface.

At the same time, small aerosol particles and gaseous elements are deposited at a rate proportional to their concentration in the air.

The aspect of soil cultivation in areas contaminated with radioactive particles is important, since contaminated soil particles resuspended during agricultural work can enter the operator's body by inhalation or swallowing. Re-weighing of radioactive particles depends on many factors and primarily on the amount of precipitation, humidity, wind speed, etc.

#### ***Food contamination.***

The process of contamination of food products can occur directly through food (berries, mushrooms, etc.) and through the use of land in pollution when growing vegetables and fodder. At the same time, about 90% of pollutants are Cs137, which accumulates in the upper soil layer and remains there for many years. The initial movement of radioactive substances to the soil surface occurs relatively quickly through precipitation. Then this process slows down. Radioactive decay and migration of radioactivity in the soil significantly reduces the dose rate of external exposure over time after fallout. The external exposure dose to the population decreased by more than an order of magnitude from the end of 1986 to 1993, mainly due to the physical decay of relatively short-lived radionuclides (Ru106, Cs134). After this period, Cs137 accounted for the bulk of the external dose, although it should be noted that for several years after Chernobyl, the bioavailability and mobility of radioactive cesium in the environment decreased markedly. This has contributed to significant changes in food, vegetation and surface water pollution.

Studies of the specific activity of Cs137 and Sr90 in vegetable crops grown in the territory of voluntary guaranteed resettlement and the territory of enhanced radiological control showed that the lowest activity of Cs137 in comparison with other vegetables was in potatoes, onions and cucumbers, while in sweet peppers and Cs137 activity was twice as high in zucchini, almost 4 times higher in carrots and tomatoes, almost 8 times in beets, and 10 times in beans. The lowest level of Sr90 activity is in onions, in tomatoes and cucumbers - twice, in sweet peppers - 4 times, in potatoes and cabbage - almost 10 times, in zucchini of the 1920s and 30 times higher in beets, carrots and beans [18] (Herasymenko et al., 2018). In both territories, the highest activity of Cs137 and Sr90 was observed in pork and milk of cows. In the spring-summer period, the activity of s137C and Sr90 in milk was two to three times higher than in the autumn-winter period. In the spring-summer period, cows graze on natural

pastures, where the level of soil pollution is much higher than on arable land. The redistribution of radioactive substances occurs during plowing to a depth of approximately 20-30 cm. Once radioactivity has penetrated the soil and attached to soil particles, long-lived radionuclides such as Sr90, Cs137, Am241, and Pu isotopes become relatively immobile in soils for long periods of time. Low activity of Cs137 and Sr90 was observed in poultry meat, which consumes mainly grain and concentrated feed, where the accumulation of radionuclides is low.

In general, the activity of Cs137 and Sr90 in vegetable products, milk, and meat of personal subsidiary farms does not exceed permissible levels [17] (Herasymenko et al., 2018). The concentration of 90 Sr activity in cow's milk and vegetables did not exceed the Ukrainian permissible levels. At the same time, experimental studies conducted from 2011 to 2019 demonstrate that the concentration of Sr90 activity in grains exceeded the Ukrainian hygienic standard in 45% of 114 grain samples, while the cumulative excess of Sr90 and Cs137 activity concentrations was found in almost half ( 48%) of all of the 116 grain samples and analyzed over a 9-year period (two of the 116 grain samples were analyzed for 137 Cs only, but not 90 Sr due to sample loss). These conclusions are also consistent with the results of a study for 1997–2011, which also revealed an excess of the radioactivity of grain in half of the samples taken [18] (Kashparov et al., 2013). The authors of [19] (Salbu et al., 2018) believe that a number of factors can influence the transfer of 90 Sr from soil to grain, including the increased bioavailability of this radionuclide. However, information on the transfer of 90 Sr to food crops and trees is still limited.

### **Conclusion**

The existing statistics and forecasts of fires in radioactively contaminated forests require a scientific approach to the development of recommendations to improve the efficiency of fire prevention. First of all, this is relevant for areas near populated cities (Kiev), since a large number of people fall under the influence of smog. The set of measures for the system for detecting, eliminating and monitoring such emergencies should not only be developed theoretically, but have practical implementation. At the same time, a system is needed that allows sampling of atmospheric air, soil and water both in the process of extinguishing fires and subsequent monitoring of the state of the environment. In Ukraine, such systems do not exist even today.

The introduction of early detection systems would make it possible to prepare, firstly, the population to protect houses or provide them with knowledge about personal protective equipment that would help avoid additional doses, secondly, promptly act on a fire in order to stop its spread and thirdly notify residents of large cities about the need for respiratory protection

and do not leave the building, if possible. Taking into account the socio-economic situation in Ukraine, the introduction of early detection systems is the most profitable than the elimination of the consequences of such emergencies.

### References

1. Evangeliou N. & Eckhardt S., 2020, Uncovering transport, deposition and impact of radionuclides released after the early spring 2020 wildfires in the Chernobyl Exclusion Zone. *Scientific Reports* 10(1): Article number: 10655. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67620-3>
2. Evangeliou N., Zibtsev S., Myroniuk V., Zhurba M., Hamburger T., Stohl A., Balkanski Y., Paugam R., Mousseau T. A., Møller A. P., Kireev S. I., 2016, Resuspension and atmospheric transport of radionuclides due to wildfires near the Chernobyl nuclear power plant in 2015: an impact assessment. *Scientific Reports* 6: Article number: 26062.
3. Dvornik A.A., Dvornik A.M., Korol R.A., Shamal N.V., Gaponenko S.O. & Bardyukova A.V., 2018, Potential threat to human health during forest fires in the Belarusian exclusion zone. *Aerosol Science and Technology* 52(8): 923-932. <https://doi.org/10.1080/02786826.2018.1482408>
4. Vambol S., Vambol V., Sundararajan M. & Ansari I., 2019a, The nature and detection of unauthorized waste dump sites using remote sensing. *Ecological Questions* 30(3): 43-55. DOI: 10.12775/EQ.2019.018
5. IAEA (International Atomic Energy Agency), 2001, Present and Future Environmental Impact of the Chernobyl Accident: Study Monitored by an International Advisory Committee Under the Project Management of the Institut de Protection et de Surete Nucleaire (IPSN), France. International Atomic Energy Agency.
6. Stocks B.J., Mason J.A., Todd J.B., Bosch E.M., Wotton B.M., Amiro B.D., Flannigan M.D., Hirsch K.G., Logan K.A., Martell D.L., Skinner W.R., 2002, Large forest fires in Canada, 1959–1997. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 107(D1), FFR 5-1-FFR 5-12. <https://doi.org/10.1029/2001JD000484>
7. Millán M.M., Estrela M.J. & Badenas C., 1998, Synoptic analysis of meteorological processes relevant to forest fire dynamics on the Spanish Mediterranean coast, [in:] J.M. Moreno (ed.), *Large forest fires*, p. 1-30. Backhuys Publishers, Leiden.
8. Wagner C.V., 1977, Conditions for the start and spread of crown fire. *Canadian Journal of Forest Research* 7(1): 23-34. <https://doi.org/10.1139/x77-004>



9. Dimitrakopoulos A., Gogi C., Stamatelos G. & Mitsopoulos I., 2011, Statistical analysis of the fire environment of large forest fires (> 1000 ha) in Greece. *Polish Journal of Environmental Studies* 20(2): 327-332.

10. Evangelidou N., Balkanski Y., Cozic A., Hao W.M. & Møller A.P., 2014, Wildfires in Chernobyl-contaminated forests and risks to the population and the environment: A new nuclear disaster about to happen?. *Environment International* 73: 346-358. DOI: 10.1016/j.envint.2014.08.012

11. Cary G.J., Keane R.E., Gardner R.H., Lavorel S., Flannigan M.D., Davies I.D., Chao Li, James M. Lenihan, T. Scott Rupp, Mouillot F., 2006, Comparison of the sensitivity of landscape-fire-succession models to variation in terrain, fuel pattern, climate and weather. *Landscape Ecology* 21(1): 121-137. <https://doi.org/10.1007/s10980-005-7302-9>

12. Ragimov S., Sobyna V., Vambol S., Vambol V., Zakora A., Strejekurov E., Shalomov V., 2018, Physical modelling of changes in the energy impact on a worker taking into account high-temperature radiation. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 91(1): 27-33. DOI: 10.5604/01.3001.0012.9654.

13. Garger E.K., Kashpur V., Paretzke H.G. & Tschiersch J., 1998, Measurement of resuspended aerosol in the Chernobyl area. *Radiation and Environmental Biophysics* 36(4): 275-283. <https://doi.org/10.1007/s004110050082>

14. Azarov S.I., Yeremenko S.A., Sydorenko V.L., Smirnova O.M., Biloshyts'kyi M.V., Vlasenko Y.E.A., Prus'kyi A.V., & Sereda Y.U.P. 2016, Naukovi zasady zakhystu naselennya i terytoriy vid naslidkiv lisovykh pozhezh z radiatsiyno nebezpechnymy faktoramy. TOV „Interdruk”, Kyiv, 203 pp. [https://lg.nmc.dns.gov.ua/files/2019/9/14/NAUKOVI\\_ZASADI.pdf](https://lg.nmc.dns.gov.ua/files/2019/9/14/NAUKOVI_ZASADI.pdf)

15. Smith J.T., Beresford N.A., 2005, Radioactive fallout and environmental transfers, [in:] *Chernobyl — Catastrophe and Consequences*, p. 35-80. Springer Praxis Books, Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/3-540-28079-0\\_2](https://doi.org/10.1007/3-540-28079-0_2)

16. Smith F.B. & Clark M.J., 1989, Transport and deposition of airborne debris from the Chernobyl nuclear power plant accident with special emphasis on the consequences to the United Kingdom. Meteorological Office Scientific Paper, Journal Volume: no. 42. 59 p. ISBN: 0114003580. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/5650933>

17. Herasymenko V., Pertsovyi I. & Rozputnyi O., 2018, Assessment of the radiation safety of the rural population of the Central forest-steppe of Ukraine in the remote period after the Chernobyl catastrophe. *Technology Transfer: fundamental principles and innovative technical solutions*, 2018, 30-33. DOI: 10.21303/2585-6847.2018.00768

18. Kashparov V.A., Levchuk S.E., Otreshko L.N. & Maloshtan I.M., 2013, Contamination of agricultural production with  $^{90}\text{Sr}$  in Ukraine at the late phase of the Chernobyl accident. *Radiatsionnaia Biologiia, Radioecologia* 53(6): 639-650.

19. Salbu B., Kashparov V., Lind O.C., Garcia-Tenorio R., Johansen M.P., Child D.P., Roos P., Sancho C., 2018, Challenges associated with the behaviour of radioactive particles in the environment. *Journal of Environmental Radioactivity* 186: 101-115. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.09.001>

## **A PRELIMINARY INVESTIGATION OF REMNANTS OF BULGARIA'S IN SITU LEACHING (ISL) URANIUM MINING INDUSTRY INFRASTRUCTURE ON THE UPPER THRACIAN PLAIN; "COLD WAR MONUMENTS" – THEIR INDUSTRIAL ARCHAEOLOGY AND EDUCATIONAL POTENTIAL**

**Michael R. Sandy**

***Abstract:** A preliminary investigation is presented of remaining abandoned infrastructure from Bulgaria's in situ leaching (ISL) uranium mining industry on the Upper Thracian Plain. To date a few former ISL mining sites on the Upper Thracian Plain have been identified and investigated using: the computer programme Google Earth; Soviet Military Topographic Maps of Bulgaria at 1: 50 000 scale; site visits including the use of a drone (Unmanned Aerial Vehicle [UAV]) - to make direct observations and take photographs. Remnant structures include ground-level outlines of former structures and the remains of demolished and abandoned concrete structures – buildings, basins and concrete bases that mark the former location of equipment and storage tanks that held chemicals. Pipelines, machinery, and storage structures (e.g., holding tanks) were removed soon after the cessation of ISL mining activity. It is close to 30 years now since the last of Bulgaria's ISL uranium mines were active. Although remaining derelict ISL uranium mining sites are typically considered eyesores and of no value, these surviving remnants are monuments to "The Cold War" and its appetite for building a nuclear arsenal. As such, they should not be ignored but considered as sites of historical, scientific, technological, industrial, political, military and economic significance and of educational value for future generations of Bulgarians.*

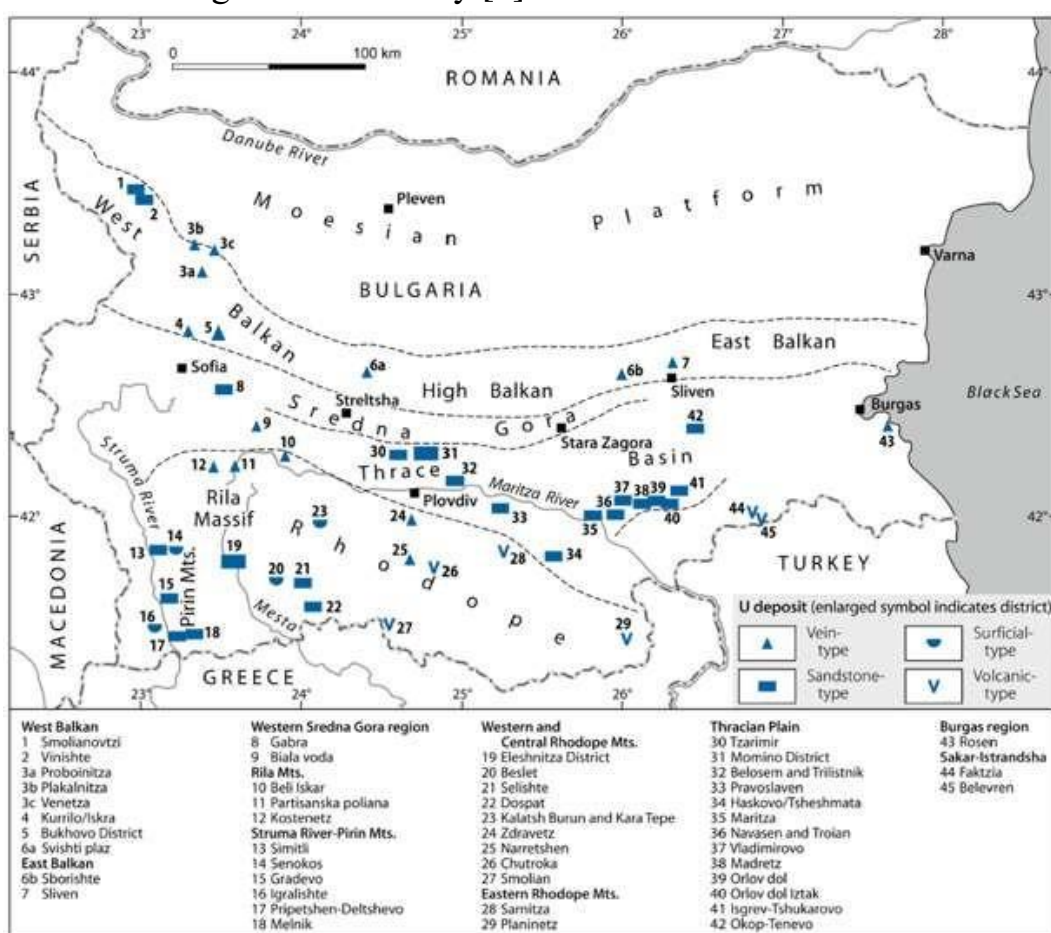
***Keywords:** In situ leaching (ISL), uranium mining, Bulgaria, natural resources, mining infrastructure, mining heritage, industrial archaeology, education*

**Introduction.** "When an industry develops as a result of war and military security, as the nuclear industry has, then it comes as no surprise that the industry is enveloped with secrecy, that the public are not being informed, that governments coddle, protect and cover up for the industry." [1]. This quote is from an article on the history of uranium mining in Canada but clearly it is equally applicable to other countries that began mining uranium for nuclear weapons, including Bulgaria, as supplier to the former USSR.

There is a common tendency to ignore or place little to no significance on our everyday surroundings. The same is true with what remains of the ISL ura-

uranium mining infrastructure “hidden in plain sight” on the Upper Thracian Plain in Central Bulgaria between the Sredna Gora and Rhodope Mountains (Fig. 1). Typically these sites are considered eyesores, “rubbish”, or “trash”. However, what remains of these derelict sites stands as testament to a largely ignored yet important facet of Bulgaria’s recent industrial, economic, and political history.

Uranium mining developed in secrecy in Bulgaria after the Second World War supplying the USSR with enriched uranium for nuclear weapons (missile warheads). Subsequently, the mining also provided nuclear fuel for Bulgaria’s electricity-generating nuclear power reactors at Kozluduy Nuclear Power Plant located on the south bank of the Danube River. The first reactor was commissioned in 1974 and the plant currently produces approximately one-third of Bulgaria’s electricity [3].



**Fig. 1. Location of uranium districts and deposits in Bulgaria. The localities in the Thracian Plain numbered 31 – Momino District and 32 – Belosem and Trillstnik (“Sandstone type”, i.e., ISL uranium mining) are the focus of this study. Source: fig. 2.1 from [2]**

The secretive nature of the industry means that it is still a largely ignored facet of Bulgaria’s industrial heritage. However, it was an important industry for

Bulgaria employing up to 13,000 workers at its height [4]. The development and introduction of “geotechnical mining” (ISL) during the 1960s and 1970s was attractive as it used a reduced labour force compared to “traditional” quarrying and underground shaft mining [4]. It is not a coincidence that the mining of uranium in Bulgaria for the Soviet Union correlates with “The Cold War” (“1947-1990”). The end of Bulgaria’s membership of the Soviet bloc in 1990 exposed the subsidized uranium mining industry to the true market costs of mining. This led to the closing of the uranium mining industry in Bulgaria in 1992. Increased awareness of environmental issues associated with uranium mining has also been cited as another factor resulting in closure of the mines [4].

The intent here is not to give an historical summary of uranium mining in Bulgaria. This industry has been outlined and summarized elsewhere [e.g., 4-8]. The aim here is to make an initial survey of the physical ruins and remains of the ISL uranium mining industry - with the intent of highlighting their contemporary value - and also to make the case that some of these sites have value as monuments of historical and educational value.

**Pilot study - Upper Thracian Plain.** Two sites of ISL uranium mining are included herein: one located between Rakovski and Momino Selo to the north-east of Plovdiv, typically referred to as the Momino site; and Belosem located to the east of Plovdiv (Fig. 1).

The Momino site comprises three discrete infrastructure centres (Fig. 2): two sites, A and B (Fig. 2) are sites of ISL operations including supplying acid solutions for injection wells and collection basins for the resulting leachate/pregnant solution from the extraction wells (Fig. 3 gives an overview of the ISL mining processes); C (Fig. 2) is the administrative center for the ISL mining complex.

Elements of these three centres still exist. At site A (Figs. 2, 4), for example: (i) the largest surviving structure is the divided separation basin (or acid basin) (Fig. 4, Fig. 5C, D) where the uranium-bearing solution (pregnant solution) was pumped to from the extraction wells and then separated from the acid solution, the latter being recycled back into the injection wells for another round of uranium extraction; (ii) there are hexagonal arrangements of concrete pads that look likely sites for where ion-exchange contactors were located [9] (Fig. 5B);

(iii) storage tank facilities can be determined (Fig. 5E); (iv) roadways and ramp structures (Fig. 4); (v) canal structures (Fig. 4); (vi) fragments of broken pvc piping can be found from the mining operation and rarely may even be found in situ (Fig. 5A). All metal components at the site have been removed and were presumably salvaged at the time of the closing of the plant.

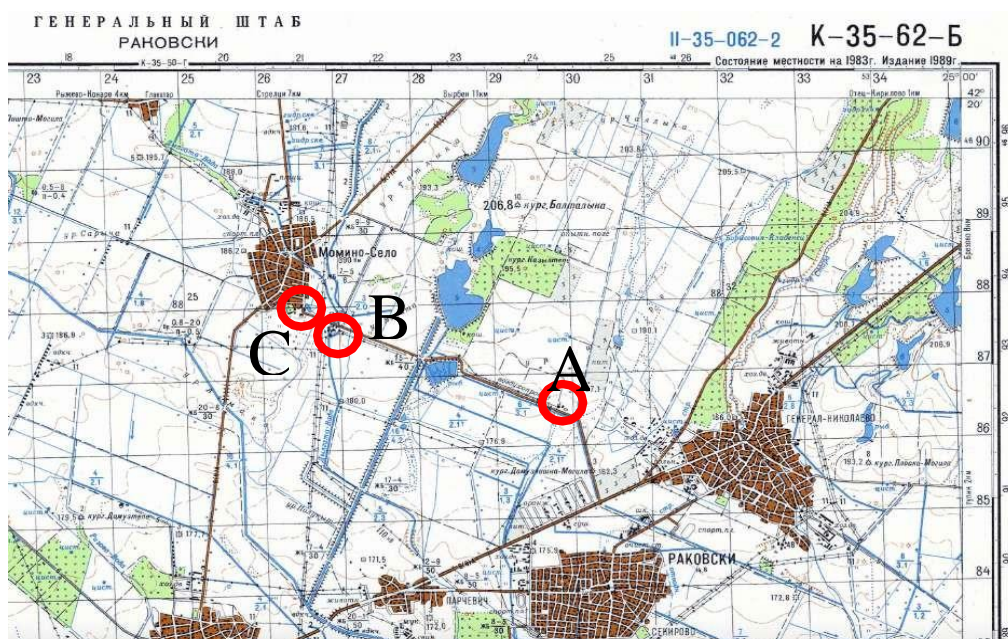
The National Regulatory Agency, Sofia took radiation measurements in the Momino area in 2001 [8; tables 1 and 2]. I have used a held Geiger Counter

(model GQ GMC-500+) to take readings at the Momino ISL sites (Fig. 2) and have not encountered any readings greater than 40 counts per minute (cpm). Normal background is considered 5 – 50 cpm.

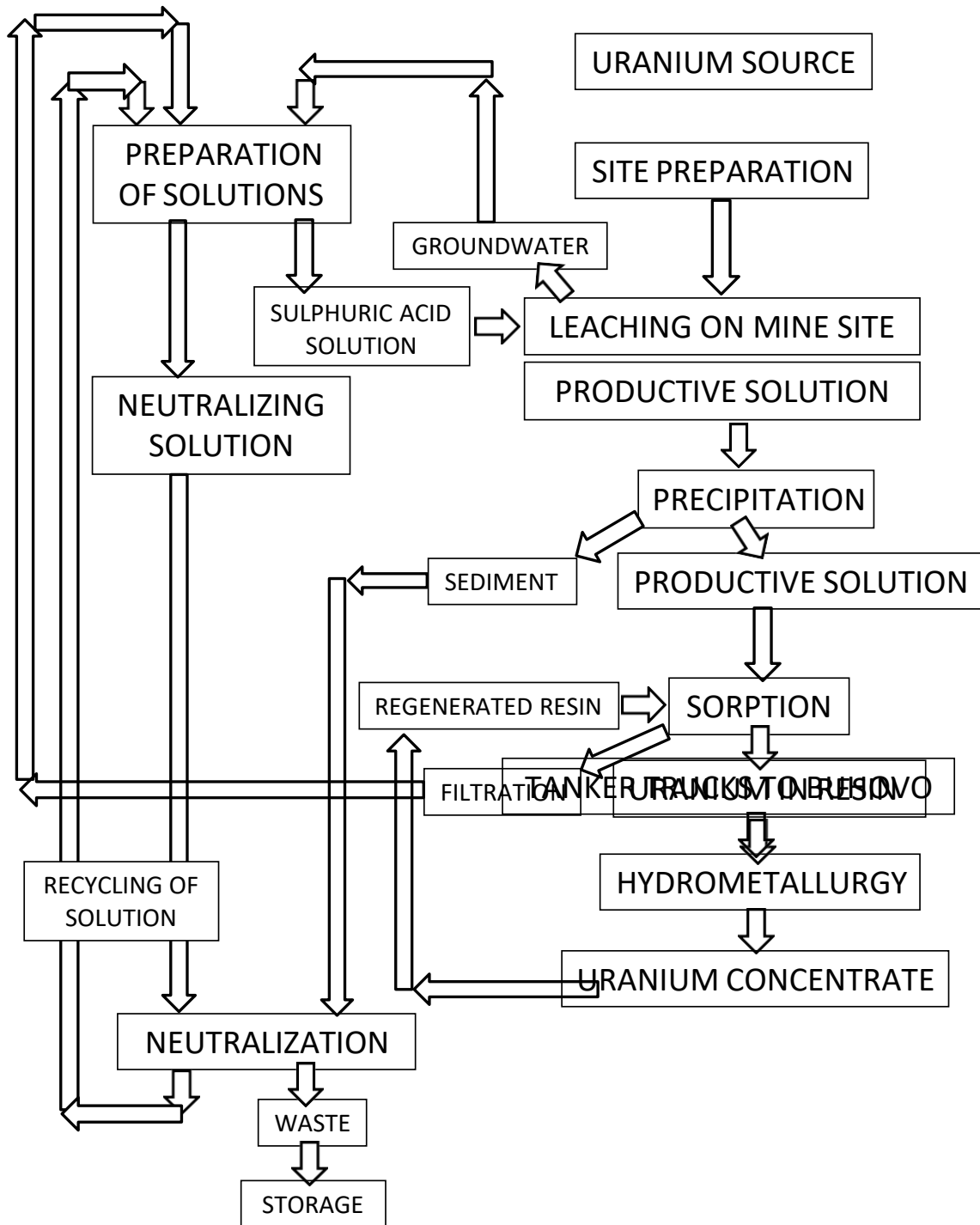
Google Earth also gives access to older satellite images (“historical imagery” tab) which includes some taken at the time of active uranium mining at Momino. However, the Momino area is blurred and illegible in these images (compare Fig. 6A and Fig. 6B). The images have been doctored and censored [10]. What reasonable justification is there to redact images of a closed mining facility from the second half of the twentieth century? The viewer might suspect there is something to hide such as poor mining practices, or it is simply a function of the paranoia surrounding the culture of secrecy.

One ISL site that has been investigated remotely during this study is Belosem [e.g., 2]. The final remains of an ISL facility at Belosem (Fig. 7A) were only recently demolished and built upon (Fig. 7B). These images show that a separation basin, concrete piers for storage tanks, and an access loop road survived until late 2020.

**Fig. 2. Excerpt from Soviet Military Map for Rakovski, Plovdivska K-35-62-B, 1:50**



**000 scale [10], showing location of sites associated with ISL uranium mining at Momino indicated by the red circles labelled A, B, and C. Numbered grid lines on the map delimit 1 km x 1 km squares.**

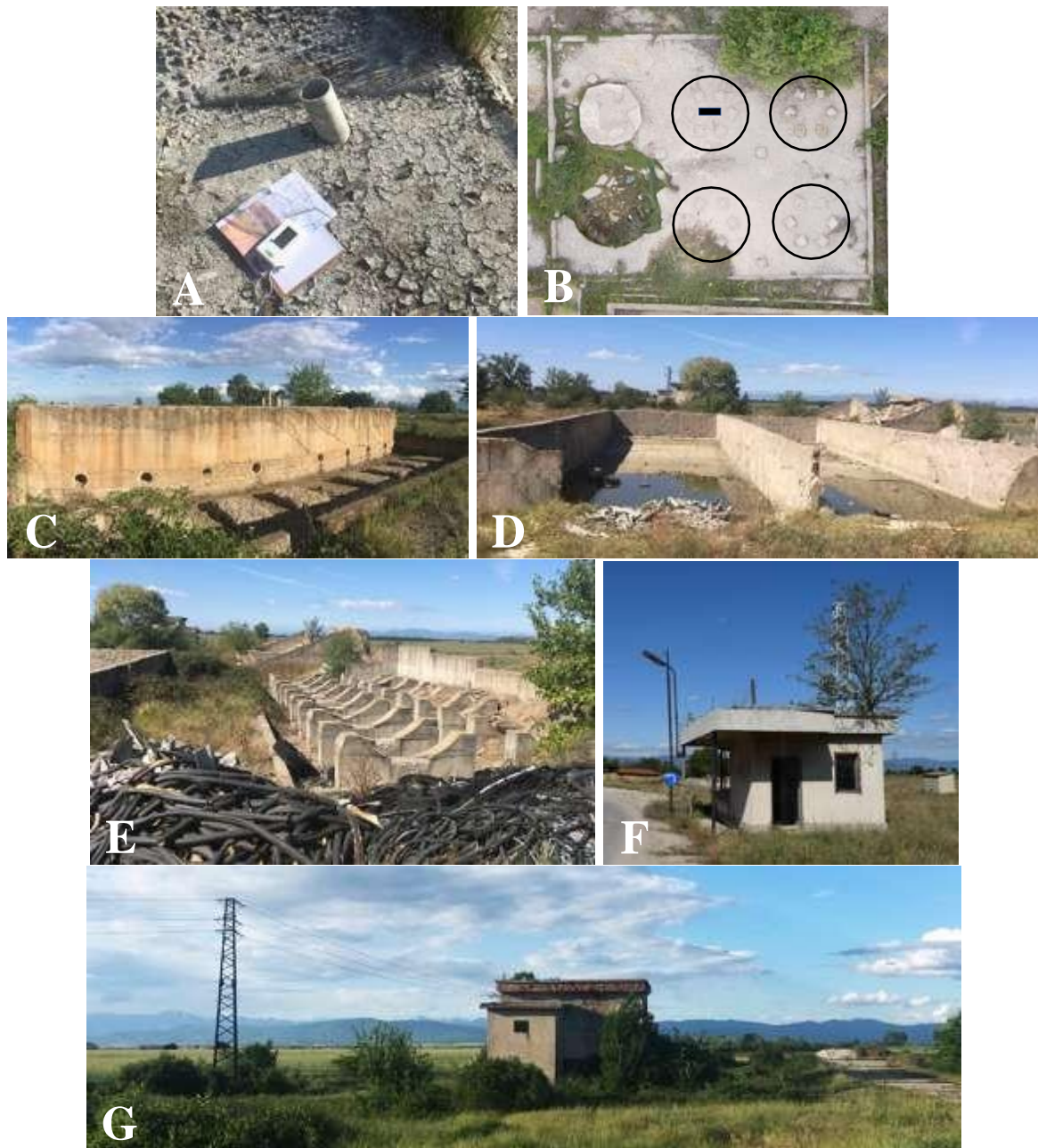


**Fig. 3. Generalized flow chart for geotechnical uranium production, also referred to as in situ leaching. This figure gives a good overview of the processes in ISL uranium mining. The final phases of producing uranium concentrate occurred at the Buhovo facility. Source for diagram, fig. 5 from [12].**



**Fig. 4. Momino ISL site along the road from Rakovski to Momino Selo. Some of the identified features are labelled: AR = access road; CS = canal structure; E = electrical supply building; EP = electricity pylon and supply cables; R = ramp; SB = separation basin; T = site for storage tanks. This has become a popular site for dumping rubbish – see by the “North” arrow for example. Scale bar on left margin = ca. 25 m, each subdivision = ca. 5 m. Arrow points to the North. Drone (UAV) photograph, June 2021.**





**Fig. 5. Features seen at ISL uranium mining sites at Momino (A-E, G location A, Fig. 2; F location C, Fig. 2). A) in situ pvc pipe (A4 clipboard for scale); hexagonally arranged concrete pads (inside dashed black circles). A larger concrete pad is seen in the upper-left. Black scale bar in top-left circle = 1 m in length; C) western end of separating basin; D) eastern end of separating basin; two rows of concrete piers (right) that supported tanks; northern wall of separating basin on the left; dumped rubbish in the foreground; F) gate house that marked a private road during mining; in the years following mining this became a toll house & gate - the toll road was a short cut to Momino Selo from Rakovski without having to pass through Stryama; G) Electrical supply building with view to the North of the Sredna Gora and Stara Planina Mountains. Photographs taken June – September 2021.**

The recovered uranium was combined with resin (Fig. 3) and transported by road from Momino to Buhovo near Sofia by Russian military Kamaz tanker trucks (comparable to the vehicle shown in Fig. 8). At Buhovo the uranium was further processed and concentrated (Fig. 3) before its subsequent onward journey to the USSR to become incorporated into the Soviet nuclear arsenal. The tanker trucks (Fig. 8) left Buhovo - returning to Momino, their tanks loaded with regenerated resin for use at the ISL mining plant.

**The Future?** I hope that this article at least draws attention to some of the structures and sites that still remain from the ISL uranium mining that ended close-on 30 years ago, as one episode of Soviet-Bulgarian interaction terminated. With passing time maybe these localities will come to be viewed in a different, more favourable light, as an educational opportunity. Perhaps one of these sites could be developed and conserved as an educational facility and field-trip destination for schools and the public. These sites have multidisciplinary relevance to Bulgaria's multifaceted history including: industrial; economic; military; political; scientific; and technological.

There may be errors in my interpretations herein. I would appreciate any corrections of content and feedback on the mining site structures and buildings and their role in the processes involved in ISL uranium mining. I would like to identify in more detail the various processes carried out within the infrastructure at the sites. Thus the processes in the "flow-chart" of Fig. 3 herein could be indexed to a map of a facility. I would also be grateful for any information on ISL uranium mining sites in Bulgaria and ideas about where to find any archival information that might still exist for this industry that was cloaked in secrecy.

**Acknowledgements:** Thanks to all those who have provided information regarding ISL uranium mining. Special thanks to Prof. Dr. Nikolay Dolchinkov, National Military University "Vasil Levski", Veliko Tarnovo, Bulgaria for assistance and encouraging participation in the meeting.



**Fig. 6. (above) Site of former ISL uranium mining facility near Momino, (location B, Fig. 2). A) aerial view showing remaining mining infrastructure on 27 February 2014. The long building with the white roof housed air compressors; it is currently used as a cattle shed; B) inset - the same areal area shown in 6A during active mining. Image is “blurred”, i.e., censored, dated 31 December 1985. Images from Google Earth.**



**Fig. 7. Images of former ISL uranium mining site south of Belosem. A) An access loop road and separation basin are visible, 25 March 2007; B) subsequent development of the site and remaining mining infrastructure demolished, 23 November 2020. Images from Google Earth.**



**Fig. 8. Soviet military Kamaz tanker trucks similar to this one were used to transport the uranium to Buhovo. The vehicle shown is a Kamaz-5320 model produced from 1976; this one carries petroleum. Source: Kamaz Int'l Trading FZE; <https://kamazexport.com/gallery/> Accessed October 2<sup>nd</sup> 2021**

### **Bibliography**

1. Tilman, A. 2009. On the Yellowcake Trail Part One: History of Uranium Mining in Canada. The Watershed Sentinel, June 10, 2009. Accessed November 11, 2021.  
<https://watershedsentinel.ca/articles/yellowcake-uranium-mining-canada/>  
Article also available as a pdf: <https://watershedsentinel.ca/wp-content/uploads/2009/06/Yellowcake%20Series%20WS%2020092010.pdf>
2. Dahlkamp, F. J. 2016. Uranium Deposits of the World. Chapter 2 Bulgaria, 27-55. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. DOI 10.1007/978-3-540-78554-5\_2
3. Nuclear Power in Bulgaria. Updated January 2021. World Nuclear Association, Information Library, Bulgaria. Accessed November 8, 2021.  
<https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/bulgaria.aspx>
4. Dolchinkov, N. T., and Paramonova, T. A. 2019. Overview and analysis of the development of uranium mining in the Republic of Bulgaria. International Scientific Journal “Science, Business, Society”, 4(2): 69-72.
5. Stoikov, H. M., and Bojkov, I. B. 1991. Geology and exploration of uranium deposits. Spector, Sofia, 148 p. (In Bulgarian)
6. Simov, S. D., and Bojkov, I. B. 1992. Case histories and new areas for uranium exploration in Bulgaria. In: New developments in uranium exploration, resources, production and demand. TECDOC-650, IAEA, Vienna, pp. 81-88.
7. Dikov, D., and Bozhkov, I. 2014. Uranium deposits in the Republic of Bulgaria – status and potential. Review of the Bulgarian Geological Society,

75(1-3): 131-137.

8. Dolchinkov, N. T. 2016. Influence of uranium mines in the formation of natural background radiation. International Scientific Journal "Science, Business, Society", 1(5): 55-58.

9. Pool, T. C. 1991. The uranium industry of Bulgaria. NUEXCO – Monthly report on the nuclear industry, July 1991, 275, pp. 20-24. NEUXCO 1991.

10. Korda, M. 2018. Widespread Blurring of Satellite Images Reveals Secret Facilities. Article dated December 10, 2018. Federation of American Scientists; © 2021 FAS.org. Accessed October 20, 2021. <https://fas.org/blogs/security/2018/12/widespread-blurring-of-satellite-images-reveals-secret-facilities/>

11. Soviet Military Topographic Maps of Bulgaria, scale 1:50 000. Online source: [http://web.uni-plovdiv.bg/vedrin/index\\_en.html](http://web.uni-plovdiv.bg/vedrin/index_en.html), Accessed November 8, 2021.

12. Danov, D. 2009. Geo-Technological Production of Uranium In Situ – Prospects for Development in Bulgaria up to the Year 2040-50. 3<sup>rd</sup> Balkan Mining Congress, BALKAMINE 2009, Izmir, Turkey, pp. 157-162.

***Author's contact information:***

*Professor Emeritus Michael R. Sandy: ul. "Strandja" 8, Rakovski, Bulgaria - 4150; Department of Geology and Environmental Geosciences, University of Dayton, Dayton, Ohio, USA; E-mail: [msandy1@udayton.edu](mailto:msandy1@udayton.edu)*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ  
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ  
ПОСЛЕДСТВИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА  
РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

**Татьяна Маглевана, Виктор Долин, Сергей Вамболь,  
Евгений Яковлев**

**USE OF AEROSPACE TECHNOLOGIES TO ASSESS  
RADIOECOLOGICAL CONSEQUENCES OF FOREST FIRES  
IN RADIOACTIVELY CONTAMINATED AREAS**

**Tatyana Maglyovana, Viktor Dolin, Sergij Vambol, Evgeniy  
Yakovlev**

***Abstract:** The paper presents an analysis of the consequences of forest fires in March-April 2020 on the radioactively contaminated territory of the Narodichsky district of the Zhytomyr region. On the basis of satellite remote sensing data, the total burnup area and the amount of radionuclides that entered the surface layer of the atmosphere as a result of these fires were calculated. The estimated nature of the values of individual exposure doses to the population of radioactively contaminated areas has been carried out.*

***Key words:** forest fires, radioactively contaminated territories, forest ecosystems, radioactive contamination, migration of radionuclides, smoke aerosols, dose loads.*

**Актуальность проблемы.** Авария на Чернобыльской АЭС кардинальным способом изменила жизнь не только на прилегающих к ней территориях, а и в самом обществе. Поступления в окружающую среду техногенных радионуклидов, которые воздушными массами и поверхностным стоком были перенесены на большие расстояния в первые дни и недели этой трагедии стало причиной возникновения острой проблемы радиоактивно загрязненных территорий [1]. Главную барьерную функцию на значительной территории распространения радионуклидов выполнили лесные экосистемы. Это связано с тем, что лесные экосистемы

могут создавать активное аэродинамическое торможение при вхождении приземной воздушной массы в их кроны и фильтровать воздушные потоки, эффективно сорбируя радиоактивные частицы [2] с преимущественным содержанием долгоживущих радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  с периодом полураспада около 30 лет. Наибольшее количество максимально загрязненных лесных экосистем (без учета 30-ти километровой зоны) расположены на территории Житомирской области. Здесь есть в наличии лесные массивы, где запрещена какая-либо хозяйственная деятельность - 32,4 тыс. га и где внедрен обязательный радиоэкологический контроль за продукцией лесного хозяйства (66,7 тыс. га) [2].

На сегодняшний день, лесные экосистемы как в самой зоне отчуждения, так и на прилегающих к ней территориях, являются долговременным источником радиационно-экологической опасности. Радионуклиды, которые мигрировали в почву, прочно закрепляются и увлекаются в биологический круговорот, что дает основание прогнозировать пространственно-временную динамику радиационной ситуации на данных территориях при отсутствии кризисных явлений, таких как пылевые бури, лесные пожары, смерчи, сильные ливни, землетрясения. Данные явления нарушают целостность лесной экосистемы и ее барьерную функцию, что влияет на растительность, почву, гидрохимический, геохимический, тепловой балансы и способствуют вторичному радиоактивному загрязнению относительно чистых территорий, увеличивая дозовую нагрузку [1].

Одним из основных факторов увеличения неконтролируемой дозовой нагрузки на окружающую среду и людей являются лесные пожары, в результате которых повышается миграционная способность дозообразующих радионуклидов. Особенно опасными являются пожары в ближней зоне отчуждения, где в почве сохранились нерастворимые высокоактивные частицы радиоактивных элементов [3].

В результате пожаров погибает растительность, их корневая система больше не поглощает радионуклиды в корнеобитаемом слое почвы, а мобильные формы радионуклидов взаимодействуя с компонентами почвенного комплекса, перераспределяются по почвенному профилю в результате процессов вертикальной миграции. Это приводит к изменению миграционной подвижности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в верхнем слое почвы [3]. Одновременно происходит образование радиоактивных частиц на основе продуктов озоления древесины и лесной подстилки, обладающих аэродинамическими свойствами и переносимых ветровыми потоками на значительные (более 100 км) расстояния.

Статистика лесных пожаров последних лет говорит о их масштабности и продолжительности как в самой зоне отчуждения, так и на прилегающих к ней территориях. За период с 1993 по 2020 гг. на территории Чернобыльской зоне отчуждения произошло более 1800 лесных пожаров различного вида и интенсивности, охвативших площадь более 100 тыс. га загрязненных радионуклидами территорий с ориентировочным запасом сухой радиоактивно загрязненной древесины примерно 25 млн.м<sup>3</sup>. В 2015-2016 гг. и весной 2020 в Чернобыльской зоне отчуждения наблюдались беспрецедентные по количеству, масштабу и продолжительности лесные пожары [4]. А пожары весной 2020 года (рис.1) были самыми масштабным на радиоактивно загрязненных территориях [5-6]. Эти пожары привели к значительной миграции радионуклидов, увеличению удельной объемной активности радионуклидов в приземном слое воздуха на 2-3 порядка [7 - 12].



Рис. 1. – Фрагмент космического снимка NASA от 9 апреля 2020 года

В результате это привело к ухудшению радиационно-экологического состояния окружающих территорий и увеличения риска ингаляционного и перорального облучения населения, а также личного состава участников пожаротушения. Таким образом, лесные пожары на радиоактивно загрязненных территориях Украины – это социально-экологическая проблема, которая требует усовершенствования существующих систем управления рисками и использования комплекса краткосрочных и долгосрочных мер по их снижению [13].



**Результаты и обсуждение.** В качестве территории исследования выбран Народичский район Житомирской области, которая как по площади загрязненных радионуклидами территорий, так и по уровням облучения населения является одной из наиболее пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС [14-15]. В последние годы дозы внутреннего облучения населения значительно снизились, но самые высокие уровни внутреннего облучения жителей Житомирской области, в настоящее время, регистрируются в населенных пунктах Народичского, Овручского, Лугинского районов [15]. Основная часть дозы внутреннего облучения у жителей населенных пунктов Народичского района, формируется за счет потребления местных радиоактивно загрязненных продуктов домашнего и лесного хозяйства [15], что и определило данную территорию объектом исследования с учетом возможных радиационных дозовых нагрузок в результате лесных пожаров на радиоактивно загрязненных территориях и при использовании продукции лесного хозяйства.

В работе были использованы данные спутникового дистанционного зондирования Земли двух типов сенсоров: радиометра видимого инфракрасного съема VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) и спектрорадиометера среднего разрешения MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) [16]. VIIRS установлено на двух спутниках: негеостационарном экологическом спутнике США NOAA-20, который входит в Объединенную полярную спутниковую систему, предназначенную для прогноза погоды и мониторинга климата, а также на спутнике Suomi NPP, который принадлежит Национальному управлению океанических и атмосферных исследований США. Огневой слой VIIRS показывает активные выявления и тепловые аномалии для изучения пространственного и временного распространения огня, и поиска горячих точек, для выявления источника загрязнения от дыма.

Данные VIIRS позволяют выявлять очаги пожара в режиме реального времени. Продукт VIIRS Fire and Thermal Anomalies доступен в общем спутнике NASA / NOAA Suomi-National Polar orbiting Partners (S-NPP) и NOAA-20 (JPSS-1). Инструменты дистанционного мониторинга типа MODIS установлено на спутниках Terra и Aqua (EOS AM-1) - транс национальных научно-исследовательских спутниках на солнечно-синхронной орбите вокруг Земли, управление которыми осуществляет NASA [16]. Поверхностные и тепловые аномалии MODIS показывают активные центры выявления огня и тепловые аномалии, для выявления источника загрязнения воздуха от дыма, что может оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье человека.

Продукт MODIS Fire and Thermal Anomalies доступен со спутников Terra (MOD14) и Aqua (MYD14), а также комбинированного продукта Terra и Aqua (MYD14). Орбита Terra (MYD14) проходит с севера на юг через экватор утром, а Aqua (MYD14) проходит экватор днем с юга на север, что повышает плотность сканирования и достоверность оценки параметров пожаров. Данные тепловых аномалий со спутников Aqua и Terra (спектрометр MODIS) регулярно загружаются с использованием бесплатных справочных материалов NASA (рис.2).



**Рис. 2. – Формирование очагов пожара (09.04.2020) по данным продукта NASA**

Анализ снимков выполнен по информации открытого доступа по данным наблюдений, а также пространственного анализа зон выгорания по данным инструментов NASA (рис.3).

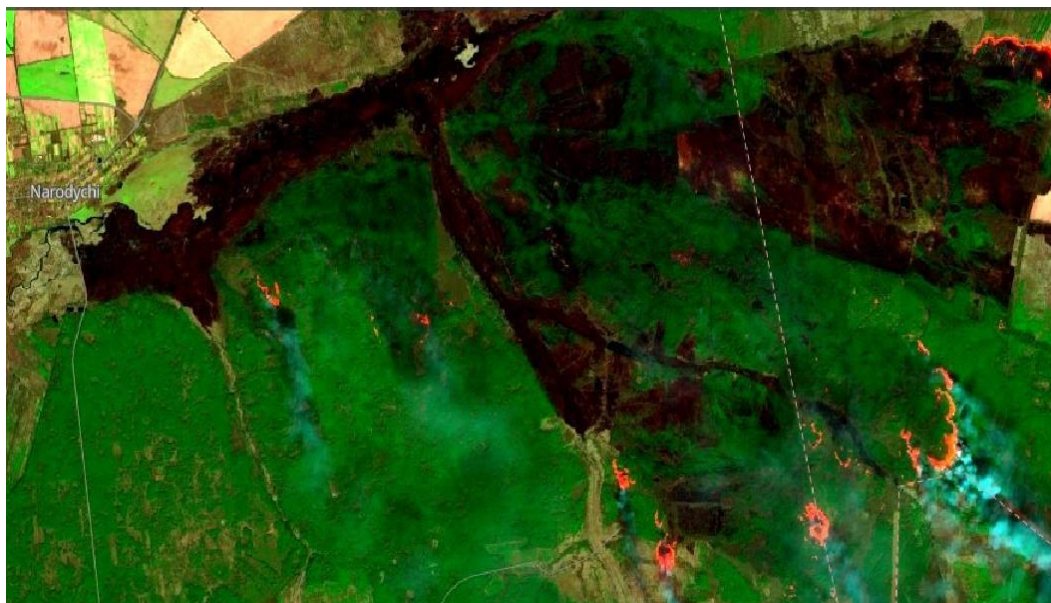


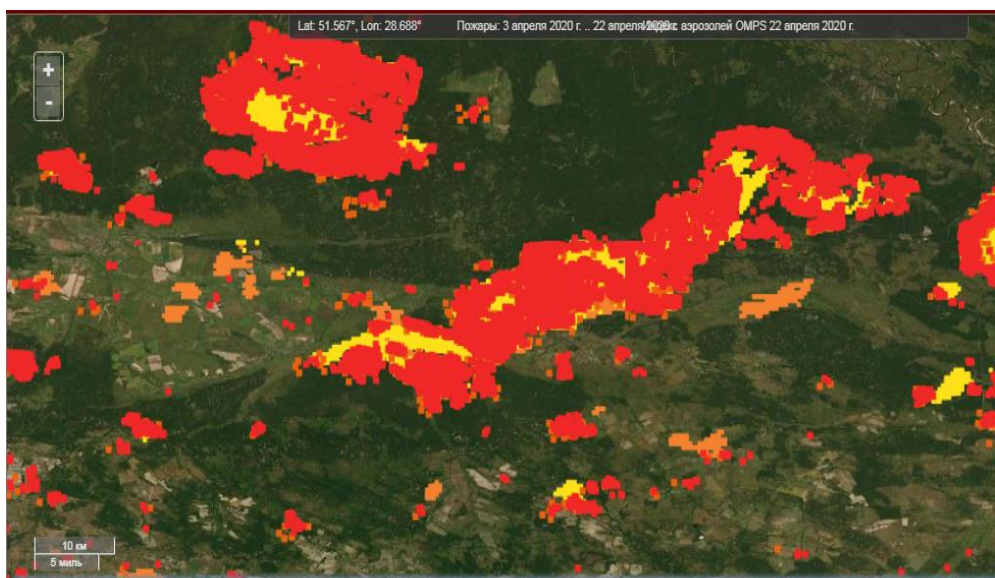
Рис. 3. – Зоны выгорания по данным инструментов NASA (район Народичи)

Для расчета площадей пожаров и интеграции их территории по плотности загрязнения использовались тематические слои карт [17] и геоинформационные инструменты. Площади выгорания во время пожаров, учитывались для двух основных категорий ландшафтов: леса и луга. В категорию леса попадали все территории, покрытые древесной растительностью (хвойные и лиственные). Площади водных объектов, дороги и другие техногенные объекты не учитывались для подсчета площадей возгорания. Интегральные выбросы радионуклидов рассчитывали, как произведение величины пространственной плотности выпадения радионуклидов ( $\text{Бкм}^{-2}$ ) на площадь сожженных территорий ( $\text{м}^2$ ), на основе MODIS с применением коэффициентов выбросов [18].

Что касается коэффициентов выбросов радионуклидов, то в исследованиях [19] сообщается, что около 20% лабильных радионуклидов могут быть перераспределены после пожаров в приземную атмосферу из почвы и до 40–100% из биомассы [20-21]. Исследования [22-23] показывают, что эти коэффициенты выбросов составляют 4–10%. В лабораторных условиях установлены коэффициенты выбросов  $^{137}\text{Cs}$  для биомассы, которые составляют 1-2,5% [24]. Что касается  $^{90}\text{Sr}$  и ТУЭ, существует ограниченное количество измерений коэффициентов выбросов от сжигания биомассы [10, 23], где показано, что ресуспензия незначительно влияет на уровень радиоактивного загрязнения приземной атмосферы и биогеоценозов. На основе данных о радиоактивном загрязнении территорий Народичского района [17], параметров

## Радиационная безопасность в съвременния свят' 2021

спутникового дистанционного зондирования Земли, а также продуктов вычислений WorldView проведен расчет объема радионуклидов, поступившем в приземный слой атмосферы вследствие пожаров в марте - апреле 2020 года (рис.4).



**Рис. 4 - Суммарная площадь пожаров на территории Народичского и Овручского районов на основе продуктов MODIS в марте (желтый) и апреле (красный) 2020г.**

Для расчетов дальнего переноса (более 10 км) использовали оценку выноса при пожарах для  $^{137}\text{Cs}$  5%, а для  $^{90}\text{Sr}$  и  $\Sigma\text{Pu}$  - 0,2% от запасов радиоактивности в горючем материале (консервативный подход) [18]. По консервативным расчетам на основе MODIS величина выброса из зоны активного пожара, на территорию Народичского района в марте - апреле 2020 года составляет до 110,4 ГБк. Площадь сожженных территорий Народичского и Овручского районов достигает 108,12 км<sup>2</sup> (рис. 4).

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

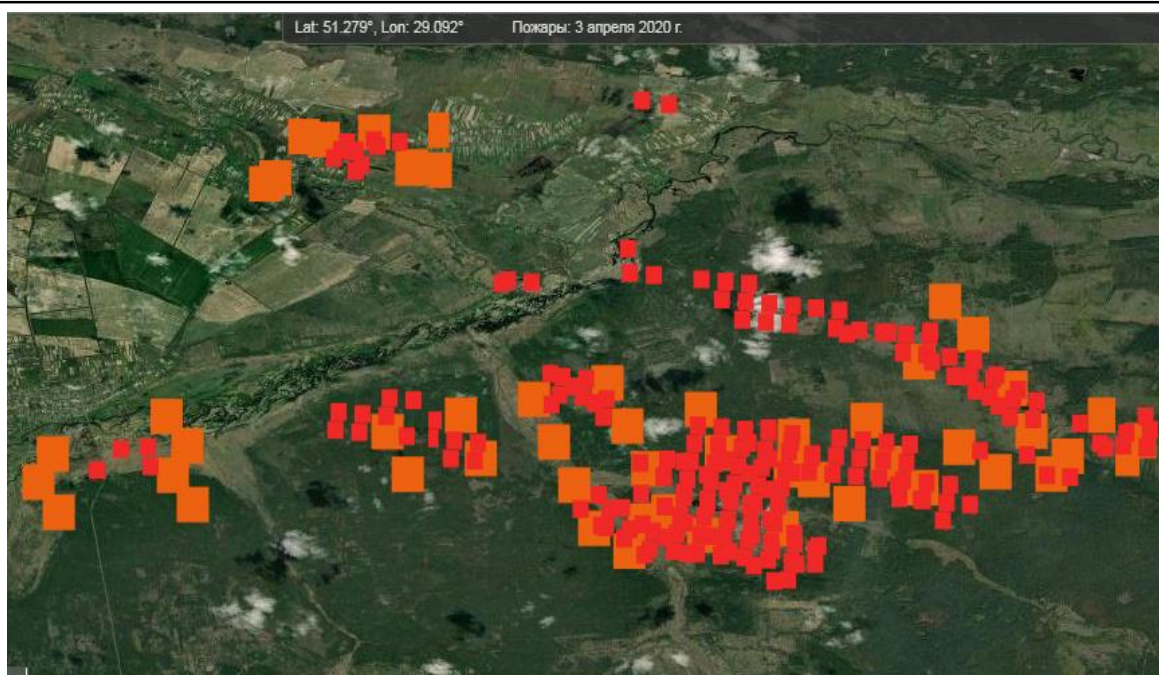


Рис. 5. – Формирование очагов пожара (03.04.2020) на основе продуктов MODIS

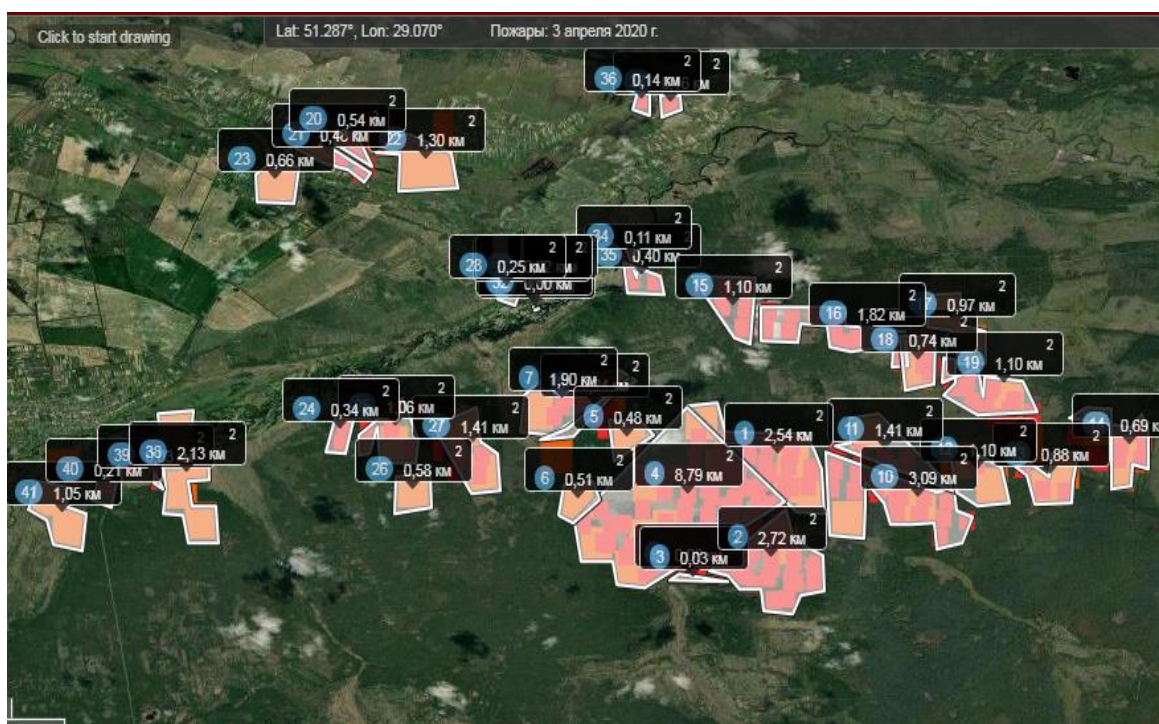


Рис. 6. – Суммарная площадь пожаров на территории Народичского района 03.04.2020 на основе продуктов MODIS

На основе данных MODIS рассчитывали суммарную площадь горения и количество активных пожаров в день на территории Народичского района. Суточный объем радионуклидов поступивший в приземный слой атмосферы может составлять до 64,7 ГБк (03.04.2020):  $^{137}\text{Cs}$  - 64514 МБк,  $^{90}\text{Sr}$  - 148,42 МБк,  $\Sigma\text{Pu}$  - 0,406 МБк, а суммарная площадь пожара (рис. 6) до 41,06 км<sup>2</sup>.

Используя отчеты Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям, данные дистанционного зондирования Земли и дозовые нагрузки населения радиоактивно загрязненных территорий Народичского района Житомирской области, проведена параметризация дозовых нагрузок населения радиоактивно загрязненных территорий Народичского района Житомирской области в зависимости от площади и количества лесных пожаров [1]. Проявление влияние лесных пожаров на формирование дозовых нагрузок населения территории района ожидается через 1-2 года после лесного пожара [1], то есть в 2021-2022 гг., в результате восстановления лесной продукции в условиях увеличения мобильности радионуклидов в лесных почвах, что ведет к загрязнению трофических цепей.

Следует отметить, что расчёты носят оценочный характер, так как точность определения численных значений индивидуальных доз облучения населения радиоактивно загрязненных территорий зависит от множества факторов, которые при моделировании могут быть учтены не в полной мере.

**Выводы.** Лесные пожары выступают катализаторами опасных изменений параметров радиоактивного загрязнения экосистем. С учетом прогнозируемого изменения климата следует ожидать увеличения радиационных рисков жизнедеятельности населения, связанных с лесными пожарами на радиоактивно загрязненных территориях. Повышение эффективности мер по предотвращению и минимизации негативных последствий лесных пожаров требует внедрения современных веб-платформ, сочетающих использование геоинформационных технологий, данных дистанционного зондирования для своевременного их выявления и комплексной оценки рисков жизнедеятельности, в том числе на территориях повышенной радиационно-экологической опасности. Это может способствовать повышению достоверности прогнозирования и эффективности предупреждения лесных пожаров за счет передачи современных знаний между различными субъектами, участвующими в тушении пожаров, а также для оценки рисков здоровью населения и участников пожаротушения на загрязненных радионуклидами территориях.

### Литература

1. Магльована Т. В. Наукові основи використання гуанідинових сполук для підвищення екологічної безпеки життєдіяльності населення радіоактивно забруднених територій: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: спец. 21.06.01 „Екологічна безпека” / Магльована Тетяна В'ячеславівна; М-во захисту довкілля та природних ресурсів України, Держ. еколог. акад. післядипломної освіти та управління. – Київ, 2021. – 42 с.

2. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий / Под ред. чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой и проф. С.В. Фесенко М.: РАН. – 2018 – 278 с.

3. Final Report Assessment of the Distribution of Radionuclides and Impact of Industrial Facilities in the Chernobyl Exclusion Zones under the GEF project “Conserving, Enhancing and Managing Carbon Stocks and Biodiversity in the Chernobyl Exclusion Zone” Reporting period 01 November 2017 – 31 March 2018.

4. Evangeliou N., Zibtsev S., Myroniuk V., Zhurba M., Hamburger T., Stohl A, Balkanski Y., Paugam R., Mousseau T., Moller A., Kirieiev S. (2016). Resuspension and atmospheric transport of radionuclides due to wildfires near the Chernobyl Nuclear Power Plant in 2015: An impact assessment / Scientific Reports 6: 26062-26075, 14 p.

5. Електронний ресурс <https://rubryka.com/ru/2020/04/10/chornobyl-pozhezha-foto/>

6. Електронний ресурс <https://www.ukrinform.ru/rubric-technology/3003274-nasa-pokazala-masstabnyj-pozar-pod-cernobylem-iz-kosmosa.html>

7. Evangeliou, N., Eckhardt, S. (2020) Uncovering transport, deposition and impact of radionuclides released after the early spring 2020 wildfires in the Chernobyl Exclusion Zone. Sci Rep. Vol. 10. Pp.10655

8. Thiry Y., Colle C., Yoschenko V. et al. Impact of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantings on long term <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr recycling from a waste burial site in the Chernobyl red Forest // J. of Environmental radioactivity. - 2009. - Vol. 100, Iss. 12. - P. 1062 - 1068.

9. Kashparov V.A., Lundin S.M, Kadygrib A.M. et al. Forest fires in the territory contaminated as a result of the Chernobyl accident: radioactive aerosol resuspension and exposure of fire-fighters // J. of Environmental Radioactivity. - 2000. - Vol. 51. - P. 281 - 298.

10. Yoschenko V.I., Kashparov V.A., Levchuk S.E. et al. Resuspension and redistribution of radionuclides during grassland and forest fires in the

---

Chernobyl exclusion zone: part II. Modeling the transport process // *J. of Environmental Radioactivity*. - 2006. - Vol. 87, Iss. 3. - P. 260 - 278.

11. Гаргер Е. Вторичный подъем радиоактивного аэрозоля в приземном слое атмосферы. - Чернобыль: Ин-т проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2008. - 192 с.

12. Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Руденко О.В. Вивчення процесу надходження радіонуклідів у повітря при пожежах у лісах зони відчуження ЧАЕС // *Проблеми пожарной безопасности*. - 2011. - Вып. 30. - С. 16 - 23.

13. Ager A.A. (2019) The wildfire problem in areas contaminated by the Chernobyl disaster/ A. Ager, R. Lasko, V. Myroniuk, S. Zibtsev, M.A. Day, U. Usenia, V. Bogomolov, I. Kovalets, C. R. Evers // *Science of the Total Environment*. Vol. 696. Pp. 133954.

14. Романчук Л.Д. Радіоекологічна оцінка формування дозового навантаження у мешканців сільських територій Полісся України [Текст]: монографія / Л.Д. Романчук - Житомир: Полісся, 2015. - с.300.

15. Vasylenko V.V, Tsigankov M.Y, Nechaev S.Y, Pikta V.O, Zadorozhna G.M, Bilonyk A.B. (2013) Peculiarities of internal radiation doses due to <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr intake in population from Zhytomyr oblast in a late period after the Chornobyl NPP accident. *Probl Radiac Med Radiobiol*. Vol. 18. Pp. 59-69.

16. Довгий С.О. Моніторинг навколишнього середовища з використанням космічних знімків супутника NOAA / за ред. С. О. Довгого. Київ., 2013. 316 с.

17. Dolin V., Khrushchov D., Magliovana T. et al., Geoinformation modeling of irradiation dose formation for rural population of Narodychy district of Zhytomyr region // XXth International Conference "Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects" Geoinformatics 2021. 11-14 May 2021, Kyiv, Ukraine.

18. Процак В.П., Войцехович О.В., Лаптев Г.В. Оцінка динаміки виносу радіонуклідів за межі зони відчуження повітряним шляхом під час пожежі 02-20.04.2020р. // Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України. – Режим доступу: <https://uhmi.org.ua/msg/fire2020/analytical.pdf>.

19. Paliouris, G., Taylor, H. W., Wein, R. W. et al. Fire As an Agent in Redistributing Fallout Cs-137 in the Canadian Boreal Forest. *Sci. Total Environ*. 160–61, 153–166 (1995).

20. Amiro, B. D., Sheppard, S. C., Johnston, F. L., et al. Burning radionuclide question: What happens to iodine, cesium and chlorine in biomass fires? *Sci. Total Environ*. 187, 93–103 (1996).

21. Horrill, A. D., Kennedy, V. H., Paterson, I. S. et al. The effect of heather burning on the transfer of radiocaesium to smoke and the solubility of



radiocaesium associated with different types of heather ash. *J. Environ. Radioact.* 29, 1–10 (1995).

22. Piga, D. Processus engagés dans la rémanence, au niveau du compartiment atmosphérique, des radionucléides artificiels antérieurement déposés. (2010).

23. Yoschenko, V. I. et al. Resuspension and redistribution of radionuclides during grassland and forest fires in the Chernobyl exclusion zone: Part I. Fire experiments. *J. Environ. Radioact.* 86, 143–163 (2006).

24. Hao, W. M. et al. Cesium emissions from laboratory fires. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 68, 1211–1223 (2018).

## ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ ВУЗА СПОРТИВНОГО ПРОФИЛЯ ОСНОВАМ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Евгений Борисов

## TEACHING OF STUDENTS OF THE UNIVERSITY OF SPORTS PROFILE IN THE BASICS OF RADIATION SAFETY

Evgeniy Borisov

*Annotation: The presented article reveals the problems of teaching students of a physical culture and sports profile to the basics of radiation safety in the context of the safety culture of their professional activities. Key competencies and the need for continuous training in the field of civil defense and life safety are indicated.*

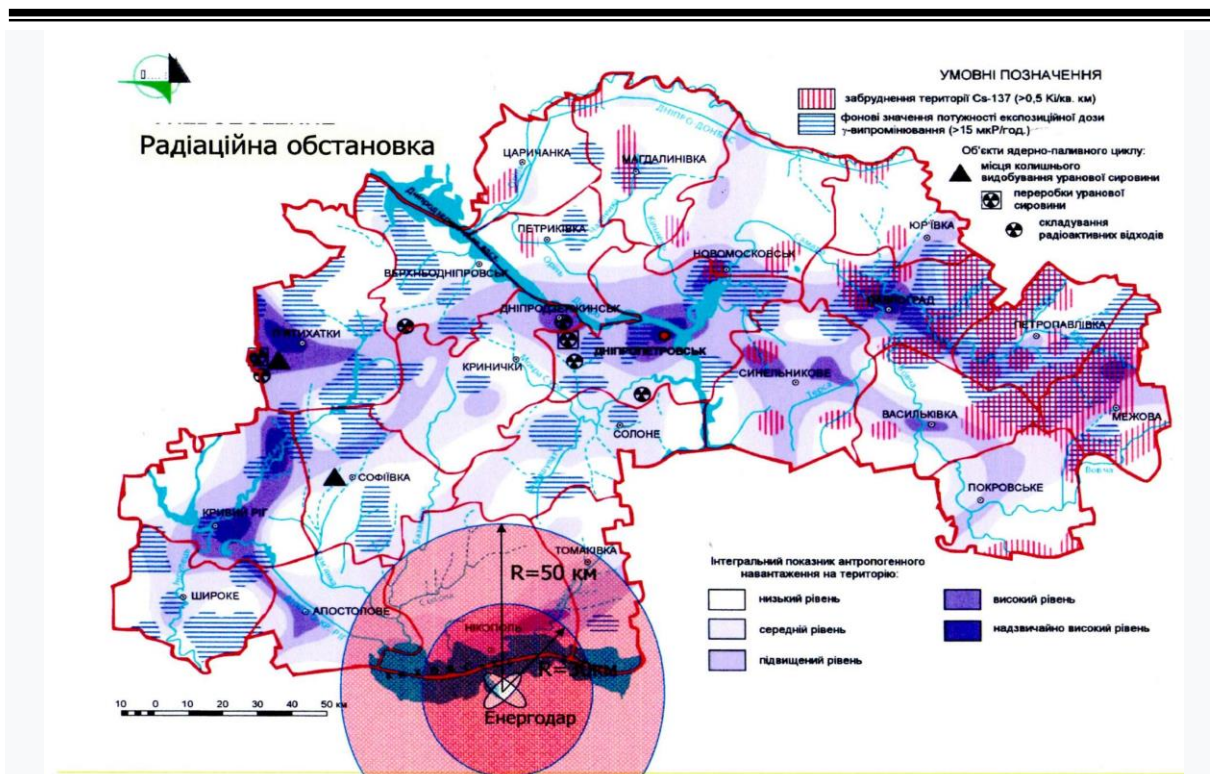
### 1. Введение.

Приднепровский промышленный регион помимо огромной техногенной нагрузки и целого ряда экологических проблем подвержен риску радиационной аварии и радиоактивного загрязнения.

Радиоактивное загрязнение региона обусловлено тем, что более 50 лет на территории области осуществлялись:

- рудничная разработка урановых месторождений;
- подземное выщелачивание урановых руд;
- доменная выплавка урана и железосодержащих руд;
- извлечение солей урана из урановых руд;
- захоронение радиоактивных отходов;
- производство специальных приборов с использованием радиоактивных элементов.

11 хранилищ ядерных отходов возле крупных промышленных городов региона и отдельные участки на территориях этих городов представляют опасность для здоровья людей, где мощность дозы гамма-излучения – от 500 до 3000 мкР/час (Рисунок 1).



**Рисунок 1. Радиационная обстановка в Приднепровском регионе.**

По масштабам и убыткам наибольшую опасность для области может повлечь за собой коммунальная авария на ЗАЭС (г. Энергодар).

При 50% выбросе ядерного топлива из одного реактора мощностью в 1 МВт и определенных условиях для распространения радиоактивных элементов опасным загрязнением может быть охвачено 2/3 территории области [1].

Всё это требует от образовательных учреждений региона подготовки специалистов для разных сфер трудовой деятельности вооруженными обязательными знаниями по „охране труда”, „безопасности жизнедеятельности” и „гражданской обороне”.

## **2. Организация обучения основам радиационной безопасности.**

Приднепровская государственная академия физической культуры и спорта является центром научно-методического обеспечения сферы физической культуры и спорта Приднепровского региона Украины и имеет значительное влияние на развитие физической культуры и спорта в нем.

Выпускники академии становятся высококвалифицированными преподавателями физического воспитания, тренерами, специалистами по оздоровительной физической культуре, физической терапии и эрготерапии.

Студенты ПГАФКиС (г. Днепр, Украина) с элементами радиационной безопасности знакомятся при обучении на бакалавра, изучая воздействие неионизирующего и ионизирующего излучения на организм человека, а уже в магистратуре с основами и средствами защиты от ионизирующего излучения на дисциплине „Гражданская оборона” [2].

Учебная дисциплина „Гражданская оборона” является нормативной дисциплиной, включаемой в учебные планы как самостоятельная дисциплина обязательного выбора. Объем учебного времени для изучения дисциплины „Гражданская оборона” определен государственными требованиями (общий приказ Министерства образования и науки Украины, Министерства Украины по вопросам чрезвычайных ситуаций и по защите населения от последствий Чернобыльской катастрофы и Государственного комитета Украины по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору от 21.10.2010 года, № 969/922/216 „Об организации и совершенствовании обучения по вопросам охраны труда, безопасности жизнедеятельности и гражданской обороны в высших учебных заведениях Украины”).

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов способности творчески мыслить, решать сложные проблемы инновационного характера и принимать продуктивные решения в сфере гражданской обороны с учетом особенностей будущей профессиональной деятельности выпускников и достижений научно-технического прогресса.

Освоив программу учебной дисциплины „Гражданская оборона” магистры в соответствующих направлениях подготовки, должны быть способны решать профессиональные задачи с учетом требований гражданской защиты и иметь следующие главные профессиональные компетенции.

Общекультурные компетенции охватывают:

- умение определить круг своих обязанностей по направлению профессиональной деятельности с учетом задач гражданской защиты;
- знание методов и инструментария мониторинга чрезвычайных ситуаций, построения моделей их развития и оценки их социально-экономических последствий;
- способность принимать решения по гражданской защите в пределах своих полномочий.

Профессиональные компетенции по виду деятельности охватывают:

- проведение идентификации, исследования условий возникновения и развития чрезвычайной ситуации и обеспечения скоординированных действий в соответствии со своими профессиональными обязанностями;
- понимание и разработка превентивных и оперативных (аварийных) мер гражданской обороны;

- интерпретирование новейших достижений в теории и практике управления безопасностью.
- оценка состояния готовности подразделения к работе в условиях угрозы и возникновения чрезвычайной ситуации по установленным критериям и показателям.

Развитие современного высокотехнологичного производства, активное внедрение информационных технологий во все сферы жизни выдвигают определенные требования к профессиональной компетентности современных квалифицированных кадров. Недостаточная компетентность в этой сфере обуславливает возникновение группы риска среди населения занятого в сфере производства и одновременно повышение уровня общественной опасности [3].

### **3. Культура безопасности в практике обучения студенческой молодежи.**

В контексте образовательной проблематики используется также понятие „культура безопасности” как обобщенный социальный опыт безопасной профессиональной деятельности и уровень развития личности, характеризующийся уровнем освоения индивидом накопленного человечеством социального опыта (социальной ответственности) и степенью развития способности его к выживанию в современных условиях.

Понятие „культура безопасности” впервые было сформулировано МАГАТЭ в 1986 г. в процессе анализа причин Чернобыльской аварии. Таким образом, понятие „культура безопасности” является набором правил и особенностей деятельности, организации и поведения персонала, устанавливающего высшим приоритетом личную ответственность и внимание проблемам безопасности [4].

В практике обучения молодежи в вузах реализуются разные составляющие педагогического процесса. Особое место в нем занимает умственное, творческое, эстетическое, физическое и другое воспитание. К последнему относится и привитие основ культуры безопасной деятельности. За последние пять лет в большинстве технических вузов Украины программы дисциплин „Основы радиационной безопасности” и „Культура безопасности” успешно внедрены в учебно-образовательный процесс [5].

Большинство авторов публикаций о „культуре безопасности” указывают на необходимость изучения этой дисциплины в первую очередь будущими специалистами с уровнем компетентности, необходимым для обслуживания высокотехнологичных производств. Указывая при этом, что культуру профессиональной безопасности необходимо формировать во

время непрерывного профессионального обучения при многоступенчатой системе образования.

Студенты вуза физкультурно-спортивного профиля имеют возможность ознакомиться с основами культуры безопасности лишь частично при изучении дисциплин охрана труда, безопасность жизнедеятельности и гражданская оборона. Поэтому выпускник вынужден формировать личную культуру безопасности исходя из того объема знаний и информации, которые он получил при изучении гуманитарных дисциплин.

#### **4. Заключение.**

Для специалистов-выпускников вуза спортивного профиля очень важны умения определить степень безопасности и организовать безопасность своей деятельности. И в первую очередь он должен учитывать, где располагается место его проживания или профессиональной деятельности и от чего в первую очередь он должен защитить себя, близких, воспитанников и коллег.

Выработать алгоритм действий на случай возникновения той или иной чрезвычайной ситуации, заготовить и уметь использовать арсенал доступных средств защиты. Определить приоритеты собственных действий и взаимоотношений с окружающими.

Кроме того, непрерывное образование специалиста в области физической культуры должно постоянно переплетаться с воспитанием его профессиональной культуры безопасности и поведения, на случай, если возникнет угроза здоровью или жизни.

#### **Литература:**

1. Скрипченко І.Т., Борисов Є.В. Конспект лекцій з дисципліни „Цивільний захист”. – Дніпро: Видавництво ПФ „Стандарт-сервіс”, 2018. – с.21-27.

2. Робоча програма навчальної дисципліни „Цивільний захист”, <http://infiz.dp.ua/misc-documents/op2-VF/op2-014vf-rp2018-06.pdf>

3. Кулалаєва Н. В.Формування культури безпеки в сучасній професійній освіті / Н. В. Кулалаєва // Збірник наукових праць [Херсонського державного університету]. Педагогічні науки. - 2013. - Вип. 64. - С. 274-278. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znppn\\_2013\\_64\\_59](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znppn_2013_64_59).

4. Романів Л. В. Культура безпеки, як складова базової культури особистості / Л. В. Романів, О. В. Пішак, Р. Р. Бойчук // Молодий вчений. - 2017. - № 3.1. - С. 238-241. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv\\_2017\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2017_3).

5. Робоча програма навчальної дисципліни „Основи радіаційної безпеки”, [http://univer.nuczu.edu.ua/tmp\\_metod/2303/RP\\_ORB\\_him\\_teh.pdf](http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/2303/RP_ORB_him_teh.pdf)

*Адрес и реквизиты:*

*Евгений Борисов, старший преподаватель*

*ПГАФКиС, ул. Набережная Победы, 10, г. Днепр, 49094, Украина*

*e-mail: iue33@ukr.net*

## АСПЕКТИ НА РАДИАЦИОННАТА ЗАЩИТА ПРИ ЛИЦЕНЗИРАНЕ НА ЯДРЕНО СЪОРЪЖЕНИЕ

Младен Митев

## RADIATION PROTECTION ASPECTS IN NUCLEAR FACILITY LICENSING PROCESS

Mladen Mitev

*Annotation: The goal of the nuclear facility's licensing procedure is to ensure the caring on of the activities in a way to minimize the impact on the environment during their application. RAW, harmful substances, nonionisation factors and physical security safety are also envisaged during the procedure. Analyses on the geological media, atmosphere air, soils and underground waters have to be made, as well as prognosis on the possible impact of the facility on the components of the environment.*

### 1. Въведение

Процедурите по лицензиране на ядрено съоръжение имат за цел да гарантират безопасна експлоатация на съоръжението и да гарантира минимално въздействие върху околната среда. Доказването на първото условие е обект на докладите по анализ на безопасността. Минималното въздействие върху околната среда се доказва чрез Доклади по оценка на въздействието върху околната среда (ДОВОС). В ДОВОС се представя описание и анализ на компонентите и факторите на околната среда, които ще бъдат засегнати в голяма степен от изпълнявания проект, както и взаимодействието между тях, като се извършва и характеристика на потенциалното въздействие върху околната среда.

Факторите, под влияние на които се формира екологичната ситуация за дадена териториална област, са твърде разнообразни и различни по характера на своето действие. Най-общо те могат да се разделят в две групи:

- Териториални фактори с пряко влияние, към които спадат природните условия – географско положение, атмосферни и климатични ха-



рактеристики, състояние на почвите, хидрология и хидрогеология на района, растителен и животински свят, ландшафт, културно наследство.

- Териториални фактори с косвено влияние, към които трябва да се причислят промишления и селскостопанския характер на района, по-конкретно действащите в близост до площадката на съоръжението производства.

Очевидна е връзката между радиационната защита и оценката на общото влияние на съоръжението върху околната среда.

## **2. Аспекти на радиационната защита при лицензиране на ядрено съоръжение**

Въпреки, че е само един от аспектите на общата оценка, радиационната компонента е с най-голям обществен отзвук при изграждането на ядрено съоръжение. В този смисъл, наложително е извършването на детайлна оценка на възможностите за защита от радиацията при експлоатацията и извеждането от експлоатация на изгражданото съоръжение.

Общи задачи на радиационната защита са:

- Предотвратяване и ограничаване на въздействия по време на конструкцията
- Предотвратяване или ограничаване на въздействия по време на експлоатация
- Предотвратяване или ограничаване на въздействия при извеждане на съоръжението от експлоатация

Общо казано, целта е предотвратяване, намаляване или компенсиране на отрицателни последици от въздействията върху компонентите на околната среда при всички етапи от живота на ядреното съоръжение.

В етапа на изграждане на ядреното съоръжение радиационната компонента е практически неотличима от изграждането на голяма част от другите видове проекти, подлежащи на Оценка на въздействието върху околната среда. По време на експлоатацията и извеждането от експлоатация, обаче, тя често взема превес над останалите въздействия, които съоръжението може да предизвика.

Целите на радиационна защита по време на експлоатация най-общо са:

- Опазване качеството на атмосферен въздух;
- Ограничаване на въздействието върху водите;
- Ограничаване въздействието върху геоложка основа, земи и почви;
- Мерки при управление на ядрено гориво;
- Мерки при управление на радиоактивни отпадъци;

- Мерки за радиационна защита в среда с йонизиращи лъчения;
- Аварийно планиране и аварийна готовност;
- Мерки за физическа защита (охрана) на обекта.

От тях, най-голямо значение за обществото има опазването на въздуха, водите и почвите.

Препоръчителни мерки, които трябва да бъдат предвидени в ДОВОС са:

- Мониторинг на обемна активност на газове и аерозоли;
- Мониторинг на подпочвени води;
- Разполагане на съоръжението на сеизмично устойчива площадка;
- Използване на високоефективни филтри за радиоактивни аерозоли в аспирационните системи на съоръжението
  - Използване на комини за извеждане на аспирационната система
  - Използване на системи за улавяне на течни и твърди радиоактивни фази

### **3. Примерно осъществяване на мерки за контрол на въздействието върху околната среда**

В България съществува значителен опит в изграждането на ядрени съоръжения. Първото такова е Изследователския реактор ИРТ-2000 [1], въведен в експлоатация през 1961 г. Следват хранилището за радиоактивни отпадъци в Нови Хан, блокове 1 – 6 на АЕЦ „Козлодуй“. Извършени са ДОВОС на нови и реконструирани ядрени съоръжения [2,3]. Благодарение на това съществуват редица примери за прилагане на мерки за радиационна защита на населението и околната среда. В контролирането на изхвърлянията е възможно да се използва 30- 40-метров комин въздухът в който се филтрира през високоефективни аерозолни филтри:

- Високоефективен филтър “HEPA” за радиоактивни аерозоли с безопасно изпълнение на корпуса за дебит на въздуха 6570 m<sup>3</sup>/h; Степен на почистване 99,95 %;
- Високоефективен филтър за йод-131 с безопасно изпълнение на корпуса за дебит на въздуха 6570 m<sup>3</sup>/h; степен на почистване 99,95 %.

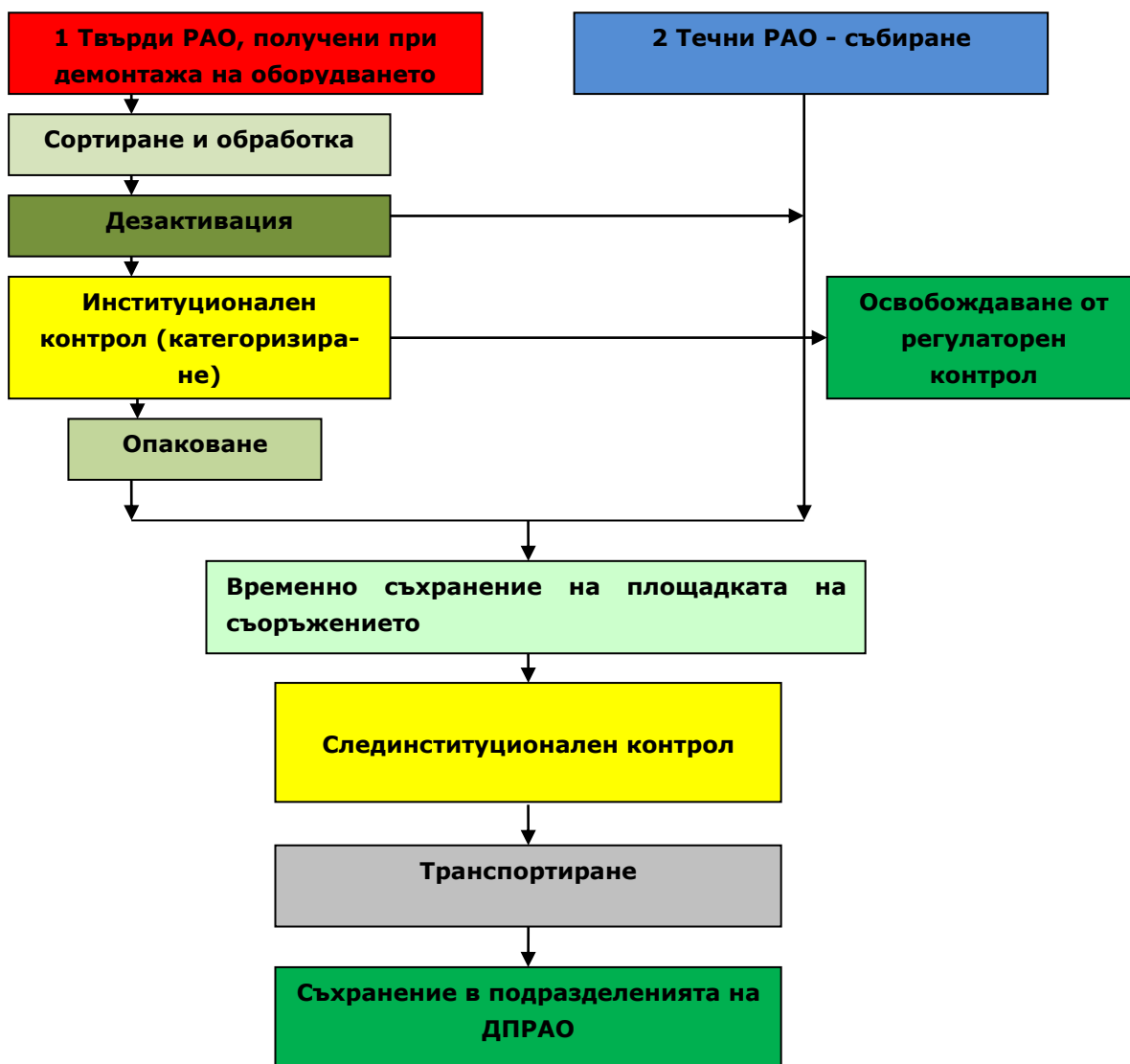
Същевременно се създава подналягане в работните помещения, придружено с въздушна възглавница, чрез които се обезпечава неизпускането на газове от съоръжението по пътища различни от филтриращата вентилационна система.

Всички изпускания се контролират чрез система за мониторинг на околната среда. Като пример е посочена системата на реализирана на изследователския реактор ИРТ-2000, ИЯИЯЕ-БАН (фиг. 1) [4].



**Фигура 1. Елементи от системата за мониторинг на околната среда, реализирана на изследователския реактор ИРТ-2000.**

Друг важен аспект при експлоатацията на ядрени съоръжения е управлението на ядреното гориво, при наличие на такова, и управлението на радиоактивните отпадъци. Същите имат влияние върху общественото приемане на използването на ядрената енергия и следва да бъдат надлежно обосновани и етап лицензиране на ядреното съоръжение. Пример за план за управление на радиоактивни отпадъци е даден на Фигура 2.



Фигура 2. План за управление на радиоактивните отпадъци от експлоатацията на ядрено съоръжение

В рамките на защитата на ядреното съоръжение от недоброжелателни посегателства, сериозно внимание се обръща на физическата защита. Поради наличието на дяещ се материал в тях, последните са стратегически обекти от значение за националната сигурност и следва да бъдат снабдени със съответните системи за физическа защита и наблюдение. Такива са огради, кльонове и организация на пропускателния режим, регулиран от съответните институции за възпрепятстване на противообществените прояви.

#### 4. Заключение

В Република България съществува значителен опит в лицензирането на ядрени съоръжения. Изградена е и стриктно се спазва необходимата нормативна уредба за осигуряване на защитата на населението от възможните вредни въздействия на йонизиращите лъчения. Усвоени са и се прилагат съвременни мерки за радиационна защита на околната среда на всички етапи от ядреното съоръжение, като тези мерки се залагат в процеса на лицензиране и се подобряват при прелицензирането на ядрените съоръжения.

#### Литература:

1. Mitev, M., Mihaylov, N., Research Reactor Ageing Management and Modernization. Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”, 2019, ISBN:ISBN:978-954-753-258-8, ISSN:ISSN 2603-4689, p. 182-186
2. Manolova, M., Kadalev, S., Criticality safety analysis of IRT-200 storage pool with IRT-4M fuel assemblies, ENS RRFM 2006: 10. international topical meeting on research reactor fuel management, Sofia (Bulgaria), 2006, p. 220-224.
3. Analysis and environmental impact assessment, Environmental Impact Assessment | NPP Kozloduy New Builds Plc (npp-nb.bg)
4. Krezhov K., Nonova T., Mladenov A., Dimitrov D., Environmental Radiation Monitoring and Radiological Assessments at the IRT-Sofia Nuclear Site, RAD Centre Journal, ISSN 2466-4294 (Online), Volume 3, Issue 2, 2018, p. 64-70

*Адрес за кореспонденция:*

*Младен Митев, главен асистент, д-р  
ИЯИЯЕ-БАН, лаб. „Реакторна физика“  
Бул. Цариградско шосе 72  
e-mail: mlmitev@inrne.bas.bg*

## NEUTON ACTIVATION ANALYSIS IN ENVIRONMENTAL STUDIES

**Inga Zinicovscaia**

***Annotation:** Neutron activation analysis due to its high accuracy, nondestructive nature and possibility to determine concentrations of more than 40 elements is widely used in the environmental studies, archeology and medicine. The main directions of neutron activation analysis application in Sector of Neutron Activation Analysis and Applied Research of the Joint Institute for Nuclear Research (Dubna, Russia) are the assessment of heavy metal atmospheric deposition using moss biomonitoring technique, assessment of soil pollution, determination of nutrient and toxic elements in foodstuffs products are presented, evaluation of the effectiveness of wastewater treatment. Examples of neutron activation analysis application are presented.*

### **1. Introduction**

Today, the environmental pollution has become increasingly prominent in many countries of the world. Among various types of pollution, heavy metal pollution is a crucial environmental problem. Traditionally, pollutants such as sulfur dioxide and carbon dioxide, have been put under control, however, pollution of different environmental compartments (air, soil and water) with heavy metals, which leads to ecosystems deterioration and possess serious threat to food security and human health, have yet to gain policymakers' attention [1].

Environment pollution with heavy metals is associated with rapid development in industry and agriculture, as well as disturbance of the natural ecosystem due to the enormous growth in world population [2]. Thus, year, air pollution causes nearly 500 000 premature deaths and annual urban levels of PM<sub>10</sub> monitored in over 1790 cities in 42 countries generally exceed the World Health Organization guidelines value [3]. Today there are around 5 million sites of soil pollution covering 500 million ha of land, in which the soils are contaminated by different heavy metals or metalloids in concentrations significantly overpassing the geo-baseline or regulatory levels. In high-income and upper-middle income countries of the WHO European Region, about 30% and 60% of urban wastewater, respectively, is released to the environment without preliminary treatment, leading to contamination of natural water bodies and soil with harmful compounds, especially heavy metals.

The concentration of chemical elements in environmental samples can be determined by a wide range of analytical techniques. Among them important place occupies neutron activation analysis (NAA). Neutron activation analysis is a powerful analytical method which can be used successfully for the determination of great number of major, minor, trace and rare elements in variety of environmental matrices. Application of neutron activation analysis is determined by its methodology's advantages, high accuracy, small quantities of samples, non-destructive nature and possibility of determination of more than 40 chemical elements in analyzed samples. For neutron activation analysis there is no need to convert and/or dilute a sample into a suitable solution prior to analysis with inherent risks of contamination and element loss. This technique allows the determination of important elements directly related to human health [4-6]. Examples of neutron activation analysis, performed at the radioanalytical complex REGATA of the IBR-2 reactor, application in different type of environmental studies: biomonitoring of air pollution, assessment of soil pollution, determination of nutrient and toxic elements in foodstuffs products are presented, evaluation of the effectiveness of wastewater treatment.

## **2. Application of neutron activation analysis in air pollution studies**

In order to assess atmospheric deposition of heavy metals on the large territories the mosses have been proposed and successfully used as biomonitors [7]. Biomonitoring studies are performed in the framework of the International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops International Cooperative Programme, (UNECE ICP Vegetation). The analysis of elemental concentrations in mosses is easier and cheaper than conventional deposition analysis and allow determination up to 50 chemical elements. Therefore, a much higher sampling density can be achieved than with deposition analysis [8]. The European moss survey has been repeated at five-yearly intervals since 1990 and the latest survey was conducted in 2015 with 32 countries reporting concentrations of twelve elements (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, V, Zn, Al and Sb [9]. For biomonitoring studies are recommended several species of mosses namely, *Hypnum cupressiforme*, *Pleurozium schreberi*, *Brachythecium rutabulum*, and *Homalothecium sericeum* (Špirić et al. 2013).

Today, neutron activation analysis is widely applied in passive biomonitoring studies in many European countries [7, 12-14]. For example, 330 moss samples were collected in Romania in the summer and autumn of 2010. Data obtained by NAA and ASS for aluminum, cadmium, chromium, copper, iron, lead, nickel, vanadium, and zinc have shown that the median concentrations of cadmium, 1.20 mg/kg and lead, 30.8 mg/kg were high compared with other European countries. The spatial distribution maps of

elements suggest high metal concentrations, especially for the related elements of anthropogenic origin, Zn, Cu, Cd, and Pb, in north and northwest Romania due to mining operations associated with the flotation and smelting [14]. Moss biomonitoring technique was applied to air pollution studies in the Republic of Macedonia. The presence of 47 elements was determined by NAA, AAS and ICP-MS. Distribution maps were prepared to point out the regions most affected by pollution. Three reactivated lead-zinc mines have shown to contribute to a high content of lead and zinc in the eastern part of the country. The cities of Veles, Skopje, Tetovo, Radoviš and Kavadarci were determined to experience particular environmental stress [12].

Zinicovscaia and co-author published a detailed review dedicated to moss biomonitoring studies in former Soviet Union Countries. According to review three countries, Republic of Estonia, Republic of Lithuania and Republic of Latvia, joined UNECE ICP Vegetation programme in 1989, while the Republic of Kazakhstan, Republic of Moldova, Republic of Georgia, Republic of Armenia, Republic of Azerbaijan and Republic of Tajikistan in 2015. In Russian Federation and Ukraine moss surveys were carried out periodically and mainly in polluted regions [15].

The assessment of air quality in many cities in low- and middle-income countries, which are subjected to deteriorated environmental and urban air conditions is often problematic due to the lack the capacity to adequately monitor air quality and absence of naturally grown bioindicators of air pollution, such as mosses and lichens [16]. Active moss biomonitoring, predominantly using the “moss bag technique” was proposed as an effective method of assessments of air quality in urban microenvironments [16-18].

Several studies using active biomonitoring were performed in Belgrade, Serbia. In 2004 the moss genera *Brachythecium* sp. were collected in the urban area of Belgrade to assess atmospheric deposition of heavy metals. In 2005 moss bags with and without irrigation were exposed at three different sites with the same scope. From 29 to 36 elements were determined in moss samples using NAA technique. Obtained data have shown that main pollution sources in Belgade are transport and fossil fuel combustion [17-19]. The moss-bag transplant and NAA techniques were used to investigate the kinetics of the accumulation of 38 elements in *Sphagnum girgensohni* moss samples in the highly polluted municipality of Baia Mare, Romania. Accumulation of elements considered as environmental pollutants indicate a certain degree of contamination of the Baia Mare air due to the existing non-ferrous metallurgic industry [20]. Transplants of the mosses *Hypnum cupressiforme* and *Pseudoscleropodium purum* were used as active biomonitors of airborne trace elements at Trieste, Italy. Comparing the accumulation capacity of moss species,



the author has shown that both species may be used in active biomonitoring of trace elements. However, *Pseudoscleropodium purum* showed similar or higher accumulation and lower loss of almost all elements and it can be considered as a suitable bioaccumulator in moss bag surveys, especially for local, particulate emissions [21]. Active biomonitoring was applied in Moscow, at the state museum-reserve Tsaritsyno. Obtained results showed increase of the concentration of elements considered as environmental pollutants, Sb, Cr, V, etc., in moss samples exposed at different sites in Tsaritsyno park [18].

### **3. Neutron activation analysis in the assessment of soil pollution and agricultural crops quality**

The determination of elemental composition of soil and consequently agricultural crops and beverages samples is extremely important for the quality of the products and for consumer health..

Soil is considered one of the main source of metals accumulation in different plants. The sources of trace elements into the soil can be natural and anthropogenic. Natural sources include volcanic eruption, weathering of rocks, and erosion. The main anthropogenic sources are wastewater irrigation, fertilizers, pesticides, and sludge applications, industrial activities, solid waste disposal, mining, smelting, transport [22,23].

The content of major and trace elements in selected varieties of fruits (apple, plum, and grape) as well as in leaves and soils samples, collected in the Republic of Moldova (district Ialoveni), was determined using NAA. A total of 30 elements were determined in soil samples and 25 elements in fruit samples. The content of elements in the analyzed soil corresponds to Average Soil values and is included in the limits established for Moldavian soils. The content of the main part of the element in apple fruits was higher in comparison with plum and grape fruits. The highest concentration in case of all fruits was obtained for K: 14500 µg/g (grape), 21600 µg/g (plum) and 23700 µg/g (apple). The highest transfer factor (TF) values were obtained for K, Ca and Sr, while for elements considered as environmental pollutants TF values were significantly lower than 1.0. The Hazard Quotient for Cr, Co, Fe, Mn, Ni, V and Zn were calculated which showed a decreasing order of Ni>Zn>Mn>Fe>V>Co>Cr (for apple), Fe>Zn>Ni>Mn>Co>Cr=V (for plum) and V>Ni>Zn=Mn>Co>Fe>Cr (for grape). Obtained results indicate that analyzed fruits are safe for daily consumption [24]. In the next study elemental composition of fruits (apples, plums and grapes) collected in four different zones of the Republic of Moldova was determined by NAA. A total of 40 elements were determined in soil samples and only 22 elements were detected in fruits samples. The content of the main part of the elements determined in soil samples was on the level of Upper Continental Crust values. Values of Enrichment factor, Contamination

factor, Geo-accumulation Index as well as pollution load index indicate on moderate soil pollution. In all analyzed fruits the most abundant major elements was K, while among microelements - Fe, Zn and Cu. Daily intake values calculated for Co, Fe, Mn, Ni, Zn, As, and Sb varies greatly depending on fruits sort and place of provenance. The potential health hazard index values for all elements, except Sb, were lower than 1.0 [25]. Beside fruits, NAA was applied for the evaluation of the chemical composition of wine and corresponding soil samples. Thus, using NAA 35 elements were determined in vineyard chernozem soil and 18 elements in wines from Romanesti and Cricova, Republic of Moldova. Although both major and trace elements distribution pointed towards a significant degree of similarity between the chernozem soil from both vineyards and the Average Soils as well as which the Upper Continental Crust, an increased content of Mg suggested the presence of certain amount of dolomitic limestone. All types of wine presented a high content of K, whose average values varied between 383 mg/l (Romanesti, white wine) and 693 mg/l (Romanest, red wine) [26].

#### **4. Evaluation of the effectiveness of wastewater treatment using neutron activation analysis**

Wide applications of metals in different industrial processes lead to generation of large volumes of wastewater, containing metal in both cationic and anionic forms. Metal removal by microorganisms thought biosorption can be considered as a competitive and cost-efficient alternative to conventional methods resembling conventional adsorption or ion exchange. It has been exploited based on a favorable combination of such features as reduced requirement for chemicals, low operating costs, high efficiency at low concentrations of pollutants, possibilities for metal recovery and biosorbent regeneration, that allow its use for many cycles.

Neutron activation analysis at REGATA facility is widely applied to asses efficiency of metals removal from mono and multielements systems using biological sorbents. Thus, the potential of *Spirulina platensis* biomass use for rhenium ions removal from both batch solutions and industrial effluents was evaluated. The maximum biosorption capacity of rhenium 142.9 mg/g was achieved at pH of 2.0, sorbent dosage 0.05 g, and temperature of biosorbent treatment 30 °C. Rhenium biosorption takes place through two mechanisms: ionic interactions of perrhenate anions with amide and amino-groups, and binding to organic functional groups of the cell surface. In the case of industrial effluents, *Spirulina platensis* biomass has been shown to have relatively high rhenium removal efficiency (51-55%) [27]. The performance of the brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae* to remove metal ions from four batch systems: Zn(II), Zn(II)-Sr(II)-Cu(II), Zn(II)-Ni(II)-Cu(II), and Zn(II)-Sr(II)-Cu(II)-Ba(II),

and one real effluent was evaluated. The optimal pH for removal of metal ions present in the analyzed solution (Zn, Cu, Ni, Sr, and Ba) varied from 3.0 to 6.0. Langmuir and Freundlich isotherm models was suitable to describe Zn(II) biosorption with maximum adsorption values in the range 8.99-17 mg/g. Surface adsorption, chemisorption, and ion exchange can be considered as the main mechanism of metal removal from solution. The highest efficiency of removal of Zn(II) ions from complex real effluent was achieved in a two-stage subsequent system with the addition of new biosorbent: 20 g/L of biosorbent at the first stage and 10 g/L of sorbent on the second stage at pH 6.0 and contact time 60 min [28]. The *Shewanella xiamenensis* biofilm formed on zeolite was tested for metal removal from the same zinc-containing effluents as described in [28]. The highest removal of metal ions was attained at pH range 3.0–6.0 within 60–150 min of sorbent-sorbate contact. Maximum sorption capacity of the sorbent calculated from the Langmuir model changed from 3.4 to 6.5 mg/g. The effect of pH and biosorbent mass on Zn(II) sorption from industrial effluent with an initial Zn(II) concentration of 52.8 mg/L was tested. Maximum removal of zinc ions (85%) was achieved at pH 6.0 by applying a two-step treatment system [29].

Beside heavy metals *Spirulina platensis* was applied for bioaccumulation and biosorption of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{237}\text{Np}$ . *Spirulina platensis* CNMN–CB-02 biomass showed high uptake and sorption capacity for  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{241}\text{Am}$ . The addition of polyphosphates to the cultivation medium markedly improved the uptake of  $^{233}\text{U}$ , while the removal of other radionuclides was not affected significantly. The removal of  $^{137}\text{Cs}$  was the same regardless of the type of biomass used. Phosphorylation is an important step to prevent the release of radionuclides to water. Water showed to be an efficient eluent for  $^{241}\text{Am}$  and  $^{237}\text{Np}$  desorption, while HCl was more efficient for  $^{90}\text{Sr}$  desorption [30].

Biological sorbents have a great potential for application for metals and radionuclides removal from wastewater.

## 5. Conclusions

Despite the continuous improvement of methods for determining the elemental composition of samples, neutron activation analysis continues to occupy an important place in elemental analysis and is a reference analytical method. The review shows the possibilities of the method in solving problems of ecological chemistry, which are important for the assessment of the environment quality and have a direct impact on human health.

## References

1. Hu, Hui, Qian Jin, and Philip Kavan. 2014. "A Study of Heavy Metal

---

Pollution in China: Current Status, Pollution-Control Policies and Countermeasures.” *Sustainability (Switzerland)* 6(9): 5820–38. <http://www.mdpi.com/2071-1050/6/9/5820> (May 12, 2020).

2. Sarwar, N.; Imran, M.; Shaheen, M.R.; Ishaque, W.; Kamran, M.A.; Matloob, A.; Rehim, A.; Hussain, S. Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: Modifications and future perspectives. *Chemosphere* 2017, 171, 710–721.

3. World Health Organization, European Centre for Environment and Health | UN Bonn Available online: <https://www.unbonn.org/WHO-ECEH> (accessed on May 12, 2020).

4. Frontasyeva, M. V. Neutron activation analysis in the life sciences. *Phys. Part. Nucl.* 2011, 42, 332–378.

5. Bode, P. Neutron activation analysis. In *Neutron Methods for Archaeology and Cultural Heritage*; Springer, Cham, 2066; pp. 209–219.

6. Bode, P.; Greenberg, R.R.; De Nadai Fernandes, E.A. Neutron activation analysis: A primary (ratio) method to determine si-traceable values of element content in complex samples. *Chimia (Aarau)*. 2009, 63, 678–680, doi:10.2533/chimia.2009.678.

7. Harmens, H.; Norris, D.A.; Steinnes, E.; Kubin, E.; Piispanen, J.; Alber, R.; Aleksiyenak, Y.; Blum, O.; Coşkun, M.; Dam, M.; et al. Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: Spatial patterns and temporal trends in Europe. *Environ. Pollut.* 2010, 158, 3144–3156, doi:10.1016/j.envpol.2010.06.039.

8. Harmens, H.; Norris, D.A.; Sharps, K.; Mills, G.; Alber, R.; Aleksiyenak, Y.; Blum, O.; Cucu-Man, S.M.; Dam, M.; De Temmerman, L.; et al. Heavy metal and nitrogen concentrations in mosses are declining across Europe whilst some “hotspots” remain in 2010. *Environ. Pollut.* 2015, 200, 93–104, doi:10.1016/j.envpol.2015.01.036.

9. M. Frontasyeva, H. Harmens, A. Uzhinskiy, O. Chaligava and participants of the moss survey (2020). Mosses as biomonitors of air pollution: 2015/2016 survey on heavy metals, nitrogen and POPs in Europe and beyond. Report of the ICP Vegetation Moss Survey Coordination Centre, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russian Federation, 136 pp

10. Špirić, Zdravko et al. 2013. “Air Pollution Study in Croatia Using Moss Biomonitoring and ICP-AES and AAS Analytical Techniques.” *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 65(1): 33–46.

11. Barandovski, L.; Frontasyeva, M. V.; Stafilov, T.; Šajn, R.; Ostrovnaya, T.M. Multi-element atmospheric deposition in Macedonia studied by the moss biomonitoring technique. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2015, 22, 16077–16097, doi:10.1007/s11356-015-4787-x.

12. Thinova, L.; Frontasyeva, M.; Vergel, K.; Bayushkina, E. Assessment of contamination with trace elements and man-made radionuclides around Temelin Nuclear Power Plant in Czech Republic. *Radiat. Phys. Chem.* 2014, 104, 432–435, doi:10.1016/j.radphyschem.2014.06.010.

13. Harmens, H.; Norris, D.; Mills, G. Heavy metals and nitrogen in mosses: spatial patterns in 2010/2011 and long-term temporal trends in Europe. ICP Veg. Program. Coord. Centre, Cent. Ecol. Hydrol. Bangor, UK 2013, 63 pp.

14. Stîhi, C.; Popescu, I. V.; Frontasyeva, M.; Radulescu, C.; Ene, A.; Culicov, O.; Zinicovscaia, I.; Dulama, I.D.; Cucu-Man, S.; Todoran, R.; et al. Characterization of Heavy Metal Air Pollution in Romania Using Moss Biomonitoring, Neutron Activation Analysis, and Atomic Absorption Spectrometry. *Anal. Lett.* 2017, 50, 2851–2858, doi:10.1080/00032719.2016.1275661.

15. I. Zinicovscaia, N. Yushin, K. Vegel, D. Grozdov Moss Biomonitoring in Former Soviet Union Countries: A Review. In (Gh. Duca, A. Vaseashta eds) *Emerging Developments and Environmental Impacts of Ecological Chemistry*. 2020, SBN13: 9781799812418, DOI: 10.4018/978-1-7998-1241-8

16. Vuković, G.; Urošević, M.A.; Goryainova, Z.; Pergal, M.; Škrivanj, S.; Samson, R.; Popović, A. Active moss biomonitoring for extensive screening of urban air pollution: Magnetic and chemical analyses. *Sci. Total Environ.* 2015, 521–522, 200–210, doi:10.1016/j.scitotenv.2015.03.085.

17. Aničić, M.; Tasić, M.; Frontasyeva, M. V.; Tomašević, M.; Rajšić, S.; Strelkova, L.P.; Popović, A.; Steinnes, E. Active biomonitoring with wet and dry moss: A case study in an urban area. *Environ. Chem. Lett.* 2009, 7, 55–60, doi:10.1007/s10311-008-0135-4.

18. Shvetsova, M.S.; Kamanina, I.Z.; Frontasyeva, M. V.; Madadzada, A.I.; Zinicovscaia, I.I.; Pavlov, S.S.; Vergel, K.N.; Yushin, N.S. Active Moss Biomonitoring Using the “Moss Bag Technique” in the Park of Moscow. *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2019, 16, 994–1003, doi:10.1134/S1547477119060293.

19. Aničić, M.; Frontasyeva, M. V.; Tomašević, M.; Popović, A. Assessment of atmospheric deposition of heavy metals and other elements in belgrade using the moss biomonitoring technique and neutron activation analysis. *Environ. Monit. Assess.* 2007, 129, 207–219, doi:10.1007/s10661-006-9354-y.

20. Culicov, O.A.; Zinicovscaia, I.; Dului, O.G. Active Sphagnum girgensohnii Russow Moss Biomonitoring of an Industrial Site in Romania: Temporal Variation in the Elemental Content. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2016, 96, 650–656, doi:10.1007/s00128-016-1780-0.

21. Castello, M. A comparison between two moss species used as transplants for airborne trace element biomonitoring in NE Italy. *Environ.*

Monit. Assess. 2007, 133, 267–276, doi:10.1007/s10661-006-9579-9.

22. Gupta, N.; Yadav, K.K.; Kumar, V.; Kumar, S.; Chadd, R.P.; Kumar, A. Trace elements in soil-vegetables interface: Translocation, bioaccumulation, toxicity and amelioration - A review. *Sci. Total Environ.* 2019, 651, 2927–2942.

23. Jolly, Y.N.; Islam, A.; Akbar, S. Transfer of metals from soil to vegetables and possible health risk assessment. *Springerplus* 2013, 2, 1–8, doi:10.1186/2193-1801-2-385.

24. Zinicovscaia, I.; Sturza, R.; Gurmeza, I.; Vergel, K.; Gundorina, S.; Duca, G. Metal bioaccumulation in the soil–leaf–fruit system determined by neutron activation analysis. *J. Food Meas. Charact.* 2019, 13, doi:10.1007/s11694-018-9972-4.

25. Zinicovscaia, I.; Sturza, R.; Dului, O.; Grozdov, D.; Gundorina, S.; Ghendov-Mosanu, A.; Duca, G. Major and trace elements in moldavian orchard soil and fruits: Assessment of anthropogenic contamination. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 1–19, doi:10.3390/ijerph17197112.

26. Zinicovscaia, I.; Dului, O.G.; Culicov, O.A.; Sturza, R.; Bilici, C.; Gundorina, S. Geographical Origin Identification of Moldavian Wines by Neutron Activation Analysis. *Food Anal. Methods* 2017, 10, 3523–3530, doi:10.1007/s12161-017-0913-3.

27. Zinicovscaia, I.; Safonov, A.; Troshkina, I.; Demina, L.; German, K. Biosorption of Re(VII) from Batch Solutions and Industrial Effluents by Cyanobacteria *Spirulina platensis*. *Clean - Soil, Air, Water* 2018, 46, 1700576, doi:10.1002/clen.201700576.

28. Zinicovscaia, I.; Yushin, N.; Abdusamadzoda, D.; Grozdov, D.; Shvetsova, M. Efficient removal of metals from synthetic and real galvanic zinc-containing effluents by Brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Materials (Basel)*. 2020, 13, 3624, doi:10.3390/MA13163624.

29. Zinicovscaia, I.; Yushin, N.; Grozdov, D.; Abdusamadzoda, D., Safonov, A., Rodlovskaya, E. Zinc-Containing Effluent Treatment Using *Shewanella xiamenensis* Biofilm Formed on Zeolite. *Materials (Basel)*. 2021, 14, 1760. <https://doi.org/10.3390/ma14071760>

30. Zinicovscaia, I., Safonov, A., Zelenina, D., Ershova, Y., Boldyrev, K. Evaluation of biosorption and bioaccumulation capacity of cyanobacteria *Arthrospira (spirulina) platensis* toward radionuclides. *Algal research*, 2020, 51, 102075, <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102075>

*Address for correspondence:*

*Dr. Inga Zinicovscaia, head of the sector of Neutron activation analysis and applied research Joint Institute for Nuclear Research, Joliot-Curie Str., 6, 141980 Dubna, Moscow region, Russia.*

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

---

*Horia Holubei National Institute for R&D in Physics and Nuclear Engineering, Reactorului Str., 30, MG-6, Bucharest - Magurele, Romania.*  
e-mail: [zinikovskaia@mail.ru](mailto:zinikovskaia@mail.ru)

## ЛОКАЛИЗИРАНЕ НА ГОРСКИ ПОЖАРИ С ПОМОЩТА НА БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ

Теодора Петрова, Живо Петров

### USING UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR THE LOCALIZATION OF FOREST FIRES

Teodora Petrova, Zhivo Petrov

***Abstract.** For effective forest management it is necessary to constantly have up-to-date information about the condition of forest areas, which are exposed to various natural factors (forest fires, pestsq etc.). There is also a continuous assessment of forests. The most promising is the use of unmanned aerial vehicles, which are equipped with appropriate equipment for operational monitoring of forest areas. The efficiency and economic component of the use of unmanned aerial vehicles for forest monitoring essentially opens a new page in solving a number of problems related to diagnostics of the forests.*

***Keywords:** unmanned aerial vehicles, monitoring, forest fires*

#### **1. Въведение**

Политиката за сигурност се изразява в изпълнение на стандартите за екологична експертиза и защита и в присъединяване към глобални или регионални инициативи и екологични проекти, насочени към подобряване качеството на околната среда и защита на екологичната сигурност. Съществен аспект в защитата на екологичната сигурност е предотвратяването, овладяването и преодоляването на последствия от промишлени аварии с изпускане на вредни емисии, трансгранично замърсяване на въздуха, водите и крайбрежната ивица, както и при наличие на заплаха за терористична дейност с използване на оръжия за масово унищожение. Управлението на водните ресурси на страната се осъществява на основата на единна информационна система чрез междуинституционален механизъм за планиране, наблюдение и оценка. Усилията се насочват и към създаване на работеща система за овладяване



и преодоляване на последствията от природните бедствия с активното съдействие на гражданите и техните организации.

Ефективното реагиране при кризи и защитата на гражданите, на тяхното имущество и на критичната инфраструктура при пожари, бедствия, аварии и от целенасочени посегателства се постигат чрез комплексен подход към изграждане на интегрирана, гъвкава и устойчива национална система за управление. Изгражда се капацитет за превенция, ранно предупреждение и управление при кризи на основата на информация и възможност за обмен на данни и чрез използване на космически и други високи технологии. За ефективно управление при кризи се развиват интегрирани военни и граждански способности за действие в страната и в рамките на ЕС [1].

Въвеждането на нови технологии за откриване на горски пожари в ранен етап ще позволи да се вземат навременни мерки за тяхното локализиране и потушаване и да се минимизират загубите. Решаването на проблема с ранното откриване на горски пожари и наблюдението на ситуацията, бързото предприемане на мерки срещу незаконната сеч е възможно чрез мониторинг на горските площи с използване на безпилотни летателни апарати (БЛА). БЛА могат да са с различна товароносимост, полетен обхват и техническо оборудване. Съвременното технологично ниво (развитието на електронната индустрия, наличието на много точни сателитни навигационни системи, миниатюризация на елементарната база) дава възможност значително да се разширят възможностите на БЛА. На практика БЛА е роботизирана автономна система с различни форми, предназначение и цена. Благодарение на използването на фото, видео и термо камери и оперативна автоматизирана обработка на тази информация, устройствата се използват за наблюдение на състоянието на горските площи, откриване на обезлесяване, пожари и наводнения. БЛА могат много ефективно да извършват метеорологични наблюдения на различни височини и големи територии, да наблюдават ледовете и екологичната обстановка, да водят отчет на диви животни и т.н.

В много региони има спешна необходимост от доставка на химически и технически средства за защитно третиране на горите и гасене на пожари, което не се извършва поради липсата на техника, която да се използва целогодишно. Използването на БЛА за такива цели е съвсем реалистична перспектива в близко бъдеще.

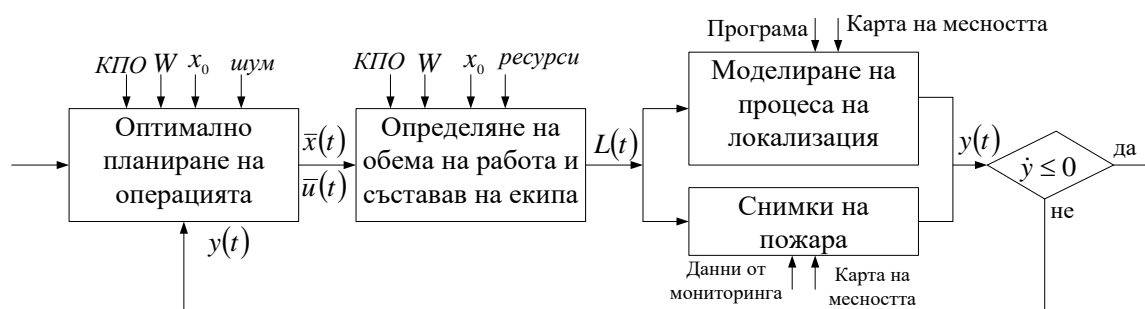
Горските пожари са заплаха за националната сигурност на всяка страна, оказвайки отрицателно въздействие върху икономиката на държавата и екологичната ситуация. Съществуващите традиционни модели за прогнозиране на горски пожари (вълнови, статистически и

симулационни) [1], имат редица съществени недостатъци (ограничена функционалност в условия на нестационарност и неопределеност, ниска точност на прогнозата, значително време и изчислителни разходи и др.), което ги прави не особено полезни в контекста на оперативното прогнозиране.

## **2. Система за управление борбата с природните пожари с помощта на БЛА**

Стихийните природни пожари, които включват пожари в гори, степи, торфени блата и други природни обекти, са опасни и динамични процеси, които причиняват големи щети на природата и инфраструктурата, често водят до човешки жертви което от своя страна застрашава националната сигурност. Много често се налага да се борим срещу природните пожари привличайки голям брой противопожарни сили и средства. При което възниква задачата за рационално планиране и управление на тези сили и средства. За разрешаването им са разработени редица нормативни документи [1, 2]. Работи се по създаването на теория за управление на борбата с горските пожари [3], но нея се приема, че контрол се извършва в отворен режим без оглед на фактическото състояние на системата. Възможни смущения и непълна информация за обекта на управление също не се вземат предвид.

През последните години, във връзка със създаването на космически системи за наблюдение на горски пожари, както и бързото развитие на технологията за използване на БЛА, стана възможно в реално време да се оценят параметрите на горските пожари, което отваря пътя към системи за оперативен контрол с обратна връзка [4]. Във връзка с влиянието което оказват горските пожари върху националната сигурност се разглеждат основните параметри на проект за многофункционална информационна система за управление, блокова схема на която е показана на фиг. 1.



**Фигура 1. Структурна схема на системата за противопожарните сили и средства:**  $x(t)$  е фактичестката площ на пожара;  $u(t)$  -управляващото въздействие;  $y(t)$  -оценка на площта на пожара; КПО-клас на пожарна опасност;  $L(t)$  - дължина на горящите краища;  $W$  -скорост на вятъра

Системата е предназначена за мониторинг и оперативно управление и борба с природните пожари и се основава на използването на космическа информация и данни, получени от БЛА. Системата може да се използва и за обучение на оперативния персонал на противопожарните служби. Предлага се задачата за управление на противопожарните сили и средства да бъде разделена на няколко нива [4]. На първо ниво се разглежда модел с една фазова променлива - площта, покрита от пожара. Динамиката на зоната на пожара е най-важният показател, който определя, от една страна, щетите от огъня, а от друга - успеха в борбата с него. За тази променлива се съставя динамично уравнение, въз основа на което е възможно да се получи оптимален алгоритъм на управление, използвайки теорията на аналитичното проектиране на регулаторите (ACOR) [5]. Полученото решение служи като план-задание за реализация и корекция на решенията на следващите нива.

На второто ниво има преход към нова променлива, която определя обема от работа за ликвидиране на пожара. Тази променлива е дължината на горящите краища, които трябва да бъдат потушени. Този параметър може да бъде оценен или чрез обработка на моментна снимка на реалния пожар, или чрез изчисляване и прогнозиране на процес на разпространение на пожар, базиран на геометричен модел [3]. Тук се решава задачата за избора на състав и необходимото количество противопожарни сили и средства.

След това процесът на локализация и потушаване на пожара се симулира на картата на терена, като се използва специална ГИС-ориентирана система, която прогнозира конфигурацията на огъня и определя динамиката на неговата площ, дължината на горящия край и други параметри. Всички данни могат да бъдат получени и коригирани

чрез директно заснемане на огъня с помощта на БЛА. Получената по един или друг начин оценка за размера на площта на пожара е сигнал за обратна връзка и той постъпва в горното ниво на системата, където с помощта на Калманов филтър се прави корекция на управляващото действие и целият цикъл на управление се повтаря. Критерият за спиране на описания процес на управление е преустановяването на разрастването на площта обхваната от пожара, тоест равенство до нула на производната стойност на площта по време. Качеството на процеса на управление се оценява по квадратичен критерий, както е прието в ACOR.

*Структура на системата.* Системата се състои от следните елементи:

- ✓ софтуерен и хардуерен комплекс, който включва БЛА, средства за връзка и телекомуникации;

- ✓ методи и алгоритми за идентифициране на параметрите на моделите на природни пожари на базата на данни от космически мониторинг на горите и БЛА;

- ✓ математически модели на динамиката на горски пожари и процесите на тяхната ликвидация, реализирани под формата на програмно-информационна система, и фокусирани върху използването на вземане на решения в защитата на горите и при извънредни ситуации.

- ✓ компютърна симулационна система за подпомагане на оперативното вземане на решения и обучение на персонала по тактика на борбата с природни пожари [9].

Информационната система изпълнява последователно следните функции:

- ✓ събиране на данни;

- ✓ обработка на информацията;

- ✓ предаване на информацията на потребителите.

По време на етапа събиране на данни се използват следните източници:

1. данни за активните пожари и времето, получени от информационните системи за космически мониторинг на горите. Тези информационни системи се използват от структури, които са свързани с потушаването на природни пожари и съдържат актуални данни, но по правило с ниски резолюция;

2. Уебсайт Google Maps. От този източник, разработената система получава данни за релефа на местността, които са най-точните данни и достъпни в публичното пространство, и също така предоставя удобно API.

3. данни от оборудването, което е монтирано на БЛА, и събрани директно от мястото на пожара. Тези данни имат висока резолюция,

съдържат информация както за пожара, така и за гората и метеорологичните условия. Данните се предават на сървъра за съхраняване на данни и ретранслация на данните през основния (GPRS) канал и резервен (радио) канал чрез релейна станция. Данните от различните източници, които са получени от сървъра се анализират и сравняват, а след първична обработка се записват в база данни за по-нататъшна употреба.

Данните могат да бъдат получени чрез различни интерфейси чрез REST-API и да служат като основа за бързо вземане на решения от специалистите на противопожарните служби, а също така могат да бъдат използвани от информационните системи на трети страни.

На етап обработка на данните се прави оценка на конфигурацията и параметрите на възникналия пожар, математическите модели се усъвършенстват и коригират по отношение на новополучените данни, а процесът на разпространение на пожара се моделира по един или няколко алгоритъма. Прави се оперативно прогнозиране на разпространението на пожара, както и оценка на необходимите сили и средства за неговото потушаване. Получените данни могат да се използват в информационната система като източник, усъвършенстване и статистика при преподаването и обучението на персонала.

На етапа предаване на данни на потребителите. Цялата информация, получена в системата, се съхранява на сървъра откъдето се изпраща до заинтересованите потребители. Използва се сървър за база данни (MySQL) с операционна система GNU/Linux Debian. Обменът на данни с БЛА се извършва чрез HTTP протокол и чрез REST API. За обработка на данни (поради неговата асинхронност, трудна предвидимостта на продължителността на етапите на обработка и многото етапи) може да се използва мултиагентен подход. Агентите от тип 1 получават „сурови данни от БЛА“ и ги въвеждат в базата данни. Агентите от тип 2 допълват тези данни (използвайки приложния програмен интерфейс на Google Maps) с характеристики на релефа в близост до огъня. Агентите от 3-ти тип (въз основа на посоката и ъгъла на наклон на сензора, географските координати на БЛА в момента на откриване, данните за релефа, височината на БЛА над морското равнище) определят координатите на точките на горящия край. Агентите от 4-ти тип се използват за обмен на обработени данни с други части на разработения приборо-апаратен комплекс (ПАК).

### **3. Математически модел на динамиката на пожара и процеса на неговото потушаване.**

В разглежданата област са създадени голям брой математически модели [6-9], които се различават по степента на отчитане на физикохимичните процеси при изгарянето на растителни материали и

изчислителната сложност. Повечето от тях обаче не описват едновременно процесите на разпространение на природния пожар и неговото потушаване. Поради което в дисертационният труд се предлага агентен подход. Агентното моделиране (agent-based modeling, АВМ) е нов подход към симулационното моделиране, който е насочен към моделиране на сложни динамични системи чрез изучаване на поведението и взаимодействието на автономни и независими субекти (агенти) в определена среда [7]. За моделиране на ситуации на горски пожари са особено интересни геоинформационните системи (ГИС), които имат възможността да съхраняват и визуализират пространствена информация. Комбинираното използване на агентното моделиране и ГИС дава възможност да се съчетаят предимствата на двете направления и да се приложат перспективни средства за моделиране на процесите, които протичат реално в ландшафта. Идеята за моделиране на краищата на природните пожари с помощта на агентния подход не е нова [1,8]. Агентни модели от такъв вид са създадени с помощта на специализирани системи за програмно описание на дейностите на агентите и състоянието на околната среда (платформи на агенти), като NetLogo, StarLogo, Repast Simphony и др. Този подход позволява да се опрости софтуерната реализация на симулационния модел, но значително затруднява интегрирането и с ГИС. В тези работи ще се симулира свободно разпространяващ се пожар, без да се моделират противопожарните сили и средства.

В разработената система моделната среда е участък от карта на реален терен с нанесен върху него слой, който описва горивни материали от растителен произход (ГМРП). По този начин е възможно да се съчетаят данните от ГИС и модела на агента. Моделът използва информация за населени места, реки, езера, пътища, долини, горски насаждения и др. Позиционирането на картата се извършва чрез задаване на пространствени координати, които са различни за всеки обект. Като модел на горене се използва модел на тънък слой [1,5]. В модела с тънък слой горската покривка се разглежда като еднороден слой върху повърхността на Земята с усреднени характеристики на ГМРП. Тези характеристики се определят въз основа на пирологичното описание на участъците от горската карта. За всяко местоположение на картата се определя предварително вида на повърхността, което определя наличието на основните проводници на горенето (ОПГ) и техния тип. В зависимост от вида на ОПГ се определят базисната скорост на разпространение на огъня  $V_{опг}$ ,  $m/min$  и температурата на запалване на слоя  $Q$ ,  $J/m^2$ . За основни показатели околната среда се приемат следните параметри:

- ✓ скорост на вятъра според най-близката метеорологична станция  $V_w$ ;
- ✓ вектор на посоката на вятъра  $W$ ;
- ✓ клас на опасност от пожар според климатичните условия на КПО.

Тези параметри влияят значително на скоростта и посоката на разпространение на огъня, както и на интензивността на горенето.

Моделът използва два вида агенти. Агентите от тип А се използват за моделиране на поведението на горски пожар и заедно представляват очертанията на огъня на картата. Моделът позволява едновременното присъствие на няколко такива контура, които се разпростират независимо един от друг в различни части на картата. Основната цел, от която се ръководят агенти А по време на изпълнение, това е движение чрез моделиране на средата. Изчисляването на пространствените координати на агентите при всеки етап на моделиране се извършва съгласно предварително определен закон. По време на изпълнението на модела агенти А могат да генерират нови агенти или да отпаднат при определени условия. Изчисляването на новите координати  $A_x$ ,  $A_y$  при всяка итерация на симулацията се извършва с помощта на алгоритъм, въз основа на метода на подвижната мрежа [3].

Агентите тип Б имитират действията на противопожарните сили и оказват въздействие на агентите от първия тип. При изпълнение агентите от тип Б се ръководят от една единствена цел, а именно да „изгасят“ всички горящи точки. За да направите това, агент Б преминава през околната среда до най-близкия агент  $A_i$  и въздейства на неговия показател, интензивност на горене  $I$ . Веднага след като този показател стане равен на 0, агент  $A_i$  променя състоянието си на „не гори“ и агент Б се премества към следващия агент  $A_{R(i)}$ .

Целта на създаването на компютърна симулационна система е да се подобри качеството на обучение и преквалификация на специалистите, които работят в областта на защитата от горски пожари. Целта на компютърната симулация е да се локализира пожара, като го обградим с непреодолими за него граници за постигане на минимална обща щета, която се състои от разходите на гората увредена от пожара, и разходите за локализиране на пожара. На разположение на оператора на системата има набор от сили и средства, от които той може да избира за да локализира пожара, но всяка от тях изисква определени разходи.

#### 4. Заключение

Предимствата на системата са мултифункционалност – съчетание от разузнаване на пожара, неговото идентифициране, оперативен избор на алтернативни решения за борба с пожара, както и автономност, което е важно при работа в отдалечени райони. Положителна черта на системата е и възможността за обучение на персонала в режим на симулатор.

### **Литература:**

1. Живо Петров, Безпилотните летателни системи – необходимост за националната сигурност, Русе, 2021, ISBN 978-619-7404-20-3

2. A. V. Smolyakov, O. E. Fedorovich: Sistemnoe imitatsionnoe modelirovanie osnovnykh harakteristik bespilotnykh aviatsionnykh kompleksov, *Aviatsionnokosmicheskaya tehnika i tehnologia*. Vol. 5 (31), 2006. — pp. 39-42.

3. E. N. Manolis, G. K. Karetsos, S. A. Poravou: Soil Erosion Risk Assessment in a Catchment Area for Ecological Monitoring of Protected Areas Using Geographic Information System, *Journal of Environmental Protection and Ecology* 20, No 1, 146–155 (2019)

4. F. Nicolae, A. Pocora, M. Ristea, A. Buciu: Use of Modelling and Simulation Instruments for Establishing Intervention Logistics in Case of a Marine Hydrocarbon Pollution Event, *Journal of Environmental Protection and Ecology* 20, No 4, 1708–1716 (2019)

5. I. Stoev, S. Zaharieva, A. Borodzhieva: Multifunctional Module Laboratory System for Training in the Subject measurements in Electronics, *ACM International Conference Proceeding Series*, 2020, pp. 236–243, [doi.org/10.1145/3407982.3407984](https://doi.org/10.1145/3407982.3407984)

6. M. Dimitrova: Chemical treatment approach towards reducing existing Sulphur compounds in different oil cuts, *Oxidation Communications*, 42 (3), 400 (2019).

7. S. Petkova, B. Ramon: Nanotoxicology and Regulatory Issues of Emerging Technologies. *Annual of the Organization for Prohibition of Chemical Weapons*, Holland, 2013, 1-43.

8. S. Zaharieva, I. Stoev, A. Borodzhieva and S. Stoyanov: Study of Switching Forward Single-ended DC/DC Converter in the Course “Power Supplies”, 2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), Opatija, Croatia, 2020, pp. 1555-1560, doi: 10.23919/MIPRO48935.2020.9245324.

9. ZH. Petrov: Efficiency And Application Strategy Of Public Procurement Apportion At The Armed Forces // 22nd International Scientific Conference: the power of knowledge, Kavala, Greece, (11-13.10.2019), Institute



of knowledge management – Skopje, Macedonia, 34, 2019, 5, pp.1407-1414,  
ISSN 1857-923X (for e-version), ISSN 1429 – 1438 (for printed version)

*Адрес за кореспонденция:*

*Теодора Петрова, доц. д-р инж.  
Тракийски университет – Стара Загора,  
Катедра Аграрно инженерство, Факултет Аграрен,  
e-mail: [teodorapetrova33@abv.bg](mailto:teodorapetrova33@abv.bg)*

*Живо Петров, доц. д-р инж.  
ВВУ „Г. Бенковски“ – Д. Митрополия,  
e-mail: [zhpetrov@gmail.com](mailto:zhpetrov@gmail.com)*

## СЛЪНЧЕВИ ПОТОЦИ ОТ АЛФА ЧАСТИЦИ И СМЪРТНОСТ ОТ ИСХЕМИЧНА БОЛЕСТ НА СЪРЦЕТО В БЪЛГАРИЯ

Николай Такучев

## SOLAR FLOWS FROM ALPHA PARTICLES AND MORTALITY FROM ISCHEMIC HEART DISEASE IN BULGARIA

Nikolai Takuchev

***Abstract:** According to statistics from the World Health Organization (WHO), ischemic (coronary) heart disease is at the top of the list of the 10 most common causes of death in 2016, regardless of the economic situation in the country. A study has been conducted to determine whether mortality from coronary heart disease is linked to external causes - the planet's magnetic field, solar radiation, solar activity and galactic cosmic rays.*

***Key words:** Radiation, sunlight, heart, disease, mortality, ischemic (coronary) heart disease*

### **Увод:**

Според статистиката на Световната здравна организация (СЗО) исхемичните (коронарни) сърдечни заболявания са на първо място в списъка на 10-те най-чести причини за смърт през 2016 г., независимо от икономическото състояние на държавата. Беше проведено проучване, целящо да изясни дали смъртността от исхемична болест на сърцето е свързана с външни причини – планетарното магнитно поле, слънчевата радиация, слънчевата активност и галактическите космически лъчи.

### **Материал и методи:**

Данни за смъртността от исхемични сърдечни заболявания в интервала 1999 – 2019 г. бяха получени от надеждни статистически източници – СЗО [4], Евростат [5], ООН [6], Центрове за контрол и превенция на заболяванията САЩ [7], „Нашият свят в данни“ [8],

Национална статистика на Филипините [9]. Данните за слънчевата корпускулярна радиация са получени от сайт на NOAA – от серията Geostational Operational Environmental Satellite (GOES) [10]. Дължината на пътя на високоенергийните протони и алфа частиците през атмосферата и съответната необходима енергия бяха изчислени от бази данни и калкулатори PSTAR и ASTAR [11, 12]. Данните за геомагнитното поле за България са получени от сайта на INTERMAGNET [13]. Данните за галактическите космически лъчи са получени от базата данни NMDB за 5 европейски неутронни монитора [14, 15]. За обработка на данните бяха използвани корелационен и регресионен анализ.

### Резултати:

Между годишните потоци от протони и алфа частици от една страна и смъртността от исхемични заболявания при мъжете и жените в няколко страни в Европа, в частност в България (фигура 1), в Северна Америка, в Африка и в Азия, от друга страна, беше установена висока статистически значима корелация.



**Фигура 1. Между смъртността от исхемична болест на сърцето при жените за България и средния поток на алфа частици има силна корелация с коефициент 0,912 и ниво на значимост 0,01.**

Подробно описание на изследването е дадено в [1, 2 и 3]. С най-висок коефициент на корелация: 0,939, ниво на статистическа значимост

0,001, е зависимостта на исхемични сърдечни заболявания при жените (I20 – I25 на Международната класификация на болестите, 10-та ревизия) от потока на алфа-частици за България. Потоците от заредени слънчеви частици не са постоянни във времето. Типичната им продължителност е от часове до дни, няколко пъти в годината.

Не са открити корелации между смъртността от коронарна болест на сърцето от една страна, и галактическите космически лъчи, слънчевите рентгенови лъчи, слънчевата ултравиолетова радиация и слънчевата активност [16, 17, 18, 19, 20, 21] от друга страна.

#### **Дискусия:**

Резултатите показват възможна причинно-следствена връзка между потоците на слънчевата корпускулярна радиация от положително заредени частици – алфа частици и протони и смъртността от исхемична болест на сърцето. Приносът на този феномен към риска от смърт от исхемична болест на сърцето в България се оценява на 10%, но в някои страни като Малта делът на слънчевите положителни частици върху смъртността от исхемична болест на сърцето може да достигне до 40%.

Предложена е хипотеза [1], обясняваща наблюдаваните данни. Според хипотезата положително заредените високоенергийни слънчеви частици проникват в атмосферата и достигат до земната повърхност в области с относително малки площи (петна) с типични размери стотици километри, където въздействат върху биосферата. Петната са места, където е изпълнено условието посоките на индукция на земното магнитно поле и посоката на нахлуване на частиците в атмосферата да са успоредни – в този случай върху нахлуващите в земната атмосфера електрически заредени частици не действа отклоняваща сила. Беше изчислена енергията, необходима на нахлуващите частици да преодолеят разсейването на енергията им в резултат от взаимодействието с частиците в атмосферата – от 2,5 GeV до 3,4 GeV за протоните и от 6,2 GeV до 7,5 GeV за алфа частиците. Частиците с такава енергия са релативистки – достигат земната орбита за минути след излъчването им от Слънцето, вероятно в началото на пристигащия поток от заредени частици и интензитетът на пронизващия атмосферата поток е най-висок през най-тънката ѝ част – местата, където Слънцето е в кулминацията си в момента на пристигане на частиците. Описаната хипотеза позволява да се изчисли ширината на зоната на географските ширини с най-интензивно въздействие – главно между 28°N и 48°N, но явлението може да се наблюдава и на географски ширини извън тази зона. Хипотезата позволява да се изчислят датите с повишен риск в зависимост от географската ширина на петна от земната повърхност в тази зона. Според данни от спътникови наблюдения (GOES 13), значителен

поток от алфа частици с енергия над 3,4 GeV се наблюдава в геостационарна орбита, докато протонният поток с енергия над 0,7 GeV е стотици пъти по-слаб. Това прави по-вероятно да се заключи, че високоенергийните алфа частици достигат до земната повърхност и задействат процеси в кръвообращението, които причиняват смърт.

Не е възможно да се предвиди кога поток от бързо заредени слънчеви частици ще се насочи към Земята, но ако предложената хипотеза обяснява адекватно описаното явление, дните с висок риск могат да бъдат изчислени за всяка географска ширина в зоната [1]. Широкото разпространение на такава информация би увеличило продължителността на живота, особено за възрастните хора.

**Използвани източници:**

1. Takuchev N 2021 Does the Angel of Death Sometimes Use Solar Alpha Particles to Take Our Souls? *BP International* ISBN 978-93-91215-44-6 (eBook) DOI: 10.9734/bpi/mono/978-93-91215-36-1.

2. Takuchev N 2019 Solar corpuscular radiation and mortality from various forms of ischemic heart disease in Bulgaria for the interval 2005 - 2015. *AIP Conference Proceedings* 2075, 130005; 13005-1 - 13005-6; Available:<https://doi.org/10.1063/1.5091290>

3. Takuchev N. Ischemic heart diseases mortality for Bulgaria partly depends on solar corpuscular radiation? *ESJ Cardiologist*. 2020;1(2):1010. Available:<https://www.escientificlibrary.com/cardiology/Article/ESJC-V1-1010.pdf>

4. Most Common Causes of Death. Available:<http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>, last visited on 14.8.2018.

5. Eurostat. International statistical classification of diseases and related health problems. <[http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=hlth\\_cd\\_asdr2&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=hlth_cd_asdr2&lang=en) 14.8.2018> (2021/11/1)

6. UN Data. Available:<https://data.un.org/Data.aspx?q=Death&d=POP&f=tableCode%3a105>

7. NSI: Mortality in Bulgaria for reasons of gender, statistical regions and districts, 2005 – 2015. Available:[https://infostat.nsi.bg/infostat/pages/reports/query.jsf?x\\_2=1019](https://infostat.nsi.bg/infostat/pages/reports/query.jsf?x_2=1019), last visited on 14.8.2018.

7. Centers for Disease Control and Prevention USA, National Center for Health Statistics. Compressed Mortality File 1999-2016 on CDC WONDER Online Database, released June 2017. Data are from the Compressed Mortality File 1999-2016 Series 20 No.2U, 2016, as compiled from data provided by the

57 vital statistics jurisdictions through the Vital Statistics Cooperative Program. Accessed at <http://wonder.cdc.gov/cmfi-icd10.html> on Sep 26, 2021, 7:09:48 AM.

8. Our World in Data. Age-standardized death rate from cardiovascular diseases, per 100,000 individuals, 1990 to 2016”, <<https://ourworldindata.org/grapher/age-standardized-death-rate-cardiovascular-disease?country=~BGR>>, (2021/11/12)

9. Number of Deaths by Cause, by Sex, and by Usual Residence of Deceased (Region and Province), Philippines: 2006-2015 <<https://psa.gov.ph/vital-statistics/table-year/2019>> (2021/11/12).

10. Data from GOES satellites. Available:<https://satdat.ngdc.noaa.gov/sem/goes/data/avg/> last visited on 25.11.2020. 9. Coordinates of the geomagnetic observatory in Panagiurishte, Bulgaria. Available:<https://www.gfz-potsdam.de/en/section/geomagnetism/infrastructure/geomagneticobservatories/>, last visited on 14.8.2018.

11. PSTAR.

Available:<https://physics.nist.gov/PhysRefData/Star/Text/PSTAR.html>

12. ASTAR.

Available:<https://physics.nist.gov/PhysRefData/Star/Text/ASTAR.html>

13. Data on the geomagnetic field in the region of Bulgaria. Available:<http://www.intermagnet.org/data-donnee/dataplot-eng.php?type=xyz> last visited on 14.8.2018.

14. Neutron Monitors Data Base. Available:<http://www.nmdb.eu/?q=node/19>, last visited on 14.8.2018.

15. Data for Neutron Monitor ALMA-B. Available:[http://cidas.isee.nagoya-u.ac.jp/WDCCR/station\\_list.php](http://cidas.isee.nagoya-u.ac.jp/WDCCR/station_list.php) last visited on 26.3.2021.

16. Sun Spot Number. Available:<https://www.ngdc.noaa.gov/stp/solar/ssndata.html> last visited on 14.8.2018.

17. What is a solar flare? Available:<https://hesperia.gsfc.nasa.gov/sftheory/flare.htm>

18. Solar Flare Index data. Available:<https://www.ngdc.noaa.gov/stp/space-weather/solar-data/solar-features/solarflares/index/flare-index/>

19. Coronal Mass Ejections. Available:<https://pwg.gsfc.nasa.gov/istp/nicky/cme-chase.html> 10 April 2020.

20. What is a Coronal Hole? Available:<http://www.sws.bom.gov.au/Educational/2/1/5> 31 May 2020.

21. Belov AV. Forbush effects and their connection with solar, interplanetary, and geomagnetic phenomena. Proceedings of the International Astronomical Union. 2008;4(S257):439–450. DOI: 10.1017/S1743921309029676

**Адрес за кореспонденция:**

*Николай Такучев, Тракийски университет, ректорат, Стара Загора, България*  
Имейл: *nnpppttt@gmail.com, npt@uni-sz.bg*

## РАДИАЦИОННА ЗАЩИТА В СЛУЧАЙ НА АВАРИЯ

Александра Димитрова, Радослав Коев, Мариана  
Кънчева

### RADIATION PROTECTION IN THE EVENT OF AN EMERGENCY

Alexandra Dimitrova, Radoslav Koev, Mariana Kancheva

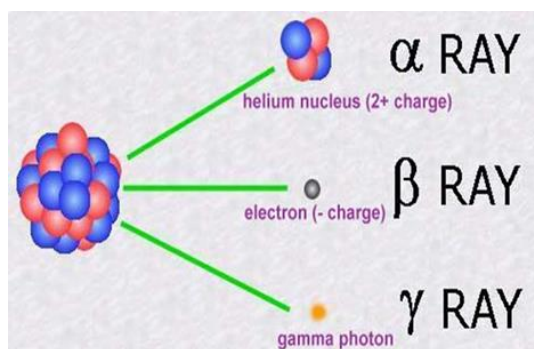
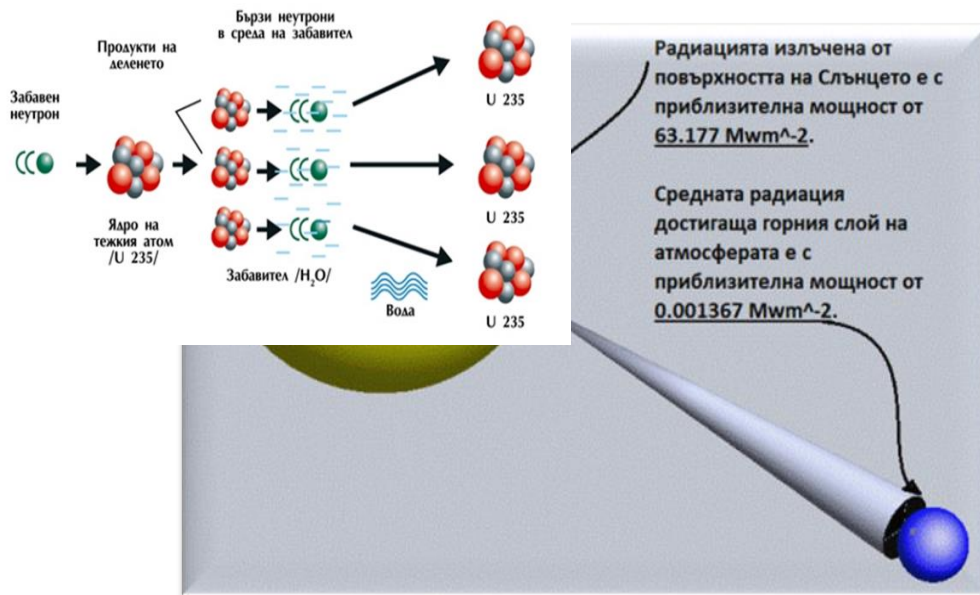
***Abstract:** The report looks at some of the most serious radiation accidents, as well as the three biggest accidents at nuclear power plants. The types of radiation accidents are affected. An international scale for the classification of nuclear and radiation events is indicated. Clarifies the basic concepts of „radiation”, „accident”, „radiation protection”. The report shall state the main causes of a radiological emergency. The striking factors in the event of an accident at the NPP, methods of protection and basic measures to protect the population in the event of an accident are affected.*

***Concepts:** Radiation; Ingested dose; Equivalent dose; Effective dose; Accident; Radiation emergency; Radiation protection.*

Под явлението радиация разбираме излъчване на вълни или частици. Радиацията е сбор от разнородни по вид частици и електромагнитни излъчвания с йонизиращо действие. Най-значими са следните типове йонизиращо излъчване: късовълново електромагнитно излъчване (рентгеново и гама-лъчение), потоци от заредени частици – бета-частици (електрони и позитрони), алфа-частици (ядра на изотопа  $^4\text{He}$ ), протони, други йони, мюонов и др., а също и неутрони.



## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021



**Основните източници** на радиация са радиоактивните елементи, космическата радиация и изкуствени радиоактивни източници (напр. ядрени реактори). Радиацията е един от главните мутагенни фактори.

В която и да е сфера да работим, винаги съществува възможност за авария.

**Авария** е внезапна технологична повреда свързана със спиране или съществено нарушаване на технологичния процес, възможност за възникване на взривове, пожари, множество травми за персонала, жертви.

**Радиационните аварии** не са изключение. Под „радиационна авария“ разбираме случаите, при които един или повече души са получили остро облъчване и/или е настъпило значително радиоактивно замърсяване на околната среда. За периода от 1945-2007 г. са регистрирани общо 229 аварии, които по данни на ООН се разпределят както следва:

аварии в ядрени предприятия (предприятия на ядрения горивен цикъл);

- ✓ аварии в промишлени предприятия;
- ✓ аварии, свързани със загубени радиоактивни източници;
- ✓ аварии в научноизследователски учреждения;
- ✓ аварии, свързани с медицинско облъчване
- ✓ аварии при транспортиране на различни източници.

### **Ето някои от по-сериозните радиационни аварии:**

✓ Първата авария от такъв тип е изхвърлянето на радионуклиди от повредени канали на реактора, използван за военни цели в Уиндскейл (Великобритания) през 1957г. Най-голямо безпокойство предизвикаха изхвърлянето в атмосферата йод.

✓ Друга авария, имаща значителен психологичен ефект е през 1979г. в АЕЦ „Остров Три Мили” в САЩ. Не са открити здравни последици.

✓ Кражбата на мощен кобалтов източник през 1983г. в Сан Хуарес (Мексико) довежда до радиоактивното замърсяване и облъчване на 4 хиляди души.

✓ През 1987г. в град Гояна в Бразилия е разкапсулиран мощен източник цезий. 54 души са хоспитализирани, като 17 са получили значителни туморни маркери на костния мозък и 4 умират от остра лъчева болест.

✓ През 1999г. в завод за производство на ядрено гориво в Токаймура (Япония) възниква неуправляема верижна реакция, тъй като работник в завода е поставил в контейнер 8 пъти повече уран от допустимото. Облъчени са 49 работници, като двама от тях загиват.

✓ Радиационна авария в Урал, едната крупна авария свързана с радиоактивните отпадъци от предприятието за производство на оръжеен плутоний „Маяк”, течните отпадъци са изхвърляни в река Теча 1949-1956г., като пик на активностите има към 1960-61г. Не са установени обаче никакви генетични последици.

✓ Другата сериозна авария в Урал е станала през 1957г. в района на град Кишим, пак в ядрения център на Съветския съюз. Поради лошо охлаждане експлодира подземна стоманена цистерна, която съдържа около 100 тона радиоактивни отпадъци. В резултат е замърсен район с дължина около 300 км и обща площ 23 хиляди квадратни километра, засегнати са около 270 хиляди души, от които 10 хиляди са евакуирани. Няма регистрирани нито един случай на остра, нито на хронична лъчева болест.

✓ Авария в Чернобил става на паметната дата на 26.04.1986г. в 01ч.23 мин., когато два последователни взрива през няколко секунди са унищожили активната зона на 4-ти реактор и са разрушили неговото здание. Причините за аварията са, от една страна, конструктивни недостатъци на реактора, а от друга-груби грешки и безотговорност на обслужващия

оперативен персонал. Увеличаване на случаите на левкемия и други новообразувания, аномалии при раждания и каквито и да е други заболявания, които могат да се свържат с йонизиращата радиация, дължаща се на аварията, сред населението на страните на Европа досега не са открити.

✓ Друга голяма такава е аварията в АЕЦ Фукушима I е радиационна авария от седма, най-високата степен по международната скала за ядрените събития, възникнала в АЕЦ Фукушима I, Япония. Това е най-сериозният ядрен инцидент след Чернобилската авария. Аварията е породена от земетресението и последвалото го цунами, ударило Япония на 11 март 2011 г.. Земетресението поражда 14-метрово цунами, което преминава над морската дига на електроцентралата, наводнява зоните около блоковете от 1 до 4 и изкарва от строя аварийните генератори.

**Международната скала за ядрени и радиационни събития** (на английски: *International Nuclear and Radiological Event Scale*; въведена през 1990 г. от Международната агенция за атомна енергия (МААЕ) с цел да осигури незабавното докладване на информация, свързана с безопасността при възникването на ядрени инциденти.

Скалата има 7 нива (степени) на опасност и едно нулево ниво, означаващо липса на опасност. Скалата е подобна на скалата на Рихтер и всяко ниво обозначава инцидент приблизително 10 пъти по-сериозен от предишното.

Степен 7 - Крупна авария: Чернобилска авария, 1986 и Авария на АЕЦ Фукушима I, 2011;

Степен 6 - Сериозна авария: Авария в ядрен комплекс Маяк, 1957;

Степен 5 - Авария с широки последствия: Авария на Тримилния остров, 1979;

Степен 4 - Авария с местни последствия;

Степен 3 - Сериозен инцидент;

Степен 2 - Инцидент: Множество събития;

Степен 1 - Аномалия: Множество събития;

Степен 0 - Събитие с отклонение под скалата: Множество събития.

Разглеждайки трите най-тежки катастрофи с АЕЦ в историята, макар и най-леката в сравнение с другите две – тази в Три Майл Айлънд, САЩ и другите две, Чернобил, СССР и Фукушима, Япония. Запознавайки се с историите на трите събития, виждаме някои изключително общи черти.

Големите аварии в АЕЦ се случват в резултат не на друго, а предимно на човешка грешка и по-точно поредици от грешки в изпълнението, управлението и оперирането в ядрените централи.

Причини за аварии в АЕЦ са от обективен или субективен характер. Обективен характер - възникване на техническа повреда, природно

бедствие- земетресение, наводнение, самолетна катастрофа, терористичен акт. Субективен характер – неспазване на установените правила и инструкции при експлоатация, ремонт, контрол извършван в АЕЦ.

**Поразяващи фактори при възникване на авария в АЕЦ:**

**Паровъздушен взрив** - получава се когато настъпят нарушения при отвеждане на топлината от активната зона на реактора в резултат, на което нараства неконтролируемо мощността на реактора.

**Проникваща радиация** - представлява поток от неутрони и гама лъчи, които се отделят от аварирания корпус. Тя действа в района на площадката на АЕЦ и в санитарно-защитната зона.

**Радиоактивно замърсяване** - неговата продължителност може да е дни, месеци, години.

**Радиацията сама по себе си е явление, което внушава страх и стрес в живота на хората и това не е безпричинно.** Радиационните явления и аварии са наистина страшни и опасни, но не може населението на света да живее в страх и притеснение дали няма да ги застигне радиацията и вредите от нея. За това я има така наречената „**радиационна защита**”, което е комплекс от организационни и технически мерки, предназначени за защита на хората от облъчване с йонизиращи лъчения, включително осигуряване безопасността на източници на йонизиращи лъчения и дейностите с тях, тоест осигуряване на минимален рис от необоснованото облъчване, минимален брой облъчвани лица, минимално облъчване на хора без надвишаване на установените граници и дозите, предотвратяване на радиационни аварии и ограничаване на последиците от тях.

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

Величина	Озна- чение	Единица	Приложение
Погълнатата доза	$D$	Gy (грей)	Универсална величина – за всяко лъчение и за всяко вещество
Експозиция	$X$	$C.kg^{-1}$ (кулон на килограм)	За оценка на йонизиращото действие на фотонно лъчение във въздух
Мощност на дозата Мощност на експозицията	$P_D$ $P_X$	$Gy.s^{-1}$ (грей за секунда) $C.kg^{-1}.s^{-1}$ (кулон на килограм за секунда)	За оценка на скоростта на натрупване на дозата (експозицията) във времето
Еквивалентна доза	$H$	Sv (сиверт)	За оценка на зависимостта на радиобиологичния ефект от дозата и от вида на лъчението
Ефективна доза	$E$	Sv (сиверт)	За оценка на стохастичните радиобиологични ефекти при нехомогенно облъчване на тялото
Колективна еквивалентна доза Колективна ефективна доза	$S_H$ $S_E$	man.Sv (човеко-сиверт) man.Sv (човеко-сиверт)	За оценка на колективния риск при облъчване на група лица

### Основните мерки за защита на населението при авария с възможни радиационни последствия включват:

- своевременно уведомяване на населението, даване на съответни указания;
- укриване на подходящи места;
- ограничаване и контрол на достъпа в места с повишена радиационна опасност за населението;
- използване на средства за предпазване от вдишването на радиоактивни вещества;
- провеждане на йодна профилактика;
- отдалечаване на безопасно разстояние от засегнатото място в резултат на аварията, което включва евакуация, временно или постоянно преселване на засегнатото население;
- радиометрични и дозиметрични измервания за оценка на обстановката и вземане на решения от компетентните органи;
- дезактивация на помещения, сгради и участъци, замърсени с радиоактивни вещества;
- прилагане на специфични изисквания към радиационната хигиена на населението;
- ограничаване на потреблението на радиоактивно замърсени хранителни продукти и фуражи, включително вода и мляко;
- прилагане на допълнителни мерки за радиационна защита на населението, базирайки се на измервания, прогнози за развитието на аварията и оценки на възможните последствия от нея.

Мерките за радиационна защита на населението се прилагат въз основа на критериите и принципите, определени в Наредбата за аварийно планиране и аварийна готовност при ядрена и радиационна авария. Защитните мерки за населението се изпълняват по указания на МВР. Уведомяването се извършва по националните и регионалните телевизионни и радио станции, местни радиотранслационни възли, сирени, високоговорители и други начини, предвидени във Външния (националния) аварийен план и вътрешните аварийни планове на съответните ведомства и обекти.

Общи указания към населението, свързани с радиационната защита в случай на авария с възможни радиационни последствия:

1. Предайте получената информация за аварията на ваши близки и познати, ако смятате, че те не знаят за събитието.

2. Изпълнявайте стриктно дадените указания относно мерките за радиационна защита, които трябва да се прилагат незабавно или на по-късен етап след аварията. Запазете спокойствие и не предприемайте панически действия.

3. Не предприемайте йодна профилактика (поглъщане на таблетки калиев йодид) без указание от компетентните органи.

4. Херметизирайте според възможностите и наличните средства помещенията, където се укривате при възникналата аварийна обстановка. За защита на дихателните пътища от попадане на радиоактивни вещества в човешкия организъм могат да се използват стандартни защитни средства

5. При обявяване на авария с възможни радиационни последствия спазвайте стриктно лична радиационна хигиена, за да ограничите до минимум възможността за поглъщане на радиоактивни вещества и замърсяване на вашето тяло и облекло с радиоактивни вещества.

6. Евакуацията като защитна мярка за населението е кратковременна промяна на местоживеенето с продължителност до 7 дни в зависимост от развитието на аварията и последствията от нея.

Изключете всички битови електрически уреди (печки, фурни, бойлери, климатици, лампи и др.), изключете ел.-захранването от бушоните, затворете всички кранове за вода, изключете газовите уреди и инсталации, изгасете печки и камини, затворете вратите и прозорците, вземете ръчния багаж и заключете вратите на вашия дом.

Не вземайте със себе домашни животни, обемисти и тежки предмети;

Придвижете се своевременно до обявения сборен пункт за евакуация (с личен транспорт или пеша), от където ще бъдете превозени по местоназначение съгласно указанията на компетентните органи.

За евакуация на болни, инвалиди, деца и възрастни, за които ви е нужна помощ, поискайте съдействие от компетентните органи на местно ниво (териториални дирекции за гражданска защита, дежурни служители в кметства и медицински заведения в съответните населени места).

7. Временното преселване като защитна мярка за населението е дългосрочна промяна на местоживеенето с продължителност до 30 дни в зависимост от развитието на аварията и последствията от нея.

8. Постоянното преселване като защитна мярка за населението е напускане на местоживеенето завинаги. Тази защитна мярка се организира от компетентните органи само в краен случай.

Използвана литература:

1. Василев Г., Радиоекология, ТИТА Консулт, 2005г.

2. Василев Г., С. Ушев - "Радиация, жизнена среда, човек, ядрена енергетика"

<https://profit.bg/svetat/golemite-radiatsionni-avarii-i-katastrofi/>

<https://bg.wikipedia.org/wiki/>

*Александра Димитрова и Радослав Коев, ученици 10 клас, специалност Електроенергетика, ПГЯЕ „Мария Скл.-Кюри“, гр. Белене, pgbelene@abv.bg*

**ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА, СВЪРЗАНИ С  
КИБЕРСИГУРНОСТТА НА ЯДРЕНИТЕ ПРОГРАМИ И  
ЦЕНТРАЛИ**

**Евгени Андреев, Димитър Димитров**

**CHALLENGES RELATED TO THE CYBER SECURITY  
OF NUCLEAR PROGRAMS AND POWER PLANTS**

**Evgeni Andreev, Dimitar Dimitrov**

***Abstract:** The article presents the tendency to increase the hacker attempts to compromise the nuclear programs and devices of certain countries. An overview and analysis of some of the most significant hacker attacks on nuclear resources and the weaknesses that led to them has been made. The consequences of the attacks on the attacked country and how it affects the society are presented. The critical issues that led to these attacks and how they are overcome are outlined. Emphasis is placed on the importance of a well-chosen cybersecurity strategy for countries' nuclear programs and headquarters. The problems related to the protection of nuclear facilities and resources worldwide are presented. Attention is paid to innovative data protection methods using machine learning and artificial intelligence as part of future cybersecurity policy.*

***Key words:** cybersecurity, nuclear power plants, hackers, information technology, security*

**Въведение**

Развитието на информационните технологии и техника, предопределя тяхното широко приложение във всеки един аспект от икономическия, научния, политическия, обществения и културния живот на хората. Навлизането им обаче води и до нови заплахи, с които специалистите по сигурност се сблъскват всеки ден. Скоростта, с която се усъвършенстват злонамерените софтуери и методи, води до тяхното бързо адаптиране към контрамерките, предприети от специалистите по сигурност. Тези заплахи застрашават както мета пространството, така и физическият свят. Кражбата на данни, шпионажът и botnet мрежите са



само част от опасностите, засягащи киберпространството. Дестабилизирането на външната и вътрешната политика, икономиката и предизвикване на хаос в държавата са едни от основните опасности, които засягат физическия свят. С разрастването на тъмната мрежа и широкото използване на криптовалути, достъпът до хакери, които предоставят тези услуги, е улеснен. Това води до нарастването на хакерските атаки и тяхното въздействие към обществото. Първата сериозна атака е над естонското правителство [6] през 2007г., където чрез DDoS атака голяма част от държавните структури и онлайн банкиране биват недостъпни за дълъг период от време. В следващите години се появяват вируси като Stuxnet, WannaCry, Petya, DTRACK и CryptoLocker, които поставят под въпрос ефективността на стратегиите за киберсигурност.

### **1. Преглед и анализ на хакерски атаки, свързани с ядрените програми и централи на определени държави. Последници от атаките.**

Една от атаките, които повдигат съмнения в това колко са защитени високочувствителните съоръжения на една държава, е Stuxnet [10]. Макар част от най – важните системи в една ядрена програма и атомна електроцентрала да нямат достъп до интернет, има и голяма част от тях, които да са свързани с интернет. Друг проблем би бил с компрометиран софтуерен ъпдейт или друго компрометирано устройство на територията на централата. Stuxnet е първият тежък удар, нанесен от хакерска атака върху високочувствителни съоръжения на една държава. През 2010 г. чрез съвместно сътрудничество между американската Агенция за национална сигурност и Израелското правителство е създадено ново поколение оръжие – кибероръжието. Вирусът е създаден с цел забавяне на иранската ядрена програма. Зловредният софтуер се състои от 3 слоя – „червей“ с товар, който има за цел да извършва зададените му инструкции; файл - линк, който спомага за размножението на вируса в системата и rootkit, който крие самият вирус. Вирусът достига до компютър, който е част от конфигурацията на иранската ядрена програма, благодарение на заразен флеш памет. Главната му цел е да експлоатира слабост в логическите контролери на Сименс. Това му дава възможност за контрол над налягането - увеличава и намалява налягането в центрофугите до такава степен, че те не издържат и се разкъсват. Stuxnet унищожава голяма част от алуминиевите центрофуги, намиращи се в иранското подземно съоръжение за обогатяване на ядрено гориво в Натанз. В резултат на това ядрената програма е забавена и инфраструктурата унищожена.

Ядрената централа в Бавария е друг пример за пробив в сигурността на важна ядрена структура чрез атака със заразен носител [12]. През пролетта на 2016 год. са открити два вируса - W32.Ramnit и Conficker в

Блок Б, отговарящ за транспорта на ядрено гориво. Вирусите са от тип „червей“ и са добре познати. Възможностите им са кражба на данни и манипулация на различни системи. Двете заплахи биват неактивни, тъй като са били без достъп до интернет. В разследване на Германското федерално управление на информационната безопасност, става ясно, че подобно на Stuxnet W32.Ramnit и Conficker идват от заразени флаш паметни. Опасността от разпространение на конфиденциални документи относно Блок Б и цялата плантация е избегната, благодарение на остарелият дизайн на вируса. В резултат на разследването е засилен контролът над достъпа до главните компютри на блоковете.

За един от най – сериозните пробиви на атомни електроцентрали съобщава Индийският екип за реагиране при компютърни инциденти. В началото на Септември 2019г. най – мощният АЕЦ на Индия „Куданкулам“ е бива хакнат [4]. По-късно VirusTotal излиза с изявление, че много голяма част от конфиденциалната информация, сред която и плановете на самата ядрената централа, са изтекли. След анализ на ситуацията става ясно, че поради слаба стратегия за киберсигурност на централата, са били допускани служители с персонални телефони, таблети и лаптопи да работят по информационните въпроси, касаещи АЕЦ „Куданкулам“. Компрометирането идва от заразен персонален компютър на един от работниците, който е бил инфектиран с модификация на севернокорейският вирус DTRACK [3]. Това е троянски кон с три главни направления: Запис на интернет историята на различни интернет приложения и браузъри; Събира информация от всички регистри на операционната система; Систематизира и подрежда всички активни процеси на машините и сканира мрежите, в които се намира заразената машина. След това цялата информация се записва като временни файлове и бива изтегляна от нападателя чрез прокси сървър. В заключение целите на атаката са били шпионаж и разузнаване. Опасността се оценява на една от най – високите, тъй като с информацията, с която разполагат хакерите, е огромна. Те могат да подготвят атака, която да е специално предназначена за АЕЦ „Куданкулам“ и слабите звена на централата.

Друга подобна атака, но в по-големи мащаби е масираната атака [11] от декември 2020г., чиято цел са няколко министерства в САЩ, сред които и Министерството на енергетиката и Националната администрация за ядрена сигурност. В изявление CISA (Cybersecurity and Infrastructure Security Agency) казват, че това е част от масирана кампания, целяща кражба на чувствителни данни и шпионаж.

С всяка следваща атака хакерите прилагат нови и по – трудни за засичане методи, като успоредно на това расте и опасността на атаките.

Офанзивните действия срещу атомни електроцентрали се увеличават[Фиг. 1] представляват все по – голям интерес за хакерите и за кибертерористите, тъй като стойността на откраднатите данни е високо оценявана на черния пазар.



**Фиг.1. - Брой на атаките върху ядрени структури в периода 1990г. – 2016г. по данни на The Nuclear Threat Initiative.**

## **2. Предизвикателства пред защитата на атомните електроцентрали и програми.**

Кралският институт по международни отношения заявява в годишен доклад[2], че едно от най – сериозните предизвикателства пред сигурността на ядрените съоръжения и централи е именно липсата на комуникация между атомните агенции по света. Подобно на случаят с АЕЦ „Куданкулам”, правителствените органи, отговарящи за контрола над ядрените програми и централи, засекретяват и/или напълно заличават информацията за проблеми с киберсигурността на ядрените си програми и централи. В противен случай това би довело до срив на репутацията и доверието към правителството и компетентността му относно защитата. Рядкото докладване за проблеми със сигурността, криенето на пробиви и атаки, прави работата на агенциите, които се занимават с актуализирането на киберсигурността на атомните централи, по – трудна. На международно ниво липсва механизъм, който да спомага обменна на данни и сътрудничество между отделните държавни атомни организации. Липсата на обмен на информация затруднява създаването на модели на атаките, регулиране и предприемане на контрамерки от специалистите по киберсигурност. Всичко това води до погрешното заключение, че ядрените централи и програми са невъзможни за хакване и довежда до небрежност при съставяне на стратегиите за киберсигурност, а и на персонала.

Човешката грешка остава една от най-опасните заплахи за сигурността на ядрените съоръжения. Персоналът на атомните електроцентрали и програми в голям процент от случаите не е обучен за откликване при киберинцидент и често смята инцидентите като проблем с хардуера. Липсата на подходящо обучение и тренировки по киберсигурност на работниците, води до това те да бъдат небрежни относно персоналната си киберсигурност в и извън ядрените съоръжения, където те работят. Често се случва те да работят с персоналните си компютри, телефони или таблети, които могат да са компрометирани и така да бъде компрометирана цялата мрежа. Дори, когато те не работят с тях, само едно свързване на заразено устройство с мрежа на централата, би било с тежки последици.

С усъвършенстването и внедряването на все повече услуги, изискващи интернет достъп, защитата от тип „air gapped“[5] е вече не толкова ефективна. Много от външните фирми, които работят с атомните електроцентрали по различни услуги и софтуери, изискват обмен на данни и връзка със самата система, тъй като данните са нужни за ъпдейтване на продуктите и услуги. Њпдейтите от своя страна също крият рискове, тъй като трафикът на данни или самият инсталационен файл може да бъде компрометиран и да се инсталира злонамерен код директно на целевия компютър. Макар да бъдат използвани специално конфигурирани защитни стени и криптиране на трафика, модерните злонамерени софтуери биха заобиколили тези защити не толкова трудно и незабелязано.

Един от най – належащите проблеми е липсата на строг контрол за сигурност – криптиране, оторизация и валидна авторизация в цифровите системи в повечето атомни съоръжения. Мрежата работеща на принципа TCP/IP протоколи отваря уязвимост към атаки от типа IP spoofing, man in the middle и SQL инжекции[7]. Това може да доведе до нежелани резултати, ако не бъдат конфигурирани правилно и не бъдат следени с внимание.

**3. Препоръки за предпазване интегритета на информационната сигурност. Изкуственият интелект и машинното обучение като начини за справяне със заплахите.**

От изключителна важност е разработката на препоръки за предпазване интегритета на информационната сигурност.

Полезни препоръки за справяне с гореспоменатите проблеми биха били:

1. Формиране на безпристрастна международна организация, осъществяваща връзка между атомните електроцентрали по света. Целите

на тази новосформирана структура са обмен на данни, обсъждане и анализ на проблемите при отделните съоръжения.

2. Изготвяне на задължителни регулаторни насоки и стандарти за киберсигурност на атомните електроцентрали[1] и съоръжения, по които да се сертифицират определените структури.

3. Международна правна рамка, включваща криминализация на укриването на пробиви в сигурността на атомните централи и съоръжения.

4. Подобряване на контрола над компютърните системи. Осигуряване на надеждни методи за криптиране, оторизация и авторизация. Ограничаване на излишният достъп до високочувствителни компютърни конфигурации.

5. Обучение по киберсигурност на екипите, работещи в и извън атомните съоръжения. Цел на обучението е подобряване грамотността по въпросите с информационната сигурност, за да се избегнат атаки от типа „вътрешен човек“.

6. Забрана за ползване на каквито и да е лични устройства на територията на атомните електроцентрали и съоръжения.

7. Максимална автоматизация на процесите, независеща от интернет, целяща намаляване намесата на хората и ограничаване човешката грешка.

8. Одит по ISO 27001 за осигуряване на стандартизация на компютърните мрежи и системи. Наблягане на допълнителна сигурност на IoT устройствата, които се използват в централите.

9. Осигуряване на максимално сигурен начин за връзка между външни фирми, отговарящи за софтуерната поддръжка на някой от елементите на ядрената централа и/или съоръжение. Мониторинг и анализ на трафика от данни през цялото време. Осигуряване на добре защитени вътрешни компютърни мрежи и връзки. Децентрализиране на чувствителните мрежи.

10. Внедряване на изкуствен интелект и машинно обучение.

Приложението на изкуственият интелект би било решение за голяма част от заплахи за киберсигурността на една атомна електроцентрала. Стъпвайки на вече създадена база данни от много различни типове вируси и атаки, изкуственият интелект би могъл да засича и блокира тези вируси по най-оптималният начин. Автоматизирането на процеса на откриване и реагирането при заплахата [9], би бил по-ефективно от традиционните методи, тъй като машинното обучение и изкуственият интелект могат да обработват голямо количество от данни за кратко време. Друг проблем, които разрешава използването на изкуствен интелект, е справянето с модификации на вече познати вируси и такива, които работят по същите

принципи. Един от главните проблеми на конвенционалните антивирусни и защитни стени, е че работят на принципа на вече записани вируси и разчитат на сканиране на цялата база данни, за да се открие, ако има съвпадение с определени идентификационни флагове. Когато обаче файла бива маскиран или модифициран, той може да избегне съвпадение, тъй като са премахнати тези идентификационни флагове. Този проблем се разрешава, имплементирайки изкуствен интелект и машинно обучение, които да използват вече наличната база данни за вируси, за да се „учат“. След като обработят тези данни се създават принципи, които са основополагащи на невронната мрежа. След тези стъпки изкуственият интелект и машинното обучение могат да разпознаят модифицирани и маскирани вируси, използвайки комплексни методи за анализ и обработка. Друго предимство на този изкуствения интелект е това, че може да установи къде в програмите има силни страни и къде има пропуски. Ще бъде възможно да се предвидят как и къде е най-вероятно защитата да бъде компрометирана и ще бъде изготвен план за пренасочване на ресурсите за справяне със слабостите. Използването на изкуствен интелект за допълване на човешките екипи по информационна сигурност вече става факт. Компании като Darktrace, Fortinet и FireEye успешно съчетават човешкият капитал и изкуствения интелект[8]. Използването на изкуствен интелект е изключително важно за разбиране на въздействието на различните програми за инфосигурност и за докладване на съответната информация на всички заинтересовани страни.

### **Заклучение**

Скоростното развитие на хакерските атаки и методи поставят под въпрос защитата на високочувствителните съоръжения и структури на държавно ниво. Тези атаки са по – ефективни, по – бързи и по – евтини от конвенционалните методи. При поразяването на високочувствителни инфраструктури, те могат да струват стотици милиони левове загуба. Когато обаче говорим за атомните електроцентрали, пораженията могат да бъдат не само финансови, но и физически. Stuxnet ни показва колко разрушителна може да бъде една такава атака. При липсата на адекватни мерки като в АЕЦ „Куданкулам“ експерти по – сигурността не изключват и апокалиптичен сценарий, подобен на АЕЦ „Фокушима“ от 2011г. Необходим начин за противодействие на това е повишаване на бюджета за информационната сигурността, въвеждане на по – строги и конкретни регулации, както на национално, така и на международно ниво. Създаване на механизъм за обмен на данни между отделните атомни електроцентрали с цел устойчивост. Подобряването на информационната грамотност на хората, отговарящи пряко за важните инфраструктури, е критичен етап от

справянето с нарастващите заплахи и имплементиране на изкуственият интелект и машинно обучение като част от линията за защита.

### Литература

1. Arinze, U. C.; Longe, O. B.; Eneh, A. H. (2020), Regulatory perspective on nuclear cyber security: The fundamental issues.
2. Baylon, C.; Brunt, R.; Livingstone, D. (2015) Cyber security at civil nuclear facilities. Understanding the risks. Royal Institute of International Affairs.
3. Lamb, C. C.; Fasano, R. E.; Ortiz, T. (2019), Advanced malware and nuclear power: past, present, and future.
4. Mallick, P. (2020), Cyber Attack on Kudankulam Nuclear Power Plant – A Wake Up Call.
5. Masood, R. (2016), Assessment of cyber security challenges in nuclear power plants security incidents, threats, and initiatives. Institute for Cybersecurity and Privacy - University of Georgia.
6. Ottis, R. (2008), Analysis of the 2007 Cyber Attacks Against Estonia from the Information Warfare Perspective. Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence, Tallinn, Estonia.
7. Shea, S. (2020), 7 TCP/IP vulnerabilities and how to prevent them.
8. Cooper, S. (2021), 10 AI Cybersecurity Firms to watch in 2021, <https://www.comparitech.com/blog/information-security/leading-ai-cybersecurity-companies/>
9. Desmond, J. (2020), AI in Cybersecurity Helping with Threat Hunting, Reducing Attack Vectors, <https://www.aitrends.com/security/ai-in-cybersecurity-helping-with-threat-hunting-reducing-attack-vectors/>
10. Kushner, D. (2013), The real story of Stuxnet, <https://spectrum.ieee.org/the-real-story-of-stuxnet>.
11. Nuclear weapons agency breached amid massive cyber onslaught (2020), <https://www.politico.com/news/2020/12/17/nuclear-agency-hacked-officials-inform-congress-447855>
12. Townsend, K. (2016), German Nuke Plant Hit by Disruptive Cyber Attack: Report, <https://www.securityweek.com/german-nuke-plant-hit-disruptive-cyber-attack-report>.

*Адреси за кореспонденция: Д-р Евгени Христов Андреев, 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*

**ХОРИЗОНТАЛНИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ  
ФИЗИКАТА И ГЕОГРАФИЯТА В КОНТЕКСТА НА  
РАДИАЦИОННАТА БЕЗОПАСНОСТ В СЪВРЕМЕННИЯ  
СВЯТ - ДИДАКТИЧЕСКА ИНТЕРПРЕТАЦИЯ**

**Тамара Драганова, Анка Цончева**

**HORIZONTAL INTERACTIONS BETWEEN PHYSICS  
AND GEOGRAPHY IN THE CONTEXT OF RADIATION  
SAFETY IN THE MODERN WORLD - DIDACTIC  
INTERPRETATION**

**Tamara Draganova, Anka Tsoncheva**

***Annotation:** The article presents the horizontal interactions between geography and physics in the context of radiation safety in the modern world. Didactic interpretations include normative documents - state educational standards, curricula, as well as the integration synthesis between physics and geography on topics, curriculum content for NPP - X class. A model for measures for radiation protection of nuclear power plants has been proposed, which is a procedural requirement of the curricula in physics and astronomy.*

***Keywords:** horizontal interactions, state educational standards, learning plan, curriculum, radiation protection, atom, nuclear power plant*

*„Преди хилядолетия човешките племена са преминали през строг процес на подбор за оцеляване; и в тази борба е било важно не само умението да се владее тояга, но и способността да се разсъждава, да се съхраняват традициите, способността за алтруистична взаимопомощ на членовете на племето. Днес цялото човечество като цяло полага подобен изпит.”*  
*Андрей Сахаров*

**1. Въведение**

В българското училище вече шест години продължава образователната реформа и реорганизация на образователните политики и стратегии,



които в своята същност се базират на глобалната образователна идея и доктрина, на съвременните педагогически теории и тенденции. Новата модерност на компетентностния подход в обучението и учене през целия живот са масово популяризирани най-вече в образователната система, развиван на комплексно-действено равнище и в съчетание с други подходи като – интердисциплинарен, рефлексивен, конструктивистки, дейностно-ориентиран, личностно-ориентиран, системен, иновационен, проблемен, проектно-изследователски, мултикултурен и др. Всички подходи са взаимосвързани и взаимопроницаващи, взаимодействащи и многофункционално зависими в процеса на обучение. Ако подходът представлява принцип на действие, то всяка дейност се основава на даден принцип, а реализирането на принципите се осъществява чрез подходи. Реализирането и прилагането на подходите става чрез различни методи, които обединени в групи и с обща цел, йерархична структура и инструментариум формират основите на технологията в обучението.

Един от тези подходи, ситуиран на междупредметните връзки и хоризонтален синтез остава непреходен и с устойчиво присъствие в българското училищно образование – интердисциплинарния подход. Хоризонталната интеграция и синтез между учебните предмети *Физика и астрономия* и *География и икономика* са обект на едно продължително изследване, което провокира и вълнува нашите научни и научно-методически търсения в теорията и практиката на методиката на обучението по физика и методиката на обучението по география.

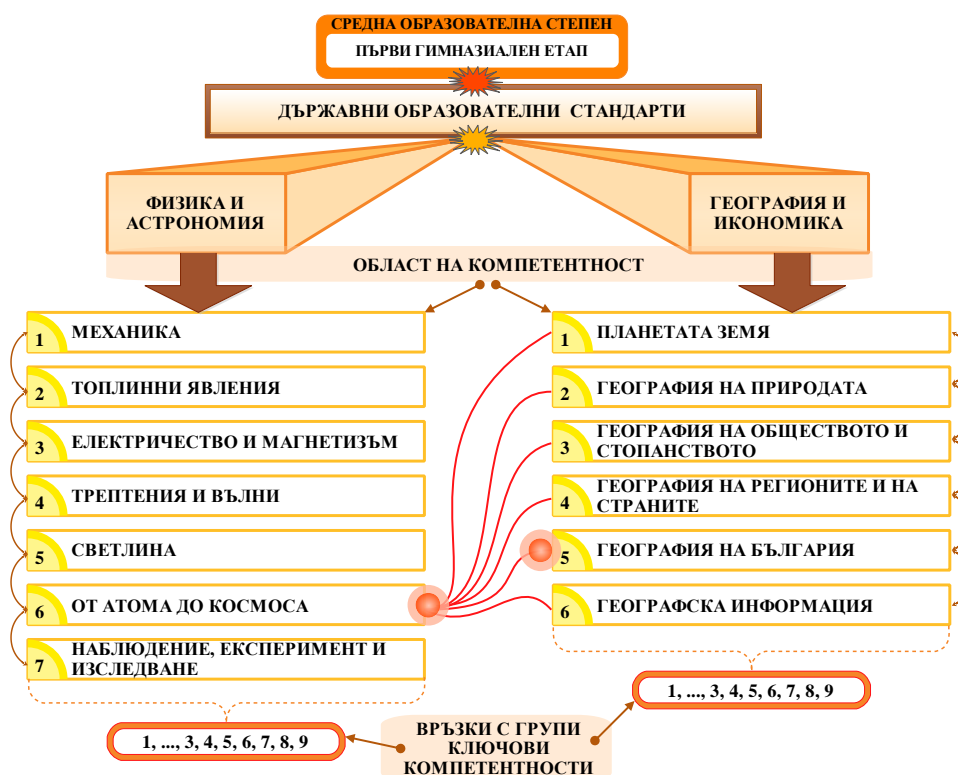
В настоящото изследване нашите дидактически интерпретации са насочени към проучване, изследване и идентифициране на имплицитни и експлицитни хоризонтални взаимодействия между физиката и география в X клас по учебно съдържание, свързано с радиоактивност, ядрена енергия, атомни електроцентрали, специфики и радиационна защита. Изследването по география и икономика в X клас е насочено и обхваща само област на компетентност *География на България* при тема „Енергетика” (национално стопанство; вторичен сектор, *енергетика*).

## **2. Хоризонтални взаимодействия между физиката и география по ДОС в контекста на съдържателната рамка за радиоактивност, АЕЦ, радиационна защита**

Междупредметното взаимодействие на ниво ДОС разкрива в X клас присъствието на съдържателни акценти по изследваната тема с ясно и открито присъствие в ДОС по физика и астрономия, както и скрито и неявно в ДОС по география и икономика (фиг. 1).

Изследваната тема присъства в една ясно обособена област на компетентност „От атома до Космоса” в ДОС по физика и астрономия. [1]

В цялостната система на областите на компетентност по география и икономика присъства в различна и минимална степен тематиката за радиоактивност, радиационна защита, АЕЦ, енергийни източници, но на различно тематично равнище и съдържателни акценти, които не са разписани явно в наименованията на самите области на компетентност: планетата Земя; полезни изкопаеми; селища; стопанство; страните по континенти; природно-ресурсен потенциал на Земята; глобални проблеми и устойчиво развитие; световно стопанство, вторичен сектор, енергетика; райони в България. Областта на компетентност „От атома до Космоса” от ДОС по физика и астрономия реално е свързана с всички области на компетентност при ДОС по география и икономика, но взаимодействията не са видими, а са научно-теоретично и алгоритмично-съдържателно ситуирани и конструирани, като присъстват отчасти в учебната програма, както и в учебниците като нормативен пренос в дидактическото средство – учебник по география и икономика.

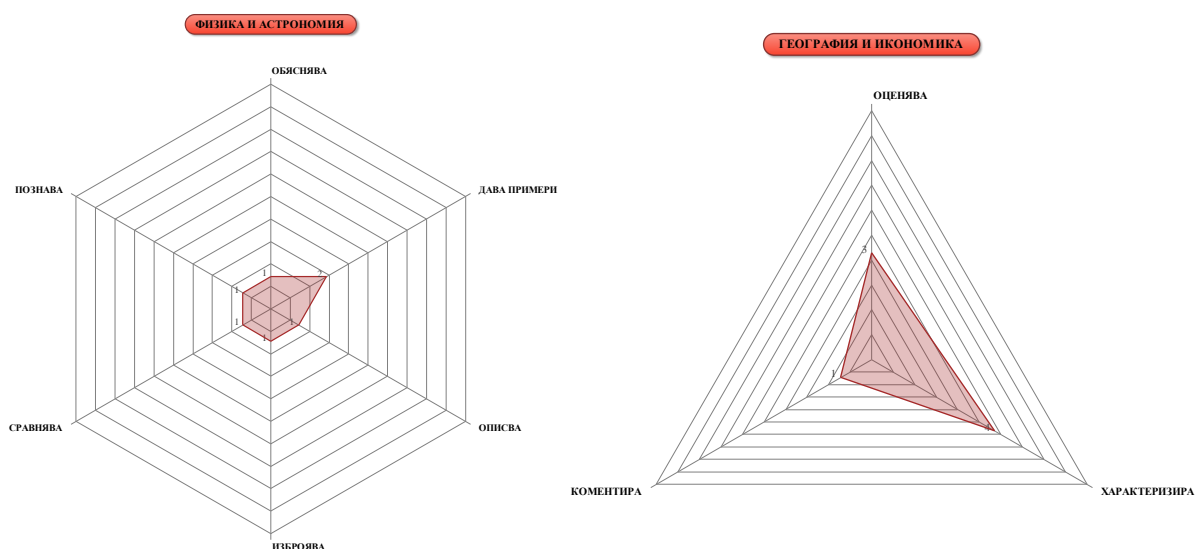


Фигура 1. Модел на хоризонтално взаимодействие между физика и география по област на компетентност (по ДОС)

При двата ДОС констатираме едно и също присъствие на групите ключови компетентности за изследваните области на компетентност – „От

атома до Космоса” и „География на България”. Не е обоснована липсата на група ключови компетентности 2. Умения за общуване на чужди езици и при двата учебни предмета. [1] В XXI в., при динамично-протичащите глобални процеси и дигитални трансформации, огромният интернет-информационен поток и ресурси, спецификата на съдържателната физична и географска номенклатура, физичните формули, предметно-терминологичната система по физика и по география, съвременните научни тези и иновации, изискват прилагане на знания по чужди езици и се явяват необходимост за комуникиране и учене на поколенията Z и Alpha.

При контент-анализа и сравнителния анализ на двете области на компетентност по физика и география по ДОС идентифицираме различия по отношение на активните глаголи и съответните равнища на усвоеност, чрез които са въведени императивно очакваните резултати за знания, умения и отношения в резултат от обучението (фиг. 2).

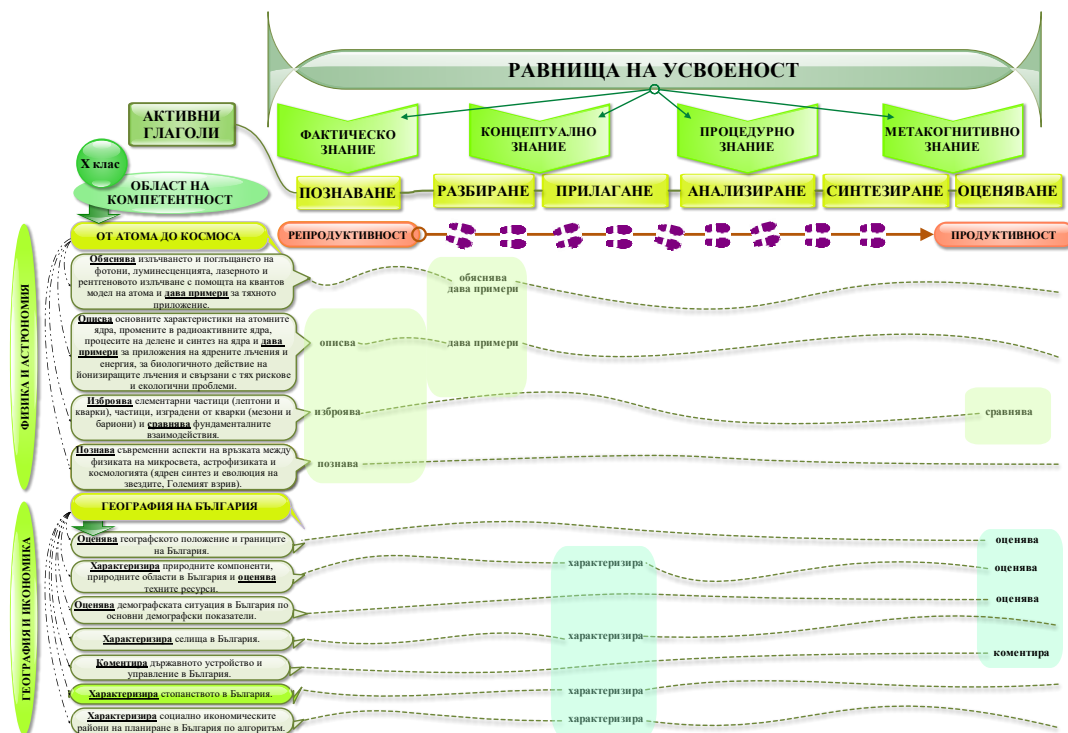


**Фигура 2. Макро-модел на честотата на приложение на активните глаголи по последователност на прилагане в изследваните области на компетентност по физика и география (ДОС)**

В ДОС по област на компетентност „От атома до Космоса” са въведени очакваните резултати от общо 6 активни глагола, като един от тях е с честота на прилагане 2 пъти: *обяснява*, *дава примери* (2 пъти), *описва*, *изброява*, *сравнява*, *познава* (фиг. 2). В ДОС по област на компетентност „География на България” очакваните резултати са разписани с общо 3 активни глагола, като два от тях са с честота на прилагане 3 и 4 пъти: *оценява* (3 пъти), *характеризира* (4 пъти), *коментира* (фиг. 2).

Приемаме за условно сравняването на равнищата на усвоеност, като е видна по голямата продуктивна насоченост на приложените активни глаголи към концептуално и метакогнитивно знание по ДОС за география и икономика (фиг. 3). При ДОС по физика и астрономия на ниво изследвана област на компетентност е ситуирана основно на равнища на усвоеност фактическо и концептуално знание. Условността на представения модел на фиг. 3 е в обхвата на очакваните резултати по двата учебни предмета в края на образователния етап и степен, защото по география и икономика проучването е само по тема – *Енергетика*, която е част от очаквания резултат „характеризира стопанството в България”. [1]

Безспорно насочването на учебния процес в посока от репродуктивно към продуктивно обучение е необходимост, важен фокус на образователната реформа и отговор на възрастовите особености на учениците в последния клас на първи гимназиален етап, което е свързано с прилагането и използването на учебното съдържание в познати и нови ситуации, а оценяването и коментирането изискват базиране на вътрешни и външни критерии, изразяване на критично мислене и вземане на решения и др.



Фигура 3. Графично представяне на равнищата на усвоеност за приложените активни глаголи по физика и география в ДОС

Приложените активни глаголи по равнища на усвоеност по физика и астрономия в ДОС са позиционирани основно в репродуктивния диапазон на обучителната линия (фиг. 3). Спрямо възрастовите особености на уче-

ниците не е обоснован репродуктивния характер в графиката при ДОС по физика и астрономия, но част от обяснението е и факта, че двата учебни предмета се съотнасят към различни научни области: за *Физика и астрономия* – „Природни науки, математика и информатика” и хуманитарни (обществени) науки за *География и икономика*. Обяснението също има условен характер, защото учебният предмет *География и икономика* в училищното образование се причислява към обществените дисциплини, докато във висшето образование е към професионалното направление „Науки за Земята” е част от областта на висше образование „Природни науки, математика и информатика”.

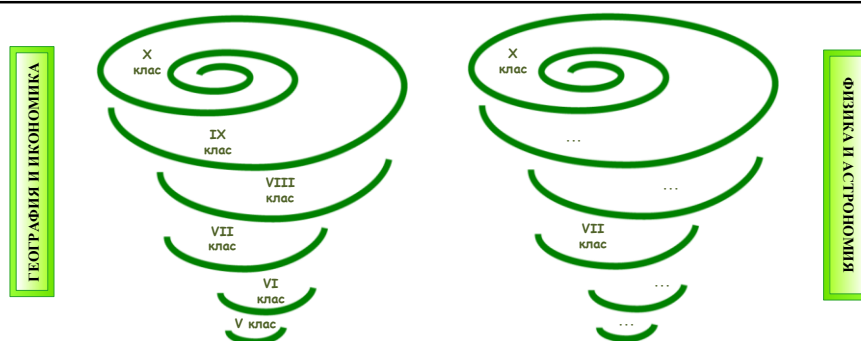
Графичният модел разкрива още една специфика за сравняваните области на компетентност, които обхващат изследваната тема – брой очаквани резултати: по физика и астрономия са 4, а по география и икономика са 7. Изследваната тема е част от 4 от очакваните резултати по география и част от 3 очаквани резултата по физика, като тези по география не са разпознаваеми от текста на очаквания резултат, а са вградени в съдържателната рамка и алгоритмичното изучаване на темата по учебната програма и по учебниците.

Особеност в графичното представяне на равнищата на усвоеност за приложените активни глаголи по физика и география в ДОС се явява факта, че нито един активен глагол не съвпада и не е приложен и при двата учебни предмета.

### **3. Хоризонтални взаимодействия между физиката и география по учебни програми в контекста на съдържателната рамка за радиоактивност, АЕЦ, радиационна защита**

Учебните програми като процедурно-нормативен документ са конструирани на базата на изискванията на ДОС, където учебното съдържание е разгънато по теми, компетентности като очаквани резултати и нови понятия. Контент- и ситуационният анализ на двете учебни програми за X клас по физика и география много по-конкретно, подробно и логически представят структурно-съдържателната визия и концептуалните модели за съответния клас.

Изследването на хоризонталните връзки в X клас е немислимо, ако не са потърсени и изследвани такива в интрадисциплинарен обхват. На фиг. 4 са представени двата модела на вертикална приемственост, при които за всеки учебен предмет е разписан класа, в който се изучава темата, различни са връзките и взаимоотношенията, но с различен съдържателен обем, честота, място, структура, номенклатура и понятиен апарат.



Фигура 4. Вертикална синтез по география и физика по изследваната тема

Хоризонталното взаимодействие между *Физика и астрономия* и *География и икономика* на ниво учебни програми задълбочава и конкретизира връзките по теми и очаквани резултати. Уточняваме, че обект на изследването се явяват само и единствено хоризонталните връзки със съдържателен фокус за *ядрен реактор, атомна електроцентрала, радиоактивност, мерки за радиационна защита на ядрените централи*. В този контекст на съдържателно конкретизиране в учебната програма по физика и астрономия изследваме две от подтемите - 3.2. *Атомно ядро*, 3.3. *Ядрени реакции*, което не налага тезата, че тематиката не присъства в предходни и последващи тези на учебната програма към темата „От атома до Космоса”, но не са обект и предмет на настоящото изследване.

Таблица № 1

Хоризонтална систематизираност по учебни програми в контекста на радиоактивността, ядрен реактор и атомна електроцентрала

УЧЕБНИ ПРОГРАМИ ЗА X КЛАС			
ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ		ГЕОГРАФИЯ И ИКОНОМИКА	
утвърдени със Заповед РД09-30/11.01.2018 г.		утвърдени със Заповед РД09-30/11.01.2018 г.	
учебна 2019/2020 година		учебна 2019/2020 година	
УЧЕБНИ ПРЕДМЕТИ	ТЕМА/ ПОДТЕМА	КОМПЕТЕНТНОСТИТЕ КАТО ОЧАКВАНИ РЕЗУЛТАТИ ОТ ОБУЧЕНИЕТО	НОВИ ПОНЯТИЯ

<p><b>ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ</b></p>	<p><b>Тема 3: ОТ АТОМА ДО КОСМОСА</b></p>	<p>3.2. Атомно ядро</p>	<p><b>3.2. Атомно ядро</b>  <b>Описва</b> качествено основни характеристики на атомните ядра и на ядрените сили.  <b>Характеризира</b> ядрата с енергия на връзката и с масов дефект.  <b>Разграничава</b> радиоактивните ядра по техния период на полуразпадане и <b>определя</b> стойността му от графиката на процеса (без формулата на закона за радиоактивното разпадане).  <b>Описва</b> биологичното действие на йонизиращите лъчения.  <b>Описва</b> измененията в атомните ядра при алфа-, бета- и гама-разпадане.  <b>Дава примери</b> за използване на радиоактивни изотопи (медицина, датиране).</p>	<p>енергия на връзката (<math>\Delta E</math>);                  специфична енергия на връзката; връзка между енергия и маса;  <math>E = mc^2</math>; масов дефект (<math>\Delta m</math>);                  период на полуразпадане;                  погълната доза, грей (Gy);                  еквивалентна доза, сиверт (Sv);                  неутрино и антинеутрино</p>
		<p>3.3. Ядрени реакции</p>	<p><b>3.3. Ядрени реакции</b>  <b>Дава примери</b> за ядрени реакции.  <b>Записва</b> реакцията на делене на урана.  <b>Обяснява</b> по схема принципа на действие на ядрения реактор.  <b>Изброява</b> мерки за радиационна защита на ядрените централи.  <b>Обяснява</b> защо при ядрен синтез на леки ядра се отделя енергия.  <b>Изброява</b> най-важните условия, необходими за протичане на управляем термоядрен синтез.  <b>Дискутира</b> проблеми и перспективи пред термоядрената енергетика.</p>	<p>обогатен уран;                  критична маса;                  активна зона на реактор;                  термоядрен синтез</p>

<b>ГЕОГРАФИЯ И ИКОНОМИКА</b>	<b>Тема 7: СТОПАНСТВО</b> <i>7.5. Вторичен сектор. Енергетика</i>	<p><b>Характеризира</b> вторичния сектор: същност, значение, фактори за развитие и териториално разположение, структура (енергетика, металургия, машиностроене, химическа промишленост, лека промишленост, хранително-вкусова промишленост) по алгоритъм.</p> <p><b>Характеризира</b> отрасъл енергетика по алгоритъм.</p> <p><b>Обосновава</b> териториалното разположение на видовете електроцентрали – ТЕЦ, ВЕЦ, АЕЦ.</p> <p><b>Интерпретира</b> информация за енергетиката от различни източници.</p> <p><b>Представя</b> териториалното разположение на електроцентрали в България върху контурна карта.</p> <p><b>Изразява мнение</b> за типични проблеми на енергетиката.</p> <p><b>Предлага</b> начини за решаването на проблемите в енергетиката.</p>	<p><i>топлофикационни електроцентрали; кондензационни електроцентрали; електропреносна мрежа на България; производствен процес</i></p>
------------------------------	--	--	--

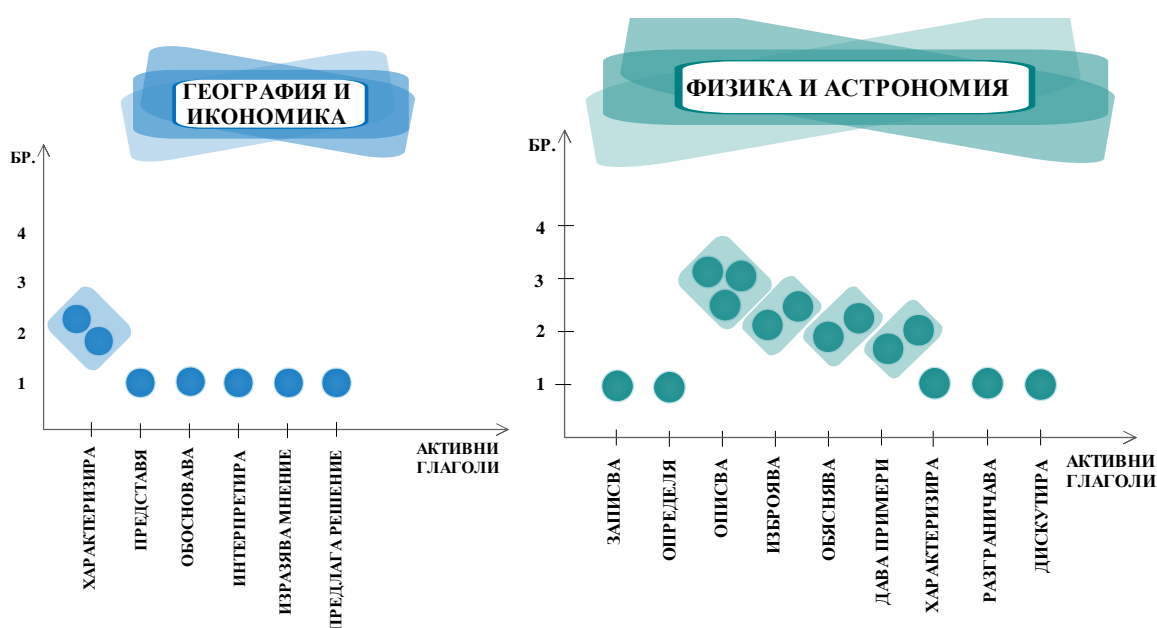
[2, 3]

От номерацията на темите и подтемите по физика и география в табл. 1. може да изведем заключението, че изучаването на АЕЦ и спецификите на енергетиката в X клас по география е предхождано от темите по физика за атома, атомното ядро и ядрените реакции. Систематизацията в табл. 1. на теми и подтеми по двата учебни предмета е доказателство за позициониране на хоризонталните връзки и взаимодействия в правилна посока на първичния и вторичния интегритет и синтез.

Присъствието на предметната номенклатура, понятия и терминологични единства са свидетелство и за наличие на проявления на единство на научното знание, в езика на науката и в специфичните знаци, символи, абревиатури, формули и мерни единици. Осигуряването на устойчивост на познанието и полагането на опорни тези и знания, гарантират процеса на хоризонтален обмен и взаимоподпомагащ информационен поток за разбиране и прилагане, анализиране и синтезиране не само от страна на учениците, но и от страна на учителите. Двата учебни предмета имат своя терминологичен специализиран апарат, понятийна система и номенклатура, но имат и общи допирни термини, които са обект на изследване на една научна област и едновременно са в близко взаимодействие с обект от друга научна област и направление, които също ползват терминологията. [4]



При новите понятия не се идентифицират тесни взаимодействия, но при очакваните резултати по география се изисква от учениците да характеризират отрасъл по алгоритъм, в който са включени същността, значението, особеностите, факторите, отрасловата и териториалната структура, където ясно е видимо мястото на АЕЦ. Очакваните резултати изискват знания, умения и отношения за обосноваване на териториалното разположение на видовете електроцентрали, в това число и на АЕЦ, както и интерпретиране на информация за енергетиката от различни източници, което е и предпоставка за изразяване на мнение за типични проблеми на енергетиката и предлагане на начини за решаването на проблемите.



**Фигура 5. Граф-схема на активните глаголи по очаквани резултати на ниво компетентности по география и физика (по учебни програми)**

Компетентностите като очаквани резултати от обучението в учебните програми по физика и география са композирани и ранжирани с общо – 15 активни глагола:

↳ по физика и астрономия са общо 9 активни глагола, приложени 14 пъти с различна честота (фиг. 5): *записва* (1 път); *определя* (1 път); *описва* (3 пъти); *изброява* (2 пъти); *обяснява* (2 пъти); *дава примери* (2 пъти); *характеризира* (1 път); *разграничава* (1 път); *дискутира* (1 път);

↳ по география и икономика са общо 6 активни глагола, приложени 7 пъти (фиг. 5): *характеризира* (2 пъти); *представя* (1 път); *обосновава* (1 път); *интерпретира* (1 път); *изразява мнение* (1 път); *предлага решение* (1 път). [2, 3]

Разликата в приложения брой активни глаголи се обяснява с факта, че по география се изследва една подтема, а по физика две подтеми. Идентифицираме ясна обвързаност и дидактическа зависимост, завишена продуктивна плътност и последователност на използваните активни глаголи спрямо формулираните очаквани резултати и при двата учебни предмета.

Констатираме и една специфика във връзка с критерия – наличие на активни глаголи, които се повтарят при композиране на очакваните резултати и при двата учебни предмета в учебните програми: само един активен глагол от равнище на усвоеност – концептуално знание и за прилагане присъства в двете учебни програми при изследваната тематика: *характеризира*.

В резултат на сравнителния анализ на активните глаголи за конструиране на очакваните резултати по темата, разкриваме прилагане на малък брой активни глаголи от *Таксономията на Б. Блум* с продуктивен характер на изискуемата компетентност при физика и астрономия – 1 бр. (*дискутира*), а при география и икономика са 4 бр. (*обосновава, интерпретира, изразява мнение, предлага решение*). Обяснението за физиката се корени в спецификата на учебното съдържание, необходимостта от формиране на знания, усвояване на умения и усъвършенстване на компетенции със строго специализирани и точно-научно дефинирани теории, хипотези, факти, закономерности, закони, формули. Физиката като наука и учебен предмет е точна и фундаментална наука, с ясно дефинирани и измерими предвиждания и физични закони.

#### **4. Хоризонтални взаимодействия между физиката и география по учебниците за X клас в контекста на съдържателната рамка за радиоактивност, АЕЦ, радиационна защита**

Научните основи на физиката и географията са трансформирани, модифицирани и пренесени чрез ДОС и учебните програми в учебниците по двата учебни предмета. Именно чрез трансформиране на научното знание в учебно знание, представено в учебниците за учениците цели движение по дидактическия вектор от абстрактното към конкретното, от сложното към простото, от теоретичното към практичното, от недостъпното към достъпното, което се реализира през отделните дидактики по физика и по география на различни нива – философско и психо-физиологическо, педагогическо и онтодидактическо, методико-дидактическо и предметно-компетентностно.

В учебното съдържание по география при тема „Енергетика” в петте варианта на учебници по география и икономика, одобрени и публикувани в *Списък на познавателните книжки, учебниците и учебните комплекти* за ползване в системата на училищното образование за учебната 2021/2022

г. е изследван съдържателния фокус – АЕЦ, АЕЦ „Козлодуй”, производство на електроенергия в атомна централа, реактори и др. [5] Изследваните съдържателни ракурси са базирани на текстовите и извънтекстовите компоненти в учебниците по география и икономика за 10. клас на петте варианта на учебници:

📖 **вариант 1:** М. Русев и колектив, издателство „Архимед”; [6]

📖 **вариант 2:** А. Попов и колектив, издателство „КЛЕТ БЪЛГАРИЯ”; [7]

📖 **вариант 3:** Р. Пенин и колектив, издателство „КЛЕТ БЪЛГАРИЯ”; [8]

📖 **вариант 4:** М. Мандова-Русинчовска и колектив, издателство „Педагог 6”; [9]

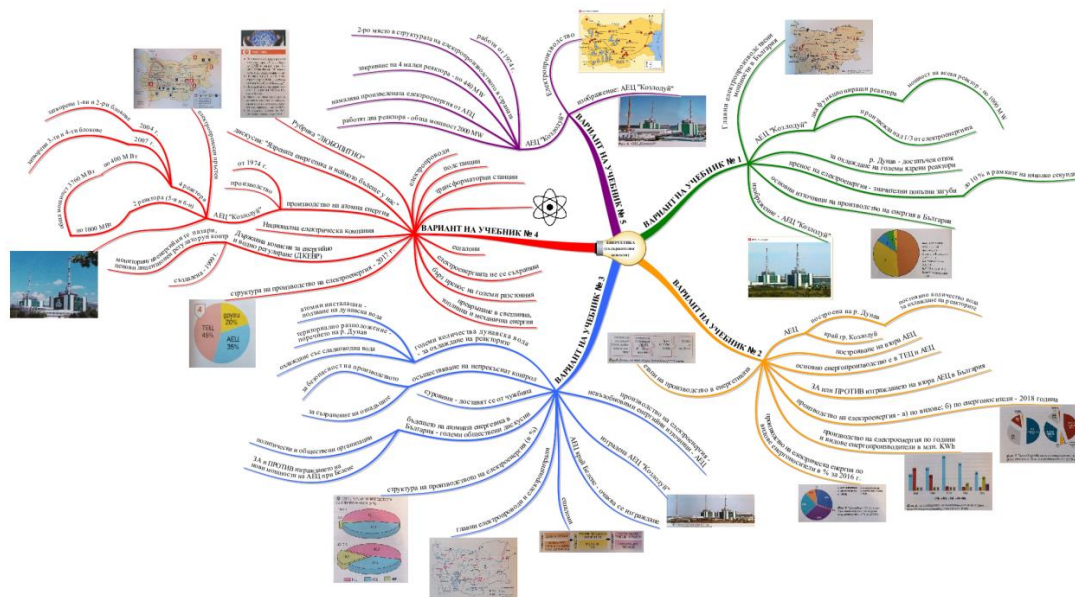
📖 **вариант 5:** С. Дерменджиева и колектив, издателство „Просвета”. [10]

Интелектуалната карта на съдържателната колаборация по темата в учебниците по география и икономика е събирателен образ и визия на авторските колективи, педагогически и съдържателен дизайн, базирани на основния, спомагателния и допълнителния текст, както и на извънтекстовите компоненти. Във вариантите на учебници по география и икономика е проследена и изследвана тематиката в уроците за нови знания. Във варианти на учебници 4 и 5 се предлага урок за дейности, озаглавени провокативно и интересно, звучат актуално и демонстрират авторски стил на приложените задачи и съдържателен дизайн към учениците, както и допълнителна информация. Предложените теми са:

✓ **вариант 4:** „За” и „Против” развитието на атомната енергетика в България (урок за дейности); [9]

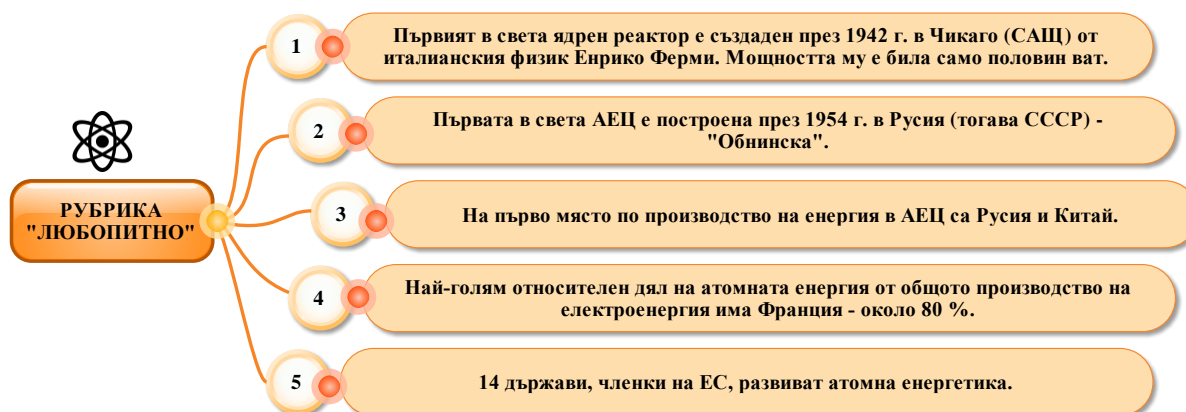
✓ **вариант 5:** „Енергетиката на кръстопът – решения, които ни засягат – урок за дейности”. [10]

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021



**Фигура 6. Интелектуална карта на съдържателните аспекти по изследваната тема в петте варианта на учебници по география и икономика за 10. клас [6, 7, 8, 9, 10]**

Вариант 4 на учебник по география и икономика с авторски колектив М. Мандова-Русинчовска и др. включва към урока за дейности работа със статистическа информация – таблица, кръгова диаграма, стълбчеста диаграма, работа в екипи, както и рубрика „Любопитно”. Рубриката изцяло съдържа допълнителна информация за АЕЦ, ядрени реактори и държави с развита атомна енергетика в целия свят, както и изображение на атом (фиг. 7). Този вариант на учебник е единствен от всички варианти на учебници, в който се съдържа на два пъти знака на атома. [9]



**Фигура 7. Рубрика „ЛЮБОПИТНО” – съдържателна визия по учебник по география и икономика за 10. клас на авторски колектив М. Мандова-Русинчовска и др. [9]**

Съдържателният географски вертикален вектор се явява продължение и надграждане, приемственост и представяне на географското учебно съдържание от V клас, както и междупредметно-съдържателна колаборация с хоризонталните опори и взаимодействия от физиката чрез темите в различните варианти на учебници по физика и астрономия за 10. клас: *Атомно ядро, Радиоактивност, Видове радиоактивност, Ядрена енергия, Ядрени реакции, Видове ядрени реакции, Делене на ядрата на урана, Ядрени реактори, Радиационна защита, Термоядрен синтез, Ядрена енергетика* и др.

Хоризонталната координация с учебно съдържание по физика включва следните факти, мерни единици, терминология и номенклатура, както и други съдържателни аспекти с преки и косвени допирателни (по петте варианта на учебници по география и икономика): АЕЦ, АЕЦ „Козлодуй“ (1974 г.), електропроизводство на страната; реактор; мощност (например: 2000 MW); закриване на четири малки реактора (по 440 MW); функционират два реактора всеки по – 1000 MW мощност; далекопроводи; електроцентрали; атомни инсталации; охлаждане на реактори; непрекъснат контрол за безопасността на производството и съхранението на отпадъците; суровини се доставят от чужбина; необходимост от постоянно количество вода за охлаждане на реакторите; електропроводи, стълбове, трансформаторни станции и диспечерски центрове; електропреносна мрежа; видове енергопроизводители в млн. KWh; производство на електроенергия; видове енергоносители; ядрена енергия; АЕЦ край Белене; ешалони; главни електропроводи и електроцентрали; електропроизводствени мощности; електропровод – 750 кВ, 400 кВ, 220 кВ, 110 кВ; подстанция; енергиен баланс; енергиен проблем; атомна енергия; електроенергията не се съхранява; бърз пренос на големи разстояния; превръщане в светлинна, топлинна и механична енергия; енергийни ресурси; Държавна комисия за енергийно и водно регулиране (ДКЕВР); Национална електрическа компания; трасета за пренос; загуби при трансформация; 4 реактора по 400 МВт и 2 реактора (5-и и 6-и) по 1000 МВт с обща мощност 3760 МВт; 2004 г. – затворени 1-ви и 2-ри, а през 2007 г. – 3-ти и 4-ти блокове; електропреносен пръстен; първият в света ядрен реактор – 1942 г. в Чикаго (САЩ); италиански физик Енрико Ферми; мощност – половин ват; първата в света АЕЦ „Обнинска“ – Русия (тогава СССР); държави в ЕС с развит; Русия и Китай – на първо място по производство на енергия в АЕЦ. [6, 7, 8, 9, 10]

Във всички варианти на учебници по география и икономика се съдържат изображения на АЕЦ „Козлодуй“, много диаграми, графики и картосхема с видовете електроцентрали. Във вариант 4 на учебник по география и икономика констатираме присъствието на знака на атома.

## 5. Мерки за радиационна защита на ядрените централи по физика и астрономия за X клас, базирани на съдържателни репери от учебниците

Контент- и ситуационният анализ на учебниците по физика и астрономия по изследването разкриват присъствие на мерки за радиационна защита на ядрените централи във всичките пет варианта на учебници, но с различен дидактически дизайн, място и вид на урока:

➤ **вариант 1:** Е. Златкова и колектив, издателство „КЛЕТ БЪЛГАРИЯ“; [11]

➤ **вариант 2:** М. Максимов, И. Димитрова, издателство „КЛЕТ БЪЛГАРИЯ“; [12]

➤ **вариант 3:** Е. Бенова и колектив, издателство „Педагог б“; [13]

➤ **вариант 4:** В. Иванов и колектив, издателство „Просвета“; [14]

➤ **вариант 5:** И. Петков, издателство „Просвета“. [15]

Оценяваме положително и коректно, логически последователно и методически обосновани решенията на авторските колективи на учебниците по физика и астрономия за 10. клас при представяне на мерките за защита на ядрените централи. Във вариантите на учебници по физика и астрономия са включени с различен авторски почерк и дизайн следните примерни мерки:

➤ *осигуряване на надеждна радиационна защита около активната зона на реактора;*

➤ *прегради от стомана, вода и бетон, които поглъщат радиоактивните лъчения;*

➤ *АЕЦ „Козлодуй“ – три последователни защитни бариери за околната среда от радиоактивните продукти;*

➤ *автоматична система за мониторинг на радиоактивността в централата и в 110-километровата зона около нея;*

➤ *мерки за съхраняване на радиоактивни отпадъци („погребват“ се в специално построени хранилища, за да не попаднат в почвата и във водата). [12]*

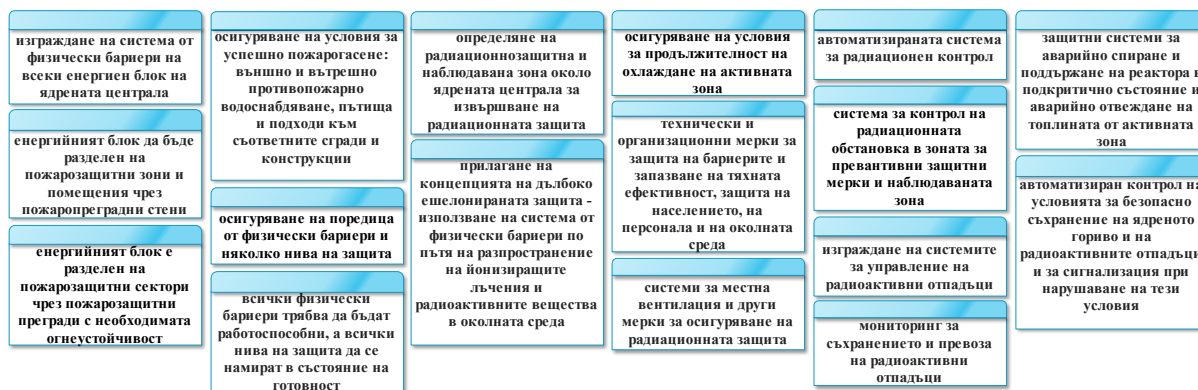
➤ *- производството на ядрено гориво – обогатен уран и плутоний, се контролира строго от различни международни организации;*

➤ *- верижната реакция протича в затворена камера, наречена активна зона;*

➤ *- стените на активната зона са изработени от материали, които защитават околната среда...;*

➤ *- за отделяне на освободената при верижната реакция топлина се използва охлаждаща течност – вода, разтопен метал (например натрий), разтопена сол и др. [14]*

Примерен модел за мерки за радиационна защита на ядрените центри е представен на фиг. 8, базирани на нормативните документи.



**Фигура 8. Примерен модел на мерки за радиационна защита на ядрените центри [18]**

### 6. Заключение

Изследването на хоризонталните взаимодействия между учебните предмети *Физика и астрономия* и *География и икономика* в X клас по тематичните единици радиоактивност, АЕЦ, радиационна защита разкриват наличието на преки и косвени връзки.

В нормативната рамка по ДОС и учебните програми не е предложен вариант за мерки за радиационна защита, но авторските колективи на учебниците по *Физика и астрономия* са представили за учениците специфични мерки и авторски решения за формиране на компетентности като очаквани резултати от обучението.

Хоризонталното взаимодействие между физиката и географията и неговата нормативна, дидактическа и предметно-практическа интерпретация насочват вниманието и върху социалния и обществен ефект от присъствието на учебното съдържание при двата учебни предмет. Придобиването на компетентности за активен граждански живот в съвременното общество за отговорното гражданско участие и включването в провеждани референдуми по темата за АЕЦ в бъдеще, познаването на съдържателните ракурси по атомна енергия, реактори, радиоактивност са необходима предпоставка за съществуването на устойчиво развито общество. [16, 17]

Образователната синергия при обучението по атомна физика в училище, интердисциплинарните взаимовръзки, синтез и допирателни линии между физиката и географията са част от нашия педагогически опит и научно-методически интереси от 2002 г., както и подготовката на ученици за участия в училищни, регионални, национални и международни конкурс в областта на енергията, част от които може да бъдат прочетени в статията

„Образователна синергия при обучението по атомна физика в училище - споделена педагогическа практика от празниците на физиката”. [19] Поддържаеме нашата теза, че хоризонталната интеграция и синтез улесняват преноса и усвояването на знанията, уменията и компетенциите на учениците и подпомагат трайното запаметяване, приемственост и прилагане на знанията в нова ситуация и развиване на критично мислене. [20]

Европейските страни са поставени в нова енергийна реалност в условията на посткризисно „зелено” икономическо възстановяване, в която освен поглед и надежди към ВЕИ е отправена и препратка за налагане на „проучвания в сферата на ядрената енергетика при спазване на съответните защитни механизми”, за да може развитието на ядрената енергия да заеме „мястото си наред с възобновяемите източници”. [21] Конфликтна точка се явява обявеното искане на част от държавите от ЕС за признаване на атомната енергия за екологична и желанието да бъде включена като екологичен източник в зелената европейска стратегия. България е една от страните, заявила позицията „Ние, европейците, имаме нужда от ядрената енергетика”, както и Франция, Хърватия, Чехия, Финландия, Унгария, Полша, Словакия, Словения и Румъния.

Изследваната тема продължава да провокира не само ученици, учители, но и граждани в контекста на идеята за това, че ядрената енергия претендира да бъде зелена енергия, а може би това е енергията на бъдещето, която ще бъде преоткрита в съвременните глобални процеси.

### **Литература:**

1. Наредба № 5 от 30 ноември 2015 г. за общообразователната подготовка, в сила от 08.12.2015 г.
2. Учебна програма по физика и астрономия за X клас (общообразователна подготовка), 2018.
3. Учебна програма по география и икономика за X клас (общообразователна подготовка), 2018.
4. Райчева, Н. Междупредметната интеграция в средното училище. С., УИ „Св. Кл. Охридски“, 2019.
5. Списък на познавателните книжки, учебниците и учебните комплекти, които може да се използват в системата на предучилищното и училищното образование за учебната 2021 – 2022 година – списък на учебниците за гимназиален етап (от VIII до XII клас).
6. Русев, М., И. Дреновски, Г. Иванова, Цв. Ценова, П. Писачева, Ф. Еллез, Т. Николова, Ст. Полименов, Ю. Кьосева. География и икономика 10. клас. С., „Архимед 2”, 2019.



7. Попов, А., П. Лаков, К. Найденов, С. Стойчев. География и икономика 10. клас. С., „КЛЕТ БЪЛГАРИЯ”, 2019.
8. Пенин, Р., Т. Трайков, Д. Желев, В. Стоянова. География и икономика за 10. клас. С., „КЛЕТ БЪЛГАРИЯ”, 2019.
9. Мандова-Русинчовска, М., Цв. Заркова. География и икономика 10. клас. С., „Педагог б”, 2019.
10. Дерменджиева, С., П. Събева, Н. Попов, К. Стойчев, Н. Гетова, Цв. Пейкова. География и икономика за 10. клас. С., „Просвета”, 2019.
11. Златкова, Е., Г. Дянков, К. Янакиева, В. Маринова. Физика и астрономия 10. клас. С., „КЛЕТ БЪЛГАРИЯ”, 2019.
12. Максимов, М., И. Димитрова. Физика и астрономия 10. клас. С., „КЛЕТ БЪЛГАРИЯ”, 2019.
13. Бенова, Е., М. Градинарова, Н. Балабанов, Н. Велчев. Физика и астрономия 10. клас. С., „Педагог б”, 2019.
14. Иванов, В., Д. Мърваков, В. Голев, М. Гайдарова, И. Мирчева, М. Иванова. Физика и астрономия 10. клас. С., „Просвета”, 2019.
15. Петков, И. Физика и астрономия 10. клас. С., „САНПРО”, 2019.
16. Закон за предучилищното и училищното образование, 2015 г., в сила от 2016 г.
17. Ганчева, Хр., Т. Драганова. Един съвременен прочит на урок по география и икономика в IX клас – от География на енергетика към Енергия на бъдещето. - В: Сб. Делото на Асеновци. Биоразнообразие от първа регионална конференция по биоразнообразие. Велико Търново, Издателство „Фабер”, 2010, с. 265 - 271.
18. Наредба за осигуряване безопасността на ядрените централи, 2016.
19. Драганова, Т., А. Цончева. Образователна синергия при обучението по атомна физика в училище - споделена педагогическа практика от празниците на физиката. Сборник доклади от Научна конференция „Актуални проблеми на сигурността” 22 – 23 октомври 2020, електронно издание. Велико Търново: ИК НВУ „В. Левски”, 2020, с. 931 – 942.
20. Цончева, А., Т. Драганова. Интегралният подход в обучението по физика и география - задължителна подготовка. – В: Сборник от XLVII Национална конференция по въпросите на обучението по физика, С., Клет България, с. 156 – 163, 2019.
21. Йорданова, П. „Зелената сделка” на Кипър – възобновяемата енергия. Сборник доклади от годишна университетска научна конференция 2021, Научно направление „социални, стопански и правни науки”. В. Т., ИК на НВУ „В. Левски”, том 7, 2021, с. 74 – 83.

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

---

гл. ас. д-р Тамара Георгиева Драганова, ВТУ „Св. св. Кирил и Методий” – гр. Велико  
Търново, 0889904561, [t.draganova@ts.uni-vt.bg](mailto:t.draganova@ts.uni-vt.bg)  
Анка Цончева, 0886999109, [avc\\_vt@abv.bg](mailto:avc_vt@abv.bg)

## ОТ АТОМА ДО КОСМОСА – ВСЕЛЕНСКИЯТ ПЪЗЕЛ И ЛИНИЯ НА ВРЕМЕТО

Тамара Драганова, Анка Цончева

## FROM THE ATOM TO SPACE - THE UNIVERSAL MAZE AND THE TIMELINE

Tamara Draganova, Anka Tsoncheva

*Annotation:* The article traces the place of the school subject physics and astronomy in the conditions of educational reform, the structural-content framework under DOS, learning plans and curricula. The article presents a model of universal laws and their discoverers over time. A variant of a conceptual model for the discoveries and the place of the atom along the timeline is proposed.

*Keywords:* DOS, learning plan, curriculum, educational reform, atom, Space

„Прогресът е неизбежен, а неговото прекратяване би означавало гибел за цивилизацията”.  
А. Д. Сахаров

### 1. Въведение

Прогресът в образованието и образователните промени, тенденции и дигитални трансформации в XXI в. интерпретираме като именно неизбежен феномен за човечеството, носител на нововъведения и иновации, които прекрояват образователната карта на различни равнища – локално, национално, регионално и глобално.

Българското училище вече шест години функционира в условия на образователна реформа, която към момента продължава да моделира, изменя и допълва новите и въведени държавни образователни стандарти (ДОС), учебни планове и учебни програми след 2016 г. С новия Закон за предучилищното и училищното образование и неговите подзаконовите документи се дава отговор на променените обществени и здравни нагласи,

социално-икономически и образователни, политически и стратегически условия. Продължаващите мини и текущи реформи, които пряко рефлектират и върху учебния предмет „Физика и астрономия” не са рефлексия на завършена промяна и реализирана реформа от една страна, но от друга са навременен отговор на екзистенциалната теза, че образователната система е динамична, „жива” и реагира на променените условия на живот в ситуация на електронно обучение, провокирано от COVID-19.

От 2016 г. образователната реформа в страната е планирана и конструирана за поетапно въвеждане, което доведе до реорганизация и трансформация на различни нива, етапи, степени и институционални равнища. Целенасоченото по години въвеждане на учебните програми по *Физика и астрономия*, като трансфер на процедурната рамка от ДОС и учебните планове не е приключена, защото предстои и нова, изменена и допълнена учебна програма за VII клас от учебната 2023/2024 г.:

⇒ **2017/2018** учебна година: учебни програми за **II, VI и VIII клас** (общообразователна подготовка);

⇒ **2018/2019** учебна година: учебни програми за **III, VII и IX клас** (общообразователна подготовка);

⇒ **2019/2020** учебна година: учебни програми за **IV и X клас** (общообразователна подготовка);

⇒ **2023/2024** учебна година: учебни програми за **VII клас** (общообразователна подготовка) по „Математика”, „Биология и здравно образование”, „Физика и астрономия”, „Химия и опазване на околната среда”.

Учебният предмет *Физика и астрономия* в общообразователната подготовка в българското училище се изучава в четири последователни класа – един в прогимназиален етап на основната образователна степен (VII клас) и в три класа на първи гимназиален етап на средната образователна степен (VIII, IX и X клас).

## **2. Място на учебния предмет „Физика и астрономия” в новите условия на образователната реформа в България и радиоактивност**

Общообразователната подготовка в българското училище се реализира от 21 учебни предмета, чрез които образованието като процес обхваща и е композирано на трите съдържателно-същностни репера – *обучение, възпитание и социализация*. Част от образователната система, която е национален приоритет е и учебния предмет по ред 16. „Физика и астрономия”. [1, 2] Като израз на концептуалната идея за обвързаността на общообразователните учебни предмети с ключовите компетентности е мястото на *Физика и астрономия* към групата учебни предмети, които са „*пряко свързани с придобиване съответно на математическа компетентност и*

на основни компетентности в областта на природните науки и технологии и са насочени към постигане на математическа и на научна грамотност”: „Математика”, „Човекът и природата”, „Биология и здравно образование”, „Химия и опазване на околната среда” и „Технологии и предприемачество”. [2]

ДОС за учебния план детерминира рамковите учебни планове по вида на образователната подготовка и формата на обучение, като ситуира мястото на учебния предмет *Физика и астрономия* по етапи и степени на образование, годишен хорариум учебни часове по учебни седмици и класове (табл. 1).

Таблица № 1

Място на учебния предмет „Физика и астрономия” по рамкови учебни планове на общообразователната подготовка

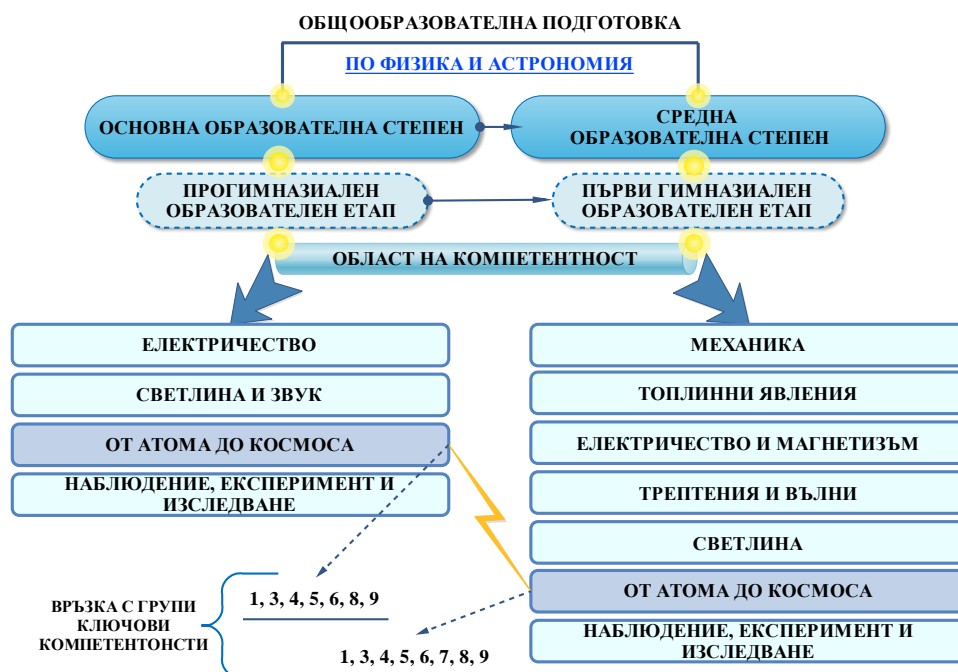
<b>ОБЩООБРАЗОВАТЕЛНА ПОДГОТОВКА</b>			
<b>ОСНОВНА ОБРАЗОВАТЕЛНА СТЕПЕН/ПРОГИМНАЗИАЛЕН ЕТАП</b>			
клас	V	VI	VII
учебни седмици	-	-	36
задължителни уч. часове за уч. година	-	-	54
задължителни уч. часове седмично	-	-	1.5
общо учебни часове	54		
<b>СРЕДНА ОБРАЗОВАТЕЛНА СТЕПЕН/ПЪРВИ ГИМНАЗИАЛЕН ЕТАП</b>			
клас	VIII	IX	X
учебни седмици	36	36	36
задължителни уч. часове за уч. година	54	36	72
задължителни уч. часове седмично	1.5	1	2
общо учебни часове	162		
<b>ОБЩО – 216 учебни часа</b>			

[3, 4, 6]

В контекста на принципите в системата на училищното образование за „запазване и развитие на българската образователна традиция” е съхранената структурно-съдържателна нормативна рамка и устойчивост във времето за област на компетентност „От атома до Космоса” по ДОС и декомпозирани знания, умения и отношения в резултат от обучението, както и обвързаността с групите ключови компетентности (фиг. 1).

Изискванията на ДОС по *Физика и астрономия* за двата образователни етапа и степени ранжират взаимодействията и взаимовръзките, последователността, вертикалния и вътрешно-предметния синтез между от-

делните области на компетентност, защото изследваната област не е самостоятелно и единично звено, а част от цялото.



Фигура 1. Макро-модел на област на компетентност „От атома до Космоса” по ДОС на образователните етапи и степени [2]

В учебните програми за VII и X клас по *Физика и астрономия* е локализирана областта на компетентност „От атома до Космоса”, декомпозирана по теми и подтеми на учебното съдържание, с конкретизирани компетентности като очаквани резултати и нови понятия (табл. 2).

Таблица № 2

Систематизиран вертикален модел на тема „От атома до Космоса” по учебните програми за VII и X клас по „Физика и астрономия”

НОРМАТИВЕН РЕКВИЗИТ ПО УЧЕБНА ПРОГРАМА	УЧЕБНИ ПРОГРАМИ ПО „ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ”		
	VII клас		X клас
<i>утвърдена</i>	утвърдена със Заповед № РД09-1093/25.01.2017 г.	изменена и допълнена със Заповед № РД09-3582/22.12.2020 г.	утвърдени със Заповед РД09-30/11.01.2018 г.

Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

<b>в сила</b>	от учебната 2018/2019 година	от учебната 2023/2024 година	учебна 2019/2020 година
<b>тема</b>	От атома до Космоса	От атома до Космоса	От атома до Космоса
<b>подтеми</b>	3.1. Атоми и атомни ядра	3.1. Атоми и атомни ядра	3.1. Атоми и атомни преходи
	3.2. Слънчевата система и светът на звездите	3.2. Слънчевата система и светът на звездите	3.2. Атомно ядро
			3.3. Ядрени реакции
			3.4. Частици
			3.5. Звезди, галактики, Вселена
<b>активни глаголи за изпълнение на компетент- ностите като очаквани резултати от обучението</b>	<u>Към подтема - 3.1.</u> описва, разграничава, сравнява, дава примери, разбира	<u>Към подтема - 3.1.</u> описва, разграничава, сравнява, дава примери, разбира	<u>Към подтема - 3.1.</u> характеризира, дава примери (с честота на прилагане - 2 пъти), описва (с честота на прилагане - 3 пъти), определя, обяснява
	<u>Към подтема – 3.2.</u> описва (с честота на прилагане - 3 пъти), знае	<u>Към подтема – 3.2.</u> описва (с честота на прилагане - 3 пъти), знае	<u>Към подтема – 3.2.</u> описва (с честота на прилагане - 3 пъти), характеризира, разграничава, определя, дава примери
			<u>Към подтема – 3.3.</u> дава примери, записва, обяснява (с честота на прилагане - 2 пъти), изброява (с честота на прилагане - 2 пъти), дискутира
			<u>Към подтема – 3.4.</u> знае, дава примери, изброява, подрежда
			<u>Към подтема – 3.5.</u> описва (с честота на прилагане - 3 пъти), разграничава, обяснява, изброява, определя
<b>очаквани резултати от обучението (бр.)</b>	<u>Към подтема - 3.1.</u> 4	<u>Към подтема - 3.1.</u> 4	<u>Към подтема - 3.1.</u> 8
	<u>Към подтема – 3.2.</u> 4	<u>Към подтема – 3.2.</u> 4	<u>Към подтема – 3.2.</u> 6
			<u>Към подтема – 3.3.</u> 7
			<u>Към подтема – 3.4.</u> 3

Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

			<u>Към подтема – 3.5.</u> 7
<b>нови понятия</b>	<u>Към подтема - 3.1.</u> неутрон; масово число ( <b>A</b> ); изотопи; радиоактивност; алфа-, бета- и гама-лъчи; ядрена енергия	<u>Към подтема - 3.1.</u> неутрон; масово число ( <b>A</b> ); изотопи; радиоактивност; алфа-, бета- и гама-лъчи; ядрена енергия	<u>Към подтема - 3.1.</u> вълна на Дьо Бройл ( $\lambda = h/mv$ ); квантови състояния (енергетични нива) на атомите; луминесценция; спонтанно и стимулирано излъчване; инверсна населеност; рентгенова тръба; спирачно и характеристично рентгеново лъчение
	<u>Към подтема – 3.2.</u> планети джуджета; астероиди; комети; галактики, купове и свръхкупове от галактики	<u>Към подтема - 3.2.</u> планети джуджета; астероиди; комети	<u>Към подтема - 3.2.</u> енергия на връзката ( $\Delta E$ ); специфична енергия на връзката; връзка между енергия и маса; $E = mc^2$ ; масов дефект ( $\Delta m$ ); период на полуразпадане; погълната доза, грей (Gy); еквивалентна доза, сиверт (Sv); неутрино и антинейтрино
			<u>Към подтема - 3.3.</u> обогатен уран; критична маса; активна зона на реактор; термоядрен синтез
			<u>Към подтема - 3.4.</u> лептони; кварки; античастици; адрони, бариони и мезони; силно взаимодействие; слабо взаимодействие
		<u>Към подтема - 3.5.</u> светимост ( $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ ); главна последователност; протозвезда; звезди гиганти, свръхгиганти и джуджета; бели джуджета; неутронни звезди; черни дупки; закон на Хъбъл ( $v = Hr$ ); фоново (реликново) лъчение	

[4, 5, 6]

От систематизираната таблица констатираме устойчивост в наименованието на областта на компетентност и на подтемите. Компетентностите като очаквани резултати от обучението разкриват усложняване и надграж-



дане, задълбочаване и разширяване на съдържателния контекст и понятиятната система, което е и в отговор на възрастовите особености на учениците от първи гимназиален етап.

Новите понятия в цялостната система за изследваната тема с преки връзки са – *неутрон; масово число (A); изотопи; радиоактивност; алфа-, бета- и гама-лъчи; ядрена енергия*. В новата учебна програма за VII клас и в сега действащата учебна програма по *Физика и астрономия* се запазват същите нови понятия към двете подтеми, в X клас са 43.

Систематизираната информация в табл. 1 представя структурата и учебното съдържание в неговия вертикален спираловиден вектор и интрадисциплинарен синтез от VII в X клас, където са базирани на съдържанието на първите три подтеми за X клас: 1) *Атоми и атомни преходи*; 2) *Атомно ядро* и 3) *Ядрени реакции*. [7]

Към темата „От атома до Космоса” в трите изследвани учебни програми по *Физика и астрономия* идентифицираме специфики по отношение на очакваните резултати, които в двата варианта за VII клас са еднакви – общо по 8 броя очаквани резултата, а в X клас – общо 31. Големият брой и таксономична разнообразност и сложност по отношение на равнищата на усвоеност за знания, за разбиране, за прилагане, за анализиране, за синтезиране и за оценяване е в голяма степен съобразена с етапа и степента на образование, със съдържателния обем и научна специфика, както и с възрастовите особености на учениците в първи гимназиален етап.

Активните глаголи, използвани при очакваните резултати в двете учебни програми за VII клас са еднакви по брой и съдържание - 6 броя: *описва, разграничава, сравнява, дава примери, разбира, знае*. Един от активните глаголи е с честота на повторяемост 4 пъти: *описва* (на равнище познаване). Сравнителният анализ показва сходства по очакваните резултати, тяхното ситуиране по подтеми и включването по активни глаголи на изискуемите компетентности за очакваните резултати.

В учебната програма за X клас са приложени общо 24 активни глагола за позициониране на компетентностите като очаквани резултати от обучението, но въведени с различна честота – общо 34 пъти. Контент-анализът на активните глаголи показва обвързаност с Таксономията на Б. Блум, с която са конструирани и се основават учебните програми по всички учебни предмети в българското училище, в това число и по *Физика и астрономия*.

Важен съдържателен акцент в очакваните резултати в контекста на радиационната защита е изискването за *изброяване на мерки за радиационна защита на ядрените централи*. [5]

Позитивно оценяваме многократното присъствие на активното действие за постигане на очакваните резултати чрез *дава примери*, което защитава тезата за намиране на ефективен път и рационално-работеща „рецепта“ за педагогическо взаимодействие, функционално-действена стратегия и майсторство при преподаване на учебно съдържание, особено при учебната дисциплина – *физика и астрономия*.

С ученици от X клас след изучаване на темата е планиран, организиран и проведен семинар на тема „От атома до Космоса“, в който участват в цялостната подготовка и на различните организационни етапи общо 35 ученици. Представените и защитени тези по докладите и ученическите съобщения са на следните теми: „Физикът на физиците“, „Какво наследихме от Ъ. Ръдърфорд?“, „Атомният модел на Ръдърфорд“, „За и против атомните централи“, „Страхът от радиоактивността“, „Радиационната безопасност – информираност, правила и превантивност“, „Алтернативата – ВЕИ“, „Физиката – за по-добро бъдеще на планетата и човечеството“, „Атомният век – страхове и перспективи“, „Ядрен реактор“, „Радиационна защита на ядрените централи“, „Ядрената енергия – зелена енергия ли е?“ и други. Експертна комисия оцени представените и защитени ученически доклади и класира 11 от тях за представяне на семинара и участие в училищния конкурс.

Предварителната подготовка и планиране, проучване и изследване, организиране и провеждане на ученическия семинар провокира учителите за изследване и проучване, систематизиране и анализиране, създаване и оценяване на примерен модел за Вселенския пъзел, базиран по линия на времето. [8, 9]

### **3. Авторски модел на „Вселенския пъзел“ по линия на времето**

Авторският модел е представен на фиг. 2, като разкрива по линия на времето нашата научно-методическа идея и концептуален модел за „Вселенския пъзел“.



Фигура 2. Авторски модел на „Вселенския пъзел” по линия на времето

#### 4. Заключение

Позитивните резултати от проведения ученически семинар „От атома до Космоса” доведе до провокиране на задълбоченото изследване от учениците в проблематиката по темата, повиши критичното осмисляне на информацията от различни източници, трансформира мотивираността в потребност от бъдещи изследователски задачи, като повиши личната мотивация за учене и предизвика интереса към учебния предмет физика като възможност за бъдеща професионална реализация, защото Вселената все пак се управлява от рационални физични закони, а тяхното познаване води към успехи!

#### Литература:

1. Закон за предучилищното и училищното образование, 2015 г., в сила от 2016 г.
2. Наредба № 5 от 30 ноември 2015 г. за общообразователната подготовка, в сила от 08.12.2015 г.
3. Наредба № 4 от 30.11.2015 г. за учебния план, 2015.
4. Учебна програма по физика и астрономия за VII клас (общообразователна подготовка), 2017.
5. Учебна програма по физика и астрономия за X клас (общообразователна подготовка), 2018.
6. Учебна програма по физика и астрономия за VII клас (общообразователна подготовка), 2020.
7. Драганова, Т., А. Цончева. Образователна синергия при обучението по атомна физика в училище - споделена педагогическа практика от празниците на физиката. Сборник доклади от Научна конференция „Актуални проблеми на сигурността” 22 – 23 октомври 2020, електронно издание. Велико Търново, ИК НВУ „В. Левски”, 2020, с. 931 – 942.
8. Пономарьов, Л. И. Под знака на кванта. С., Наука и изкуство, 1989.
9. Ледерман, Л., Д. Теръси. Частицата Бог. С., Просвета, 1997.

гл. ас. д-р Тамара Георгиева Драганова, ВТУ „Св. св. Кирил и Методий” – гр. Велико Търново, 0889904561, [t.draganova@ts.uni-vt.bg](mailto:t.draganova@ts.uni-vt.bg)  
Анка Цончева, 0886999109, [avc\\_vt@abv.bg](mailto:avc_vt@abv.bg)

**НЕОБХОДИМА ЛИ Е СВЕТОВНАТА МОРСКА  
СИСТЕМА ЗА БЕДСТВИЕ И БЕЗОПАСНОСТ НА  
КОРАБИТЕ ОТ ВОЕННОМОРСКИТЕ СИЛИ**

**Гроздю Грозев**

**DO WE NEED THE GLOBAL MARITIME DISASTER  
AND SAFETY SYSTEM ON NAVY SHIPS**

**Grozdyu Grozev**

***Abstract:** The study aims to analyze the GMDSS system in the context of the interoperability of the communication capabilities of naval ships with civilian radiocommunication systems and services.*

*The method of comparative analysis of the types of systems and services in GMDSS is applied.*

*In the Republic of Bulgaria this issue is raised sporadically depending on the situation, but specific documents by state institutions are not available.*

***Key words:** GMDSS, SAR Communications, DSC-VHF system, Radio traffic, Radio Maritime Communication.*

**Въведение**

Изследването има за задача да се анализира системата GMDSS в контекста за оперативната съвместимост на комуникационните способности на военноморските кораби с гражданските радиокомуникационни системи и служби.

Приложен е методът на сравнителния анализ на видовете системи и служби в GMDSS.

В Република България този въпрос е поставян епизодично в зависимост от създадената обстановка, но конкретни документи от страна на държавните ведомствени институции не се намират.

Военните кораби на всички държави не са обществени и като такива технически са изключени от изискванията на конвенцията за безопасност

на човешкия живот на море (SOLAS) като договор свързан с осъществяването и прилагането на Световната морска система за бедствие и безопасност (GMDSS – Global Maritime Distress and Safety System). Това е истинската причина поради която правителствата на държавите не избират идеята да снабдяват военните кораби с GMDSS оборудване. Въпреки това много военни кораби напълно или частично са включени в системата GMDSS. (например: the U.S.Army, the U.S.Coast Gard and the Military Sealift Command ).

Корабите на ВМС на НАТО също не са задължени да имат такова оборудване, въпреки това по-големите кораби на страните които имат малки флотове също са оборудвани.

Основната причина за това е, че те изпълняват задачи в международни води във взаимодействие с граждански кораби, а освен това осигуряват и националната безопасност.

### **Състав на световната морска система за бедствие и безопасност - gmdss**

Световната морска система за бедствие и безопасност е организационно-техническо обединение на хора, системи и служби. Радио свръзката е основата на нейната работа. Като техническа система тя има в своя състав следните отделни части:

#### **1. УКВ морски радиостанции с ЦИП (VHF Marine Radios with DSC)**

Военните кораби имат УКВ морски радиостанции предназначени да осигуряват свръзка с пристанищните власти и свръзка „мостик - мостик“ (bridge-to-bridge) с други кораби. Използва се гласова комуникация най-често на английски език. Така се избягват сблъсквания като постоянно се комуникира със службите за наблюдение и управление на корабния трафик (VTS, Ship movement service, Port operations, Pilot service etc.) и се избягват смущения в оперативния радиотрафик на другите военни (военноморски, гранични, полицейски и други видове) радиокомуникации.

Допълнителна, но много важна способност на морските УКВ радиостанции е функцията им за ЦИП (Цифрово Избирателно Повикване или (DSC-Digital Selective Calling). Както е известно цифровите видове комуникация имат много високо качество и увеличават далечината на свръзката както при свръзка с други кораби така и с обекти в бреговите райони. Тези УКВ радиостанции за цифровия режим използват 70-ти международен канал. Съгласно SOLAS той е задължителен за носене на постоянна вахта на всички граждански кораби в системата GMDSS. Това означава, че кораба може да предава DSC повикване и да преминава за последваща комуникация на предложен от него радиотелефонен канал. DSC може да се използва за селективно повикване на друг кораб, чийто

идентификационен номер е известен, а така също да се повикват всички кораби намиращи се в района на радиопокрытие на УКВ.

Конвенцията SOLAS задължава корабите да носят постоянна вахта на 70-ти канал за DSC повикване, но все още е задължително да се поддържа и вахта на 16 канал в случай на нужда от оперативна свързка с корабите, които не са включени в системата GMDSS (non-SOLAS vessels).

2. СВ /КВ морски радиостанции с ЦИП (MF/ HF Marine Radios with DSC) DSC честотите са точно определени в морските диапазони на средни и къси вълни. Тези честоти са разрешени за използване от всички станции, единични станции или група флот за повикване при четирите вида приоритети от Routine до Distress. Гражданските кораби съответстващи по SOLAS конвенцията трябва да бъдат оборудвани с радиосредства за работа на MF и HF с DSC или с някоя от спътниковите системи (Инмарсат или Иридиум) за комуникация при безопасност в открито море. За морските военни кораби не е необходимо оборудване за MF и HF с DSC, тъй като военните радиостанции при необходимост могат да работят в режим на еднолентова амплитудна модулация (SSB – Single Side Band radiotelephone). Това е достатъчно и позволява осъществяването на оперативни радиокомуникации с корабите съгласно SOLAS конвенцията. В Република България бреговата радиостанция Варна Радио за целите на безопасността използва само една MF с DSC и няколко повиквателни и работни честоти за радиотелефонен обмен на съобщения. Подробности могат да се намерят в сайта на Варна Радио или в Списъка на Бреговите Станции (List of Coast Stations – ITU).

### 3. Сателитна служба (GMDSS Satellite Services)

В настоящо време всички по-големи военни кораби (фрегати и над тях) са оборудвани със спътникови станции (SES – Ship Earth Stations) от системата Инмарсат. Те се използват най-вече за обществена кореспонденция на явен език. От 2020 година в GMDSS Satellite Services е включена новата сателитна система Иридиум. Основното ѝ предимство е пълното глобално покритие включително и полярните области, което при Инмарсат отсъства.

Спътниковите корабни станции Инмарсат стандарт „С“ и „Mini С“ също са сертифицирани като качествени корабни земни станции за GMDSS. Тези системи са много полезни за разпространяване на съобщения за обезпечаване безопасността на корабоплаването и за опазване на човешкия живот на море в отдалечени райони. За тази цел е създадена международната служба SafetyNET, която е съставна част на GMDSS. За това може да се разглежда като универсална както за SOLAS корабите така и за всички останали.

Инмарсат стандарт „С“ е също част от системата за далечна идентификация и следене на корабите (LRIT) в интерес на корабните морски оператори.

#### 4. Крайбрежна морска излъчваща система (NAVTEX Coastal Marine Broadcast System)

Система NAVTEX излъчва на средни вълни и се използва за предаване на крайбрежни морски навигационни и метеорологични предупреждения и прогнози за времето. Приемането им за корабите под SOLAS е задължително от 1993 г. Повечето развити страни поддържат излъчване на Navtex съобщения за крайбрежни предупреждения. Съобщенията се предават на английски език и на националния език на страната, която ги излъчва. Р България също е включена в тази служба, като осигурява съобщенията за българското и румънското крайбрежие. Причината за това е, че все още не могат да използват сателитни системи за открито море (Inmarsat и Iridium), за да излъчват крайбрежни предупреждения.

#### 5. Морска излъчваща система Inmarsat SafetyNET (SafetyNET Marine Broadcast System)

Службата SafetyNET се използва за предаване на морски навигационни и метеорологични предупреждения и прогнози за времето в открито море и за крайбрежни предупреждения в тези райони без системата Navtex. Услугата SafetyNET се предоставя от системата Inmarsat-C, използваща Разширено Групово Повикване - Enhanced Group Call (EGC) техника. Възможността за приемане на излъчвания за морска безопасност в открито море е задължителна за корабите на SOLAS. Оборудването само с Inmarsat-C SES задоволява изискванията за SES за предаване и приемане, тъй като обикновено се монтира от кораби на SOLAS. Малката цена на услугата предоставяна от бреговете провайдъри осигурява излишък, който може да се използва за осъществяване на другите изисквания на GMDSS.

#### 6. Морска излъчваща система Iridium (Iridium's SafetyCast Marine Broadcast System)

За да бъде сертифициран за GMDSS Iridium беше задължен да разработи собствена система за излъчване в открито море с функции за безопасност, SafetyCast.

Корабите SOLAS могат да избират вида на сателитната система, но трябва да изберат SafetyCast, ако се нуждаят от плавания във висока географска ширина получаване на полярни предупреждения.

Има ръководство на SafetyCast, описващо операциите, от което се разбира, че сертифициран Iridium GMDSS кораб за приемане на предаванията му е необходима земна станция.



## 7. Системата за автоматична идентификация (The Automatic Identification System (AIS))

AIS технически не е GMDSS система, тъй като е проектирана за безопасност на навигацията, но е задължително изискване за кораби SOLAS и дори се монтира доброволно от много други. AIS е VHF система с малък обхват (зоната на пряка радио видимост). Тъй като това е основна система за избягване на сблъсък на море тя излъчва непрекъснато курс, скорост, идентификация на позицията и други параметри.

Очевидно е, че радар, УКВ радио за (bridge-to-bridge) и AIS са необходими на военните кораби.

### **Заключение**

В какво се изразяват съображения за оперативна съвместимост и вътрешна сигурност (Interoperability and Homeland Security Considerations)?

Способността за комуникация с други кораби е основен принцип на GMDSS за улесняване операциите по търсенето и спасяването включващи множество кораби от различни националности. Операциите за търсене и спасяване често включват помощ от военноморски кораб, който е придаден с желание по хуманитарни причини и който може да бъде улеснен с GMDSS комуникационни системи.

Има и други причини за препоръчване на ограничена способност за GMDSS да отговаря на изискванията на флота. Способността за оперативна съвместимост е военноморско изискване за подкрепа на военноморските операции, които в наши дни често включват чуждестранни бойци и чуждестранни търговски превози, както и военноморски кораби от всякакъв вид. Почти универсалното монтиране на GMDSS системи на търговските кораби правят тези системи очевиден избор за оперативна съвместимост. Също така се смята, че чуждестранни военноморски съдове са оборудвани с избрани системи GMDSS по същата причина и защото повечето от тях също имат брегова охрана, тип мисии и по този начин имат непрекъсната необходимост от взаимодействие с търговски кораби. Последните инициативи, насочващи флота към подкрепата на мерките за вътрешна сигурност (контрабанда, тероризъм, пирати и т.н.) прави тази способност за оперативна съвместимост още по-убедителна.

### **Препоръки**

Изказаните съображения и идеи могат да намерят приложение при планиране на радиокомуникационните способности на военните кораби от състава на ВМС на Република България. Биха били полезни на персонала на Спасително-Координационните Центрове и службите за наблюдение и управление на корабния трафик. Изводите са основа за дискусии по този

актуален проблем в учебния процес на квалификационните и образователните заведения свързани с дейности на море.

**Ползвана литература:**

1. „International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)”. International Maritime Organization (IMO). Retrieved 6 April 2013.
2. IMO Publishing 4 Albert Embankmen, London SE1 7SR, United Kingdom
3. Inmarsat 99 City Road London EC1Y 1AX United Kingdom
4. International Telecommunication Union (ITU) Bureau des radiocommunications (BR) Place des Nations CH-1211 Genève 20 Switzerland
5. International Civil Aviation Organization (ICAO) 999 University Street Montreal, Quebec Canada H3C 5H7
6. International Cospas-Sarsat Programme 700 de la Gauchetière West, Suite 2450 Montreal, Quebec H3B 5M2 Canada
7. International Telecommunication Union (ITU). Radio Regulations, Geneva 2008
8. Грозев Г, Димитров Г, Осигуряване на комуникации за СМСББ през спътниковата мобилна мрежа „ИРИДИУМ”. Годишна университетска научна конференция, НВУ, 2019
9. Грозев Г., „Корабни радиостанции”, ISBN-13:978-954-509-340-1, ISBN-10:954-509-340-4, „Военно издателство” ЕООД, София, 2006 г.
10. Йорданов И., Грозев Г. и колектив., „Организация и бойно използване на свръзките във ВМФ”, т. 1.5, Секретно, Военно издателство, София, 1991 г.

*Адрес за кореспонденция:*

*Доц. д-р инж. Grozdyu Hr. Grozev, Nicola Vaptsarov Naval Academy, Varna, E-mail: g.grozev@nvna.eu*

**ДЕЙСТВИЯ НА ЧЕРВЕНИЯ КРЪСТ И  
ДОБРОВОЛНИТЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИ  
РАДИАЦИОННА АВАРИЯ**

**Ромуалдас Каминскас**

**ACTIONS OF THE RED CROSS AND THE VOLUNTARY  
FORMATIONS IN CASE OF A RADIATION ACCIDENT**

**Romualdas Kaminskas**

***Abstract:** Bulgaria is exposed to a number of natural threats such as floods, landslides, earthquakes, forest fires, droughts, strong winds, heavy snowfall, extreme temperatures and hail, the first three of which are most pronounced. The disasters caused by these disasters have adverse economic effects on the country.*

*The actions of the Red Cross (Red Cross) in radiation accidents at the international level are different due to the mandate of the various national companies in the country.*

***Key words:** Radiation, actions, red cross, voluntary formations, radiation accident*

Още през XIX век, по примера на развитите страни в Република България, е осъзната нуждата от изграждане на доброволни формирования. В исторически план развитието на доброволните формирования (ДФ) е преминавало през различни етапи и заема специално място в системата за осигуряване безопасността и защитата при бедствия [1, 9, 10].

Във все по-сложния околнен свят, в който живеем, наред със социалните, икономическите и технологичните промени, се изменя и метеорологичното време, като всичко това изисква да се отговори на широк кръг от инциденти с превозни средства, медицински инциденти, инциденти с опасни вещества и природни бедствия [2, 5, 12]. Това налага все по-голяма ангажираност на населението в осигуряване на навременна реакция. В същото време доброволческата дейност е изправена пред

предизвикателства, като например променящите се очаквания от доброволците, демографските промени и липсата на финансови и технически средства.

С приетата през 2012 г. Стратегия за развитие на доброволните формирования са създадени предпоставки за изграждане на ефективни ДФ, на територията на страната. С предстоящото актуализиране на Стратегията се реагира на динамично променящия се живот като се определя посоката на развитие на доброволните формирования в страната ни, за десетгодишен период [4, 14, 16]. За отчитане напредъка в развитието на възроденото доброволчество в Република България и за постигане на синхрон между международното и националното стратегическо планиране, в областта на доброволството и управлението на риска от бедствия, са направени функционален анализ и анализ на приетата през 2012 г. Стратегия.

Бедствията имат значителен ефект върху социалното и икономическо състояние на обществото, поради това намаляването на причинените от тях щети и загуби е жизненоважен компонент за осигуряване сигурност и просперитет в РБългария [[3, 8, 17]. Едно от главните глобални предизвикателства са развиващите се кризи и бедствия, които ще станат по чести, по-сложни и по - концентрирани в популации, които най-трудно могат да се справят. В глобален мащаб нарастват предизвикателствата свързани с измененията в климата, протрахираните кризи, миграцията, растящото насилие, урбанизацията, демографските проблеми, рисковете за здравето и епидемии (от типа на пандемията с коронавирус), високият пътен травматизъм, високите технологии и зависимостта от тях, което носи нови рискове и предизвикателства и у нас [6, 11].

България е изложена на редица природни заплахи като наводнения, свлачища, земетресения, горски пожари, суши, силни ветрове, силни снеговалежи, екстремни температури и градушки, като първите три от тях са най-изявени. Причинените от тези бедствия имат неблагоприятни икономически въздействия върху страната [7].

Не толкова изявени, но с потенциал за големи последици и нарушения на нормалният начин на живот са технологичните опасности и рискове - произтичащи от човешката дейност – транспортни инциденти, големи промишлени аварии, аварии с последващо радиоактивно замърсяване от източници на територията на страната.

Съгласно закона за защита при бедствия и планове към него, справянето с последиците от бедствията се възлага на държавата в лицето на Министерството на вътрешните работи и частите на Единната спасителна система (Главна дирекция “Пожарна безопасност и защита на

населението” и районните служби към нея, Областните дирекции на министерството на вътрешните работи, Центровете за спешна медицинска помощ и Български Червен кръст).

Съгласно Закона за БЧК, “Българският Червен кръст е автономна организация, която подпомага държавата в хуманитарната област, в подготовката за действия при военно положение, военни конфликти и бедствия за опазване и укрепване здравето на населението”. За постигане на своята цел, Организацията изпълнява следните основни дейности:

- Подготовка, помощ и възстановяване при бедствия
- Подготовка за оказване на първа долекарска помощ, първа психологическа помощ и психо-социална подкрепа
- Социално-здравни дейности
- Работа с възрастни хора и домашни грижи
- Водно и планинско спасителна дейност
- Промоция на доброволното и безвъзмездно кръводаряване
- Дейности на Български младежки Червен кръст
- Организиране на Доброволни екипи за работа при бедствия, аварии и кри и Младежки аварийни екипи

Българският Червен кръст има своята важна роля и при инциденти с радиационни аварии, като част от дейностите са описани в Националният план за защита при бедствия част 3 “Външен аварийен план на АЕЦ – Козлодуй”. Дейностите изпълнявани от БЧК могат да се разделят в три категории – преди, по време и след настъпила авария [13].

Преди:

- Поддържане на сили и средства за адекватна реакция в случай на авария – Български Червен кръст, съвместно с ГД “ПБЗН” организират тренировъчни учения за справяне с последствията след настъпила авария в АЕЦ – Козлодуй. В ученията са включени действия на територията на всички западни области на страната, поради възможно разпространение на радиоактивен облак.

- Организиране и участие в обществени кампании и в специфични дейности по искане на партньори – ежегодно БЧК съвместно с частите на Единната спасителна система на страната (ЕСС), организират лекции в училищата за подготовка на населението за реакция при бедствия, аварии и катастрофи.

- Натрупване и поддържане на запаси от имущество от първа необходимост (поддържане на складови бази) – Съгласно закона за защита при бедствия БЧК поддържа складове от имущество за първа необходимост за подпомагане на населението. БЧК разполага с една

национална и 4 междуобластни складови бази, които съдържат имущество за подпомагане на над 12 000 души.

- Поддържане на радио мрежа – за изпълнение на своите оперативни дейности БЧК поддържа късовълнови и утравкьсовълнова комуникационна радиомрежа.

- Обучение и поддържане на Национален екип за работа при бедствия, аварии и кризи, Доброволни екипи за работа при бедствия, аварии и кризи и Национален екип за действия при наводнения – Български Червен кръст поддържа над 500 обучени доброволци за работа по време на БАК. Доброволците са разпределени в екипи по компетенции – за оказване на първа долекарска помощ, първа психологическа, възстановяване на семейни връзки и др.

- Работа със спонтанни доброволци – поради добрата си практика за работа с доброволци, на БЧК е възложено при нужда да подпомага процесите по организиране на спонтанни доброволци по време на бедствия/кризи.

- Организиране и участие в трансгранично сътрудничество – БЧК, като част от Международното червенокръстко движение е част от мрежа от над 12 милиона доброволци в помощ на света. Също така е част и от платформи за трансгранично сътрудничество за по-бърза и адекватна реакция при бедствия засягащи повече от една страни [15].

В категориите - по време и след се припокриват като дейности поради тяхната специфика, като включват и гореспоменатите дейности:

- Развърщане на пунктове за събиране на пострадали – При евентуална евакуация на населението, на БЧК е вменена логистичната роля по развърщане на пунктове за настаняване на евакуираното население със сили и средства на Държавата.

- Развърщане на подкрепителни пунктове по пътя на евакуацията (раздаване на вода, храна и имущество от първа необходимост) – БЧК участва в организирането на пунктове за подкрепа, както на населението, така и на екипите действащи по намаляване последиците от настъпилата авария. БЧК не разполага с храни на склад, но поради специфичната си роля има сключени договори с различни партньори за незабавно осигуряване на храни и подкрепителни напитки при настъпване на бедствие/авария със засягане на част от населението.

- Организиране на получаване, разпределение и раздаване на хуманитарни помощи в районите за разсредоточаване на евакуираното население

- Оказване на Първа психологическа помощ и психосоциална подкрепа при БАК – БЧК разполага с над 100 обучени професионални

психолози за работа при бедствия, които могат да бъдат изпратени на терен в първите 24 часа, като се въртят на ротационен принцип.

- Оказване помощ на възрастни и деца – изключително рисковата група по време на бедствие са децата и възрастните хора. Доброволците на БЧК преминават през различни обучения за подпомагане както на горепосочените групи, така и на хора със специални образователни потребности (синдром на Даун, аутизъм, умствена изостаналост и др.), хора с увреждания (слепота, инвалиди и др.)

- Участие в събиране на семейства (възстановяване на семейни връзки) – БЧК има разработена методика по събиране на лица – търсещи своите близки. Методиката е доразработена на международно ниво от Международният комитет на Червения кръст и червен полумесец съвместно с други Национални дружества от Движението [18].

- Набиране, съхранение и дистрибуция на хуманитарни помощи – По време и след настъпило бедствие/криза, Български Червен кръст може да организира апели за получаване дарения на хуманитарни помощи. Апельт може да е насочен, както към корпоративния сектор така и към международно ниво. Също така при нужда БЧК може да предостави част от материалната си база за съхранение на хуманитарна помощ на Държавата – пример за такава ситуация бе настъпилата пандемия с COVID-19, където БЧК съхранява помощи на Министерството на здравеопазването, насочени към Регионалните здравни инспекции и лечебни заведения.

- БЧК, като член към Международната федерация на Червения кръст и Червен полумесец, може да активира бедствен фонд (DREF – disaster relief emergency fund) за подпомагане на операции по възстановяване на засегнатото население. При необходимост БЧК може да разкрие и апел за събиране на финансови дарения, чрез смс или по банков път, като по всяко време дарителите могат да поискат справка за изразходването на даренията от тях средства [13].

Всяко бедствие/криза има поне 3 зони на действие:

- Червена – епицентъра на събитието – от 0 до 3 км. В тази зона работят основно професионалисти към държавата в лицето на ГД “ПБЗН” – МВР, Полиция, екипи на ЦСМП и др. Поради необходимостта от преминати задълбочени обучения за работа в радиоактивна среда и големият риск на опасност в тази зона не работят доброволни екипи по време на радиационна авария.

- Жълта – зона на непосредствена опасност от 3 до 30 км от епицентъра на събитието.

- Зелена – безопасна зона - след 30-тият километър. В тази зона се извършва настаняване на евакуираното население.

Поради специфичната опасност при ядрена и радиационна авария, екипите на БЧК работят само и единствено в зелената зона на действие и по пътя на евакуация на населението. При всички останали бедствия, аварии и кризи, БЧК разполага с обучени доброволци за работа в зелена, жълта и червена зона на действие(при наводнения, земетресения и др.) [12].

Действията на Червения кръст(ЧК) при радиационни аварии, на международно ниво са по-различни поради мандата на действие на различните национални дружества в съответната страна. Първият досег на Червения кръст с радиационна авария е през 1986 г., където в Чернобил инцидент довежда до разпръскването на радиоактивен облак над голяма част от Европа и Азия. Доброволци на ЧК участват в дейности по незабавно подпомагане, като част от тях са - усилия по възстановяване, евакуация на над 340 000 души и изграждане на лагери за настаняване, дистрибуция на храни и напитки в безопасната зона, предоставяне на материали за възстановяване и финансово подпомагане, както и организиране на лагери за деца. Аварията в Чернобил, кара света да се замисли над безопасността при радиационни аварии и критичната инфраструктура в този сектор на работа.

Основният тласък довеждащ до изграждането на програми и ръководства за работа при радиационни, адриени и химични аварии, както и опасността от такива е инцидента през 2011г., където вследствие на природни бедствия се довежда до ядрен инцидент в електро централа, довеждащ до незабавната евакуация на 154 000 души и засегнати над 32 000 000 души в Япония.

Както се вижда по-горе до радиационна авария може да се стигне, както в следствие на човешка грешка, така и вследствие на бедствия. Никой не може да предскаже кого ще се случи, затова и се влагат изключително много усилия в етапа на превенция и обучения за реакция при възникване на такъв инцидент. Ролята за справяне с последиците от възникването на радиационна авария се пада на Държавата в която се е случил инцидента, но ролята на Червения кръст е и винаги ще бъде да подпомага държавата в тези критични ситуации за опазване здравето и живота на населението.

### **Използвани източници:**

1. Димитров, Б. Развитие на системите за разузнаване, ранно предупреждение, мониторинг, специална и санитарна обработка. НВУ В. Т., том 5, стр. 226-231.



2. Димитров, Б. Управление на системата за ядрено, химическо и биологическо разузнаване. II International Scientific Conference Confsec 2018, p. 122-124.

3. Долчинков Н. Т., Действия на населението при извънредни ситуации, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, ISBN 978-954-753-306-6, стр.186, 2020 г.

4. 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.

5. Padarev, N.I., Radiological threats to the security environment. Security and future, ISSUE 4/2018, Sofia, 2018, pp 173-176, pub. Scientific technical union of mechanical engineering – Industry 4.0 Bulgaria

6. Dolchinkov, N. T., History and development of nuclear weapons, International scientific journal: Security@future 1/2018, june 2018, pp. 32-35.

7. Dolchinkov, N., N. Nichev, Characteristics of radiation. Revista. Sibiu. Rumania. no.2 (82). 2016., ISSN 2247-840X ISSN-L = 1582-6384, стр. 184-189

8. Dolchinkov, N., World uranium mining production, International journal for science Machines, Technologies, Materials, ISSN 1313-0226, 3/2019 стр 127-130

9. Закон за защита при бедствия

10.Национален план за защита при бедствия част 3 “Външен аварийен план на АЕЦ - Козлодуй”

11.Национална програма за защита при бедствия и плановете към нея

12.Закон за Български Червен кръст

13.Национален план за защита при бедствия на БЧК

14.Руководство на случай ядерной аварии и радиационной аварийной ситуации –2015г.- Международна федерация на ЧК/ЧП

15.IFRC Roadmap Technological & Biological Hazard preparedness – 2020 - International Federation of Red Cross and Red crescent

16.Проект на Стратегия за развитие на доброволните формирования за предотвратяване или овладяване на бедствия, пожари и други извънредни ситуации в Република България за периода 2021-2030 година

17.Chernobyl Humanitarian Chernobyl Humanitarian Assistance And Rehabilitation Programme (Charp) 1990-2012

18.Global disaster preparedness Center – [preparecenter.org](http://preparecenter.org)

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

---

***Адрес за кореспонденция:***

*Ромулдас Каминскас, Национален военен университет „Васил Левски“, Български  
Челвен Кръст, България Е-мейл: r.kaminskas@redcross.bg*

**ИССЛЕДОВАНИЕ НА РАДИАЦИОННУЮ  
УСТОЙЧИВОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И  
КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**Юсупов Усман, Мусаев Маруфджан, Сулейманов  
Адылжан**

**RESEARCH ON RADIATION RESISTANCE OF  
BUILDING MATERIALS AND STRUCTURES OF BUILDINGS  
AND STRUCTURES**

**Yusupov Usman, Musaev Marufdjan, Suleymanov Adylzhan**

*Annotation: The article discusses some possibilities of research on the radiation resistance of building materials and structures of buildings and structures. Heat-resistant materials of a wide profile for concrete, reinforced concrete, facing and finishing materials were determined for radiation resistance. Specific ways of practical application of new developments are given.*

Согласно программы стратегического развития Республики Узбекистан на период до 2030 года предусматривает масштабное строительство Атомной электрической станций (АЭС). Одной из важнейших задач строительства ядерно-технических установок является сокращение сроков и снижение стоимости строительства. Решение данной задачи достигается, в том числе использованием современных бетонов модифицированных химическими добавками. Наиболее широкое применение при строительстве АЭС получили бетоны с добавками-суперпластификаторов различного типа, однако в связи с недостатком информации о радиационной стойкости данных бетонов, их применение ограничено для конструкций реакторного отделения АЭС, работающих в условиях воздействия радиоактивного излучения и повышенных температур.

В настоящее время достаточно хорошо изучены вопросы радиационной стойкости бетонов с различными видами заполнителей и вяжущих, однако влияние суперпластификаторов различного вида на радиационную стойкость бетонов практически не исследовано. В связи с этим одним из важнейших требований к бетонам таких конструкций, является требование по их радиационной стойкости - способности бетона сохранять состав, свойства или параметры состояния в установленных пределах во время и после воздействия ионизирующих излучений.

Как известно первые исследования изменения свойств бетонов под действием ионизирующих излучений были начаты в 1960 годах, с началом строительства ядерно-технических установок в СССР и за рубежом. Основное внимание в ранних исследованиях уделялось радиационной стойкости как отдельных компонентов бетона, заполнителей и вяжущих, так и цементному камню затвердевшего бетона, при этом влияние модифицирующих добавок на изменение радиационной стойкости конструкций не исследовалось. Работы по изучению влияния химических добавок на радиационную стойкость бетонов, в СССР и за рубежом начались в 1985 году, с началом массового применения химических добавок в бетоне, однако были прерваны в связи с прекращением строительства АЭС после аварии в Чернобыле. В 2010 году принята программа масштабного строительства АЭС в России и за рубежом, при этом применение добавок при производстве бетонов стало массовым. За период с 1986 по 2010 год появились принципиально новые виды суперпластификаторов с различным принципом действия, которые нашли широкое применение в строительстве АЭС, при возведении строительных конструкций, не подвергающихся радиационным нагрузкам. Учитывая, что достижение современных технических требований к бетонам конструкций реакторного отделения без применения современных химических добавок, в частности суперпластификаторов невозможно, вопрос получения радиационно-стойких бетонов с добавками суперпластификаторов является актуальным.

**Научная гипотеза** проводимых нами исследований состоит в том, что применение новых добавок в бетонах при возведении конструкций атомных станций влияет не только на физико-механические и технологические свойства бетонной смеси и бетонов, но также оказывает значительное влияние на изменение радиационной стойкости бетонов. В условиях современного строительства для разработки радиационно-стойких бетонов требуется уделять особое внимание выбору вида используемых добавок и их дозировкам.

Для совершенствования структуры цементного состава и повышения стойкости к радиации и прочности конструкций, в вяжущее добавляют минеральные компоненты (бой магнезитового или шамотного кирпича, андезит, доменный гранулированный шлак, лессовидный суглинок, золунос и др.), обладающие необходимыми показателями огнеупорности [2-3].

При нагревании железобетонных конструкций, деструктивные процессы протекают не только в цементных вяжущих, но и в применяемых заполнителях. Возникновение этих реакций объясняется неравномерным тепловым расширением минеральных заполнителей. Поэтому, нужно внимательно подходить к вопросу выбора заполнителей для конкретной марки радиационно-стойкого бетона [4].

Нами проведены исследования по определению возможности комплексного использования механохимически активированной добавки на основе золошлака Ново-Ангренской ТЭС и отхода фосфогипса ОАО „Махсам-Аммофос“. Содержание  $SO_3$  составляет 20,96 % и 11,64 % соответственно в ЮУТ-1 и ЮУТ-2, результаты химического анализа механохимически активированной добавки указывают на возможность их использования в качестве активных минеральных добавок, и возможно – регулятора сроков схватывания взамен гипсового камня для получения радиационно-стойких и прочных цементов, бетонов и строительных конструкций [5].

Химическая активность механохимически активированной новой добавки по поглощению извести составила 52,5 мг, что соответствует минимально допустимой активности, характерной для группы искусственных (техногенных) алюмосиликатных гидравлических добавок. Следовательно, добавка является химически активной минеральной добавкой, и классифицируется по происхождению как добавка искусственная техногенного происхождения, по химическому составу – кислая, по химической активности - гидравлическая.

Рентгенофазовый анализ новой добавки подтверждает присутствие в ее составе как гипсовых минералов (двуводные, полуводные сульфаты кальция), так и гидратных новообразований гидросульфоалюминатных и гидросиликатных структур: на ее дифрактограмме идентифицируется четко обозначенные аналитические линии гидратов как сульфатсодержащих, так и кальциевых силикатных минералов.

Результаты электронно-микроскопического анализа добавки подтверждают образование кристаллической структуры в процессе автоклавной обработки смеси фосфогипса и золошлака, и что она похожа на структуру твердеющей цементной пасты в ранние периоды твердения и представлена в основном из гидратированных сульфатсодержащих

минералов и новообразований в виде гидросульфоалюминатных и низко основных гидросиликатных соединений. При вводе в цемент добавки, эти гидратные новообразования играют роль кристаллических „зародыш образований” затравок – „центров кристаллизации”, которые выступают инициаторами возникновения новых зародышей новообразований гидросульфоалюминатного и гидросиликатного типа, ускоряют процесс их кристаллизации и формирования кристаллического каркаса твердеющей цементной дисперсии, и как следствие- интенсифицируют процессы гидролиза и гидратации алюминатных и силикатных минералов ПЦ клинкера.

Увеличение водопотребности добавочных ПЦ объясняется повышенным содержанием в них алюминатных фаз и более тонкой степенью измельчения по сравнению с цементом ПЦ-Д0. В соответствии с данными таблицы 4, прочность цемента с добавкой 15 % „ЮУТ-1” (ПЦ-Ф15), как в возрасте 28 суток нормального твердения, так и при более длительном твердении (3мес) практически не отличаются от прочности цемента ПЦ-Д0.

Новая добавка, введенная в количестве 12-25 %, несколько замедляет процесс твердения цемента ПЦ-Ф20, однако к 28 суткам образцы достигают марки 400. Интенсивный набор прочности цементов с 30-35 % добавки наблюдается в период от 28 до 90 сут. твердения (рис.2, кривые 5,6). При этом, прочность цементов к 90 суткам составила 43,0 МПа и 41,8МПа соответственно для ПЦ-Ф30, ПЦ-Ф35. К сроку 180 сут. твердения прочность цементов резко снижается до 34,5 МПа и 35,4 МПа. Цементы с 15-30 % добавки отличаются замедленным темпом твердения и достигают показателей нормативной прочности только к 3 мес. твердения. Поэтому содержание данной добавки следует ограничить не более 20 %.

Исследование генезиса формирования цементного композита на основе добавочного цемента показало, что его взаимодействие с водой протекает бурно с образованием уже через 1 сут множества мельчайших кристаллических новообразований, покрывающих поверхность клинкерных зерен.

Процесс гидратации цемента протекает в ускоренном темпе благодаря наличию в составе вводимой в цемент добавки определенного количества гидратных новообразований, которые служат „центрами кристаллизации”, ускоряющими отвод ионов  $Ca^{2+}$  из жидкой фазы за счет образования все новых порций сульфатсодержащих гидратов алюминатов и силикатов кальция. В соответствии с данными рисунка 3 и 4, через 3 сут гидратации поверхность клинкерных зерен и зерен добавки сплошь покрывается игольчатыми кристаллами гидросульфоалюминатов кальция,

зерна кварца также обрастают такими же кристалликами, а гексагональные зерна алюминатов кальция подвергаются поверхностной гидратации и образующиеся его гидраты растворяются в общей массе исходных зерен клинкерных минералов, выделяющихся в процессе их гидролиза и гидратации гелеобразных продуктов, образующихся кристаллов и кристаллоагрегатов, составляющих скелетную структуру формирующегося цементного композита.

В более поздние сроки увеличивается количество гидросиликатного геля, из которого выкристаллизовываются низко основные гидросиликаты, при этом уменьшается поровое пространство за счет более плотной упаковки кристаллических продуктов в затвердевающем композите, и в результате – к 3 мес. цементный композит характеризуется более высокими показателями прочности, чем камень на основе ПЩ-Д0.

Термические испытания показали, что исследованные на первом этапе работ новые добавки различных типов могут иметь различную эффективность в зависимости от условий работы бетонной конструкции, в частности от мощности ионизирующего облучения, воздействующего на бетон. При этом, в соответствии с положениями ускоренного способа определения влияния добавок на изменение радиационной стойкости цементного камня по результатам термических испытаний, применение исследованных добавок в процессе возведения конструкций атомных станций является возможным. На это указывает тот факт, что при их использовании изменение параметров, определяющих радиационную стойкость цементного камня и бетонов, по сравнению с образцом без добавок находится в пределах допустимых значений. При этом наилучшие результаты показал добавка на основе техногенных отходов. Разработанные нами огнезащитные добавки не придают выраженной склонности к трещинообразованию при высоких температурах. Область их применения наиболее широка. Это не только огнезащита гражданских объектов, но и объектов теплоэнергетики, нефте- и газохранилищ. Практическое применение разработки может решить многие экологические, социальные, технологические проблемы нашей республики. Они экологически безопасные, нетоксичные, устойчивые при длительном хранении, доступные и дешевые.

#### **Литература:**

1. Сулейманов А.А., Толибов О.С., Мусаев М.Н., Абдурахманов М.Р. Теория вероятности для обеспечения безопасности сложных систем. В сборнике: Инновации, качество и сервис в технике и технологиях. Сбор-

ник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 365-369.

2. Сулейманов А.А., Курбанбаев Ш.Э., Ибрагимов Б.Т. Энергетическая цена вероятности обеспечения безопасности от самопроизвольной эволюции системы. Архитектура и дизайн. 2017. № 3-4. С. 108.

3. Кадиров Р.Н., Абдукаримов А.А. Жаропрочные бетоны. Журнал Пожарная безопасность. №3, 2014 г. с.-34-36.

4. Патент РУз №544044. Огнестойкая полимерная композиция.

5. Юсупов У.Т. Огнестойкие и жаропрочные бетоны. Материалы Респ.научно-технической конференции „Ёнфинга чидамли курилиш материаллари яратишнинг долзарб муаммолари ва ечимлари”. Т.2019 й. 28-август.-с.79-82.

6. Юсупов У.Т. Повышение огнестойкости бетонных и железобетонных гнепреградительных конструкции. Материалы Респ.научно-технической конференции „Ёнфинга чидамли курилиш материаллари яратишнинг долзарб муаммолари ва ечимлари”. Т.2019. 28-август.-с.39-42.

7. Сулейманов А.А., Мусаев М.Н., Серков Б.Б. В Степень риска деятельности спасательных подразделений при чрезвычайных явлениях на объектах промышленности, строительства, транспорта. сборнике: ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ ВЕСНА - 2018. Материалы 16-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности. 2018. С. 249-252.

8. Сулейманов А.А., Джураев О.А., Умаров Ф.Я., Шомансуров С.С. Оценка рисков при сейсмопожароопасном воздействии на опасные производственные и категорированные объекты промышленности. Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2019. Т. 15. № 3. С. 219-228.

*Адрес для переписки:*

*Юсупов Усман, доцент, кандидат технических наук*

*ТАСИ, кафедра “Строительные конструкции”*

*e-mail:baха332@gmail.com*

*Мусаев Маруфджан, профессор, кандидат технических наук*

*ТашГТУ, кафедра безопасность жизнедеятельности. Ташкент, ул. Университетская 2, e-mail: protecology@mail.ru*

*Сулейманов Адылжан, профессор, доктор технических наук*

*ТашГТУ, кафедра безопасность жизнедеятельности. Ташкент, ул. Университетская 2, e-mail: baха332@i.ua*



## РАДИАЦИОННАЯ ОПАСНОСТЬ УГЛЯ В ДОБЫВАЮЩИХ И ПОТРЕБЛЯЮЩИХ РЕГИОНАХ

Субракова Людмила Константиновна

### RADIATION HAZARD OF COAL IN PRODUCING AND CONSUMING REGIONS

Subrakova Lyudmila Konstantinovna

*Annotation.* The increase in the content of radioactive elements in coal ash in comparison with mined coal is considered on the example of the Republic of Khakassia. The importance of assessing the radioactive safety of coal waste is increasing in the modern conditions of the economy's transition to low-carbon technologies.

*Key words:* coal basins of Siberia, ash and slag, oncoming transportation, decarbonization

Исторически первые сведения о высокой концентрации урана в угле появились еще в 1875 году в результате изучения месторождения Олд-Лейден в США. В России первые исследования в этой сфере проведены Г.С. Лабазиным в 1930 году на территории Хакасии, где изучалась радиоактивность угленосных отложений Минусинского угольного бассейна. [1]. Более поздние работы по оценке радиоактивности угля выявили зависимость уровня радиационных характеристик от условий метаморфизма на протяжении миллионов лет углеобразования. Поэтому наблюдались значительные отклонения по содержанию основных естественных радионуклеидов урана-238 и тория-232 в различных месторождениях. Наибольшее содержание урана характерно для торфа, меньшее – для бурого угля, в каменном угле наблюдается дальнейшее снижение и минимальное значение содержания урана – в коксующихся углях. Среднемировые (кларковые) значения содержания определены: урана на уровне 3,6 г/т, тория – 4,8 г/т. Также отмечена более высокая радиационность по урану в низкосортных, высокозольных углях [2].

Исследование сравнительного содержания урана и тория в угле и угольной золе бассейнов России проведено учеными-геохимиками Томского политехнического университета [3], по данным которых составлена таблица 1.

Как показывают данные таблицы 1, содержание радиоактивных элементов в угольной золе после сжигания топлива повышается: урана в 5,8 – 10,8 раза и тория в 5,5 – 10,2 раза по сравнению с содержанием их в добытом угле. Многократное повышение содержания радиоактивных веществ объясняется сохранением их в уменьшающейся массе отходов сгорания и переходом в зольные шлаки и газообразные выбросы.

Добываемый на территории Республики Хакасия каменный уголь марки Д относится к энергетическому топливу с сравнительно низкой радиоактивностью и наименее выраженной радиоактивностью отходов теплоэнергетики от использования топлива Минусинского бассейна.

**Таблица 1**

**Содержание радиоактивных элементов в угольных бассейнах Сибири**

Угольный бассейн	Содержание радиоактивных элементов			
	уголь		зола	
	уран	торий	уран	торий
Тунгусский	2,4±0,6	3,3±0,7	19,0	23,2
Канско – Ачинский	3,2±0,7	1,0±0,2	32,7	10,2
Кузнецкий	2,1±0,1	2,2±0,5	12,1	12,7
Минусинский	2,4±0,3	3,0±0,2	14,1	17,9
Улугхемский	1,2±0,4	1,2±0,2	12,9	12,9
Иркутский	2,7±0,5	4,1±1,0	18,5	28,5

Парадоксально, но теплоэлектроэнергетика региона развивалась и продолжает функционировать не на основе местных каменных углей, добыча которых насчитывает более 100 лет (с 1904 года разработки велись в Черногорских и Изыхских копях) [4], а на основе бурого угля Канско-Ачинского угольного бассейна. Это можно объяснить тем, что в 70-е годы XX века в Красноярском крае создавался крупнейший в стране Канско-Ачинский топливно-энергетический комплекс (КАТЭК), прогнозные запасы которого оцениваются в 309,9 млрд. т, что составляет 23,4% от запасов России [5]. Хакасия в статусе автономной области до 1991 года входила в состав Красноярского края, и энергетика всех предприятий Саянского территориально-производственного комплекса основывалась на дешевых бурых углях Канско-Ачинского бассейна.

При оценке преимуществ бурых углей КАТЭКа учитывалась калорийность, влажность, зольность, насыщенность микроэлементами (серы, цинка, марганца и др.) и прочие характеристики топлива, однако радиоактивность не принималась во внимание в то время, т.к. исходные показатели радиационной опасности ископаемого ресурса были ниже кларковых. Как отмечают исследователи [6], ранее информация о содержании радиоактивных элементов в углях не публиковалась в открытой печати, много информации, особенно касающейся высоких концентраций урана в углях, до сих пор является закрытой.

В 1997 году Геологической службой США была обоснована радиационная безопасность угля и золы на основе изучения проб месторождений и отходов теплоэнергетики западных штатов. Каменноугольное топливо и отходы его сжигания были признаны незначительно обогащенными радиоактивными элементами по сравнению с обычными почвами и горными породами [7]. Однако в исследовании 2018 года на основе обзора публикаций за 30 лет американские ученые выявили частые упоминания о негативных изменениях в здоровье и заболеваниях населения, живущего в непосредственной близости от угольных электростанций, что связывалось с воздействием загрязнителей воздуха, образующихся в результате выбросов электростанций, и с наличием спектра тяжелых металлов и радиоактивных изотопов в угольной золе [8].

Рядом исследований установлено, что основным источником радиоактивного загрязнения окружающей среды при сжигании бурых углей с повышенным содержанием радиоактивных элементов, является тонкодисперсная составляющая золы – летучая зола, практически не улавливаемая электрофильтрами ТЭС [9; 10].

Поскольку золошлаковые отходы электростанций широко используются во многих странах в качестве недорогого вяжущего элемента в производстве бетонов, стеновых панелей, кровли, кирпича и других строительных материалов, важно обеспечить безопасность сырья. Как выявлено в исследовании [11], ряд проанализированных образцов золы от угля из нескольких месторождений Китая содержали уровни радиации урана, более чем в 43 раза превышающие максимально безопасный предел, установленный для материалов жилых зданий. Ученые установили порог радиационной безопасности - примерно 10 частей на миллион урана – и считают, что он применим к месторождениям угля с высоким содержанием урана по всему миру, и его следует учитывать при принятии решения о переработке угольной золы в строительные материалы. Результаты исследования в Монголии, в котором сравнивались

дозы радиационного облучения населения в результате выбросов газообразных отходов с атомных и угольных электростанций при нормальной эксплуатации, показали, что дозы облучения от атомной электростанции меньше, чем от угольной электростанции по эффективной дозе внешнего воздействия в 33,7 раза, по воздействию на кожные покровы – в 18,4 раза и по воздействию на внутренние органы – в 6,6 раза [12].

В то же время большим количеством публикаций подтверждается радиационная безопасность добычи угля и отходов его использования в энергетике [13,14,15].

Если сравнивать показатели содержания урана в золе от сжигания бурого угля Канско-Ачинского бассейна и каменного угля Минусинского бассейна, то радиоактивность отходов бурого оказывается в 2,3 раза выше, чем каменного угля. Это означает, что в золошлаковых отвалах четырех ТЭЦ (Абаканской, Минусинской, Сорской, Абазинской) и многочисленных угольных котельных региона накапливаются вредные вещества в большем объеме, чем гипотетически могло бы быть при использовании в местной энергетике каменного угля.

Фактически в региональной системе угледобычи и производственного потребления угля в Хакасии сложились маршруты встречных перевозок: каменный уголь из региона отправляется потребителям, в основном на экспорт в западном и восточном направлении, а в регион привозится бурый уголь с Ирша-Бородинского месторождения Канско-Ачинского бассейна, удаленного на расстояние 489 км. Расчеты показывают, что стоимость поставки бурого угля в Хакасию на 50-60 % состоит из железнодорожного тарифа РЖД. Из-за перегруженности Транссибирской магистрали экспортными грузами у хакасских угледобывающих предприятий не раз возникали трудности со своевременным предоставлением вагонов под погрузку топлива в период пикового спроса и установления высоких цен на мировом рынке.

Дальнейшее развитие угольной промышленности в Хакасии проблематично не только из-за транспортных проблем. Стратегией социально-экономического развития России с низким уровнем парниковых газов до 2050 года [16], предусмотрено падение энергетического экспорта с 2030 года за счет переориентации на продукты высокого передела и повышения конкурентоспособности российского экспорта на внешних рынках. С учетом предлагаемых мер декарбонизации угольным электростанциям предстоит внедрять технологии улавливания, использования и утилизации парниковых газов, что потребует значительных частных инвестиций и государственной поддержки.

### Выводы

1. Радиационная безопасность в большинстве предприятий угольной промышленности и угольной генерации в настоящее время не вызывает опасений, однако имеющиеся случаи повышенной радиации углей и их отходов представляют объекты для изучения и разработки мер предотвращения вредного воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

2. В Республике Хакасия сложились маршруты встречных перевозок: добываемый каменный уголь с месторождений Минусинского бассейна отправляется потребителям за пределы региона, в основном, на экспорт в страны ЕС и Китай, а для обеспечения предприятий энергетики в республику ввозится бурый уголь Канско-Ачинского бассейна. Это приводит не только к удорожанию стоимости топлива за счет транспортных расходов, но и к повышению содержания радиоактивных элементов в золошлаковых отходах ТЭЦ и котельных по сравнению с гипотетическими показателями каменного угля.

3. В связи с предстоящим энергетическим переходом и декарбонизацией экономики добыча и экспорт угля из России, в том числе из Республики Хакасия сократится после 2030 года и потребуются внедрение технологий улавливания, использования и утилизации парниковых газов. При развитии зеленого финансирования, использовании вторичных энергоресурсов необходимо создавать условия для обеспечения радиационной безопасности углей и продуктов его сжигания.

### Библиографический список

1. Лабазин Г.С. О месторождениях радиоактивных минеральных образований в Хакасском округе бывшей Енисейской губернии // М.-Л.: Геол. Изд-во. Гл. Геол. Управл., 1930. 56 с.

2. Овчаренко Н.В. Оценка влияния добычи углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов на качество угольной продукции и экологическое состояние окружающей среды: автореф. дис.... канд. тех. наук: 25.00.36. М., 2020.

3. Арбузов С.И., Волостнов А.В., Машенькин В.С., Рыбалко В.И., Банк Ч. Х. Радиоактивные элементы (U, Th) в углях. Материалы IV Международной конференции, г. Томск, 4–8 июня 2013 г.

4. Минусинский угольный бассейн / Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/geology/text/3951370>

5. Минерально-сырьевая база угольной промышленности России: в 2 т. Т. 1. Состояние, динамика, развитие / Н. Н. Балмасов [и др.]; под ред.

А. Е. Евтушенко, Ю. Н. Малышева. М.: Издательство Московского государственного горного университета, 1999. 648 с.

6. Крылов Д. А., Сидорова Г.П. Оценка содержания радиоактивных элементов в углях и продуктах их сжигания // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 7. С. 369-376

7. Radioactive Elements in Coal and Fly Ash: Abundance, Forms, and Environmental Significance. USGS. URL: <https://pubs.usgs.gov/fs/1997/fs163-97/FS-163-97.html>

8. Kravchenko J., Lyerly H. K. (2018) The Impact of Coal-Powered Electrical Plants and Coal Ash Impoundments on the Health of Residential Communities. *NCMJ* vol. 79, no. 5. URL: <https://ncmedicaljournal.com>

9. Хедвал Р., Эрландсон Б. Концентрации радиоактивности в неядерных отраслях промышленности // Бюллетень Центра общественной информации по атомной энергии. 1998. № 2. С. 27 – 30.

10. Овсейчук В.А., Крылов Д.А., Сидорова Г.П. Радиоактивность углей и продуктов их сжигания. URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4326>

11. Lauer N., Vengosh A., Shifeng Dai (2017). Naturally Occurring Radioactive Materials in Uranium-Rich Coals and Associated Coal Combustion Residues from China. *Environmental Science & Technology*, 2017; [https://DOI: 10.1021/acs.est.7b03473](https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03473)

12. Purevsuren B., Kim J. (2021) Public Health Effects of Radioactive Airborne Effluents from Nuclear and Coal-Fired Power Plant. *Science and Technology of Nuclear Installations*, vol. 2021, Article ID 6685385, 8 p. URL: <https://doi.org/10.1155/2021/6685385>

13. Janković M.M., Todorović D.J., Nikolić J.D. (2011) Analysis of natural radionuclides in coal, slag and ash in coal-fired power plants in Serbia. *J. Min. Metall. Sect. B-Metall.* 47 (2) B (2011) 149 – 155

14. Ahmed U.A.Q., Wagner N.J., Joubert J.A. (2020) Quantification of U, Th and specific radionuclides in coal from selected coal fired power plants in South Africa. *PLoS ONE* 15 (5): e0229452. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229452>

15. Boukhair A., Belahbib L., Azkour Kh., Nebdi H., Benjelloun M., Nourredine A. (2016) Measurement of Natural Radioactivity and Radon Exhalation Rate in Coal Ash Samples from a Thermal Power Plant. *World Journal of Nuclear Science and Technology*, Vol.6 No.3. URL: <https://DOI:10.4236/wjnst.2016.63017>

16. Стратегия социально-экономического развития России с низким уровнем парниковых газов до 2050 года, утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.10.2021 № 3052-р

## STUDY OF THE DEPENDENCE OF ACRYLIC DEPTH AND SURFACE ROUGHNESS ON OUTPUT LASER POWER AND PROCESSING SPEED

Viktorija Piziča, Vitālijs Jurčs, Rūdolfs Čeirs

***Abstract.** Laser technology today has developed rapidly and plays a leading role in the economy and society. One of the most popular marking and engraving materials in the industry is acrylic. Acrylic engraving is increasingly being used in various fields. The study examines the acrylic depth and surface roughness depending on the main technological parameters of the engraving process: output laser power (1.7 - 35.3 W) and processing speed (40 - 130 mm/s). As a result of the research, the optimal parameters for acrylic engraving with the CO<sub>2</sub> technological laser system have been determined.*

***Keywords:** CO<sub>2</sub> laser, acrylic engraving, laser engraving*

### 1. INTRODUCTION

Laser, which stands for Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, is an electrical-optical device that produces coherent radiation. Simply put, a laser is a device that creates and amplifies a narrow, intense beam of coherent light. It is used in a number of technological processes - laser cutting, laser marking and engraving, laser welding, laser drilling of holes, laser layering, laser hardening, etc. Nowadays, laser engraving is widely applied in today's industry [1, 11].

Laser engraving is a type of engraving in which, with a laser light beam, changes are made in the relief, appearance and shape of the material, resulting in the desired effect (see figure 1).

The material to be engraved or cut is exposed to a laser beam, as a result of which the top layer of the material is destroyed (in the case of cutting, the beam breaks through the material).

Laser engraving is applied to both metals and non-metals, in particular plastics. The most commonly used types of engraving plastics are thermoplastics – polypropylene, polyethylene, polystyrene, nylon, acrylonitrile butadiene styrene (ABS), polycarbonate, polyvinyl chloride (PVC). These plastics' polymer chains are simpler and have fewer bonding connections. Thus, the plastics can be melted easily without the polymer chains breaking down. Laser

engraving is accomplished by melting the surface of the plastic to provide a slightly engraved mark. Since there is usually no material color change, the laser cuts are much better quality but conversely the laser marks have much lower visibility.

They have a variety of applications [8, 9, 10]:

- Automotive industry – automotive boots and protective covers, motor oil containers, pinch valves, plastic buckles, gaskets, hose connectors;
- Machining – housings, gears;
- Electronic and – electronic components, wiring and cabling;
- Household goods and the food industry - liquid containers for products such as cleaners and first aid kits, toys, food containers, milk and juice bottles, plastic bottles for soaps/detergents/shampoos, packagings, food package caps, seals for doors, ovens, and windows, dishwasher parts, refrigerator drain tubes, foodservice panels;
- Others – insulated plates, water reservoirs, tool grips.

The laser engraving process is applied to a large part of these products.

In order to obtain a quality engraving of plastic, the optimal parameters of the technological process must be determined [3, 4]. It is necessary to study how basic technological parameters such as laser power and processing speed, beam quality, material characteristics affect the roughness and depth of engraving. This is a complex task, for the solution of which experimental and numerical methods are applied.

An important task to carry out the process is the correct choice of laser source in the technological system. For laser engraving, it is appropriate to use lasers operating in the near or far infrared regions. CO<sub>2</sub> lasers and fiber lasers are suitable for laser engraving of plastics [12]

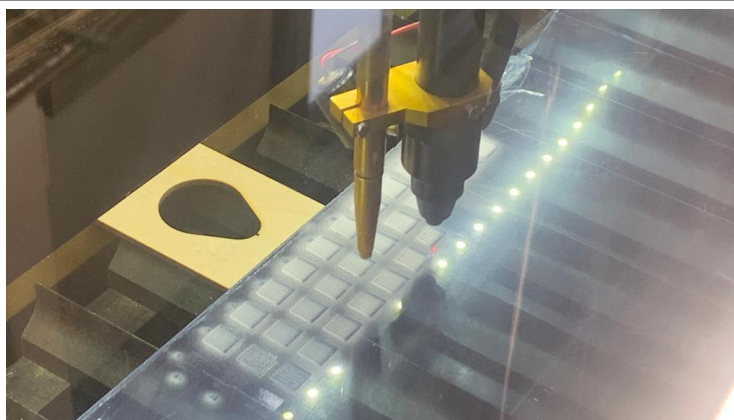
In order to be able to engrave on the product through the laser system, the design must be developed in vector format (Corel Draw, AI Eps, PDF, etc.) [2].

The aim of this study is to analyze the possibilities of one industrial CO<sub>2</sub> laser system in acrylic engravings. Observe how the surface roughness and depth change depending on the laser output power and processing speed.

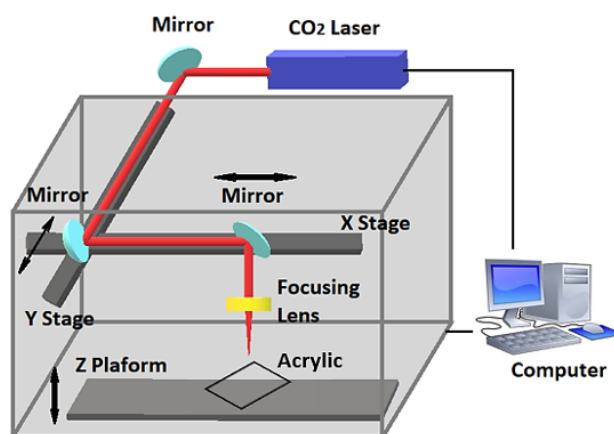
## **2. PROCESS RESEARCH EQUIPMENT**

In the experimental studies performed by acrylic engraving, we used a CO<sub>2</sub> laser technological system with a wavelength  $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ . Synchronous control of the movement of the on / off laser generation and laser beam focusing system along a certain contour along the X, Y axes, as well as the change of laser radiation parameters is performed using a special computer program. The scheme for the experimental setting of acrylic engraving is shown in figure 2.





**Figure 1. Acrylic engraving using a CO<sub>2</sub> laser.**



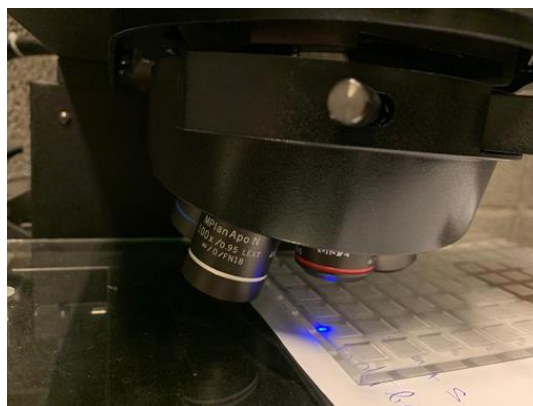
**Figure 2. Schematic diagram of an experimental setup for acrylic engraving using a CO<sub>2</sub> laser.**

The main technical parameters of the CO<sub>2</sub> laser system SUNTOP ST-CC9060, with which the experiments were performed, are listed in table 1.

**Table 1. Technical parameters of CO<sub>2</sub> laser system SUNTOP ST-CC9060.**

Laser type	CO <sub>2</sub> laser
Operation mode	CW
Laser wavelength	10.6 μm
Max. laser power	100 W
Process size	900 x 600 mm
Scanning speed	0 – 1000 mm/s
Positioning accuracy	<0.02 mm
Focal length	63.5 mm

“Lext” 3D Laser Measuring Microscope OLS 5000 was used in this study for laser processing impact on the material e.g. in this case after laser processing we were looking at the surface of the material (see figure 3).



**Figure 3. „Lext” 3D Laser Measuring Microscope OLS 5000 for acrylic measurements.**

Accommodates samples up to 210 mm tall and concavities up to 25 mm deep using an expansion frame and long working distance objective lens. Measurements were made using MPLFNN10XLEXT lens with 236x zoom and following technical data was given from the manufacturer and shown in table 2.

**Table 2. Technical parameters of “Lext” 3D Laser Measuring Microscope OLS 5000.**

Z measurement pitch	2 $\mu\text{m}$
Z axis measurement accuracy	0.15+L/20 $\mu\text{m}$
X and Y axis resolution	+/- 1.5%

### **3. SPECIFICS, PROPERTIES AND STRUCTURE OF THE MATERIAL SUBJECTED TO LASER TREATMENT**

Acrylic is a transparent plastic material with outstanding strength, stiffness, and optical clarity. Acrylic is easy to fabricate, bonds well with adhesives and solvents, and is easy to thermoform. It has superior weathering properties compared to many other transparent plastics [3].

Acrylic exhibits glass-like qualities—clarity, brilliance, and transparency—but at half the weight and many times the impact resistance of glass (see figure 4). From durable signs and skylights, to eye-catching retail store fixtures, displays and shelves, acrylic plastics provide outstanding versatility, durability, and aesthetic qualities [3]. The properties of acrylic are listed in table 3.

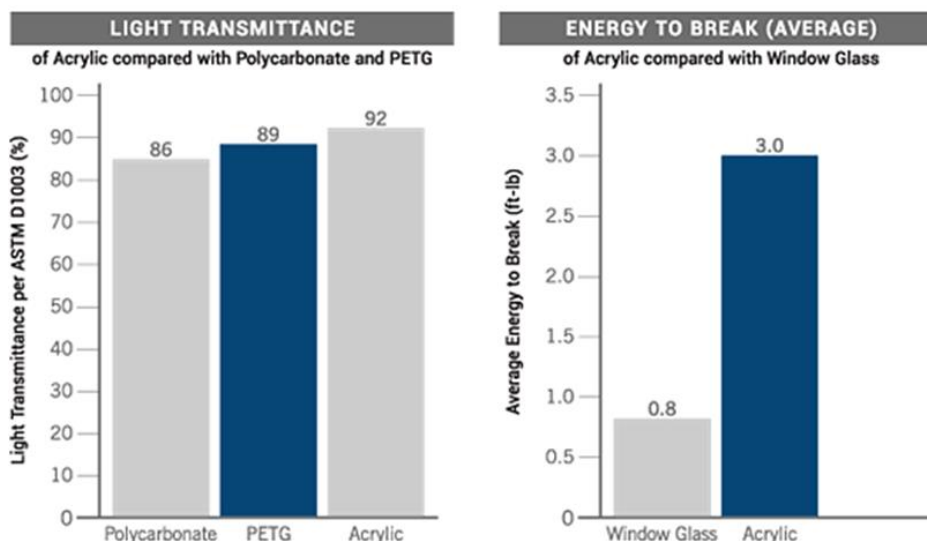


Figure 4. Acrylic material properties comparison graphs [3].

Table 3. The properties of acrylic [4] [5].

Technical Name	Acrylic (PMMA)
Chemical Formula	$(C_5H_8O_2)_n$
Melt Temperature	130°C (266°F)
Typical Injection Mold Temperature	79°-107°C (175-255°F)
Heat Deflection Temperature (HDT)	95°C (203°F) at 0.46 MPa (66 PSI)
Tensile Strength	65 MPa (9400 PSI)
Flexural Strength	90 MPa (13000 PSI)
Specific Gravity	1.18
Shrink Rate	0.2 – 1% (.002 -.01 in/in)

#### 4. FACTORS AFFECTING THE PROCESS OF ENGRAVING, AND METHODOLOGY FOR THE EXPERIMENT

Due to the course of the experiment it's necessary to count which factors that affect the laser engraving process can be divided into 3 main groups.

Depending on the choice of technological system and the technology of operation (pulse or CW mode), as well as the process affecting factors also may change the resulting product.

In our study, due to the fact that the CO<sub>2</sub> laser technological system operates in CW mode when the laser wave in output is continuous and can be accomplished with types of materials such as glass, crystals and semiconductors.

There are five factors that affect the engraving:

- Laser source parameters - laser power density  $q_s$  [W/cm<sup>2</sup>] (respectively the energy density  $E_s$  [J/cm<sup>2</sup>]);

- Processing parameters - engraving speed  $v$  [mm/s]; raster step (distance between raster strokes)  $\Delta x$  [mm]; focus offset  $\Delta f$ ; number of repetitions and focus offset.

This study depends on the analysis of the surface of the object by processing it in different power and speed modes. A series of different experiments were performed, as a result of which the power of the laser beam ( $P$ ) was increased, as well as engraving speed  $v$  on the surface to be treated. For 10x10 (mm) engraving using the rasterization method, simply processing the square area. The series of experiments consisted of the value of power changes, during which the main focusing element changes in the speed of the element are increased. We study power and speed values by choosing an experimental way to perform acrylic surface treatment in one go. As the material of thickness in 5(mm) is transparent, visually significant surface treatment is only observed at 9% power (POWER). Accordingly, of which it is only increased in steps of + 2%.

## 5. RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES

The data of experimental studies of the effect of laser power on the depth and surface roughness of the marking zones are shown in tables 4 and 5.

**Table 4. Dependence of engraving depth ( $\mu\text{m}$ ) on output laser power and processing speed.**

Speed, mm/s	Power, % of max Power											
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
130	21,6	129,4	173,9	226,1	313,3	367,9	483,8	460,3	572,6	606,6	632,9	719,8
120	17,6	89,4	181,3	195,9	274,2	358,7	398,7	474,2	553,5	606,7	660,1	736,0
110	16,2	112,9	180,1	202,0	284,3	384,2	408,0	506,7	592,6	675,8	717,0	727,8
100	16,7	102,2	196,1	216,1	273,2	341,2	418,5	480,8	587,1	659,6	715,9	783,6
80	22,5	123,2	213,3	229,9	274,8	400,7	525,8	502,1	606,1	750,6	780,5	928,8
60	19,1	135,7	278,1	312,7	407,9	545,4	665,9	711,5	971,1	958,2	1002,6	1300,3
40	35,8	283,8	512,6	663,7	747,6	991,1	1168,4	1352,6	1574,6	1854,1	1999,9	2115,2

**Table 5. Dependence of engraving surface roughness (Sa,  $\mu\text{m}$ ) on output laser power and processing speed.**

Speed, mm/s	Power, % of max Power											
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
130	16,16	37,08	39,60	34,95	41,18	32,14	39,00	50,18	44,15	28,05	30,84	26,63
120	11,88	40,51	29,32	33,35	48,86	58,35	44,29	43,67	51,70	34,99	26,10	30,74
110	10,47	30,57	34,20	36,36	39,43	41,51	48,03	54,89	29,07	35,12	30,27	19,09
100	6,98	32,09	40,83	31,74	34,02	58,02	38,94	35,34	36,89	35,41	26,19	15,35
80	11,42	32,63	35,05	25,17	35,92	45,06	39,09	31,83	28,09	26,72	18,41	24,04
60	18,93	23,78	34,27	32,76	48,89	40,88	30,51	39,98	26,93	22,83	22,88	11,34
40	41,62	22,25	33,01	35,15	28,82	29,98	15,86	32,97	27,84	22,55	16,69	14,62

In the case of a change in the power and velocity of the laser beam, the ratio of the power and velocity to the acrylic processing recess can be observed in the results of the study in Table 4. Where it can be concluded that the depression curve is formed linearly with respect to the increase of speed at constant power. For example, at a minimum power of 1.7W, as well as 25.8W and 35.3W. According to the treated surface in each of the process series increases at a constant rate. A significant height difference occurs at a processing speed of 130 (mm/s).

Changes in the power and velocity ratio of the laser beam have almost no effect on the roughness of the treated surface, as shown in Figure 7. The total roughness fluctuations range from 6.98 ( $\mu\text{m}$ ), which is observed at a power of 1.7W and a speed of 100 (mm/s), and 58.35 ( $\mu\text{m}$ ) at a power of 14% and a speed of 120 (mm/s). Roughness values that tend to the maximum are observed in the power range from 12 to 18% where the processing speed is from 100 (mm/s).

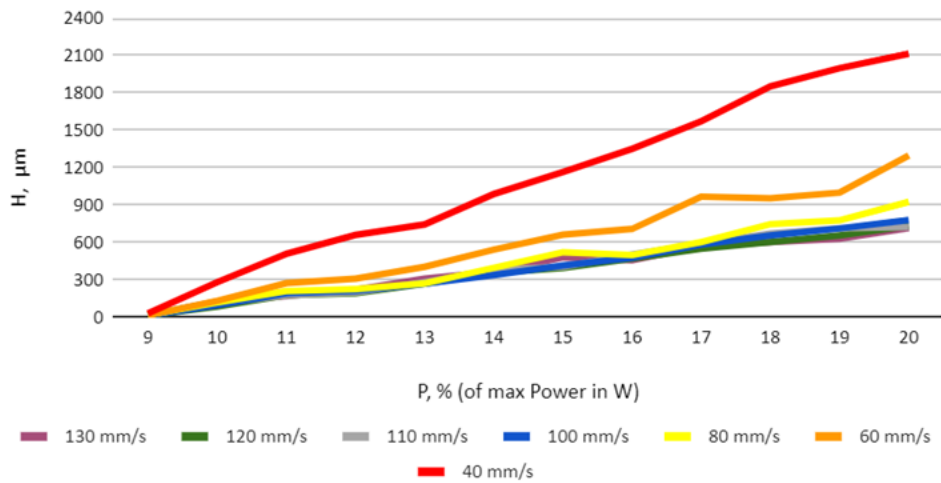


Figure5. Dependence of engraving depth H on output laser power and processing speed.

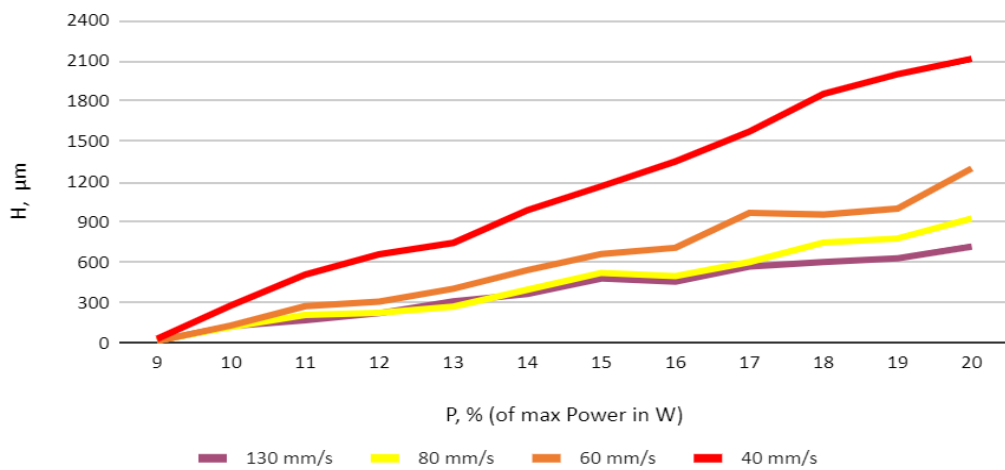
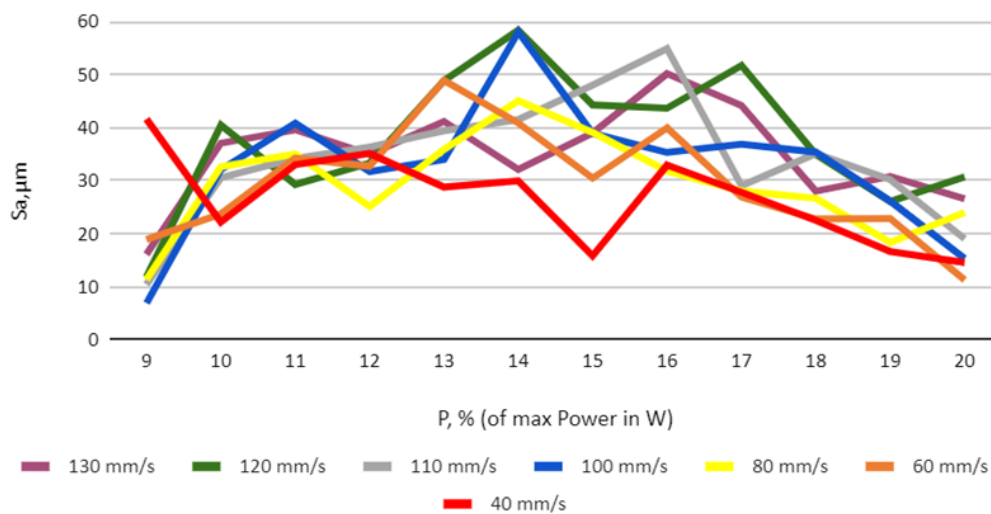


Figure 6. Dependence of engraving depth H on output laser power and processing speed (40 mm/s, 60 mm/s, 80 mm/s and 130 mm/s).



**Figure 7. Dependence of engraving surface roughness  $S_a$  on output laser power and processing speed.**

The results of the research on the effect of the treatment process on the surface engraving depression and roughness are summarized in graphs (Figures 5, 6 and 7.). The graphs show the changes in depression with respect to power increase, as well as roughness fluctuations at different speed treatment series from 40 mm/s to 130 mm/s. Comparing the depression graphs, it can be seen that at a speed of 130 mm/s the slope is higher than at 80 mm/s and 60 mm/s, which shows a significant change in the height difference from the original to the treated surface.

## 6. CONCLUSION

The ability to determine the correct depth of the treated surface, to label and evaluate the product directly on the production lines is crucial in the production and material processing. This study was divided into three phases.

First of all, the aim of the research was to find out the sowing treatment modes in the acrylic engraving process, where observations were made - the ratio of laser power and speed in the technological processing process, so that the material or its surface is not irretrievably damaged.

In the second phase - a study was performed on the effect of technological parameters  $P$  power and processing speed  $v$  on the achievement of optimal surface roughness in the range from 30 to 40  $\mu\text{m}$ , which was the subject of this study.

The generalization of these two studies will ultimately allow the optimization of the laser engraving parameters and provide the contrast and stable engraving that will result from the acrylic surface treatment process.

## REFERENCES

1. Mohd Aiman Shah Bin Abdullah. *Carbon Dioxide (Co2) Laser Cut Quality Of Acrylic With Different Power Levels*. <http://umpir.ump.edu.my/id/eprint/319/1/3507.pdf>.
2. [http://www.geka.lv/lv/tehnologiskas\\_iespejas/GEKA\\_laazergraveeshana](http://www.geka.lv/lv/tehnologiskas_iespejas/GEKA_laazergraveeshana).
3. Lazov, L, N. Angelov, A. Atanasov, *Markirovka na plastmasi s lazer na meden bromid*, Izvestiq na Tehniceski universitet – Gabrovo, tom 35, 2007 (in Bulgarian).
4. Lazov, L, N. Angelov, H. Hristov, *Lazerno markirane chrez strukturni promeni v plastmasi, sp. Mashinostroene i mashinoznanie*, kn. 10, 2010, str. 109-112 (in Bulgarian).
5. <https://www.curbellplastics.com/Research-Solutions/Materials/Acrylic>.
6. <https://www.creativemechanisms.com/blog/injection-mold-3d-print-cnc-acrylic-plastic-pmma>.
7. <http://web.rtpcompany.com/info/data/1800/RTP1800.htm>.
8. <https://omicoplastics.com/blog/thermoplastic-properties-and-applications/>.
9. [https://www.researchgate.net/publication/287321876\\_Laser\\_Applications\\_in\\_the\\_Field\\_of\\_Plastics](https://www.researchgate.net/publication/287321876_Laser_Applications_in_the_Field_of_Plastics).
10. [https://treffert.eu/wp-content/uploads/2017/11/370928\\_Treffert-Lasermarkieren\\_ENG.PDF](https://treffert.eu/wp-content/uploads/2017/11/370928_Treffert-Lasermarkieren_ENG.PDF).
11. Долчинков Н. Развитие лазерных технологий, Инновации в технологиях и образовании. XIV Международной научно-практической конференции. Кемерово, Белово, Новосибирск, Велико-Тырново, Шумен, 2021 стр. 50-57
12. Dolchinkov N. T., Shterev Y., Lilianova St., Boganova D., Peneva M., Linkov L., Nedialkov D., 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, pp29-31

*vp17049@edu.rta.lv, Faculty of Engineering, Rezekne Academy of Technologies, Rezekne, Latvia,*

*vj17017@edu.rta.lv, Faculty of Engineering, Rezekne Academy of Technologies, Rezekne, Latvia,*

*rc17013@edu.rta.lv, Faculty of Engineering, Rezekne Academy of Technologies, Rezekne, Latvia*



## ПАРАМЕТРИ НА ЕФЕКТИВНОСТ НА ЛАЗЕРНА ОБРАБОТКА НА МЛЯКОТО

Артур Аболинс

### EFFICIENCY PARAMETERS OF MILK PROCESSING WITH LASER

Arturs Abolins

***Abstract:** This research combines free available information about convectional milk pasteurization or sterilization to determine its effective parameters. These parameters mark critical point for milk processing with laser that should be overcome, or at least be close.*

***Keywords:** Milk, processing, laser, food industry, new technologies*

#### 1. INTRODUCTION

Laser processing has been widely used in various fields for several decades and continues to improve and develop. Apart from use in materials processing, labeling, measurement, data transmission, medicine and science in general, laser technologies are also being introduced in other areas that are important to humankind - the food industry.

As the use of laser technology in the food industry has only just begun, laser marking is currently very widely used, as well as for accurate measurements, accounting and process control.

Research has been carried out for several years into the use of laser radiation to reduce or even completely destroy pathogenic microflora in various foods, especially milk. Although „laser pasteurisation” or „laser-activation” has proven its effectiveness, the parameters for the effective application of this technology (benchmark) need to be defined in order to make it, if not more effective, then at least equivalent to conventional heating pasteurisation.

**Aim:** To find, compile and analyze information on the already used methods of milk pasteurization or sterilization, and to determine the critical parameters for the effective use of lasers in milk processing.

---

---

## 2.SUMMARY OF RESEARCH RESULTS IN MILK LASER PROCESSING

When studying the experiments performed in milk laser processing from the end of the 90s until 2017, the following summary can be made:

- A 2001 study by the University of California, USA on the „Application of Pulsed UV Laser Beam for Cold Pasteurization of Cow's Milk”
  - UV laser with a wavelength of 248 nm
  - Effective mode: 56 seconds at 12.6 J / m<sup>2</sup> [1]
- 2009 study by Eva Csutak on „Laser pasteurization of water and milk”
  - 2W / 810 nm and 5W / 1065 nm diode lasers;
  - Effective mode: 20 min. at 2W / 810 nm and 1.5 min. at 5W / 1065 nm; [2]
- 2017 Sudanese University of Science and Technology for „Comparison of the effects of laser and heat pasteurization on cow's milk ingredients” and „Effects of laser pasteurization on yoghurt production”
  - 1064 nm Nd: YAG laser (100W max)
  - Effective mode: 2 min at 50W power. [3,4]
- Almaty Technical University, led by Natalia Vihresta „Non-thermal milk processing”:
  - unknown laser source;
  - Effective mode: 15 min. at 0.02W [14]

## 3. PASTEURIZATION AND STERILIZATION OF MILK (WITH HEAT)

One of the most important processes in milk processing is pasteurization or sterilization, which allows to reduce or even completely destroy the pathogenic microflora in milk and inactivate unwanted enzymes, thus extending its shelf life. Mostly these processes are based on heating the milk at certain temperatures for a certain period of time. Despite the simplicity and efficiency of pasteurization and sterilization of milk, it still requires a lot of energy for heating and cooling milk, as well as the irreversible loss of some valuable substances in milk due to thermal effects. [26, 27]

In the event that the dairy does not have the capacity to process all the milk and has to store it for a few hours or even days, the milk is thermised to extend its shelf life in good time: [26]

- Thermalization - subject to 63-65° C for 15 minutes.

In milk processing, pasteurisation is divided into: [26]

1. Prolonged - exposed to 63-65° C for 30 minutes;
2. Temporary - exposed to 72-75° C for 15-20 seconds;
3. Instantaneous - subjected to a temperature of 85-90° C without aging.

4. Ultrapasteurization - 125-128° C in 2-4 seconds (with further rapid cooling).

Unlike pasteurization, sterilization takes place at temperatures above 100° C, but the pressure is increased so that the water in the milk does not start to boil. Sterilization ensures complete destruction of the pathogenic microflora, even in the form of persistent spores. Milk sterilization is divided into: [26]

1. Sterilization in an autoclave (packaged) - 115-120 ° C at 1.1 atm for 20-30 minutes;

2. UHT (in-stream sterilization) - 135-140 ° C for 2-4 seconds (steam flow) with further rapid cooling).

In both cases, the milk is mostly heated in heat exchangers with the help of a heat carrier - water or its steam. Hot water or steam is obtained by consuming electricity or burning fossil or natural fuels. Unlike fuel, electricity sources (solar, water, wind, geothermal) can be chosen when no harmful emissions or radiation are generated. [26].

#### **4.AMOUNT OF ENERGY REQUIRED FOR MILK PASTEURIZATION**

There are various ways to thermally pasteurize milk, from simple heating in a kettle to multi-stage automated heat exchangers with heat / cold recovery. Taking into account the different design solutions, the amount of energy required to heat the milk and maintain the temperature for a certain period of time also differed, which can be explained by the efficiency of the equipment and heat consumption of the environment (heat losses). [26]

It will be based on a simple table milk pasteurizer, which is designed as a 14-liter stainless steel double-walled boiler with an integrated electric heater and distilled water as a heat carrier. The following formula will be used for heating and cooling the liquid: [22]

$$(1.1.) \quad Q_s = C * m * (T_2 - T_1)$$

Where:

- The amount of heat required to heat the substance (J);
- C- Heat capacity of the heating substance (J/kg\*°C);
- Mass of heating substance (kg);
- Initial temperature of the heating substance (°C);
- Final temperature of the heating substance (°C).

As the milk will not only have to be heated, but also maintained at a certain temperature for a certain period of time, the following heat consumption compensation formula will be used: [22]

$$(1.2.) \quad S = \left( \pi * \left[ \frac{(d)^2}{4} \right] \right) + (\pi * d * h)$$

Where:

- S- Heat exchange area ( $\text{m}^2$ );
- $d$  - boiler/kettle diameter (m);
- h- boiler/kettle height (m);
- $\pi = 3.14$

$$(1.3.) \quad Q_u = S * (T_2 - T_a) * \alpha$$

Where:

•  $Q_u$ - The amount of heat required to maintain the heat of the substance for 1 h (J);

- S- Heat exchange area ( $\text{m}^2$ );
- $\alpha$  - Heat transfer coefficient ( $\text{kcal/h} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C}$ );
- $T_a$ - Ambient temperature ( $^\circ\text{C}$ );
- $T_2$ - Maintainable temperature of the heating substance ( $^\circ\text{C}$ ).

Energy consumption for pasteurization of 10 liters of milk (only when heated from  $4^\circ\text{C}$  to  $65^\circ\text{C}$ ).

$$(1.1.) \quad Q_s = 3875 * 10.2 * (65 - 4) = 2411025 \text{ J} = 2.41 \text{ MJ}$$

Where:

- $C = 3875$  (J/kg\* $^\circ\text{C}$ ) for milk with 4.0% fat;
- $m = 10.2$  (kg) - 10 liters of milk;
- $T_1 = 4$  ( $^\circ\text{C}$ );
- $T_2 = 65$  ( $^\circ\text{C}$ ).

$$(1.2.) \quad S = \left( 3,14 * \left[ \frac{(0.32)^2}{4} \right] \right) + (3.14 * 0.32 * 0.4) = 0.49 \text{ m}^2$$

Where:

- $d = 0.32$  (m);
- $h = 0.4$  (m);
- $\pi = 3.14$

$$(1.3.) \quad Q_u = 0.49 * (65 - 20) * 9 = 198.45 \text{ J} = 0.0002 \text{ MJ (1h)}$$

Where:

- $S = 0.49$  ( $\text{m}^2$ );
- $\alpha = 9$  ( $\text{kcal/h} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C}$ );
- $T_a = 20$  ( $^\circ\text{C}$ );
- $T_2 = 65$  ( $^\circ\text{C}$ ).

Total energy for long-term pasteurization of 10 liters of milk (without cooling):

$$Q = \left[ Q_s + \frac{(Q)_u}{2} \right] = 2411025 + 99.23 = 2411124.23 \text{ J} = 2.41 \text{ MJ}$$

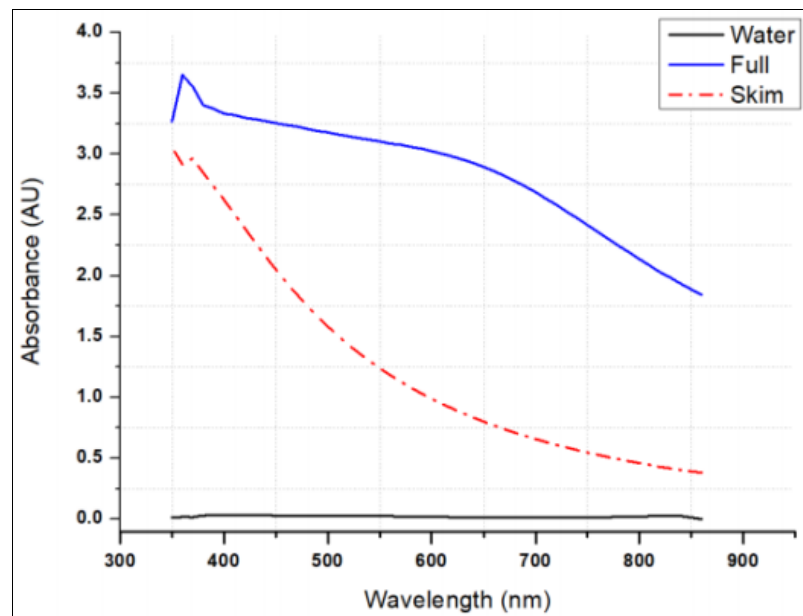
From these equations it can be concluded that with a long pasteurization of 10 liters of milk at  $65^\circ\text{C}$  for 30 minutes, a simple 14 liter home pasteurizer

requires 2.41 MJ of energy. When calculating the amount of energy required to maintain a temperature of 65 ° C for 30 minutes is negligible compared to the energy required for heating from 4 ° C to 65 ° C, it can in principle also be disregarded if the pasteurizer has good thermal insulation.

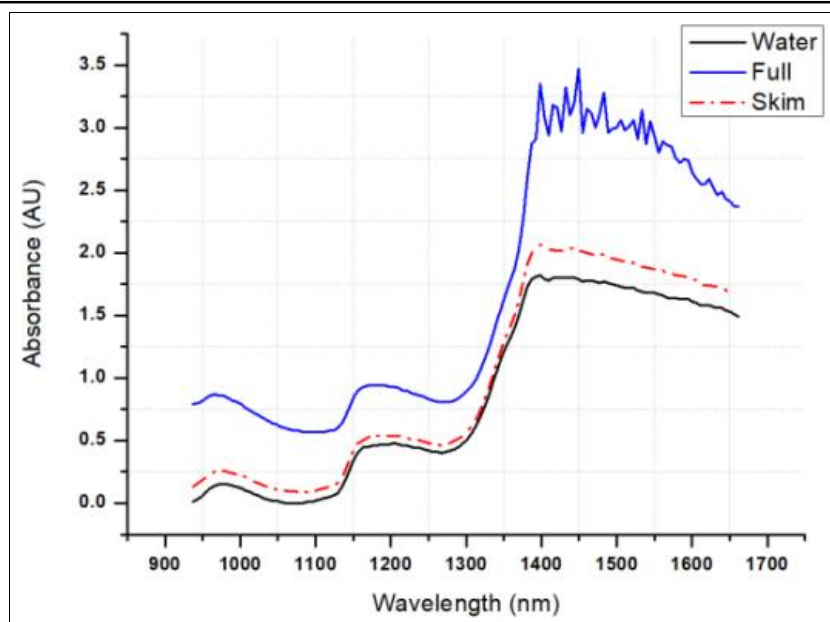
### 5.OPTICAL PROPERTIES OF MILK

The optical properties of milk are determined by the composition and amount of substances in it. The protein (casein) gives the milk a white color, while the milk fat gives it a yellow color. Substances in milk absorb or reflect light in different ways, so it is possible to optically determine the composition of milk, but there is a need for measurements with a thin layer of milk, because light rays cannot penetrate deep into the milk. [17]

Analyzing the study on the optical properties of milk carried out at the University of Cairo in 2020, it can be concluded that skimmed milk has a lower absorption in all spectra compared to whole milk (Figures 1 and 2). [5]



1.figure. Absorption of different waves of whole milk and skimmed milk (350-850 nm) [5]



**2.figure. Absorption of different waves of whole milk and skimmed milk (950-1650 nm) [5]**

From the results of this study, it can be concluded that milk is best treated with laser radiation, when it has just been accepted for processing, in the form of whole milk, as it has better absorption properties. The best absorption rates are in the range of 350-400 nm (UVA) and 1400-1550 nm (NIR). [5]

## **6. USE OF IR OR UV RADIATION IN MILK PROCESSING**

Both infrared and ultraviolet radiation have been used successfully in food processing for several years. Different types of lamps are the main source of artificial ultraviolet or infrared radiation. They are simple in design, easy to maintain, but fragile, do not emit radiation at a specific wavelength and are scattered, so focusing reflectors are needed. [25]

Infrared treatment of milk can be equated with heat treatment of milk, as the absorption of radiation generates heat, so it could be a good alternative. However, ultraviolet radiation is better known for its sterilizing properties, as it very effectively destroys the pathogenic microflora. Each type of microflora requires a certain amount of UV radiation to be destroyed (Figure 3). [25]

Microbial group	D Value (mJ/cm <sup>2</sup> )*
Enteral bacteria	2-8
Cocci and micrococci	1.5-20
Spore formers	4-30
Enteric viruses	5-30
Yeast	2.3-8
Fungi	30-300
Protozoa	60-120
Algae	300-600

**3.figure. The amount of energy required to destroy certain groups of microflora in milk. [25]**

However, as with heat treatment, the optimal parameters must be found when using radiation, so that both the pathogenic microflora is destroyed and the organoleptic and compositional changes of the milk are changed as little as possible. It has been found that treating milk with UV radiation increases the amount of vitamin D, which increases its nutritional value. [25]

### **7.CONCLUSIONS**

The use of electromagnetic radiation in milk processing is efficient and requires more research in this area. Lamp-type ultraviolet and infrared sources are currently used, but laser radiation has not yet gained popularity as a concentrated source of radiation of a specific wavelength.

Based on existing studies and data on the effects of infrared and ultraviolet radiation on milk and its microflora as a pasteurizer energy consumption calculations, experiments with the effect of laser radiation on milk can be started, where the best parameters and constructive solutions that can provide more efficient pathogenic microflora suppression by consuming less energy and retaining more nutrients in milk.

Given that infrared and ultraviolet radiation cannot penetrate deep into the milk, it is necessary to look for a milk supply structure for the radiation source that is able to irradiate it completely. For example, in a flow, in a very thin layer, it is possible to go through several irradiation cycles.

Laser milk processing can be considered effective if in the result we get milk with suppressed pathogenic microflora, without deterioration of

composition and organoleptic properties, and no more energy is consumed than thermal pasteurisation in a simple double-walled boiler.

### SOURCES

1. Wayne L. Smith, Manuel C. Lagunas-Solar, James S. Cullor, Use of pulsed ultraviolet laser light for the cold pasteurization of bovine milk, *Journal of food protection*, 2002., Volume 65, No. 9, p., 1480-1482.
2. Anna O.B.Malik, ALI A.S. Marouf, Comparisto of the effects of laser pasteurization and heat pasteurization on the cow's milk, *Haya: The Saudi journal of the life sciences*, 2018, p.,46-50
3. Ali A.S.Marouf, Sara I. Elmhah, Monitoring pH during pasteurization of raw cow's milk using Nd:YAG Laser, *International Journal of advanced research in physical science*, 2017, volume 4, issue 12, p., 1-4.
4. Esra Omar, Effect of Laser Pasteurization on Production of Yoghurt, October 2017, Sudan University of Science and Technology
5. N. A. I. Muhamad Kamil, I. H. Zakaria, W. Z. Wan Ismail, I. Ismail, J. Jamaludin, S. R. Balakrishnan, M. Sahrim, Investigating Light Propagation In Full And Skimmed Milk Based On Spectroscopy And Monte Carlo Analysis, *Journal Of Engineering And Applied Science*, 2020, Volume 67, No. 8, P., 2265-2278.
6. B.Aernouts, R.Van Beers, R.Watté, T.Huybrechts, J.Lammertyn, W.Saeys, Visible and near-infrared bulk optical properties of raw milk, *Journal of Dairy Science*, 2015, Volume 98, Issue 10, p. 6727-6738.
7. Sabrina Stocker, Florian Foschum, Philipp Krauter, Florian Bergmann, Ansgar Hohmann, Claudia Scalfi Happ, Alwin Kienle, Broadband optical properties of milk, *Applied Spectroscopy*, 2017, Volume 71, Issue 5, p. 951-962.
8. Hashimoto, A., Sawai, J., Igarashi, H. and Shimizu, M. Irradiation, Power Effect of IR Pasteurization below Lethal, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 1993, 26, p. 331-333
9. Wang, B., Khir, R., Pan, Z., El-Mashad, H., Atungulu, G.G., Ma, H., McHugh, T.H. Qu, W. and Wu, B. Effective Disinfection of Rough Rice Using Infrared Radiation heating, *Journal of Food Protection*, (2014), 77, p. 1538 - 1545
- 10.D.J. Reinemann, P. Gouws, T. Cilliers, K. Houck, J.R. Bishop, New Methods for UV Treatment of Milk For Improved Food Safety And Product Quality, An ASABE Meeting Presentation, 2006, Paper Number: 066088.
- 11.Мурашов И.Д, Ганина В.И., Морозова В.В., Влияние ультраструктурной и лазерной обработки на обсемененность молока-сырья, *Журнал Молочная промышленность*, 2015., номер 4, страницы 16-18.



12. Лазерная технология переработки молока (Научная библиотека 15.05.2018, 204)

13. А.Ю. Астапов, Н.А. Грачева, С.Ю. Астапов, Устройство для оптической обработки молока, 2012, Вестник МичГАУ, №4, страницы 82-85.

14. Patents, Pasaules: WO2007/136237 A1, Non thermal milk treatment method. JSC „Almaty Technological University”.

15. Patents, Pasaules: WO2012/121578 A2, Method for producing dairy products (variants), JSC „Almaty Technological University”.

16. Patents, Eirāzijas: 019561 B1, Способ нетепловой обработки молока, А/О „Алматинский технологический университет”.

17. Г.С.Инихов, Биохимия молока и молочных продуктов, 1970, издательство „Пищевая промышленность”, Москва.

18. <https://produkt.by/news/kazahstanskuyu-tehnologiyu-lazernoy-obrabotki-moloka-mogut-vnedrit-v-stranah-eaes>

19. <http://xn--80akfo2a.xn--p1ai/2018/05/15/7959/>

20. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23283674>

21. <http://moloprom.ru/2017/03/vliyanie-ul-trastrujnoj-i-lazernoj-obrabotki-na-obsemenennost-moloka-sy-r-ya/>

22. <https://www.vulcanic.com/ru/%D0%BD%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B5%D0%B2-%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BC%D0%B0-%D0%B6%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/>

23. <https://milkyday.com/products/milk-pasteurizers/small-milk-pasteurizer-machine-milky-fj-15-230v>

24. <https://www.jeasonline.org/paper/1190/preview>

25. <https://www.intechopen.com/books/technological-approaches-for-novel-applications-in-dairy-processing/ultraviolet-light-applications-in-dairy-processing>

26. <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/ru>

27. Долчинков Н. Развитие лазерных технологий, Инновации в технологиях и образовании. XIV Международной научно-практической конференции. Кемерево, Белово, Новосибирск, Велико-Тырново, Шумен, 2021 стр. 50-57

*Адрес за кореспонденция:*

*Arturs Abolins artur.abolinsh@inbox.lv, faculty of engineering, Rezekne Academy of Technologies, Rezekne, Latvia*

## ГЕРМАНИЯ – ЗА ИЛИ ПРОТИВ ЯДРЕНАТА ЕНЕРГИЯ

Борислав Димитров

### GERMANY – FOR OR AGAINST NUCLEAR ENERGY

Borislav Dimitrov

*Abstract: Addressing the problems of electricity generation of one of the world's leading economies, namely Germany, most clearly reveals the conflict between the energy required, the sources for its production, the benefits and harms of any type of electricity generation and the political nuances throughout the process, dictated and consistent with the setting of public opinion.*

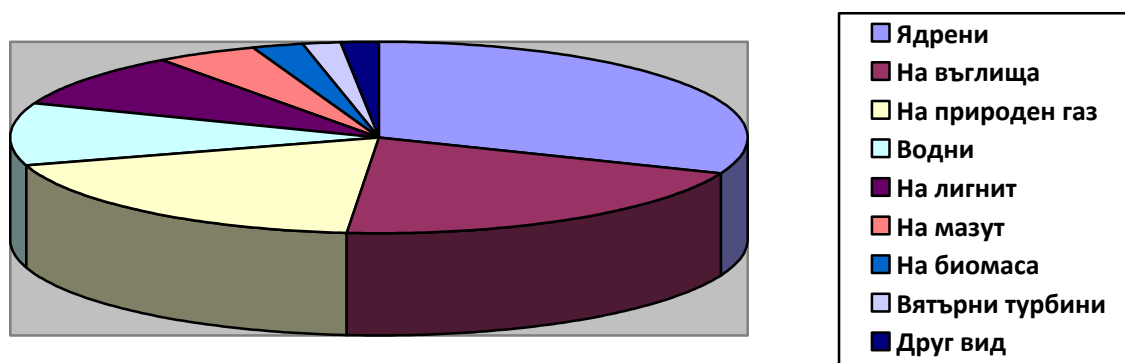
*Key words: nuclear energy, nuclear reactor, greenhouse effect, carbon monoxide*

Енергията е един от основополагащите фактори, от които зависи развитието на икономики, индустрии и изобщо цялостния прогрес на едно общество. За съжаление обаче начините на нейния добив и употреба през последното столетие причиниха огромни щети на природата, които ООН дефинира като „определящият проблем на нашето време”. Именно поради тази причина през 2016 година общо 190 държави подписаха Парижкото споразумение с ангажимент за ограничаване на глобалното затопляне и борба с климатичните промени. Сред основните мерки, приети в документа са намаляването на емисиите на парникови газове и постепенно преминаване към възобновяеми източници на енергия.

Около 58,7% от общата енергийна продукция идва от изгарянето на изкопаеми/фосилни горива (каменни въглища, лигнит, нерафиниран нефт, природен газ и др.) и се съпровожда с отделянето на въглероден двуокис (въглероден диоксид – CO<sub>2</sub>), което образува 75% от парниковия ефект, предизвикан от хората. Други важни приносители са метан (CH<sub>4</sub>, 13%), азотен окис (N<sub>2</sub>O, 6%) и хлорофлуоровъглероди (5%) [1]. Според учените количеството на горепосочените газове, достига до около 21,3 милиарда тона (21,3 гигатона) годишно, като е изчислено, че природните процеси

могат да абсорбират едва около половината от тази сума. Така се получава нетно увеличение с 10,65 млрд тона CO<sub>2</sub> в атмосферата годишно. Въглеродният диоксид е един от парникови газове, който повишава пропускането на радиационните космически лъчи и допринася за глобалното затопляне. Това води до повишаване на температурите на Земята и е причина за отрицателните ефекти от промяната на климата. По - нататъшното нарастване на емисиите ще има решаващо въздействие върху живота на земята. Ето защо, за да се надвие промяната в климата трябва да се използва енергиен цикъл с възможно най - ниско отделяне на CO<sub>2</sub>.

Различните източници за производството на електроенергия от страните в Европейския съюз са следните: около 31% идват от ядрени електроцентрали; 10,6% – от водноелектрически централи; 2,1% – от централи, изгарящи биомаса; 1,8% – от вятърни турбини; 1,5% – от други източници, сред които геотермичните, които допринасят с 0,2%, докато приносът на фотоелектрическите източници е пренебрежим (фиг. 1). Нито един от тези източници не отделя CO<sub>2</sub> при работа. За разлика от тях централите, използващи като гориво природен газ, нефт и въглища отделят CO<sub>2</sub> като общо те допринасят 52,9% към производството на електроенергия.



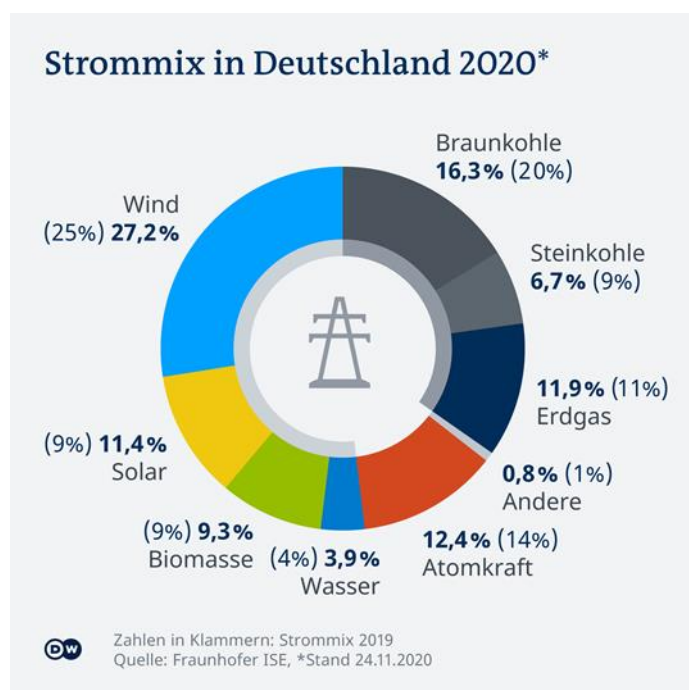
**Фиг. 1: Производство на електроенергия според използваното гориво [1]:**  
Ядрени електроцентрали – 31%; Топлоелектроцентрали на въглища – 20,4%;  
Топлоелектроцентрали на природен газ – 18,9%; Водноелектрически централи – 10,6%;  
Топлоелектроцентрали на лигнит – 9,1%; Топлоелектроцентрали на мазут – 4,5%;  
Топлоелектроцентрали на биомаса – 2,1%; Вятърни турбини – 1,8%; Друг вид – 1,6%

В контекста на справянето с проблемите при производството на електроенергия насочих интереса си към една от водещите световни

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

икономики, а именно германската. Точно тук се вижда най-ясно конфликта между необходимата енергия, източниците за нейното добиване, ползите и вредите от всеки вид електропроизводство и политическите нюанси в целия процес, продиктувани и съобразени с настройката на общественото мнение.

Ето как изглежда производството на електричество в Германия през 2019 и 2020 година (фиг. 2).



**Фиг. 2. Видове енергия използвани за производството на електричество в Германия през 2020 година: делът на атомната е 12,4% (в скобите са данните за 2019 година) [2]**

От средата на 50-те години на миналия век, малко след премахването на ограниченията на съюзническите сили след Втората световна война, Федерална република Германия стартира разработването, а в последствие и поддържането на мащабна гражданска ядрена програма. Първоначално е запланувано в Германия да работят общо 29 атомни електроцентрали. Изграждат се и се пускат в експлоатация 20 АЕЦ. Към момента делът на ядрената енергия представлява близо една осма – по отношение на основното натоварване повече от една трета – от общата произведена електроенергия в страната. Целта на доклада е да се направи кратък преглед на настоящата ситуация на тази ядрена програма и на предвиденото и развитие.

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

Пикът на атомната енергетика в Германия достига 2000 година, когато в страната работят 20 атомни електроцентрали с общо над 30 ядрени реактора (фиг. 3) с мощност около 20 303 MW – АЕЦ „Библис“ (нем.: Kernkraftwerk Biblis); АЕЦ „Брокдорф“ (нем.: Kernkraftwerk Brokdorf); АЕЦ „Брунсбютел“ (нем.: Kernkraftwerk Brunsbüttel); АЕЦ „Графенрайнфелд“ (нем.: Kernkraftwerk Grafenrheinfeld); АЕЦ „Гронде“ (нем. Kernkraftwerk Grohnde); АЕЦ „Гундреминген“ (нем.: Kernkraftwerk Gundremmingen); АЕЦ „Емсланд“ (нем.: Kernkraftwerk Emsland); АЕЦ „Изар“ (нем.: Kernkraftwerk Isar); АЕЦ „Крюмел“ (нем.: Kernkraftwerk Krümmel); „Некарвестхайм“ (нем.: Kernkraftwerk Neckarwestheim); АЕЦ „Филипсбург“ (нем.: Kernkraftwerk Philippsburg) и др. Освен това има множество изследователски реактори, както и съоръжения за производство на гориво, обогатяване на уран и управление на отпадъците, по-специално за междинно съхранение на отработеното гориво и радиоактивните отпадъци.



Фиг. 3. Атомни електроцентрали във Федерална република Германия

Характерна особеност на немските енергийни реактори е, че те постигат много високи нива на ефективност, обикновено в порядъка 85% до 90%, като по този начин са сред най-високотехнологичните в света.

Съвсем естествено възниква въпросът: какви са рисковете, свързани с производството на електроенергия в атомните електроцентрали и как да се осигури максимална безопасност на населението?

Съвременният живот е свързан с редица опасности които са свързани с поемането на определени рискове. Това е особено вярно и за

произвеждането на енергия. Тъй като човечеството е зависимо от енергията, следва да бъдат оценени максимално коректно рисковете, които са свързани с различните енергийни източници, за да се преценят техните предимства. Учените са разработили редица методики и средства за определяне на нивото на рисковете.

Широко разпространено е твърдението, че ядрените електроцентрали отделят радиоактивен материал в потенциално рискова степен. Много страни имат норми и стандарти, които определят горните граници на радиоактивния материал отделен в околната среда както чрез отходния въздух, така чрез отпадъчните води (например Германското Постановление за Федерален контрол върху емисиите [3]), като придържането към тези норми и стандарти се съблюдава строго. Също така експлоатацията на ядрените енергийни реактори и научно - изследователските реактори се подчинява на строги правила, спазването на които се наблюдава от независими държавни агенции, упълномощени дори да затворят дадена електроцентрала в случай на нарушения. Установено е че емисиите в близост до ядрени електроцентрали са в границите на пространствените флукуации на фоновата радиация [4]. Коректно е да се отбележи, че електроцентралите с изкопаеми горива също отделят радиоактивен материал, тъй като въглищата съдържат 0,05 до 3 мг уран на килограм [5]. Самият уран и продуктите на радиоактивния му разпад не могат да бъдат задържани напълно от филтри и се изпускат в околната среда [6].

Друго широко разпространено твърдение е, че случаите на левкемия възникват по - често близо до ядрени инсталации. Въпреки това изследванията показват, че „локалното натрупване на левкемия възниква независимо от ядрените инсталации” [7,8]. Броят на ракови заболявания в резултат на аварията в Чернобил е проучен от СЗО [9]. Като цяло в ядрените електроцентрали има най - малко нещастни случаи. В случая на аварията в Чернобил обаче трябва да се вземат под внимание дългосрочните последици. Те бяха проучени от изследователската група на Световната Здравна Организация (СЗО) през 2005 година [9], която се състоеше от 8 специализирани агенции на Обединените нации, както и от правителствата на Беларус, Руската Федерация и Украйна. Докладът изброи 50 непосредствени жертви между които служители, участвали в спасителните операции, които са починали от остър радиационен синдром и девет деца, починали от рак на щитовидната жлеза. Въпросът за общия брой смъртни случаи в бъдеще, които са неофициално свързани с отделянето на значителни количества радиоактивен материал в околната среда е сложен и е обсъден в подробности в доклада на СЗО [9].

Безопасността на ядрените електроцентрали е изключително важен въпрос. Унищожителните аварии на 26 април 1986 г. в Чернобилската АЕЦ и на 11 март 2011 г. в АЕЦ Фукушима, доведоха до много въпросителни в тази насока. Чернобилската трагедия беше свързана с графитов реактор с обикновена вода (РБМК), тип който още се използва в Русия и Литва; такава авария е невъзможна за всички други типове реактори по света поради използваната технология. Аварията в АЕЦ „Фукушима I” е породена от земетресение и последвалото го цунами, ударило Япония. По - нататъшното повишаване на безопасността е един от водещите фактори за разработването на следващото поколение реактори. Те са конструирани по такъв начин, че или разтопяването на реакторната активна зона е физически невъзможно или този възможно най - лош сценарий е съчетан с реакторния дизайн така, че последствията са ограничени в защитната обвивка на реакторната система и не влияят на околната среда. Освен това защитната обвивка задължително се проектира така, че да издържи стълкновение със самолет.

Другият голям проблем на ядрената индустрия е свързан с отпадъците, които се генерират. Годишно от ядрените реактори по света се изважда 10 500 тона отработено гориво [10]. Отработеното гориво трябва да бъде или преработено, или изолирано от околната среда за стотици хиляди години, за да не увреди биосферата. Всички радиоактивни ядра, съдържащи се в радиоактивните отпадъци, се разпадат след време в стабилни ядра. Различните изотопи в радиоактивните отпадъци представляват заплахата за живите същества при поглъщане или вдишване в зависимост от техните свойства на разпад, скорост на разпад и време на задържане. Тази заплахата се характеризира количествено като радиотоксичност, която е мярка за вредността на радиоактивния изотоп. Примери за изотопи с висока радиотоксичност са дългоживущите изотопи на плутония и минорните актиниди (МА), като нептуний, америций и кюрий. В същото време предимно краткоживущите продукти на делене са по - слабо радиотоксични и тяхната радиотоксичност намалява бързо с времето. Радиоактивните отпадъци се получават не само при експлоатация и извеждане от експлоатация на ядрените електроцентрали, но също така от ядрената медицина и научно - изследователските лаборатории.

Съхранението на тези ниско и средно активни отпадъци в подходящи хранилища не е обезпокоително и се практикува понастоящем от няколко държави. В същото време отработеното ядрено гориво в дългосрочен план представлява сериозен проблем. В краткосрочен план оперирането с отработеното гориво е извършвано безопасно още от първите дни на ядрените реактори. След извеждането му от реактора, отработеното гориво

временно се съхранява на място под вода, за да се разпаднат краткоживущите радиоактивните ядра. След това отработеното гориво или се преработва така, че уранът и плутоният да се отстранят химически и да се използват наново като ядрено гориво, или в отворен горивен цикъл се опаковат (главно чрез остъкляване) за бъдещо дългосрочно съхранение в дълбоки подземни хранилища. В отворения горивен цикъл отработеното гориво трябва да се съхранява поне 170 000 години, за да достигне нивото на радиотоксичност на урана, от който е произлязло.

Отстраняването на 99,9% от плутония и урана намалява времето за съхранение до приблизително 16 000 години и бъдещите усъвършенствани технологии за преработка, които отстраняват също и минорните актиниди, ще намалят времето за безопасно съхранение на оставащите продукти на делене до малко повече от 300 години [11].

Получените по този начин МА трябва да бъдат преобразувани в по - кратко живущи продукти на делене или изгорени в специални съоръжения. Дългосрочното отстраняване на водата е основният проблем при дълбоки подземни хранилища. Възможни площадки за такива хранилища са набелязани в няколко страни и тяхната дългосрочна геоложка безопасност е подробно проучена (пример в това отношение е управлението на отработено гориво на финландския реактор в Олкилуото [12]). Този вид хранилище решава проблема с отпадъците, поне временно, и в някои случаи не изключва връщането на този материал за бъдеща преработка [12,13].

Както бе посочено по-горе в текста най-големият проблем на ядрената енергетика е свързан със съхранението и преработването на ядрените отпадъци. В Германия е натрупан значителен опит в областта на рециклирането на плутоний в леководни реактори чрез използване на горивни елементи от смесен оксид. Компетентните органи на германските провинции са издали лицензионни разрешения за използване на горивни елементи от горепосочения тип в десет водни реактора под налягане. Индивидуално лицензираните количества за „изгаряне” варират между 9% и 50% от общото гориво на ядрото. Що се отнася до реакторите с кипяща вода, са издадени лицензи за два блока за изгаряне на до 38% от активната наличност и са подадени молби за допълнителни лицензи. Към днешна дата горивните елементи от смесен оксид се използват до 33% от активната зона на реакторите с вода под налягане и до 24% при реакторите с кипяща вода. Понастоящем постигнатите или целевите изгаряния на разряда са от порядъка на  $40 \div 50$  GW на тон тежък метал. Повечето от де производството на електричество в Германия през 2020 година йстващите атомни електроцентрали вече са получили лицензионни разрешения за



увеличаване на първоначалното обогатяване на U235 до стойности до 4,4 тегловни % и дялящ се плутоний в горивните елементи. Тогава ще бъде възможно да се постигне изгаряне от повече от 60 GW на тон тежък метал.

Един от начините за справянето с проблема с радиоактивните отпадъци е изграждането на съоръжения за временно съхранение на отработено гориво на място. За да се сведе до минимум броят на превозите на отработени горивни елементи, германската държава, съвместно с енергийните производители решават да се изградят локални временни хранилища за 12-те площадки, където работят ядрени блокове. Сухите съоръжения за съхранение на отработени горивни елементи в контейнери за транспортиране и съхранение като първа стъпка са лицензирани за тип „Castor”. Капацитетът на тези хранилища е проектиран да побира всички отработени горивни елементи, натрупващи се до окончателното прекратяване на експлоатацията на атомната електроцентрала, както и да ги съхранява и след извеждане от експлоатация на съответната централа до разполагане на централно хранилище (фиг. 4). Времето на експлоатация на ядрените реактори е ограничено до 40 години, като се започне от поставянето на първите горивни елементи. Дванадесетте временни складови съоръжения на място са в експлоатация и в настоящия момент.



**Фиг. 4. Контейнер за съхранение на отработено гориво тип CASTOR 440/84 и изградено дълговременно хранилище**

Много интересен момент е политиката за поетапно премахване на ядрените мощности. През септември 1998 г. встъпва в длъжност федерално правителство на Германия, съставено от Социалдемократическата партия и Зелената партия. Една от първите му дейности е вземането на решение за

прекръпяване на производството на ядрена енергия. За тази цел бе подписано споразумение между правителството и четирите ядрени енергийни оператора през юни 2001 г. Следващата решителна крачка са измененията в Закона за ядрената енергия през април 2002 г. Съгласно законовите изисквания оставащото време за експлоатация за всеки ядрен блок сега се основава на общо 32 години по отношение на производството на електроенергия. Една централа – АЕЦ Обригхайм (нем.: Kernkraftwerk Obrigheim – 357 MW) бива спряна много скоро в резултат на това законодателство, а още една – АЕЦ Стаде (672 MWe), собственикът на компанията решава да прекрати дейността и по икономически причини. Следващото задължително спиране е на АЕЦ Библис (нем.: Kernkraftwerk Biblis A – 1225 MW). По план извеждането от експлоатация на блок А е трябвало да се случи през 2009 г., а на блок В през 2010 г. С решение на германското федерално правителство сроковете за експлоатация на блоковете са удължени до 2020 г. След аварията в АЕЦ „Фукушима I“ на 11 март 2011 г., федералното правителство издава на 14 март 2011 г. тримесечен мораториум върху удължената експлоатация. Двата блока (блок А и блок В) са затворени по нареждане на министър-председателя Ангела Меркел на 18 март 2011 г., което вече е в следващия законодателен период и показва последователната политика по отношение на ядрената енергетика.

Така в годините последователно се извеждат от експлоатация ядрените мощности в страната. С изключването на АЕЦ „Филипсбург“ на 31.12.2019 г. в Германия остават само шест атомни електроцентрали. Планира се „Гронде“, „Гундреминген С“ и „Брокдорф“ да бъдат спрени най-късно до края на 2021 г. „Изар 2“, „Емсланд“ и „Некарвестхайм II“ по план трябва да бъдат изключени най-късно до 31 декември 2022 г. Към момента във ФРГ работят само 6 (шест) енергийни реактора.

Любопитно би било да анализираме и мерките за безопасност по отношение експлоатацията на АЕЦ в Германия. От началото на деветдесетте години се извършват периодични прегледи на безопасността (ППБ) съгласно стандартизирани национални критерии. Те се състоят от детерминирана и вероятностна част и допълват непрекъснатия процес на преглед, който е част от регулаторния надзор. Отделен анализ на „ядрената сигурност“ или „физическата защита“ също е част от всеки ППБ, който се занимава с възможни външни – или вътрешни – атаки с криминален или терористичен произход и планираните технически и организационни мерки за противодействие.

Резултатите от анализа трябва да бъдат представени на надзорния орган и обикновено се оценяват с подкрепата на независими експерти. В

края на осемдесетте години операторите на германските атомни електроцентрали доброволно се ангажираха с изпълнението на ППБ на интервали от 10 г. За седем атомни електроцентрали такъв ППБ вече беше задължително изискване, което се посочва в съответното решение за лицензиране. Изменената версия на Закона за атомната енергия от април 2002 г. предвижда извършването на прегледи на безопасността на всеки десет години. Поради ограниченията, наложени върху експлоатационния живот на атомните електроцентрали, прегледите на безопасността вече не се наричат „периодични”, датите за подаване на следващите прегледи за безопасност вече са посочени в Закона за атомната енергия. Въпреки че постоянният дебат за и против ядрената енергетика доведе до значителна загуба на научна и инженерна компетентност и германско влияние по отношение на международните насоки за безопасност, стандартът за безопасност на работещите централи все още трябва да се счита за много висок. Като пример, само немски (и швейцарски) атомни електроцентрали могат да издържат на удара в резултат на катастрофата на тежък изстребител (спецификациите са взети от F4-Phantom) с тегло 20 тона и пет тона керосин, удрящ сградата на реактора с две трети от скоростта на звука! В този контекст повечето германски ядрени обекти в момента са модернизирани с диспенсери за мъгла, за да се справят с атака с търговски самолети („сценарий 9-11”).

Общественото възприятие за ядрената енергия в Германия е дълбоко разделено, особено след аварията в Чернобил и Фукушима. Типичен пример е позицията на една от големите партии – Социалдемократическата партия, която първоначално подкрепяше ядрената програма. По-голямата част от германските ядрени блокове бяха лицензирани и пуснати в експлоатация по време, когато партията ръководи правителства или участва в коалиционни такива. С нарастване на общественото недоволство СДП промени позицията си и оттогава категорично се противопоставя на производството на ядрена енергия. Същото прави и Партията на зелените и нейните поддръжници, тъй като тази партия има своите корени в антиядреното движение. Обществото в Германия като цяло е склонно да надценява рисковете и да подценява ползите от новите технологии и разработки. Както отбелязва един наблюдател на политическите процеси: „в днешно време нито пеницилинът, нито железницата биха имали шанс да бъдат въведени в Германия”!

Настоящото правителство на Голямата коалиция, което е на власт от края на 2005 г., още в първите си управленски стъпки подписа коалиционно споразумение, в което се казва, че „по въпроса за ядрената енергия и двете договарящи страни имат противоположни мнения.

Следователно поетапното премахване, взето от предишното (червено-зелено) правителство, трябва да бъде продължено...”. Този процес се ускорява значително след аварията във Фукушима през 2011 г. Оттогава насам Германия изключи осем от общо 17-те си реактора и планира да се раздели напълно и с останалите през следващата година.

„Проблемът обаче е, че в момента технологиите не позволяват този ресурс да бъде заменен напълно със зелени източници на енергия и реално би означавало нов акцент върху въглищата, а от там и отделяне на още повече вредни емисии в атмосферата, както прави Германия последните 15 години”, твърди Сам Кидни, енергиен експерт и член на консултантска платформа към Европейската комисия. Въпреки огромните усилия за налагане на зелената енергия, въглищата продължават да бъдат водещият енергиен източник за немската икономика. Това сочат правителствени данни за първите шест месеца на 2021 г., които показват, че въглищата заемат цели 27% в енергийния микс пред вятъра, спаднал от 29% през 2020 г. до 22% за тази.

Със срещата на върха на световните лидери на 1 ноември 2021 г. се постави началото на 26-ата конференция на страните по Рамковата конвенция на ООН по изменение на климата (COP26). На нея, говорейки от името на ЕС, председателят на Европейския съвет Шарл Мишел изтъкна, че човечеството трябва да предприеме спешни действия, за да ограничи глобалното затопляне: „Човечеството е започнало война срещу природата и тази война трябва да спре. Планетата Земя е нашият единствен дом. Трябва да ограничим глобалното затопляне до 1,5 °C. Сега е моментът да действаме, и то заедно”. За да поддържаме температурата на планетата ни под контрол – ограничавайки нейното повишаване до 1.5 градуса – науката ни посочва, че до втората половина на века трябва да се произвежда по-малко въглерод, отколкото се извежда от атмосферата. Това означава да се достигне до т. нар. въглеродна неутралност.

Пет държави от ЕС – Германия, Португалия, Дания, Австрия и Люксембург, използваха климатичната конференция в Глазгоу, за да заявят своята позиция против ядрената енергетика. На обратния полюс са десет държави от общността, водени от Франция, които настояват, че ядрените централи са решение на въпроса с въглеродната неутралност. „Ядрената енергия не е решение за климатичната криза...” – категорична е Свеня Шулце, министър на околната среда на Германия – „много е рискована, бавна и много скъпа за ключовите години, които ни остават, за борба с климатичните промени”. „Deutsche Welle” публикува и данни, според които цената на енергията от възобновяемите източници намалява съществено през последните години. Соларната енергия е поевтиняла с 90% спрямо

2009 г. и вече е по-ниска от тази на изкопаемите горива – въглища и газ, както и на цената на електроенергията от ядрената енергия. Цената на вятърната енергия намалява със 70%. След изборите от 26 септември 2021 г., Социалдемократите, Зелените и Свободните демократи започнаха преговори за съставянето на коалиция. В първоначалните споразумения са включени обещания за нови газови централи и пълно изключване на въглищата до 2030 г., но не и удължаване на употребата на ядрените реактори.

Според автора това е по-скоро вид тъжен размисъл, отколкото здрава основа за управление на индустриализирана нация. Въпреки това, тъй като цените на енергията непрекъснато растат, започна наново дебата за ядреното бъдеще на Германия, първо в обществеността и медиите, а междуременно и в политиката.

Нарастващото мнозинство от населението на Германия сега вече подкрепя удължаването времето на работа за националните ядрени съоръжения, осъзнавайки, че:

- преждевременно спиране на съществуващи ядрени съоръжения без никаква предпоставка за безопасност – е загуба на национални активи;

- Германия е заобиколена от множество енергийни реактори в различни европейски държави, които се различават значително по своите стандарти за безопасност;

- страната е изключително зависима от петрола и руския газ на ОПЕК, което прави националната икономика уязвима и застрашава нейния по-нататъшен растеж и развитие;

- оценка, че влиянието на германските експерти в наднационални организации, като Международната агенция за атомна енергия (МААЕ), Organization for Economic Co-operation and Development – Nuclear Energy Agency (OECD-NEA) и ЕС, където се разработват и обнародват международни документи с указания за безопасност, намалява;

- всички големи индустриализирани държави в света или продължават (Франция, Финландия, страните от Източна Европа и Източна Азия), или възобновяват (САЩ, Обединеното кралство, Италия, Швейцария и други) своите програми за ядрена енергия.

Убедеността на автора е и винаги е била, че за Германия като водеща индустриализирана и експортно ориентирана държава, ядрената енергия е незаменима опция, която позволява на германската държава да балансира между нуждите от сигурност на доставките, защитата на околната среда и икономическите изисквания. Все още в развитието на човечеството няма такова явление като технология без риск. Освен това опасността от ядреното производство на електроенергия е изключително малка,

жизнеспособни алтернативи не се виждат в краткосрочен и средносрочен план и не на последно място, едностранното германско изключване на практика няма да има ефект върху глобалния ядрен риск.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Statistical Office of the European Communities.  
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
2. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, \*Stand 24.11.2020.
3. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Alexanderstraße 3, 10178 Berlin, Germany.  
[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/anhang\\_a.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/anhang_a.pdf).
4. Niedersächsisches Umweltministerium; Archivstraße 2, 30169 Hannover, Germany. <http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/>.
5. Zur Geochemie und Lagerstättenkunde des Urans, (in German) Gebrüder Borntraeger, Berlin Nikolasse, 1962, ISBN 3-443-12001-6.
6. Strahlenschutzkommission, Geschäftsstelle beim Bundesamt für Strahlenschutz, Postfach 12 06 29, 53048 Bonn, Germany.  
<http://www.ssk.de/werke/volltext/1981/ssk8102.pdf> (in German).
7. Deutsches Krebsforschungszentrum, Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg, Germany.  
[http://web.archive.org/web/20050430173258/http://www.dkfz.de/epi/Home\\_d/Programm/AG/Praevent/Krebshom/texte/englisch/204.htm](http://web.archive.org/web/20050430173258/http://www.dkfz.de/epi/Home_d/Programm/AG/Praevent/Krebshom/texte/englisch/204.htm).
8. R. Neth: Radioaktivität und Leukämie, Deutsches Ärzteblatt 95, Ausgabe 27, 03.07.1998, S. A-1740 / B-1494 / C-1386 (in German).  
<http://www.aerzteblatt.de/v4/archiv/artikeldruck.asp?id=12227>.
9. World Health Organisation, Avenue Appia 20, CH-1211, Geneva 27, Switzerland.  
<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr38/en/index.html>.
10. [http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC51/GC51InfDocuments/English/gc51inf-3\\_en.pdf](http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC51/GC51InfDocuments/English/gc51inf-3_en.pdf).
- 11.A. Geist et al.: Reduzierung der Radiotoxizität abgebrannter Kernbrennstoffe durch Abtrennung und Transmutation von Actiniden: Partitioning, NACHRICHTEN-Forschungszentrum Karlsruhe Jahrgang 36(2004) p. 97-102.  
<http://bibliothek.fzk.de/zb/veroeff/58263.pdf>.
12. Posiva Oy, 27160 Olkiluota, Finland. <http://www.posiva.fi>.
13. The Long Term Storage of Radioactive Waste: Safety and Sustainability; A Position Paper of International Experts, IAEA 2003.  
[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/LTS-RW\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/LTS-RW_web.pdf).

14. Долчинков, Н. Мерки за намаляване въздействието на радиоактивното замърсяване при ядрени аварии. Юнски четения на СУБ – Пловдив „Физиката в опазването на човека и околната му среда”, Пловдив, юни 2016 г. ISSN 1314-22.

15. Пъдарев, Н. Прогнозиране на опасностите за населението и инфраструктурата при ядрени, радиологични и химични опасни събития чрез симулационни модели, монография. Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”, Велико Търново, 2021 г.

*Борислав Косев Димитров*

*доцент, доктор*

*НВУ „Васил Левски”*

*катедра „Защита на населението и инфраструктурата”*

*E-mail: [borisslav\\_nv@abv.bg](mailto:borisslav_nv@abv.bg)*

## ШУМАНОВИ ЧЕСТОТИ

Йордан Щерев Иванов

## SCHUMAN'S FREQUENCIES

Yordan Shterev Ivanov

**Abstract:** *This article presents the essence of Schumann frequencies, their measurement and observation. The results of their measurements are given, their daily and seasonal variations are analyzed. Areas of application of Schumann frequencies are discussed.*

**Keywords:** *Schumann frequencies, diurnal and seasonal variations.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Никола Тесла допуска, че съществува зареден слой на земната атмосфера, получен от слънчевата активност. Зареденият слой йоносферата като термин не е бил въведен още. Тесла счита че, зареденият слой и земната повърхност образуват сферичен кондензатор, а в пространството на кондензатора се разпространяват електромагнитни вълни (ЕМВ).

Немският физик Вилфрид Ото Шуманом през 1952 год. предлага идеята за съществуване на ЕМВ с теоретична обосновка между земната повърхност и долните слоеве на йоносферата. Шумановите честоти са ЕМВ в затворен вълновод. Те са експериментално регистрирани в периода 1952-1954 г. [2,4,7].

За правилното разбиране на принципа на това явление е необходимо да се има предвид, че резонансните сигнали на Шуман не са независими сигнали, генерирани от определен специален източник, а сигнали определени от резонансните свойства на земно-йонифицирания вълновод от общия естествен свръхнискофреkwентен електромагнитен шум, генериран главно (но не само) от атмосферни електрически разряди. Настоящата статия е кратък поглед за произхода на Шумановите честоти, тяхното измерване, мониторинг, а също и някои резултати от измерванията им в последните години, дискутирани са приложни области на Шумановите честоти.



## ПРОИЗХОД НА ШУМАНОВИТЕ ЧЕСТОТИ

Земята заедно с йоносферата се разглежда като обемен сферичен кондензатор. Вътрешната сфера е Земята, а външната е йонизираният газ на йоносферата на разстояние около 80 км. Ако ЕМВ се отразява цяло число пъти от повърхността на Земята и йоносферата, то възниква резонанс. Тя е стояща вълна и може да съществува продължително време. За скорост на ЕМВ почти  $c=300000$  km/s и дължината на обиколката на Земята  $L=40000$  km, честотата на резонансът в Hz е:

$$(1) f = cn/2\pi R_3 = 7.5n,$$

където  $n$  е поредният номер на хармониката на резонанса,  $R_3 = 6370$  km е радиусът на Земята [2]. Честотите за първите пет изчислени хармоники на резонанса са дадени в таблица 1, евклидов модел. От нея се вижда, че с нарастване на честотите нараства и грешката в сравнение с фактически измерените. Възможна причина е използване на евклидовата геометрия, която не е предназначена за сферични форми. Когато се ползва сферична геометрия, то честотите се изразяват с:

$$(2) f = (c/2\pi R_3)\sqrt{n(n+1)} = 7.5 \sqrt{n(n+1)}.$$

Този израз има още по-голяма грешка за получените стойности. Той е в сила за вълновод с идеално токопроводящи стени. Повърхността на Земята в първо приближение удовлетворява това условие. Обаче загубите в йоносферата забавят скоростта на разпространение на ЕМВ и намаляват честотата. Затова Шуман въвежда в израза идеален вълновод без загуби, реалната част на комплексния показател на пречупване на ЕМВ -  $Re(\sigma)$ .

$$(3) f = [c/2\pi R_3 Re(\sigma)]\sqrt{n(n+1)} = [7.5/Re(\sigma)] \sqrt{n(n+1)}$$

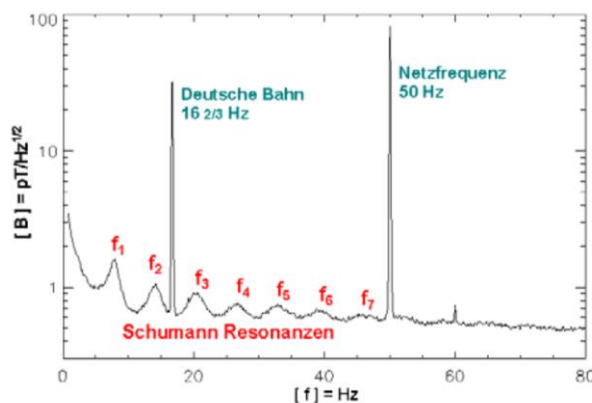
От последният израз се получават по-близки стойности до измерените за високите честоти, но за ниските има по-голяма грешка. Това е обусловено от промяната на реалните стойности на показателя на пречупване на йоносферата с изменение на честотите.

**Таблица 1.** Изчислени и измерени честоти на резонанса на Шуман.

модел	Честоти от 1-ва до 5-та хармоника, Hz				
Идеален евклидов	7.5	15.0	22.5	30.0	37.5
Идеален сферичен	10.6	18.4	26.0	33.5	41.1
Сферичен Шуманов (със загуби)	8.5	14.7	20.8	26.8	32.9
Измерени стойности	7.8	14.1	20.3	26.4	32.4

На фиг.1 са дадени първите 7 резонанса на Шуман, измерени в Silberborn в планината Solling (Германия). Въпреки че най-близката електрическа железопътна линия е на около 30 км, сигналите  $16 \frac{2}{3}$  Hz и мрежовата честота 50 Hz са много по-силни от резонанса на Шуман. Увеличението

на спектъра при честоти  $< 5$  Hz се причинява от така наречените магнитни микропулсации, които произхождат от земната магнитосфера [2].



Фиг. 1 Седем резонанса на Шуман.

Освен указаните модели, използва се изчислителна техника за създаване на по-точни модели, а също ползване апарата на квантовата електродинамика, вместо уравненията на Максвел. Дадените в таблица 1 измерени стойности са средни за централните честоти на спектъра за съответната хармонична. Текущата стойност не е стабилна и зависи от много фактори, но преди всичко от характеристиките на йоносферата.

Йоносферата условно е разделена на слоеве. Слой D е на височина 60-90 км и концентрация на заредените частици  $N_{\max} \sim 10^2 - 10^3 \text{ cm}^{-3}$ . Слой E с височина 90-120 км с плътност на плазмата до  $N_{\max} \sim 10^5 \text{ cm}^{-3}$ . Слой F е над 130-140 км. Максималната концентрация на електроните и йоните е на височина 250-400 км.

Честотите на Шуман многократно преминават през вълновода Земя – йоносфера. От тяхното отражение и сумиране се образуват стоящи вълни. В по-елементарен вариант се разглеждат като двумерни, но всъщност са тримерни динамични вълни.

*Мълниите са част от глобалната атмосферна електрическа верига. Силата на токът за тях е от порядъка на десетки хиляди ампера, потенциална разлика до 100 милиона волта, излъчват светлина, радиовълни, рентгенови лъчи и дори гама лъчи. Температурите могат да достигнат  $28\,000^{\circ}$  келвина, а плътността на зарядите до около  $10^{24} / \text{m}^3$  [4, 7].*

### ИЗМЕРВАНЕ НА ШУМАНОВИТЕ ЧЕСТОТИ

*Основни станции за наблюдение на Шуманови резонансни вълни:*

- Томски държавен университет (Русия, гр. Томск);
- Модраска обсерватория, (Словакия, гр. Модра);
- Лехта (република Карелия, Русия);

- West Greenwich (САЩ);
- Hollister и Parkfield (САЩ);
- Moshiri (Япония);
- станция Мартова (Украйна);
- Университет Йоаннин (Гърция);
- Nagusenk (Унгария);
- Mitzpe Ramon (Израел);
- Johnson County (САЩ);
- Сиерра-Невада (САЩ);
- Белск (Полша);
- Eskdalemuir (Шотландия);
- Калкута и Агра (Индия);
- Модраска обсерватория (Словакия);

*Полярни станции*

- Антарктическа станция на Станфордски университет (САЩ);
- Станция на института по радиоастрономия в Харков (Украйна);
- Арктична станция на обсерваторията Хорнсунд (Полша);
- Индийска станция Maitri (в Антарктика);
- станция Каримшина (РФ, Камчатка);
- японска антарктическа станция Syowa и др.
- полска станция Hornsund на Шпицберген;

Станциите за измерване честотите на Шуман и техните характеристики са над 200. Измерването на резонансните честоти на Шуман се затруднява от ниското ниво на сигнала, ниската честота на сигнала, относително високо ниво на загуби. Затова се измерва в повечето случаи само хоризонталната компонента на магнитното поле. Той има стойност от порядъка (0,001 - 1) рТ. Станциите за измерване се разполагат далеч от източници на смущения (далеч от населени райони). Ниското ниво на сигнала поставя изисквания към апаратурата и загубите, а ниската честота на сигнала – към конструкцията на ефективни датчици-антени. Облегчаващ фактор за измерване е вертикалната поляризация на сигнала - <http://janto.ru/repository/008/02.html>.

За получаване на пълна информация на ЕМВ на резонанса е необходимо измерване на всички пространствени електрически и магнитни компоненти на полето. Тъй като основен дял имат разрядите от мълниите, то може да се приеме, че поляризацията на ЕМП на резонанса се явява вертикална и се ограничава до измерване на вертикалната компонента на електрическото поле и две хоризонтални компоненти на магнитното поле. Освен това създаването на електрически антени е по-сложно отколкото магнитни. Затова обикновено се измерват двете хоризонтални компоненти.

За измерване на магнитната компонента се ползва датчик за измерване на магнитното поле. Той е бобина с голям брой намотки ( $a \cdot 10000$ ). За повишаване на чувствителността и намаляване на размерите използва се сърцевина с висока магнитна проницаемост. Намотките и сърцевината имат голям собствен капацитет, през който във веригата на датчика могат да проникнат елестростатични загуби. За защита от тях конструкцията се помещава в заземен елестростатичен екран от немагнитен материал.

За измерване на вертикалната електрическата компонента за датчик се използва токопроводяща сфера, диск или друго обтекаемо тяло, поставено на височина няколко метра над земята на опора от изолатори. Такъв датчик е кондензатор, на който единият полюс е тялото, а другият е земята. Електрическото поле между тях е вертикалната компонента на естественното електрическо поле. Затова при изменение на напрежението на вертикалната електрическа компонента на резонанса на Шуман, изменя се потенциала на проводящото тало по отоншение на земята. Измерва се този потенциал. Основният проблем се явява малката стойност на капацитета на кондензатора и високото входно съпротивление на честотите на измерване – около няколко  $G\Omega$ . Затова е необходимо минимизиране на утечките. Датчиците на вертикалната електрическа компонента реагират на случайни изменения на електрическото поля, предизвикани от всевъзможни странични фактори – движение на птици, животни, дървета, въздух, акустични вибрации, капки дъждя и др.

### ИЗМЕНЕНИЕ НА ШУМАНОВИТЕ ЧЕСТОТИ

В този раздел са дискутирани стойности на Шумановите честоти достъпни на адрес <http://janto.ru/cosmogeolab/gm-factor/main.html> от 01.01.2019 год. за Томската станция. На фиг. 2 са дадени Шуманови честоти за 2021, 2020 и 2019 години. За 2021 год. данните са за 293 дена до 28.10 2021 г. (за осем дена липсват данни), 2020 год. с данни за 364 дена (за два дена липсват данни) и за 2019 год. за 362 дена (за три дена липсват данни). За трите години точките означени с малки плътни триъгълничета насочени нагоре указват максималните стойности за деня, а означаните с триъгълничета надолу сочат за минималните стойности за деня. На фигурата за посочения период не е възможно да се отчете промяна на минимумите и максимумите на стойностите на Шумановите честоти.

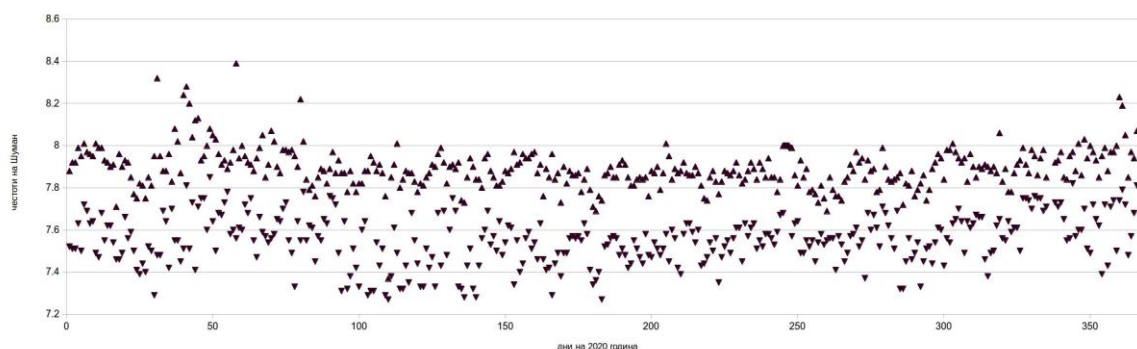
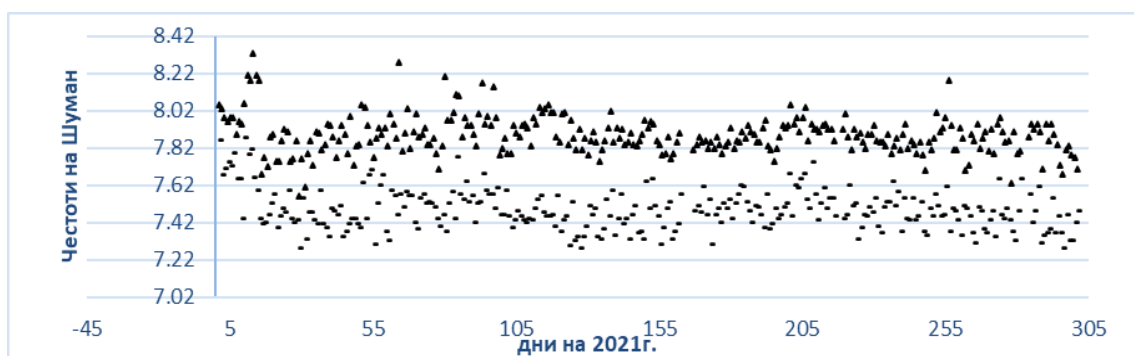
Честоти, Hz	Таблица 2.					
	Мин.			Мах.		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
7.2-7.4	125	38	59	1	1	0
7.4-7.6	155	196	195	2	0	1
7.6-7.8	72	124	36	31	45	43

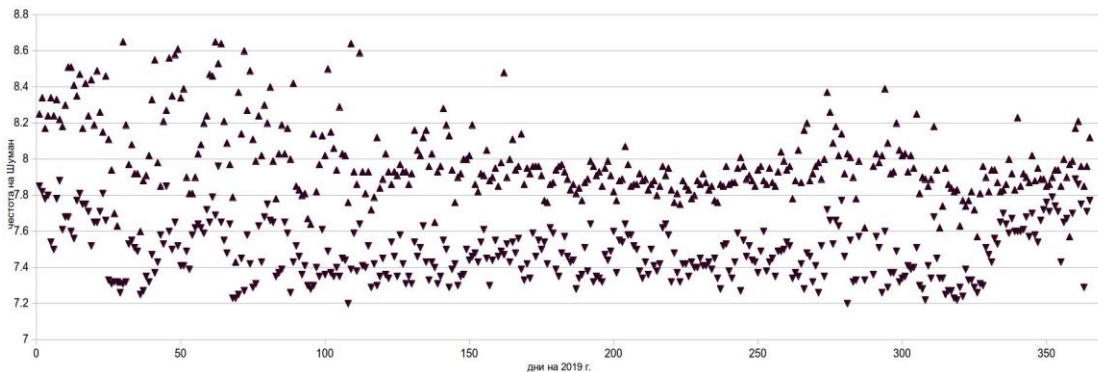
## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

<b>7.8-8</b>	10	5	3	197	281	214
<b>8-8.2</b>		1		70	30	30
<b>8.2-8.4</b>				35	7	5
<b>8.4-8.6</b>				20		
<b>8.6-8.8</b>				6		

В таблица 2 са дадени броят минимуми и максимуми за дните на 2019, 2020 и 2021 за указаните интервали на Шумановите честоти в Томската станция. Вижда се значително намаление на броят минимални стойности за интервала (7.2-7.4) Hz (най-малкият интервал) през 2020 г. в сравнение с 2019 г., но за 2021 г. имаме увеличение спрямо 2020 г. За интервалите (7.4-7.6) Hz и (7.6-7.8) Hz се наблюдава значително увеличение на броят на минималните стойности през 2020 г. в сравнение с 2019 г. За 2021 г. има увеличение 7.4-7.6 съобразно броят дни, но за 7.6-7.8 се наблюдава намаление. За броят на максималните стойности за интервалите (7.2-7.4) Hz и (7.4-7.6) Hz стойностите са незначителни. За броят на максималните стойности за интервалите (7.6-7.8) Hz и (7.8-8) Hz през 2020 г. има значително увеличение за сметка на честотите над 8 Hz. За 2021 г. за (7.6-7.8) Hz има увеличение съобразно броят дни. За (7.8-8) има данните са сравними в с 2020 г. От таблицата се вижда увеличение на броят максимални стойности на Шумановите честоти, но тия данни са за твърде малко години, за да може да се твърди категорично.

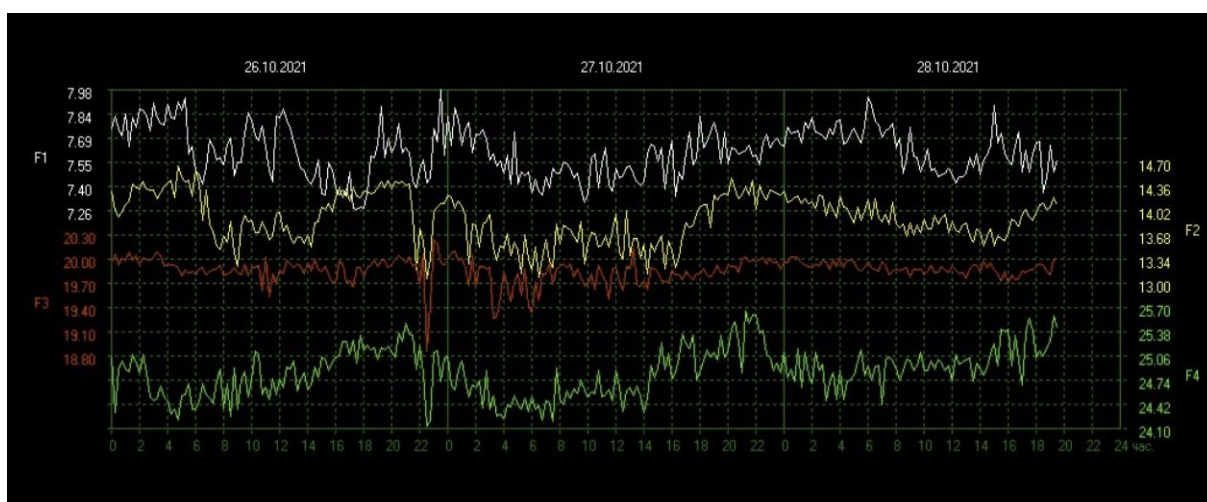
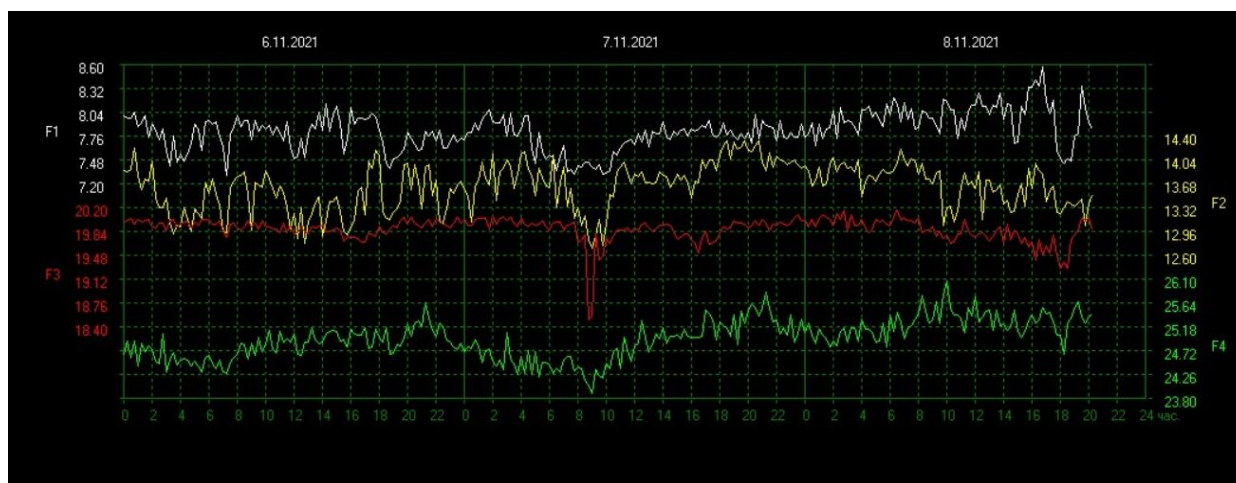
На фиг. 2 са дадени Шумановите честоти за 2019, 2020 и 2021 години в Томската станция от таблица 2. Точките означени с триъгълниче нагоре са максималните стойности, а с триъгълниче надолу и тире за 2021 г. са минималните стойности на честотите за всеки от дадените дни.



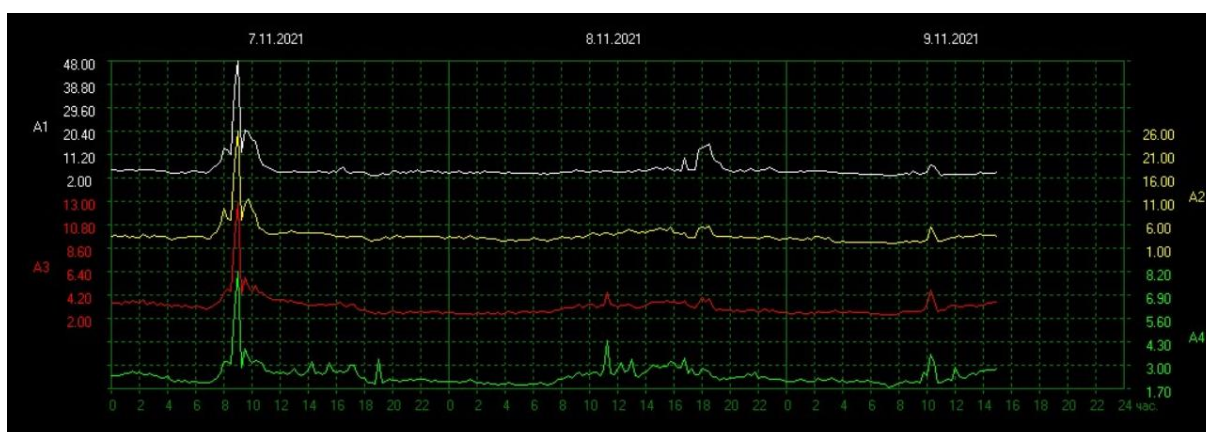


**Фиг. 2. Шуманови честоти за 2019, 2020 и 2021 години в Томската станция.**

В [1] е показано, че за три различни станции (Лехта в република Карелия, Русия; Томски университет в Западен Сибир и пустинята Негев в Израел) на наблюдение на Шумановите честоти максималните стойности на амплитудите в тях по едно и също местно време имат сходни денонощни стойности. Тоест амплитудата зависи от местното време или от пространствено-временното разпределение на метеорологичните бури. Освен това за честотите се наблюдават сходни сезонни-денонощни закономерности, ако се приведат данните към едно време. Следователно динамиката на честотите е еднаква за цялата Земя, тоест честотите не зависят от източниците (мълнии и др.), а от характеристиките на резонатора (йоносферата).



**Фиг. 3. Шумановите честоти  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  и  $F_4$  за различните часове на денонощието за 26-28 октомври и 06-08 ноември 2021 г. в Томската станция.**



**Фиг. 4. Амплитудите на Шумановите честоти  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  и  $A_4$  за различните часове на денонощието за 07-09 ноември 2021 г. в Томската станция.**

На фиг. 3 са дадени зависимостите на първите 4-ри шуманови честоти в херци в зависимост от местното време за Томската станция за 26-28 октомври и 06-08 ноември 2021 г. На фиг. 4 са дадени зависимостите на амплитудите на първите 4-ри шуманови честоти в зависимост от местното време за Томската станция. Данните са взети от [http://sosrff.tsu.ru/?page\\_id=9](http://sosrff.tsu.ru/?page_id=9).

### **Приложения на ШУМАНОВИТЕ ЧЕСТОТИ**

#### **Настояще и бъдеще на Шумановия резонанс**

**<http://janto.ru/repository/008/annex-b.html>**

- Резонансите на Шуман са свързани с глобалната гръмотевична активност и също така с климатичните явления в тропосфере. Те могат да се използват като инструмент за изучаване на климата [2].

- Резонансите на Шумана могат да се използват за изследване и мониторинг на измененията в ниските слоеве на йоносферата предизвикани от дневна/нощна асиметрия, слънчевата активност или ядрени взривове.

- Резонансите на Шумана представляват интерес за изследване на други небесни тела. Съществуването им предполага наличие на електрическа активност в атмосферата на планети и спътници.

- Предполага се използване резонансите на Шуман като инструмент за прогнозиране на земетресения. Обаче съпътстващите физически механизми още не са ясни и наблюденията не позволяват да се направят еднозначни изводи.

- Анализа на пространството Земя-йоносфера е малко ефективно с изключение на силно опростени модели.

- Числените модели на пространството Земя-йоносфера се явяват много сложни, поради големия диапазон на размерите (100 км височина и 6400 км радиус).

- Случайния характер на мълниците затрудняват интерпретацията на наблюденията на резонанса на Шумана. Необходимо е задълбочаване на разбирането на механизма на глобална гръмотевична активност [4].

#### **Смущения върху Шумановите честоти, причинени от земетресения**

- Изучаване на смущенията включват локални вариации на атмосферната проводимост.

- Смущенията се подчиняват на гаусовото разпределение с максимум в епицентъра на земетресението.

- Пълният радиус на смущението се определя от магнитудата на земетресението.

- Изменението на степента на смущението се предполага, че е свързано с изменението на височината на профила на проводимост.



***Регистрация на разряди от мълнии.***

<http://janto.ru/repository/008/annex-a.html>

Тъй като всеки електрически разряд (мълния – до 16 км височина) възбужда електромагнитни вълни във вълновода Земя – йоносфера, то достатъчни са три станции за регистрация, максимално отдалечени една от друга. Времевата синхронизация между станциите се извършва с помощта на GPS-спътници. На подобен принцип е създадена глобална мрежа за мониторинг на гръмотевична активност на система за ранно предупреждения на въздушното движение. Освен това съществуват електрически изпразвания на височини около 50-100 км с червен цвят наречени спрайтове, а също и със син цвят (сини искри) на височини около 40-50 км, които се появяват над силни гръмотевични бури. Връзката между последните и честотите на Шуман не са все още изучени [4].

***Глобален мониторинг на слой D***

Проводимостта на слой D на йоносферата е силно променлива. Определя се концентрация на електроните и взаимодействието между тях и неутралните частици. Концентрацията на електроните се определя от регулярни явления като денонощните часове, сезоните на годината. Взаимодействието между електроните зависи от налягането, което също е функция на регулярните явления. От друга страна има и нерегулярни вариации причинени от Слънчевите изригвания.

***Климатични изменения.***

Резонансът на Шуман би могъл да служи за чувствителен термометър за измерване на глобални температурни изменения. Глобалната гръмотевична активност в значителна степен определя метеорологичните фактори, включително и температурата на екваториалната тропосфера. Шумановите резонанси позволяват да се измерят количествено глобалната гръмотевична активност [2]. Сравнение на електромагнитни и температурни данни указват за наличие на връзка между годишната вариация на интензивността на резонанса на Шуман и глобалната температура [3].

***Биологични ефекти.***

Чувствителността на човешкото тяло към метеорологичното време нараства с увеличаване на амплитудата на естествените електромагнитни трептения с честота 10 Hz. Увеличава се времето на реакция и главоболието. Честотата на алфа-ритъмът на мозъчната дейност на човек е в диапазона между честотите на първата и втората хармоника на резонанса на Шуман [2, 6]. Съгласно [5] демонстрирано е подобие в спектралните модели и генерираните електромагнитни полета от човешкия мозък и земно-йоносферното пространство.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Тази статия представя произхода на Шумановите честоти, тяхното измерване и мониторинг. Дадени са резултати от измерванията им за 2019 г., 2020 г. и част от 2021 г. от Томската станция. Дискутирани са приложни области на Шумановите честоти и са анализирани техните денонощни и сезонни вариации.

Множеството станции регистриращи Шумановите честоти на различни географски ширини и дължини, комплексната сложност на явленията които ги обуславят от една страна и техните въздействия както върху природни явления, така и биологични такива обуславят бъдещи изследвания в тази област.

### ЛИТЕРАТУРА

1. A.A. Dreviannux, S.A. Kolesnik, Seasonal and Daily Patterns of the Parameters of Schumann Resonances in Different Regions of the Earth, *Izvestia of higher educational institutions, V. 55, № 8 Physics 2012, UDC 621.317.361.029.42.* (А.А. Деревянных, С.А. Колесник, Сезонно-суточныи закономерности параметров шумановских резонансов в разных регионах земли, *Известия высших учебных заведений, Т. 55, № 8 Физика 2012, УДК 621.317.361.029.42.*)

2. Kristian Schlegel, Martin Füllekrug, 50 Years of Schumann Resonance, *Physik in unserer Zeit, 33(6), 256-26, 2002.* Translation: Catarina Geoghan, 2007.

3. M. Sekiguchi, M. Hayakawa, A. P. Nickolaenko, Y. Hobaru, Evidence on a link between the intensity of Schumann resonance and global surface temperature, [www.ann-geophys.net/24/1809/2006/](http://www.ann-geophys.net/24/1809/2006/), European Geosciences Union 2006.

4. Colin Price, ELF Electromagnetic Waves from Lightning: The Schumann Resonances, *Atmosphere 2016, 7, 116;* [www.mdpi.com/journal/atmosphere](http://www.mdpi.com/journal/atmosphere).

5. Kevin S. Saroka, David E. Vares, Michael A. Persinger, Similar Spectral Power Densities Within the Schumann Resonance and a Large Population of Quantitative Electroencephalographic Profiles: Supportive Evidence for Koenig and Pobachenko, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146595>, January 19, 2016.

6. Dag Brune, Ragnar Hellborg, Bertil R. R. Persson, Rauno Pääkkönen, Radiation at Home, Outdoors and in the Workplace, Scandinavian Science Publisher ®, Oslo, 2001.

7. Yosef Hill, Introduction to Atmospheric Electricity, Orange Apple, New York, 2016.

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

---

Йордан Щерев Иванов, доц. д-р, НВУ "В. Левски" – В. Търново, 0887 947 708,  
[jshterev@abv.bg](mailto:jshterev@abv.bg)

## МОЩНОСТ НА 4G ПОТРЕБИТЕЛСКО ОБОРУДВАНЕ

Йордан Щерев, Калоян Колев

### POWER OF 4G USER EQUIPMENT

Yordan Shterev, Kaloyan Kolev

**Abstract:** *The aim of this paper is to present results on output power level distributions of 4G user equipment (UE) using data applications based on a samples collected over fourteen days in a long-term evolution (LTE) operating network. The output power data have been obtained through network-based measurements. UE connected to LTE radio base stations located in rural, suburban, urban, and indoor environments in Bulgaria.*

**Keywords:** *4G mobile communication, Long Term Evolution, User equipment, Reference signal received power*

#### Въведение

От началото на четвъртото поколение (4G - Long Term Evolution, LTE) мрежа през 2009 г. броят на потребителското оборудване на LTE (user equipment - UE) в пазара се разраства бързо. LTE UE, които използват технологии за достъп, имат по-висока пропускателна способност на потребителите от второ поколение (2G) и трето поколение (3G) UE. Постижимата пикова пропускателна способност при LTE за UE терминал е 50 Mbps [1].

Облъчването на хора от радиочестотни (RF) електромагнитни полета (EMF), излъчвани от UE, е правопрпорционално на неговата изходяща мощност:

$$(1) \quad P_d = \Delta D / \Delta t,$$

където  $P_d$  е мощността на погълната доза;

$\Delta t$  – времето за натрупването на дозата;

$\Delta D$  – погълната доза.

Преди пускането на пазара на оборудването се извършват оценки за съответствие на RF EMF на UE и производителите трябва да гарантират

спазването на границата на облъчване от EMF като препоръчаните от Международната комисия за защита от йонизиращи лъчения (ICNIRP) [2].

Оценките за съответствие обикновено се извършват съгласно международни стандарти като [3] и [4], според които UE предава непрекъснато при максимален изходяща мощност, докато се тества за съответствие с приложимата граница на експозиция на EMF.

Нивата на изходна мощност на UE в реална работа обаче като цяло са много по-малки от максимално възможната мощност поради различни фактори, като промяна в трафика на данни, бърз и усъвършенстван механизъм за управление на мощността, прекъснато предаване и мек хендовър[5]. Това показва, че стандартизираните процедури могат да доведат до много консервативни оценки на експозицията на ЕМП. Граничните стойности на експозиция на ICNIRP са предназначени да се приемат като средни над 6 минути [2]. Познаването на действителната мощност на предаване и нивата е от основно значение за точната оценка на реалната експозиция на EMF. Полезно е за епидемиологични изследвания и корелацията между използването на мобилен телефон и неблагоприятни последици върху здравето. Съгласно [6] – [9] за ниски средни нива на изходна мощност на UE измервания са проведени във второ поколение (2G) мобилни мрежи. В [7] средната изходна мощност на UE в 2G мрежа, базирана на Глобална система за мобилна комуникация (GSM), е 50% от максимума. Много по-ниски средни нива на изходна мощност в сравнение с 2G мрежи, са представени в проучвания на трето поколение мрежи (3G) [9] - [12]. В проучване повреме на шофиране, проведено в 3G - Wideband Code-Division Multiple Access мрежа във Франция [10], средната изходна мощност на открито среда е по-малко от 1% от максимума мощност. В настоящата статия са представени и обсъдени резултати от направени измервания на приемната мощност от UE.

## **2. Методи**

Измервания бяха проведени в мрежата A1 в България с помощта на мобилно приложение за Android Network Cell Info [13]. То включва колекция от функции за измерване, следене, наблюдение и оценка на клетъчната мрежа. Информацията е представена и се разглежда в различни раздели:

Раздел *Gauge* е началният раздел, показващ мощността на мрежовия сигнал и информация за обслужващата клетка, както и за съседните клетки. Горната част „Serving Cell” показва мощността на сигнала за клетка, към която UE е свързано в момента. Другите измервателни циферблати „Neighbor #n” показват мощностите на сигнала на съседните клетки, които евентуално ще станат обслужващи при движение или ако системата преце-

ни. Освен това този раздел предоставя информация за WiFi, втора или двойна карта SIM.

*Speed* раздел задава стойностите на download, upload, ping и jitter.

*Raw* раздел, предоставя подробна информация за връзката на UE с клетките на излъчване наоколо. Също така в секцията се указват данните от обслужващата и съседните клетки.

*Plot* раздел, показва промяната на мощността на сигнала на обслужващата и съседните клетки с времето. Това позволява по-качествено изследване на мрежата, особено при движение. В графики се извежда информация за мощността на сигнала във времето за обслужващата (s) и съседните (N#n) клетки, типа мрежа и името на мрежовия доставчик.

*Plot2* отразява мощността и качеството на сигнала във времето само на обслужващата клетка. Извеждат се графиките на LTE RSRP (Reference Signal Received Power - мощност за референтния сигнал), RSSI (Received Signal Strength Indicator - индикатор за сила на получавания сигнал), LTE RSRQ (Reference Signal Received Quality - референтен сигнал на получено качество), LTE RSSNR (Reference Signal Signal to Noise Ratio - референтни стойности за съотношението сигнал / шум).

*Stats* показва статистика в проценти за свързаността към 2G, 3G или 4G в мрежата и индикатор за използване на данни.

*B Map* раздел се показва мощността на сигнала за обслужващата и съседната клетка. Извежда се визуално местоположението на UE и клетките.

Според [11] обхватът на отчитане на RSRP е дефиниран от -140 dBm до -44 dBm с резолюция 1 dBm. Систематизирането на стойностите е определено в Таблица 1 от техническата спецификация на групов мрежа за радиодостъп.

Таблица 1. Качество на връзката и стойности на RSRP

Качество на връзка, %	Измерена стойност	Мерна единица
RSRP_00	$RSRP < -140$	dBm
RSRP_01	$-140 \leq RSRP < -139$	dBm
RSRP_02	$-139 \leq RSRP < -138$	dBm
...	...	...
RSRP_95	$-46 \leq RSRP < -45$	dBm
RSRP_96	$-45 \leq RSRP < -44$	dBm
RSRP_97	$-44 \leq RSRP$	dBm

RSSI (Индикатор за силата на получения сигнал) е параметър, който предоставя информация за общата получена широколентовата мощност

(мярка във всички символи), включително всички смущения и топлинен шум [8].

Въз основа на горното, при пълно натоварване и високо съотношение сигнал / шум [8]:

$$(2) \quad \text{RSRP (dBm)} = \text{RSSI (dBm)} - 10 \cdot \log(12 \cdot N),$$

където RSRQ е референтен сигнал на полученото качество;

RSRP е мощността за референтния сигнал;

$N$  – броят на базовите станции измерен от RSSI;

RSSI - индикатор за сила на получавания сигнал.

Съгласно дефиницията за RSSI и (2), RSRP при измерване на мощността на сигнала от конкретен сектор дава информация и същевременно изключва потенциално шума и смущенията от други сектори.

Нивата на RSRP за използваем сигнал варират от около -75 dBm близо до LTE клетъчно място до -110 dBm в края на LTE покритието съгласно Таблица 2.

RSRP	Сила на сигнала	Описание
$\geq -80$ dBm	Отлична	Силен сигнал с максимални скорости на данни
-80 dBm to -90 dBm	Добра	Силен сигнал с добри скорости на данни
-90 dBm to -100 dBm	Задоволителна към лоша	Може да се постигнат надеждни скорости на предаване на данни. Когато тази стойност се доближи до -100, производителността ще спадне драстично
$\leq -100$ dBm	Лош сигнал	Към прекъсване на връзката

### 3. Резултати

Измерванията бяха направени през периода от 04.10.2021 г. до 18.10.2021 г. при свързаност към различни клетки, принадлежащи към А1 България в LTE 4G мрежа. Всяка клетка съответства на географска област, в която LTE UE има достъп до радиосигналите излъчвани от предавател в определен канал.

Измерванията са сортирани в категориите градски, селски, крайградски райони и затворени помещения.

#### 3.1. Измервания на потребителско оборудване и мобилна клетка

Един от събраните параметри беше RSRP. Това е силата на референтните сигнали в LTE, разпределени по цялата честотна лента и характеризира качеството на приетия сигнал в мобилната мрежа.

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

Друг събран и отчетен при измерването параметър е единицата за произволна сила (ASU - Arbitrary Strength Unit). Тя е цяло число, пропорционално на мощността на приетия сигнал, измерена от UE. Възможно е спрямо ASU да се изчисли реалната мощност на сигнала, измерена в dBm и мощността на референтния сигнал във ватове. Съществуват различни изрази за 2G, 3G и 4G мрежи.

Мощността (Power) е физична величина (P) и представлява отношението на пренесената енергия (или работата извършена от дадена сила) за определен интервал от време към големината на този интервал. Връзката в LTE 4G RSRP, измерена във W и dBm е следната [14]:

$$(3) \quad P_w = 1W \times 10^{(P_{(dBm)}/10)} / 1000 = 10^{((P_{(dBm)}-30)/10)}$$

където  $P_w$  е мощност във ватове;

$P_{(dBm)}$  – мощност в dBm.

Таблица 3. Енергии на мобилните клетки в LTE мрежа към UE							
	населено място	адрес	район	RSRP, dBm	ASU	Разстояние до UE според timing advance (TA), m	Power, fW
	Велико Търново	„България“ 76(ПСК)	градски	-100	40	234	100
	ВТ	НВУ КПП юг	градски	-91	49	78	794.33
	ВТ	ПСК в сградата	градски	-102	38	2028	63.10
	ВТ	„Магистрална“ 23	градски	-100	40	234	100
	ВТ	„Симеон Велики“ 6Г (в сграда)	градски	-101	39	234	79.43
	ВТ	„Симеон Велики“ 6Г	градски	-95	45	234	316.23
	ВТ	„Васил Левски“ 16	градски	-100	40	234	100
	ВТ	„Магистрална“ 61	градски	-90	50	390	1000
	ВТ	Варуша Север (Самоводската чаршия)	градски	-101	39	78	79.43
	ВТ	„Никола Габровски“ 63	градски	-99	41	234	125.89
	ВТ	„Сан Стефано“	градски	-100	40	468	100
	ВТ	„Полтава“ 10	градски	-100	40	390	100
	ВТ	пл. „Велчова завера“ 2(хотел Янтра)	градски	-103	37	234	50.12



## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

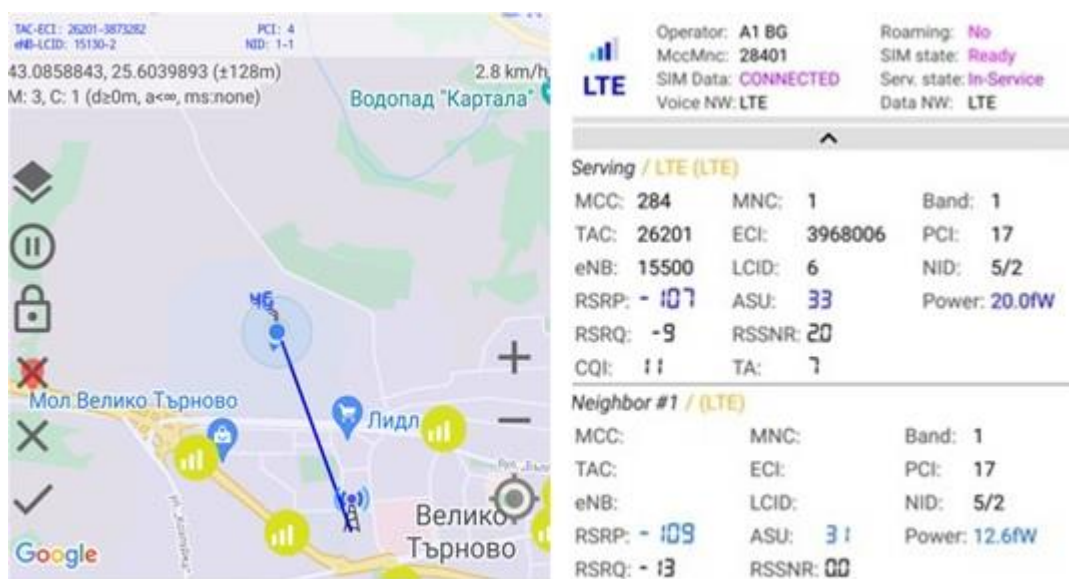
VT	„Никола Габровски“ 69	градски	-95	45	78	316.23
VT	„Дълга лъка“ (Престиж завод)	градски	-99	41	390	125.89
VT	„Симеон Велики“ 8А	градски	-77	63	234	19950
VT	„Симеон Велики“ 10А	градски	-78	62	234	15850
VT	„Оборище“ 18	градски	-102	38	78	63.10
VT	„Полтава“ 3А	градски	-93	47	468	501.19
София	„ген. Тотлебен“ 34А(хотел Шипка)	градски	-77	63	234	19950
София	„ген. Тотлебен“ 21	градски	-93	47	234	501.19
София	„св. Георги Софийски“ 3(ВМА)	градски	-68		78	158490
София	Военномедицински отряд за бързо реагиране (ВМА)	градски	-72	67	234	63100
София	Военномедицински отряд за бързо реагиране (в сграда)	градски	-93	47	78	501.19
София	„ген. Тотлебен“ 34 (МО1)	градски	- 103	37	468	50.12
София	„ген. Тотлебен“ 34А(хотел Шипка, Рецепция)	градски	-109	31	390	12.59
София	„ген. Тотлебен“ 21 (УМБАЛСМ „Н. И. Пирогов“)	градски	-103	37	546	50.12
София	пл. „Руски паметник“	градски	- 101	39	78	79.43
София	„Македония“ 38 (Четвърта МБАЛ)	градски	-92	48	234	630.96
Беляковец		селски	-103	37	1560	50.12
Шемшево		селски	-79	61		12590
Леденик	път I4	извънградски	-101	39	1014	79.43
Леденик	път I4 (Екстрапак ООД)	извънградски	-81	59	1248	7940

### 3.2. Измервания между две потребителски оборудвания

Бяха направени измервания на мощността в затворено помещение между две UE. Технически данни за тях са изложени в Таблица 4. UE бяха

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

свързани към една и съща обслужваща клетка: LTE:26201-3873282 -4, 43.0755545, 25.6092535, намираща се в гр. Велико Търново на ул. „Архитект Георги Козаров“ 1 в ж.к. Колю Фичето и съседна клетка: LTE: 28401,26101,3968151,9-105, 43.0795671, 25.6016884, намираща се в гр. Велико Търново на ул. „Симеон Велики“ 6 в ж.к. Колю Фичето, Фигура 1. По време на измерванията двата телефона бяха съответно в режими на хендовър, позвъняване и осъществена връзка. Бяха направени измервания в помещението на отстояние 1 метър и 12 метра между UE. Събраните данни са показани в Таблица 4.



**Фигура 1.** Местоположение и параметри на обслужващата и съседната LTE клетки

<b>Таблица 4. Мощности в затворено помещение в LTE мрежа.</b>	
<b>Технически данни за UE</b>	
Предаващ се мобилен телефон: Samsung S6 2G bands: GSM 850 / 900 / 1800 / 1900 3G bands: HSDPA 850 / 900 / 1900 / 2100 4G bands: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 17, 18, 19, 20, 26 Speed HSPA 42.2/5.76 Mbps, LTE-A Cat6 300/50 Mbps	Приемащ мобилен телефон: A1 Alpha 20 2G bands: GSM 850 / 900 / 1800 / 1900 3G bands: HSPA, 42Mbits 4G bands: LTE-A Cat 7 300Mbps
Отстояние на UE намиращи се в затворено помещение: 1 метър	Отстояние на UE намиращи се в затворено помещение: 12 метра
Хендовър	Хендовър
RSRP: -98 dBm, 151.2 fW	RSRP: -100 dBm, 100 fW

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

Позвъняване	Позвъняване
RSRP: -83 dBm, 4.2 pW	RSRP: мин.-87 dBm, 2 pW; средно. -80 dBm, 10 pW; макс. -77 dBm, 20pW
По време на осъществена връзка	По време на осъществена връзка
RSRP: мин.-91 dBm, 780 fW; средно: -87 dBm, 2 pW; макс.-81 dBm,7.9 pW	RSRP мин. -81 dBm, 7.9 pW; средно: -79 dBm, 12.6 pW; макс. -77 dBm, 20 pW

### 4. Анализи

По време на измерванията бяха наблюдавани стойности на RSRP от -68 dBm до -109 dBm в градски, селски, извънградски райони и в затворено помещение.

Според направените измервания и таблица 1 стойностите на параметъра RSRP отговарят на 63 % качество на връзката. От измерванията няма данни, които да попадат в интервала от 1 % - 25 %, 25 броя от резултатите са в интервала от 26 % по 50 % качество на връзката и 8 броя мощности са в от 51 % до 75 %, което показва, че мощностите на сигнала и неговото качество в LTE мрежата са средни.

В таблица 2 според измерванията RSRP попада в различни категории: Отлична, която се характеризира със силен сигнал с максимални скорости на данни, добра със силен сигнал и добри скорости на данни, Задоволителна към лоша, при която има надеждни скорости на предаване на данни и лоша, която се характеризира с лош сигнал и склоност към временни прекъсвания на оптималното предаване на данни. От събраните данни 6 броя попадат в категорията отлична сила на сигнала, 2 броя в категорията добра, 14 броя в задоволителна към лоша и 8 броя в категорията лош сигнал.

Според същата таблица и данните при измерванията най-голям процент от тях попадат в категорията задоволителна към лоша сила на сигнала.

От измерените мощности при хендовър на отстояние 1 и 12 метра в затворено помещение, силата на сигнала е от задоволителна към лоша. При позвъняването и в двата случая RSRP попада в категорията добра сила на сигнала. По време на осъществена връзка в помещение на отстояние 1 метър - добра сила, а на 12 метра – отлична сила на сигнала.

### 5. Заключение

Бяха направени над 40 проби за мощност, данните от които са събрани. В селските среди е установено, че осреднените по мощност са 45 % от максималната приета такава за RSRP LTE, докато съответните стойности са по - малко от 51 % в други среди. Установено е, че средните мощности във всички среди са 47 % от максималната мощност. Тези стойности са в съответствие с резултатите, получени за 3G UE въпреки

почти десетократно увеличение на постижимата пикова пропускателна способност на данните. Констатациите показват, че знанията за реалистичните нива на мощност са важни за точни оценки на излагането на радиочестотното електромагнитно поле от оборудване за мобилна комуникация.

Разширяване на измерванията на таблица 3 за енергии на мобилните клетки в LTE мрежа към UE за други населени места и извън тях е едно възможно продължаване на тия изследвания, а също така и по таблица 4 за мощностите в различни затворени помещения в LTE мрежа. Друга такава насока е изследване и анализиране на приетите честоти на ЕМВ за 5G технология.

### Литература

1. E. Dahlman, S. Parkvall, and J. Sökld, 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, 2nd ed. New York, NY, USA: Academic, 2014, p. 118.
2. The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, „Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz),” Health Phys., vol. 74, no. 4, pp. 494–522, Apr. 1998.
3. Measurement Procedure for the Assessment of Specific Absorption Rate of Human Exposure to Radio Frequency Fields From Hand-Held and BodyMounted Wireless Communication Devices—Part 1: Devices Used Next to the Ear (Frequency Range of 300 MHz to 6 GHz), IEC Standard 62209-1, 2016.
4. Human Exposure to Radio Frequency Fields From Hand-Held and BodyMounted Wireless Communication Devices-Human Models, Instrumentation, and Procedures—Part 2: Procedure to Determine the Specific Absorption Rate (SAR) for Wireless Communication Devices Used in Close Proximity to the Human Body (Frequency Range of 30 MHz to 6 GHz), IEC Standard 62209-2, 2010.
5. H. Holma and A. Toskala, Eds., WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications, 3rd ed. Chichester, U.K.: Wiley, 2004, pp. 11–60.
6. J. Wiart, C. Dale, A. V. Bosisio, and A. L. Cornec, „Analysis of the influence of the power control and discontinuous transmission on RF exposure with GSM mobile phones,” IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 42, no. 4, pp. 376–385, Nov. 2000.
7. M. Vrijheid et al., „Determinants of mobile phone output power in a multinational study: Implications for exposure assessment,” Occupat. Environ. Med., vol. 66, no. 10, pp. 664–671, Oct. 2009.
8. <https://arimas.com/2016/04/04/78-rsrp-and-rsrq-measurement-in-lte/>

9. A. Gati, E. Conil, M.-F. Wong, and J. Wiart, „Duality between uplink local and downlink whole-body exposures in operating networks,” IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 52, no. 4, pp. 829–836, Nov. 2010.

10. A. Gati, A. Hadjem, M. F. Wong, and J. Wiart, „Exposure induced by WCDMA mobiles phones in operating networks,” IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 8, no. 12, pp. 5723–5727, Dec. 2009.

11. 3GPP TS 36.133 version 8.9.0 (2010-03) Техническа спецификация, Изисквания за поддръжка на управлението на радиоресурси.

12. P. Joshi, M. Agrawal, B. Thors, D. Colombi, A. Kumar, and C. Törnevik, „Power level distributions of radio base station equipment and user devices in a 3G mobile communication network in India and the impact on assessments of realistic RF EMF exposure,” IEEE Access, vol. 3, pp. 1051–1059, 2015.

13. <https://m2catalyst.com/apps/network-cell-14.info>

14. <https://www.rapidtables.org/bg/electric/dBm.html>

*Йордан Щерев Иванов, доц. д-р, НВУ “В. Левски” – В. Търново, 0887 947 708,  
jshterev@abv.bg*

*Калоян Славчев Колев, НВУ “В. Левски” – В. Търново, 0888 753 053,  
kolevkaloqn35@gmail.com*

## ЕНЕРГИТИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА МОБИЛНИ УСТРОЙСТВА

Йордан Щерев, Жулиана Михнева

### ENERGY CHARACTERISTICS OF MOBILE DEVICES

Yordan Shterev, Juliana Mihneva

***Abstract:** In the present work, an overview of the energy quantities used characterizing the operation of mobile devices is performed: arbitrary strength unit, reference signal received quality, reference signal received power, received signal strength indicator, reference signal signal to noise. In addition, their place in mobile device applications for analysis in different modes of use is considered.*

***Keywords:** Long-Term Evolution, modern radio communication network, parameters, signal*

#### 1. Увод

В настоящата дигитална ера се наблюдава много бързо развитие на технологиите. Резултатът от този значим напредък в хардуерни и софтуерни технологии са мощни мобилни устройства, оборудвани с възможности за обработка, съхранение и мрежа. Мобилните телефони се превърнаха в много важна част от човешкия живот и освен с комуникацията, те разполагат с огромно разнообразие от приложения, които могат да улеснят ежедневието на един човек. С мобилните устройства могат да се ползват за четене на книги, възпроизвеждане на музика, за снимки и видеоклипове, създаване и редактиране документи, достъп до медицинска информация и други. Основната цел на мобилните телефони е телекомуникация, но сега извършват много други дейности. Мобилните телефони станаха необходимост. С тях могат да се изпълняват и други ежедневни задачи с лекота, като например:

- Плащане на стоки и услуги;
- Поддържане връзка с клиенти;

- Споделяне на снимки и истории чрез социалните медии;
- Сърфиране в интернет;
- Навигиране до конкретни места;
- Работа извън офиса.

В съвременното общество всеки човек е изложен на въздействието на електрически и магнитни полета от редица източници, включително от електрическо оборудване, излъчвани радио- и телевизионни предавания и съобщителни устройства. Най-разпространените източници са мобилните телефони, безжичните телефони, локалните безжични мрежи и радиопредавателните кули. В днешно време тези устройства обикновено са оборудвани с многоядрени процесори, гигабайтове памет и са свързани към интернет чрез бързи комуникационни технологии като Long-Term Evolution (LTE) или Wi-Fi. Те работят със силни електромагнитни полета. Повечето такива, създадени от човека, са със специфична честота, варираща от високи радиочестоти – използвани от мобилните телефони, през средни честоти – като тези, генерирани от компютърните екрани до изключително ниски честоти – генерирани от електрическите проводници. Когато човешкото тяло е изложено на радиочестотни полета, то натрупва енергия с течение на времето. Колко радиочестотна енергия натрупва човек всекидневно не е известно, тъй като въздействието зависи от много фактори, особено разстоянието на източниците.

В клетъчните мрежи, когато мобилен телефон се движи от клетка към клетка и извършва избор или повторна селекция и предаване на клетка, той трябва да измери силата и качеството на сигнала на съседните клетки. В LTE мрежата “User Equipment” (UE) измерва два параметъра на референтния сигнал: *RSRP* (Reference Signals Received Power - мощност на получен референтен сигнал) и *RSRQ* (Reference Signal Received Quality – качество на получен референтен сигнал). Тези два параметъра се явяват ключови за нивото и качеството на сигнала за съвременните LTE мрежи.

Целта на настоящата работа е да се извърши преглед на използваните енергетични величини характеризиращи работата на мобилните устройства.

### **2. Преглед на LTE измервания**

В телекомуникациите LTE определя система, предназначена основно за осигуряване на мобилен или стационарен достъп до услуги за данни чрез радио. Използвайки различен радио интерфейс, той увеличава капацитета и скоростта, заедно с подобрения на основната мрежа. [1, 2, 3]. LTE ползван като 4G се явява базираната безжична клетъчна система, фокусираща се главно за осигуряване на пикови скорости на данни, висока спектрална ефективност, подобрен капацитет, покритие както и кратко

време за двупосочно пътуване и гъвкавост на спектъра. Мрежата за радиодостъп LTE се състои само от eNodeB (Evolved Node B), където се изпълняват всички функции, свързани с Radio Resource Management (RRM). Тази система гарантира, че ресурсите на даденият интерфейс се използват така че ефективността на мрежата да е максимална, качеството на услугата (Quality of Service)(QoS)[4], необходимо за всяка услуга/носител/потребител да бъде гарантирано, както и да се поддържа висок капацитет и планирано покритие.

Функционалностите на RRM се състоят от набор от алгоритми, които от своя страна могат да бъдат категоризирани като мрежови функции и функции, базирани на връзка [4]. Сред тези RRM функции, пакет планирането (Packet Scheduling) е процесът, чрез който наличните радио ресурси се разпределят между активните потребители, за да се задоволят техните изисквания за QoS [5]. Основните цели на планирането на пакети са: да се увеличи максимално капацитета на клетката, за да се задоволи минималното QoS необходим за връзките и поддържане на адекватни ресурси за потребители с най-добри усилия без строги изисквания за QoS. Решенията за планиране се вземат въз основа на условията на канала. Основният принцип на планирането е да се разпределят "Physical Resource Block" (PRB) на потребителите с относително по-добри условия на канала и да се избегне разпределението на PRB към потребителите, които изпитват големи затихвания. Друга важна функция на RRM е вземането на решение за предаване "Handover" (HO) въз основа на алгоритми за предаване. LTE поддържа само HO с прекъсване преди създаване (break-before-make) или твърд HO. Като цяло процесът на LTE HO е разделен на три стъпки *измерване, преценка и изпълнение*, сред които измерването е решаваща стъпка, която може пряко да повлияе на производителността на HO [6]. Два критерия - КОИ за измерване като Reference Signal Received Power (RSRP) и Reference Signal Received Power (RSRQ) се използват за вземане на повторен избор на клетка или решение за HO.

### 2.1. ASU

ASU (Arbitrary Strength Unit - условна единица за силата или universal signal strength unit) е създаден, за да бъде ясен индикатор за разумно еднакво представяне на приеманото ниво на сигнала за устройства, които работят с няколко клетъчни стандарти.

Използва се *dBm* или *dBmW* (децибел-миливата), която е единица за ниво. Тя указва, че нивото на мощност се изразява в децибели (*dB*) по отношение на един миливат (*mW*). Използва се в радио, микровълнови и оптични комуникационни мрежи като удобна мярка за абсолютна мощност, тъй като може да изразява както много големи, така и много малки стойно-



сти в кратка форма в сравнение с  $dBW$ , което се отнася до един ват ( $1000\text{ mW}$ ).

Докато децибелът ( $dB$ ) е безразмерна единица, използвана за количествено определяне на съотношението между две стойности, като съотношение сигнал/шум, стойността на  $dBm$  има размерност на мощност, тъй като е относителна към единица мощност.

$dBm$  не е част от Международната система от единици и затова не се препоръчва да се използва в документи или системи, които се придържат към  $SI$  единици. Въпреки това децибел ( $dB$ ), без наставката “ $m$ ”, е разрешен за относителни количества, но не се приема за използване директно заедно с  $SI$  единици.  $10dBm$  може да се запише с  $10dB (1mW)$  в  $SI$ .

За преобразуване на произволна мощност  $P$  (във  $W$ ), във величина  $x$  (в  $dBm$ ), или обратно, ползват се следните изрази:

$$x = 10 \log_{10} \frac{P}{1 \text{ mW}},$$

$$P = 1 \text{ mW} \cdot 10^{\frac{x}{10}},$$

Ако се използва  $1\text{ W}$  като референтна стойност вместо  $1\text{ mW}$ :

$$x = 30 + 10 \log_{10} \frac{P}{1 \text{ W}},$$

$$P = 1 \text{ W} \cdot 10^{\frac{x-30}{10}},$$

Стойността на  $ASU$  е цяло число. Може да се ползва за всеки стандарт 2G, 3G, LTE или 5G, за да се определи приеманото ниво в  $dBm$  от  $ASU$  стойността. Тази изчислена стойност кореспондира със стойността на  $RSSI$  с максимална точност  $\pm 1\text{ dB}$ .

Изразът за изчисление на  $RSSI$  от  $ASU$  е различен за всички мобилни аудио стандарти и зависи от минимално получаваната чувствителност, както е дефинирана в 3GPP спецификации. В допълнение, изчисленията могат да се извършат за всяка нова технология основана на стари стандарти, но изискваща по-добри приемници.

В GSM (Global System for Mobile Communications) мрежи,  $ASU$  се преобразува в  $RSSI$  (индикатор за силата на получения сигнал).

$$dBm = 2 \times ASU - 113, \text{ ASU в диапазона от } 0,31 \text{ и } 99.$$

В UMTS (Universal Mobile Telecommunications System – Универсална мобилна телекомуникационна система) мрежи,  $ASU$  се преобразува на ниво RSCP (мощност на кода на получения сигнал).

$$dBm = ASU - 115, \text{ ASU в диапазона от } 0,90 \text{ и } 255.$$

В LTE мрежите  $ASU$  се преобразува в RSRP (Reference Signal Received Power – мощност на получен референтен сигнал). Валидният диапа-

зон на ASU е от 0 до 97. За диапазона от 1 до 96, ASU преобразува в  $(ASU - 143) < dBm \leq (ASU - 140)$ .

Инструменти като *Network Signal Info* и др. могат директно да покажат силата на сигнала (в dBm), както и основния ASU.

Възможно е да се изчисли реалната сила на сигнала, измерена в dBm (и по този начин мощност във ватове) по формула. Има обаче различни формули за 2G, 3G и 4G мрежи.

Силата на сигнала може да варира от приблизително -30 dBm до -110 dBm. Колкото по-близо е това число до 0, толкова по-силен ще бъде клетъчният сигнал. Ако външният сигнал варира от:

-50 до -79 dBm, тогава обикновено се счита за сигнал.

-80 до -89 dBm, тогава обикновено се счита за добър сигнал.

-90 до -99 dBm, тогава обикновено се счита за среден сигнал.

## 2.2. Индикатор “RSSI“

Важен индикатор се явява “Received Signal Strength Indicator” (RSSI). Общата получена мощност на носителя *RSSI* включва мощността от обслужващи и необслужващи клетки на съвместен канал, смущения в съседния канал, термичен шум и др. Той е индикатор за силата на получения сигнал който в следствие измерва средната обща получена мощност, наблюдавана само в “Orthogonal Frequency Division Multiplex” (*OFDM* - мултиплексиране с ортогонално честотно разделяне) на антена в измервателната честотна лента на *N* ресурсни блока [7]:

$$RSRQ = N \left( \frac{RSRP}{RSSI} \right) \text{ където:}$$

*RSSI*- широколентова мощност = шум + мощност на обслужващата клетка + мощност на смущения;

*N*- броят на ресурсните блокове на измервателната лента на *RSSI* на носителя *E-UTRA*.

Общата получена мощност на носителя *RSSI* включва мощността от:

- клетки, обслужващи съвместно канали;
- необслужващи клетки;
- смущения в съседния канал;
- термичен шум и др.

### ***RSSI* и Decibel Milliwatts (dBm)**

Двата компонента: *dBm* и *RSSI* са различни мерни единици, които и двете изразяват едно и също нещо: силата на сигнала. Разликата е, че *RSSI* е относителен индекс, докато *dBm* е абсолютно число, представляващо нивата на мощност в *mW* (миливатове).

*RSSI* се използва за измерване на относителното качество на получен сигнал към клиентско устройство, но няма абсолютна стойност [8]. Стан-

дартът IEEE 802.11 уточнява, че RSSI може да бъде в скала от 0 до 255 и че всеки производител на чипсет може да дефинира своя собствена стойност „RSSI\_Max“. От тук може да заключи, че колкото по-висока е стойността на RSSI, толкова по-добър е сигналът.

### 2.3. Индикатор “RSRP”

Получената мощност на референтния сигнал *RSSI* извежда средната мощност на ресурсните елементи (*RE*), които носят специфични за клетката референтни сигнали (*RS*) по цялата честотна лента, така че *RSRP* се измерва само в символите, носещи *RS*.

*RSRP* е средната получена мощност на един ресурсен елемент на *RS*. Това е силата на *LTE* референтните сигнали, разпределени в цялата честотна лента и тесната лента. Необходими са минимум -20 dB *SINR* (на *S-Synch* канала) за откриване на *RSRP/RSRQ* – таблица 1, [9].

*UE* измерва мощността на множество ресурсни елементи, използвани за прехвърляне на еталонния сигнал, но след това взема средна стойност от тях, вместо да ги сумира.

Таблица 1: Диапазон на мощността за еталонния сигнал RSRP.		
RSRP	Сила на сигнала	Описание
>= -80 dBm	Отлично	Силен сигнал с максимална скорост на предаване
-80 dBm до -90 dBm	Добро	Силен сигнал с добра скорост на предаване
-90 dBm до -100 dBm	Слаб	Може да се постигне надеждна скорост на данни, но са възможни незначителни данни с отпадане. Когато стойността се приближи до -100, производителността ще падне драстично.
<= -100 dBm	Без сигнал	Изключен

*RSRP* измерванията се използват за:

- Избор на клетки;
- Повторен избор на клетка;
- Приемане;
- Измервания на мобилността;
- Оценяване загубата на пътя за изчисления за контрол на мощността.

### 2.4. Индикатор “RSRQ”

Чрез “Reference Signal Received Power” се измерва качество на получения референтен сигнал. Качеството, отчитащо също *RSSI* и броят на използваните ресурсни блокове [9]:

$$(2) \quad RSRQ = \frac{RSRP}{\left(\frac{RSSI}{N}\right)}$$

измерено в същата честотна лента.

$RSRQ$  е C/I тип измерване и показва качеството на получения референтен сигнал. Също така измерването на  $RSRQ$  предоставя допълнителна информация, когато  $RSRP$  не е достатъчен за вземане на надеждно решение за предаване или повторен избор на клетка – таблица 2.

$$(3) \quad RSRQ = Nprb \frac{RSRP}{(E - UTRACarrierRSSI)}$$

Качеството на получения референтен сигнал ( $RSRQ$ ) се дефинира като съотношението  $N \times RSRP / (RSSI$  на носителя на E-UTRA), където  $N$  е броят на RB на измервателната лента на  $RSSI$  на носителя на E-UTRA. Измерванията в числителя и знаменателя се извършват върху един и същ набор от ресурсни блокове.

E-UTRA -  $RSSI$  (Индикатор за сила на сигнала, получен от носителя), включва линейната средна стойност на общата получена мощност (в [W]), наблюдавана само в OFDM символи, съдържащи референтни символи за порт на антената, в измервателната честотна лента, над  $N$  брой ресурсни блокове от UE от всички източници, включително обслужващи и необслужващи клетки съвместно канали, смущения в съседния канал, термичен шум и т.н.

Референтната точка за  $RSRQ$  трябва да бъде антенният конектор на UE. Ако приемника се използва от UE, докладваната стойност не трябва да бъде по-ниска от съответния  $RSRQ$  на който и да е от индивидуалните разклонения за разнообразие.

където:

$N$  е броят на физическите ресурсни блокове ( $PRB$ ), върху които  $RSSI$  е измерван, обикновено равен на честотната лента на системата;

$RSSI$  е чисто широколентово измерване на мощността, включително вътрешноклетъчна мощност, смущения и шум (шум + мощност на обслужваща клетка + мощност на смущения).

Таблица 2: Диапазон на мощността на еталонния сигнал за $RSRQ$ .		
RSRQ	Качество на сигнала	Описание
$\geq -10$ dB	Отлично	Силен сигнал с максимална скорост на предаване
-10 dB до -15	Добро	Силен сигнал с добра скорост на предаване

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

dB		
-15 dB до -20 dB	Слаб	Може да се постигне надеждна скорост на данни, но са възможни незначителни данни с отпадане. Когато стойността се приближи до -100, производителността ще падне драстично.
<= -20 dB	Без сигнал	Изключен

Точно като отчетите за измерване на RSRP. По подобен начин измерванията на RSRQ не се предават веднага, вместо това към измерванията на RSRQ се прилага картографиране.

Ясно може да се сведе че RSRP предоставя информация за силата на сигнала, докато RSSI помага при определянето на информация за смущения и шум. Ето защо измерването и изчисляването на RSRQ (качество) се основава както на RSRP, така и на RSSI.

RSRP, RSRQ и RSSI измерванията се дефинират от 3GPP, но SINR не е дефинирано в спецификациите на 3GPP; той е посочен от доставчиците на UE.

В клетъчните мрежи, когато мобилен телефон се движи от клетка на клетка и извършва избор/повторна селекция и предаване на клетка, той трябва да измери силата и качеството на сигнала на съседните клетки. В LTE мрежата UE измерва параметри на референтния сигнал, два основни които са RSRP (мощност на получен референтен сигнал) и RSRQ (качество на получен референтен сигнал).

### 3. Заключение

В настоящата работа е извършен преглед на използваните енергетични величини характеризиращи работата на мобилните устройства ASU, RSSI, RSRP, RSRQ. Освен това е разгледано тяхното място в приложения като *Network Cell Info*, *Net Monster* и др. за анализ при различни режими на използване.

Изследване промяната на величините ASU, RSSI, RSRP, RSRQ в зависимост от разстоянието между мобилните устройства от една страна и от друга между тях и станциите осигуряващи тяхната работа, приемане и препредаване на сигналите при различни условия е едно възможно продължение на заложените идеи в работата. Още повече би представлявал интерес както научен, така и обществен измерванията и анализа при използване на 5G технология и съответните честоти.

### References

1. A. Ghosh and R. Ratasuk (2011), *Essentials of LTE and LTE-A*, Cambridge UK, New York: Cambridge University Press.

2. F. Afroz, K. Sandrasegaran and P. Ghoshal (2014), "Performance Analysis of PF, M-LWDF and EXP/PF Packet Scheduling Algorithms in 3GPP LTE Downlink," Telecommunication Networks and Applications Conference (ATNAC), November 2014, pp. 87-92.
3. F. Afroz (2014), Research in 4G Mobile Network, MES Project.
4. J. Bannister, P. Mather and S. Coope (2004), Convergence Technologies for 3G Networks: IP, UMTS, EGPRS and ATM, John Wiley & Sons.
5. G. Piro, L. A. Grieco, G. Boggia, F. Capozzi, and P. Camarda (2011), „Simulating LTE cellular systems: an open- source framework,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 60, pp. 498- 513
6. L. Luan, M. Wu, J. Shen, J. Ye and X. He (2012), "Optimization of Handover Algorithms in LTE High-speed Railway networks," International Journal of Digital Content Technology and its Applications (JDCTA), vol. 6, no. 5.
7. E. Dahlman, S. Parkvall, J. Skold (2011) 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband
8. Shahin Farahani, in ZigBee Wireless Networks and Transceivers, 2008
9. Xincheng Zhang, LTE Optimization Engineering Handbook (2017)
10. S. Sesia, I. Toufik, and M. Baker (2009), LTE- The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice, Chichester, U.K. Wiley.

***Correspondence addresses***

*Йордан Щерев Иванов, доц. д-р, НВУ "В. Левски" – В. Търново, 0887 947 708, jshterev@abv.bg*

*Juliana Milenova Mihneva, (BG) Cadet OR-5, "Vasil Levski" National Military University, Bulgaria, Phone number: +359 88 7104 302, E-mail: july.mihneva@gmail.com*

**АНАЛИЗ НА ЗАГУБИТЕ ЗА ЖИВОТНОВЪДСТВОТО  
ПРЕЗ ПОСЛЕДНИТЕ ПЕТ ГОДИНИ В СЛЕДСТВИЕ НА  
ВИРУСНИ И БАКТЕРИОЛОГИЧНИ ЗАБОЛЯВАНИЯ**

**Мария Велкова**

**ANALYSIS OF LOSSES FOR LIVESTOCK IN THE LAST  
FIVE YEARS DUE TO VIRAL AND BACTERIOLOGICAL  
DISEASES**

**Maria Velkova**

*Summary: The report describes the losses in animal husbandry in Bulgaria, the reasons for it, some of the most common diseases and methods for dealing with such situations.*

*Keywords: livestock, disease.*

През последните пет години в следствие на различни вирусни и бактериологични заболявания и инфекции, се наблюдават известни загуби в сферата на животновъдството на територията на република България. Тези загуби повлияват сериозно както на икономиката – малкия и средния бизнес, така и на хранително – вкусовата промишленост, която се състои от производители на продукти от животински произход и от потребители на същите тези продукти. Животновъдството е поминък, възниквал и развивал се още от древни времена и въпреки неговата неустойчивост на възникнали климатични или епидемични обстоятелства, той функционира и спомага за развиването на икономиката и за изхранването на нацията и до днес. През годините търпи все по-задълбочена модернизация, която спомага за увеличаването на продукцията, макар че невинаги гарантира безупречно качество. В самата си същност, животновъдството е част от първичния икономически сектор и се занимава с развъждане и отглеждане на селскостопански животни, с цел добив на естествени продукти. [1,2]

Животновъдите в България, намиращи се в малък или разраснат обект са заставени да следват специално изготвени закони от БАБХ – Българска агенция по безопасност на храните. Всяка година БАБХ изготвя държавна профилактична програма и списък на заразните болести, които най-често биват наблюдавани при животните, както и национални програми за надзор на определени заразни болести, като министърът на земеделието и храните утвърждава тези програми. Всички заразни болести по животните, които са установени на територията на който и да е стопански обект в държавата задължително се регистрират. Мерките за справяне със заразна болест при появяването ѝ се определят със заповед от изпълнителният директор на агенцията. При особено опасни заразни болести, чието разпространение може да причини значителни икономически загуби, мерките се въвеждат на част от територията или на цялата територия на страната по предложение на изпълнителния директор със заповед на министъра на земеделието и храните, съгласувана с министъра на вътрешните работи. Към областните управители и кметовете на общини се създават постоянно действащи епизоотични комисии за прилагане на мерките по здравеопазване на животните. Друга съществена част от тези закони е и хуманното отношение към самия процес на отглеждане. В задълженията на собственика на животни се включва и незабавното уведомяване на ветеринарния лекар, който обслужва животновъдния обект, за промени в здравословното състояние на животните, за извършено неотложно клане и за умрели животни. Собственикът е длъжен да осигуряват достъп до животновъдния обект и животните на ветеринарния лекар, който ги обслужва и да изгражда и поддържа животновъдния обект в съответствие с ветеринарно-медицинските изисквания. Собствениците и гледачите на животни, както и управителите на животновъдни обекти са длъжни да се грижат за животните и да не ги изоставят, да осигуряват на всяко животно в зависимост от вида, възрастта и породата му място за обитаване и условия, съобразени с нуждите му, необходимото пространство и свобода на движение, достатъчно количество храна и вода. Също така животните трябва да имат свободен достъп до местата за хранене и поене и да им се осигурява редовно профилактично ветеринарномедицинско обслужване и незабавно лечение при заболяване или нараняване. Забранява се нехуманното отношение към животните като например причиняване на болка, уплах, изтезаване и други. Опити с животни могат да бъдат провеждани, единствено когато не е възможно да се приложат никакви алтернативни методи [6, 7]. Тези опити се извършват с цел разработване и производство на безопасни лекарствени продукти за ветеринарната и хуманната медицина, на храни и хранителни добавки или производство на фуражи и фуражни до-



бавки. Опити с животни се извършват в опитни бази на научноизследователските институти или когато обстоятелствата го позволяват в производствени предприятия, лаборатории, средни и висши училища след получаване на разрешение от изпълнителния директор на агенцията. [3, 4]

През последните пет години, в периода от 2016-2021 година, се наблюдават и загуби в сектора, тъй като дори и при стриктното спазване на гореизброените законови правила, възникват ситуации на вируси и бактериологични заболявания при животните. Такива болести са например туберкулоза, чума по дребните преживни животни, трансмисивни спонгиформни енцефалопатии, трихинелоза, салмонелози по птиците, инфлуенца по птиците, нюкясълска болест по птиците, класическа чума по свинете, грипен вирус, син език, шап, бяс, африканска чума по свинете, заразен нодуларен дерматит, шарка по овцете и козите и други. В страната 72% от фермите за животни и птицефермите са изчезнали между 2016 г. и 2019 г. Конкретно тези, в които са се отглеждали овце, са намалели със 77% за същия период, поради възникнали вирусни условия. В периода между 2017 г. и 2020 г. са докладвани и огнища от епидемични инфекциозни болести по животните в областите Бургас, Перник, Благоевград и Видин, със загуби малко над средната стойност за общия брой животни в стопанствата. В края на всяка година през този период правителството изготвя отчет, в който съобщава разликите в количеството на продукцията и коефициента на понесените загуби.

Тенденцията на намаление на броя на стопанствата, отглеждащи селскостопански животни се засилва през 2017 г., главно за сметка на отпадане на част от дребните стопанства. В сравнение с предходната година, животновъдните стопанства, в които се отглеждат говеда, намаляват с 16,9%, а тези с биволи – с 3,1%. Стопанствата, отглеждащи овце и кози са съответно с 14,6% и 22,3% по-малко на годишна база. Драстичен спад е регистриран при стопанствата със свине - със 73,8%. Това се обяснява с мерките за ограничаване на разпространението на заболяването Африканска чума по свинете, довели до временно спиране на дейността по отглеждане на свине не само в част от промишлените ферми, но и в множество на брой дребни стопанства. Към края на 2017 г. при почти всички основни видове селскостопански животни е налице намаление на броя на годишна база, както следва: говеда – с 3%, овце – с 5,1%, кози – с 15,9%, свине – с 24,9%. В същото време, общият брой на биволи се увеличава със 7,1%. През 2018 г. продължава тенденцията на намаляване на едрите преживни животни от месодайно направление, допринасяйки за задълбочаване на кризата в специализацията на производството. Към края на годината броят на месодайните крави, обаче, се увеличава спрямо година по-рано, като бла-

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

гоприятно влияние за този спад оказват прилаганите схеми за обвързано с производството подпомагане в животновъдството.

Табл. 1

Съотношение на стопанствата в България в периода 2017-2020

2017	2018	2019	2020
Свине: 73,8%	Говеда: 3%	Птици: 0,3%	Говеда: 2,4%
Говеда: 16,9%	Кози: 15,9%	Пчели: 10,8	Кози: 3,6%
Биволи: 3,1%	Овце: 5,1%	Свине: + 124,3 бр	Овце: 4,5%

През 2019 г. в страната се отглеждат 15,6 хиляди броя птици – с 0,3% под нивото от предходната година, като увеличението на броя на водоплаващите птици и кокошките и ярките компенсира намалението при пилетата за месо. Общият брой на пчелните семейства намалява с 10,8% спрямо година по-рано, достигайки 867 561 броя. Продължава процесът на окрупняване на стопанствата при всички видове и категории селскостопански животни. Най-значително спада средният брой свине в стопанство, въпреки че като при свинете-майки има увеличение до 124,3 броя. Това се дължи на факта, че намалението на стопанствата със свине е по-значително от това при общия брой на отглежданите в тях животни.

Днес мястото на който и да е отрасъл на промишлеността и селското стопанство се определя от значението на произвежданата продукция за човека. В това отношение, животновъдството има водеща позиция. Като източник на мляко, яйца, месо, мед, то е основен фактор за задоволяване на човешките потребности от пълноценни, незаменими хранителни вещества. Количеството на консумираната продукция от животински произход продължава да бъде критерий за благосъстояние. Животните не са само директен източник на храна. Човекът е сред видовете със сравнително слабо развита храносмилателна система и използва изключително малък брой растителни продукти. Посредством “биологичната лаборатория” - животното, човекът разширява възможностите си за усвояване на по-широк спектър от природни ресурси, а колкото по-голямо е количеството на използваните ресурси, толкова по-висока е приспособимостта на потребителя им. Освен на хранителни продукти, животните са ценен източник на суровини за промишлеността. От овцете, козите, камилите, ламите се получава вълна, от козите и зайците - пух, а от копринената пеперуда - коприна. Независимо от развитието на химическата промишленост и про-

изводството на изкуствени влакна, влакната от животински произход са незаменима суровина за текстилната промишленост. В различни отрасли на промишлеността се използват кожата, жлезите с вътрешна секреция, перата, костите, кръвта, дори плацентата. Няма алтернатива и такива специфични продукти, като пчелното млечице, пчелната отрова, прополис, които се използват широко в медицината. Животните също са и източник на работна сила. През последните десетилетия, в развитите страни, поради високата степен на механизация на производствените процеси, това качество практически не се използва. Бързото изчерпване на природните енергийни източници на Планетата, високите цени на петролните продукти, необходимостта от предприемане на по-драстични мерки за опазване на околната среда и природните богатства, карат човека да преосмисли позицията си и по отношение на използване на животните като теглителна сила. Също така, от животните се получава и оборски тор. Той е предпочитан пред изкуствените торове, защото освен че поддържа плодородието на почвата, подобрява нейната структура, така както и физико-химичните свойства. При органичното производство, оборският тор е единственото средство за торене на почвата.

Животновъдството е важен отрасъл, който въпреки че преминава нередко през икономически и епидемиологични кризи, не трябва да бъде пренебрегван, защото без неговото изрядно функциониране, човешкият живот не би бил възможен. Именно затова е от изключителна важност спазването на всички мерки и закони, поставени от правителството при извършването на стопанска дейност.

Съществуват заболявания, които се появяват при животните и могат да бъдат опасни и за човешкия вид, като това явление би нанесло много по-големи вреди, отколкото би навредил спадът в икономиката, причинен от редуцираната продукция. Има 156 болести, които са общи между хората и животните. Като примери за най-често срещани в световен мащаб могат да бъдат дадени заболяванията антракс, туберкулоза, бруцелоза. Начините тези болести да бъдат предадени от животните към човека са най-различни, директни и индиректни – консумация на заразени продукти от животински произход, допир на заразени животни и т.н. С антракс човек може да заболее чрез досег с кожата, вдишване или поглъщане на спори. По-рядко заболяването става чрез допир до кожата - при обработка на кожи, стригане на вълна. Заразяване от туберкулоза може да се получи при консумиране на млечни продукти и суровини, които са добити от болни животни и не са преминали необходимата термична обработка. При бруцелозата хората могат да се заразят при контакт с болни животни или необработени продукти от тях. Последиците зависят и от болестта, и от начина

на заразяване. Те могат да бъдат много сериозни. Затова винаги се призовават потребителите да консумират само проверени продукти – такива са продуктите в регламентирания обект от търговската мрежа. Именно консумацията на необработени термично продукти, закупени от улицата, може да доведе до сериозни негативни последици за човешкото здраве. [5]

При възникнал случай на бактериологичен вирус, някои стопанства предприемат застраховане на животните, което по мое мнение е правилно взето решение, тъй като е водеща тенденция не само у нас, а и в чужбина и освен това работи и в интерес на самите животни. Застраховат се най-често селскостопански животни като едър рогат добитък - говеда, биволи, еднокопитни животни - магарета, коне, дребни рогати животни - кози, овце, а също и свине, птици, риба, кучета, както и кошери с пчели. Тези типове застраховка обикновено включват смърт или принудително клане - унищожаване на животното поради възникнало бедствие: пожар или друга природна стихия. Застраховането на селскостопанските животни в даден обект предоставя възможността за предварително подсигуриране от непредвидени неприятни ситуации като природни бедствия и зарази. По този начин, даденият животновъден участък получава сигурност и гарантирано обезщетение при случай на настъпила подобна ситуация.

Дори застраховката обаче не е напълно способна да възстанови напълно щетите, които една епидемиологична обстановка може да нанесе на животновъдството.

### **Заклучение**

От изключителна важност е всеки един човек, който работи в тази сфера да познава нейните специфики и методи, за да може процесът на работа да протича безопасно и ползотворно. Работата с животни е често пъти по-задълбочена и сложна от работата с хора, тъй като опознаването на биологичните навици при животните е далеч по-трудно от опознаването на човешките навици, което прави тази дейност и изключително отговорна. Според държавната статистика, по отношение на кадрите на първо място липсват не само изпълнители в производствения процес, но и ръководители. Нужда от добре подготвени специалисти винаги има и то по цялата верига – технолози, зооинженери, ветеринарни лекари. Съществуват университети, чиито завършили студенти са подходящи за специалисти, но има и отразен недостиг на хората, които биват пряко включени в производствения процес. Животновъдството е смятано и за тежък сектор за започване на кариера от повечето млади хора.

Трябва да се наблегне на засиленото размножаване в животновъдните обекти, както и създаването на нови породи. Това би създавало една естествена природна „застраховка“, която би помогнала и в икономически, и в

натурален план за опазването и разрастването на този сектор. Също така, размножаването би смекчило обстоятелствата при поява на бактериологично заболяване, което води до трайни загуби.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Padarev, N.I., The impact of technogenic accidents on the security environment, Security and future, ISSUE 4/2018, Sofia, 2018 pp176-180.
2. Пенин, Р., Природна география на България, Булвест 2000.
3. Кайтазов, Г., Диваров, И., Ганчовски И., Общо животновъдство, Дионис.
4. Енев, И., Иванова Д., Заразни болести по животните - Част 1 и Част 2, Матком.
5. Арсов, Р., Зоонози: Болести общи за животните и човека, Земиздат.
6. Долчинков Н., Мерки за намаляване въздействието на радиоактивното замърсяване при ядрени аварии, Научни трудове на съюза на учените- Пловдив. Серия: Медицина, фармация и дентална медицина, Издателство: Съюз на учените в България- град Пловдив, ISSN: 1311-9427, стр. 147-151;
7. Dolchinkov, N., B. Karaivanova-Dolchinkova, Radiation effect on human and living nature. International scientific journal: Science. Business. Society 5. 2016, ISSN 2367-8380, стр. 59-61.

*Адреси за кореспонденция:*

*студент Мария Георгиева Велкова, НВУ „В. Левски”,  
e-mail: mariarejvn@gmail.com*

## ЕКОЛОГИЧНИ АСПЕКТИ НА БИОГОРИВАТА

Наталия Паскалева, Цветелина Славчева

### ECOLOGICAL ASPECTS OF BIOFUEL

Natalia Paskaleva, Tsvetelina Slavcheva

*Summary:* The report takes stock of the use of carbon-containing fuels at the expense of a clean environment. An analysis of the advantages and disadvantages of using biodiesel and petroleum diesel.

*Keywords:* ecology, bio fuels.

В началото на 21 век системата на международните отношения беше обвързана с периодични и често противоречиви тенденции. Има технологични, екологични и демографски промени, които оказват огромно влияние върху обществените процеси във всяка страна. [2] През последните години въпросът за енергийната сигурност става все по-важен. Има някои опасения като:

- изчерпване на бензин и други изкопаеми горива;
- разчитане на други източници на енергия;
- геополитика (като подкрепа на диктатури, нарастващ тероризъм, „стабилност” на нациите, които доставят енергия);
- енергийните нужди на по-бедните страни и нуждите на развиващите се страни като Китай и Индия;
- обсъждане на икономическата ефективност с населението;
- изменението на климата;
- възобновяеми енергийни източници и други алтернативни източници на енергия;
- енергийната несигурност, съчетана с други глобални проблеми, рискува да доведе до конфликт чрез повтаряне на минали грешки в историята. [3]

Няма съмнение, че замърсяването на околната среда може да причини редица екологични заболявания и да доведе до намаляване на средната продължителност на живота на хората [7]. В този смисъл очакваната продължителност на живота се превръща във важен критерий за сигурност и особено за екологична сигурност. Концепцията за „Сигурност на околната среда“ може да се приложи в много области, като медицина, индустрия и технологии, селско стопанство, услуги, международни отношения и др. [1]

Измененията в климата, екологичните проблеми и най-вече ограничените запаси от петрол, намиращи се под влиянието на няколко страни износителки, от които зависят всички останали, са сред основните предпоставки за търсенето на подходящи екологосъобразни алтернативи. За една от особено перспективните се приема производството на биодизел. Сред причините за това са както добрите му характеристики, като алтернативно дизелово гориво за автомобилния, автобусния транспорт, за селскостопанската техника и като гориво за промишлеността, така и възможността биодизелът да се произвежда от традиционни за региона маслодайни култури като рапица, слънчоглед и други.

Целта на тази разработка е да се направи анализ на преимуществата в използването на биогорива в екологичен аспект.

Биодизелът е биогориво създадено с цел намаляване на парниковите газове, което е една алтернатива за потребителите на дизелово гориво. Биодизелът е не само устойчив, той е по-екологична и по-чиста опция за изгаряне, която може да се използва в дизелови двигатели без модификация. Биодизелът намалява емисиите на парникови газове с 56 % до 86 %, което означава, че използването на биодизел вече е намалило 75,5 милиона метрични тона въглеродно замърсяване. Биодизелът също е нетоксичен и биоразградим. Използването на биодизел намалява праховите частици с 47 %, намалява въглеводородните емисии с до 67 % и понижава смога. Производството на биодизел, вместо петролен дизел, намалява отпадъчните води със 79 % и опасните отпадъци с 96 %. Биодизелът прави всичко това, като същевременно осигурява най-високия енергиен баланс от всяко гориво в Света. [4, 5]

Основните критерии за технологичен приоритет при производството на биодизел, биоетанол и биогаз са химическата, биотехнологичната, техническата и икономическата ефективност при минимален разход на енергия. За много технологични проекти са разработени автономни системи, осигуряващи необходимата топло- и електроенергия, ползващи напълно възобновяеми енергийни източници. Инсталациите са конструирани, окомплектовани и имат за цел минимизирането на разходите на енергия и себестойността на произвежданите горива.

Най-често срещаните технологии за производство на биодизел са: студено пресоване, блендинг, престерификация, пиролиза. Чрез студено пресоване на рапични семена се получава директно рапично олио. Остатъкът може да се пелетизира и използва като гориво или за фураж. Това е най-опростената технология, но за да се получи печалба един двигател с рапично олио трябва по изчисления да работи над 5300 часа годишно. Биодизелът се произвежда от органични масла чрез химическа реакция с алкохол (етанол или метанол) в присъствието на катализатор. Получават се, съответно, етилови или метилови естери. Добивът на алкохолните естери (100 % биодизел) се увеличава, когато реакцията протича при излишък на алкохол и се ускорява при повишаване на температурата. Този процес се нарича преестерификация или трансестерификация на мазнините. Чрез тази технология биодизел може да се добие и от соево, палмово, рапично, слънчогледово, царевично масло, отпадни кухнененски мазнини. При преестерификацията се получава и глицерин. Мазнините сами по себе си са по същество въглеродороди (подобно на петродизела) и могат, след известна преработка, да се смесват с него и да се използват като гориво в повечето дизелови двигатели без никакво преустройство. Преработката на мазнините и смесването им с петролен дизел се нарича блендинг. Пиролизата е процес на получаване на течни и газообразни горива от органични вещества при температури 500°C -800 °C при силен кислороден дефицит. Чрез пиролиза може да се получи биодизел от талаш и други дървесни отпадъци, микро-водорасли, селскостопански растителни остатъци. Остатъкът от процеса е активен въглен, който също може да се оползотвори. Каталитичното производство на биодизел от отпадъци е един ефективен, евтин и екологичен метод, работи с различни видове суровини [6].

Биодизелът в България.

В световната практика биодизелът е познат и от десетина години промишлено реализиран и предлаган на пазара. Счита се, че това е един от вариантите за намаляване на зависимостта на страните бедни или без добив на нефт и газ от страните с богати природни ресурси. Европейският съюз е оценил реално неговото значение и е приел Директива – 2003/30/ЕС, задължаваща всички страни членки към 31.12.2010 г. 5.75 % от продаваните дизелови горива да са биодизел. Качеството му по показатели, стойностите и методите за изпитване са регламентирани в Европейски стандарт EN 14214, който действа и е задължителен и у нас.

Изхождайки от потреблението на дизелово гориво у нас, към 2010 година трябва да произвеждаме и употребяваме най-малко 145 хил. тона биодизел годишно. Това ще намали вноса на нефт най-малко с 300 хил. тона, на стойност минимум 160 милиона долара годишно. И от възможността



да се произвежда биогориво например от маслодайния “бурен” – рапица. Пустеещите неособено плодородни земи и наличието на неквалифицирана работна ръка у нас са благоприятни условия за облекчаване на финансови и социално-етнически проблеми.

Все повече фермери масово се ориентират към производство на рапица. През следващите години отглежданите площи с рапица в България ще се увеличат до 30 хил. хектара, което е малко повече от сегашното ниво - 23 хил. хектара. Добивите на маслодайната култура ще са в рамките на 57 хил. тона.

В съвременното екологично растениевъдство опазването на почвите от замърсяване е от първостепенно значение за покриване на изискванията за биологично земеделие (Organic Farming). При биологичното земеделие и животновъдство селскостопанският транспорт и механизация задължително следва да използват 100% органични горива (биодизел, биоетанол, биогаз), които не замърсяват почвата, повърхностните води и въздуха и по този начин се гарантира екологичното чисто производство. [6, 7, 8]

В България биодизелът се продава под техническа спецификация в ТС-0301. Произвежданият у нас биодизел отговаря на Европейския стандарт EN 14214. Директивата на ЕС 30 от 2003 г. ни задължава рязко да увеличим екогоривата, за сметка на петролните деривати. В това отношение биодизелът (и на второ място етанолът) ще заместват все по-голяма част от петрогоривата. За целта:

- растителни мазнини (получени от рапица, соя, слънчоглед и др.), могат да бъдат преработени и използвани като заместител на дизеловото гориво по два начина: смес на конвенционален дизел и чист биодизел;

- захарно цвекло, зърнените култури и други растения, които могат да бъдат подложени на ферментация за производство на алкохол (биоетанол) и да бъдат използвани като добавка към бензина, като гориво в чист вид или като добавка към бензина след преработка с помощта на изобутен (субпродукт на рафинирането). Бъдещето развитие ще позволи да се произвежда биоетанол от дървесина и слама /целулоза и да е също толкова конкурентоспособен;

- органичните отпадъци могат да бъдат трансформирани в енергия и използвани като автомобилни горива: отработени мазнини за биодизел, животински тор и органични домакински отпадъци за биогаз и растителни отпадъци за биоетанол. Количествата са ограничени в най-голямата част от случаите, но суровините са безплатни и проблемите, свързани с управлението на отпадъци ще намалее;

- по отношение на наукотехническия прогрес другите течни и газообразни биогорива, произведени чрез термохимично обработване на би-

омасата, като диметилестер, биометанол, биомазнини (пиролизни масла), както и синтетични водородни горива, могат средносрочно да станат конкурентоспособни.

Биогориво се произвежда в Брусарци, Монтанско. Пилотната инсталация има капацитет от 300 тона на месец или 3-4 хил. тона годишно. За суровина се използват всички растителни мазнини – маслото от рапица, палмово масло, соево масло, вторични мазнини.

Над 26 тона биодизел е произведен в България от употребявани мазнини от фритюрници и растителни масла в кратък срок.

#### **Предимства и недостатъци на биодизела.**

Биодизелът е екологично чисто гориво, допринасящо за намаляване на парниковия ефект. Качествените му показатели са измерими с тези на минералния дизел. Подходящ е за самостоятелна употреба или като добавка към дизеловото гориво. Поради по-високата му пламна температура се счита за по-безопасен за съхранение от нефтеният дизел. Твърди се, че оказва благоприятно въздействие върху двигателите и удължава живота им. Като недостатъци на биодизела се посочват невъзможността да се използва чист биодизел при отрицателни температури, отделянето на големи количества азотни окиси, необходимостта от честа замяна на горивните филтри на двигателя, както и замяна на всички гумени материали, влизащи в контакт с биодизела, с метални или от силиконов каучук и други.

Биодизелът придоби популярност през годините, защото предлага някои предимства пред петролния дизел. Някои от причините да обмислите избора на биодизел пред петродизел включват:

- Възобновяемост. Изкопаемите горива, включително петродизелът, са невъзобновяеми ресурси, тъй като са продукт на естествени процеси, които са отнели милиони години. За разлика от тях, биодизелът е възобновяемо гориво, тъй като можем непрекъснато да произвеждаме повече растения като царевица и соя, необходими за създаването му. Тогава биодизелът е по-устойчива опция, която може да стане по-важна, когато изкопаемите горива са в недостиг. Дори сега биогоривата могат да помогнат за намаляване на зависимостта ни от вносни горива.

- Намалено замърсяване. Друго от ползите за околната среда на биодизела е способността му да намалява емисиите от ауспуха на превозното средство. В сравнение с дизела, двигател, изгарящ биодизел, ще отдели по-малко замърсители, включително въглеродороди, въглероден окис и прахови частици. Докато емисиите на въглероден диоксид са подобни на петролния дизел, при биодизела тези емисии се компенсират от въглеродния диоксид, абсорбиран от отглеждащи растения като соя в производст-

вения процес [8]. Като се вземе предвид целият жизнен цикъл, чистият биодизел намалява емисиите на въглероден диоксид със 74% в сравнение с петродизела.

- Превъзходна производителност. Биодизелът предлага превъзходна производителност в сравнение с петродизела, тъй като има по-висок цетанов рейтинг и добавена смазваща сила. Превъзходният цетанов рейтинг на биодизела означава по-лесно стартиране на двигателя. По-високото смазване означава по-малко износване на вашия двигател с течение на времето. Дори когато само малко количество биодизел се смеси с петродизел, това може да увеличи смазочната способност на горивото.

- Безопасност. Когато се използва правилно във вашия двигател, дизелът и биодизелът са напълно безопасни. Ако се разлее или изхвърли по друг начин в околната среда, има голяма разлика между двете. Чистият биодизел няма да причини почти толкова щети, колкото дизелът на петролна основа в тези случаи. Биогоривото е далеч по-малко запалимо с точка на възпламеняване над 130 °C (266 °F), в сравнение с 52 °C (125,6 °F) за петролния дизел. Тогава биодизелът е по-безопасен за съхранение и работа.

### Заклучение

С развитието на науката и напредване на технологиите можем да говорим за методи и процеси, при които да се получават високо качествени продукти при възможно най-малки капиталовложения и разходи на суровини, енергия, труд и време. Същевременно се прибавя и изискването за комплексно използване на суровините и енергията тоест създаване на безотпадни технологии. Безотпадната технология е метод за преработване, при който всички суровини и цялата енергия се използват най-рационално, като при това не се въздейства съществено върху околната среда и не се нарушава нормалното ѝ съществуване. Като пример за осъвременяване на технологията за производство на алтернативно гориво е биодизелът. Въпреки недостатъците, които биодизелът има той е направената крачка към едно биосъобразно бъдеще.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Padarev, N.I., Analysis of the Relation Between Climate Changes and Security Area, International Conference Knowledge-Based Organization, Vol. XXIV. Conference proceedings 3, Applied technical Sciences and Military Technologies, Sibiu, Rom., 2018, pp 169-173, ISSN 1843-682X, ISBN 978-973-153-329-2.

2. Padarev, N.I., The impact of technogenic accidents on the security environment, Security and future, ISSUE 4/2018, Sofia, 2018 pp176-180, pub. Scientific technical union of mechanical engineering – Industry 4.0 Bulgaria, ISSN PRINT 2535-0668.

3. Padarev, N.I., Analysis of the Relationship Between Energy Dependence and National Security, Security and future, ISSUE 1/2018, Sofia, 2018, pp 29 – 32, pub. Scientific technical union of mechanical engineering – Industry 4.0 Bulgaria, ISSN PRINT 2535-0668.

4. [https://obuch.info/biodizelt-v-blgariya-i-evropa.html?fbclid=IwAR0-ss3L4SA1BL3vu3srewia1J1VkWug\\_IhCAhNNyDcNHRTaxa7hBFF\\_uSI](https://obuch.info/biodizelt-v-blgariya-i-evropa.html?fbclid=IwAR0-ss3L4SA1BL3vu3srewia1J1VkWug_IhCAhNNyDcNHRTaxa7hBFF_uSI)  
[10.05.2021]

5. [https://www.hielscher.com/bg/biodiesel\\_transesterification\\_01.htm](https://www.hielscher.com/bg/biodiesel_transesterification_01.htm)  
[10.05.2021]

6. <https://www.energy-review.bg/bg/proizvodstvo-na-biodizel/2/59/>  
[10.05.2021]

7. Dolchinkov N. T., Subrakova L. K., Ozerova N. V., Separate collection systems for packaging waste in Bulgaria, International Conference “Process Management and Scientific Developments”, Birmingham, United Kingdom, February 6, 2020, p. 109-116, ISBN 978-5-905695-83-4,

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

*АДРЕСИ ЗА КОРЕСПОНДЕНЦИЯ:*

*студент Наталия Веселинова Паскалева, НВУ „В. Левски”,  
e-mail: natalia\_paskaleva@abv.bg*

*студент Цветелина Николаева Славчева, НВУ „В. Левски”,  
mina\_1980@abv.bg*

**ЦВЕТНО ЛАЗЕРНО МАРКИРАНЕ: ПОВТОРЯЕМОСТ,  
СТАБИЛНОСТ И УСТОЙЧИВОСТ НА МЕХАНИЧНИ,  
ХИМИЧНИ И ЕКОЛОГИЧНИ ВЪЗДЕЙСТВИЯ**

**Теодор Петров, Георги Петров, Кристиан Толев,  
Емануил Димитров**

**COLOR LASER MARKING: REPEATABILITY,  
STABILITY AND RESISTANCE TO MECHANICAL,  
CHEMICAL AND ENVIRONMENTAL IMPACTS**

**Teodor Petrov, Georgi Petrov, Christian Tolev, Emanuil  
Dimitrov**

***Abstract:** This article examines the use of technology for color laser marking of stainless steel in industrial production in terms of repeatability and stability of the produced color markings. Color laser marking has remarkable advantages over conventional metal staining methods; however, in order for this technology to be applied in industry, the reliability, stability and quality of the markings obtained must be approved. For this purpose, a color palette AISI 304 was developed, consisting of fifteen colors. The dependence of the obtained colors on the different parameters of the laser processing is analyzed. The obtained colors were then tested using optical, scanning electron and atomic force microscopy, and the configuration of the oxide films was determined by Raman spectroscopy. The resulting colors have the appropriate uniformity, brightness and cover almost all spectral areas. A test for color standardization and palette repeatability was also performed by estimating the reflection spectra of the formed colors. The color palette demonstrates high repeatability for all colors except one specific color. In addition, the stability of color markings with respect to environmental, mechanical and chemical resistance was studied. The obtained colors show high resistance to most environmental conditions; however, exposure to very high temperatures and extreme humidity (100 ° C, 90%) and to low temperatures and extreme humidity (-40 ° C, 90%) results in a deterioration in the quality of several colors. The color marks show high hardness and excellent mechanical resistance to external influences and exceptional resistance to various chemicals, with the exception of acid solutions and salts.*

***Key words:** laser, marking, color marking, power, speed*

Маркировката на различните материали е съществена част от производствения цикъл, която предоставя необходимата информация за продукта и служи като маркетингов инструмент за привличане на вниманието на потребителите към определен продукт. Въпреки че върху продуктите се нанасят различни видове маркировки, по-желани са постоянните маркировки. За създаване на постоянна маркировка могат да се използват различни техники, включително врязване, електрохимично гравирание, гравирание, точково гравирание и лазерно маркиране. В днешно време лазерното маркиране се използва широко в различни участъци на производствената линия за разнообразни приложения за създаване на висококачествени вечни белези. Методът на лазерно маркиране е ефективен, безконтактен и се прилага както за метални, така и за неметални повърхности. Освен това той не изисква допълнителни добавки или разтворители и не произвежда отпадъци; по този начин е устойчив за околната среда. Освен това оцветяването на повърхността с лазер е възможно с помощта на технологията за цветно лазерно маркиране, която е във фокуса на настоящата статия. Цветното лазерно маркиране е известно от дълго време, така че са проведени много изследвания за използването на различни видове лазерни източници, влиянието на условията на околната среда върху резултатите и анализа на физичните и химичните свойства на повърхностите преди и след лазерна обработка. Техника за лазерно маркиране на субстрати като керамика, стъкло, пластмаса и метал е предложена от Акстел [4]. В лабораторията на китайския учен Ли се получи цялостна представа за процеса на образуване на оксиди при взаимодействието на ултравиолетов лазерен лъч с неръждаема стомана във въздуха [5]. Моделирането на оцветяване на повърхности от неръждаема стомана с цветни пиксели чрез нагриване на повърхността с помощта на лазер е извършено от Лехмучеро в неговата лаборатория. [6]. Дусер и неговия екип демонстрираха постигането на модификации на материалите с помощта на свръхбързи лазерни импулси чрез създаване на структури, зависещи от поляризацията, които могат да създават специфични цветови дизайни [7]. Технологията за цветно лазерно маркиране за оцветяване на метали също е изследвана в изследователския център на Горни. [10]. Известният учен Виско и неговия екип изследван метод за оцветяване на метални повърхности, при който с наносекундни лазерни импулси се формират периодични структури с малък мащаб [6]. Лю и екипът му изследва последните разработки на лазерни технологии за оцветяване на повърхности и три специфични физични механизма за генериране на цвят, които са тънкослойният ефект на окисление на повърхността, лазерно индуцираните периодични повърхностни структури (LIPSSs) и лазерно

индуцираните наночастици и наноструктури [7].

При технологията за цветно лазерно маркиране достигането на определена температура на материала води до образуването на тънък оксиден филм върху металната повърхност, който се наблюдава поради отразяването на светлинните смущения от оксидното покритие. Могат да се формират различни цветове в зависимост от дебелината на филма и чрез манипулиране на параметрите на лазерния процес, като температура на нагряване и продължителност на импулса [8]. Тази технология се използва за различни окисляеми метали като титан, месинг, мед и различни видове легирана стомана. Въпреки че за целите на оцветяването и маркирането могат да се използват различни видове лазери, като UV, CO<sub>2</sub> или твърдотелни, най-предпочитаният е импулсният влакнест лазер, който има значителни предимства пред обичайните техники за оцветяване на метали и други лазерни технологии. Благодарение на високата гъвкавост на параметрите на обработка, тези лазери могат да се прилагат лесно в производствена линия. Те са икономични в сравнение с лазерите с ултракъси импулси, удобни са за използване и осигуряват лазерен лъч с високо качество и стабилност при кратка продължителност на импулса [9].

Влакнестите лазери трансформират различни традиционни процеси в промишлеността - от рязане, заваряване и изписване до маркиране [1]. Бързото развитие на влакнестите лазери продължава да печели пазарен дял в приложенията за обработка на материали. Съвременните производители се интересуват от използването на фибролазерната технология като надеждна техника за правене на знаци върху техните продукти. Има многобройни изследвания относно използването на влакнести лазери за целите на оцветяването. Отглеждането на интерферентни оксидни филми върху повърхността на неръждаема стомана 304L е демонстрирано от екипа на Адамс. Анализът на свойствата на създадения оксиден филм е разгледан от няколко екипа независимо един от друг. Влиянието на газовата среда върху състава и цвета на модифицираната с наносекунден лазер повърхност е демонстрирано от Luo et al. Въпреки това някои теми изискват допълнителни проучвания, за да се убеди индустрията да прилага технологията за цветно лазерно маркиране в широк диапазон. Например повторемостта, надеждността и устойчивостта на цветните знаци трябва да отговарят на изискванията на промишлените приложения при използването на тази технология. От решаващо значение е да се гарантира, че маркировките с едно и също качество могат да бъдат генерирани в серийно производство и да бъдат стабилни при различни екологични, механични и химични условия [3]. Целта на тази статия е да се проучи прилагането на технологията за цветно лазерно маркиране в

промишлеността и ограниченията на нейното използване. Демонстрирана е зависимостта на получените цветове от различните параметри на лазерната обработка и са анализирани свойствата на получените структури. Също така повторемостта на цветовата палитра се потвърждава чрез измерване на спектрите на отражение на всички цветове. Освен това се изследва твърдостта на цветните метални структури, получени чрез технологията за цветно лазерно маркиране, и тяхната устойчивост на различни условия на околната среда и химически разтвори[2].

#### **Материали и методи**

**Настройка и параметри на лазерната процедура** Неръждаемата стомана съдържа хром в състава си, който осигурява химическа стабилност и голяма топлоустойчивост на сплавта и я прави подходяща за използване в лазерния процес. В това изследване се използват плочи от неръждаема стомана AISI 304 с дебелина 2 mm и начално ниво на грапавост  $R_z = 8,42 \mu\text{m}$ , отражателна способност  $R(\lambda=1,06 \mu\text{m}) = 0.75$ , топлинна дифузия  $a = 3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , топлопроводност  $k = 37 \text{ W/mK}$ , температура на топене = 1800 °C и температура на кипене = 3145 °C. На първоначалния етап повърхностите бяха почистени с ацетон, за да се избегнат всякакви замърсявания или петна. Като източник на лазерно лъчение с дължина на вълната  $1055 < \lambda < 1075 \text{ nm}$ , генериращо импулси с продължителност 4 секунди, е избран лазер от итербиево влакно с наносекундни импулси, доставен от IPG Photonics Corporation  $< \tau < 200 \text{ ns}$  при честота на повторение  $1,6 < f < 1000 \text{ kHz}$ . Конфигурацията на системата за лазерна обработка, разработена за целите на разчертаването и маркирането, е представена на фиг. 1 и се състои от 1) Наносекунден влакнест лазер IPG Photonics, 2) прехвърляне на оптични влакна, 3) сканираща система SCANLAB, 4) обектив 100 mm, 5) Линейно задвижване Neff-Wiesel за вертикално движение, 6) XY координатен етап, 7) Сервозадвижвания ACD на Kollmorgen.

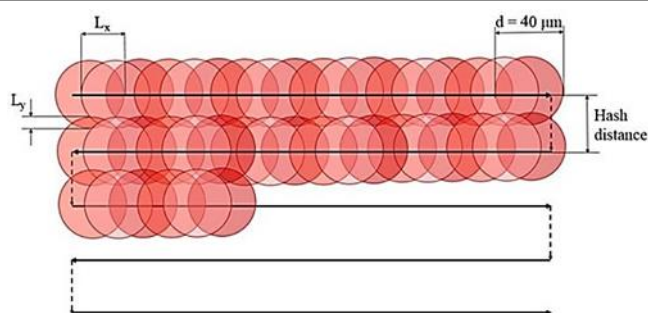




Фигура 1: Конфигурацията на системата за лазерна обработка

Fiber пулсиран ytterbium лазер излъчва и е бил хранен в колимираща система чрез оптично влакно, за да се образува паралелен лъч изход. Система за сканиране на галванометър с двойна ос (hurrySCAN II 14 цифрова сканираща глава от SCANLAB corp. ) е бил инсталиран, за да се движи по осите X и Y. За фокусиране на лазерното лъчение върху повърхността на стоманена плоча е използвана фокусираща леща с фокусно разстояние 100 мм [11, 12]. Допълнителни хоризонтални движения и вертикални движения могат да се извършват с помощта на многоосиален линеен моторен координатен етап, който позволява удължаване на работното пространство до 250×250 мм. Лазерните радиационни параметри и скоростта на сканиране могат да се променят с помощта на разработения labVIEW код. Също така, всички вертикални и хоризонтални движения могат да бъдат управлявани чрез същия код.

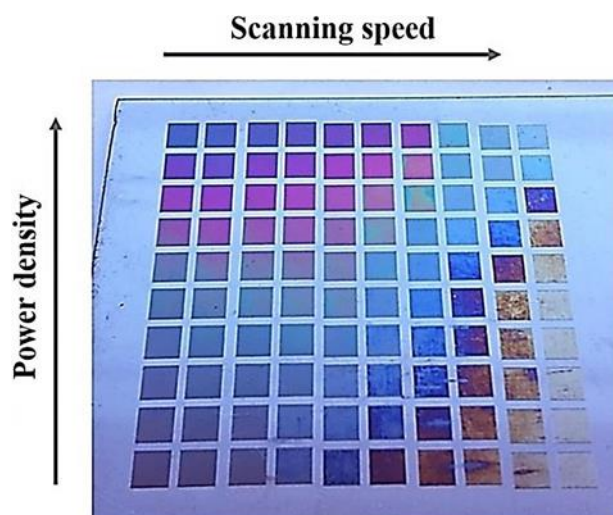
Фокусиран лазерен лъч с диаметър  $d_0$ , който се движи със скорост  $V_{sc}$  и скорост на импулсно повторение  $f$  irradiates проба повърхност по линия (фиг. 2). Когато една линия на сканиране е завършена с припокриване, лазерният лъч продължава по оста Y по следващата линия с припокриване  $L_y(\%)$ , характеризиращо се с разстоянието между люковете  $H$ , където  $P$  е мощността на лазера, а  $d_0$  е диаметърът на петното. Лазер с диаметърът на лъча е необходим за изчисляване на плътността на мощността на лазерното излъчване. В това изследване диаметърът на лазерния лъч е 40  $\mu\text{m}$ .



Фигура 2 Фокусиран лазерен лъч

### Разработване на цетова палитра

Процесът на цветно лазерно маркиране включва последователно топене и втвърдяване на материала, което води до окисляване и нитридиране на повърхността на материала. Крайната повърхност и образуването на оксиден филм са резултат от многократна работа с импулсен лазер, който варира в зависимост от топлината на лазера и стойността на припокриване на лазерните импулси [13]. Резултатът от релефа и цвета на повърхността се влияе от почти всички параметри на лазерния източник. В това изследване се изследва зависимостта на получените цветове от скоростта на сканиране, мощността на лазера, продължителността на импулса и честотата на лазерните импулси. Изследването на зависимостта на получения цвят от релефа на повърхността не е цел на това проучване.



Фигура 3: Зависимост на получените цветове от мощността и скоростта

Резултатът показва, че с увеличаване на мощността цветовете не се променят значително и само параметричният прозорец се премества към по-високи стойности на скоростта на сканиране за всеки цвят. Като се има

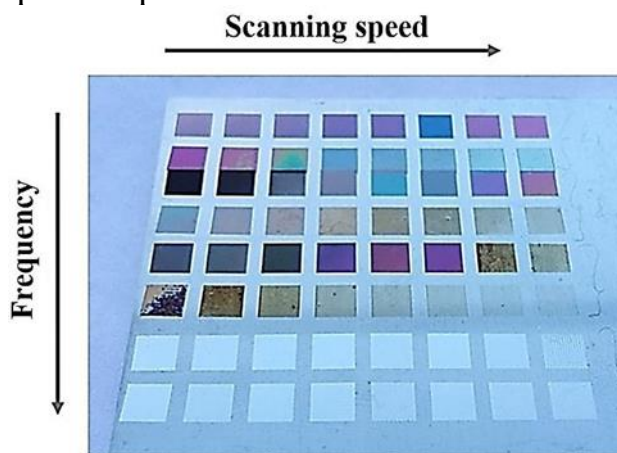
предвид, че по-голяма производителност може да се получи при по-високи интензитети, на следващия етап беше изследвана зависимостта на цвета от скоростта на сканиране с налична максимална постоянна мощност 20 W при същите параметри на честотата, разстоянието между люковете и продължителността на импулса. Първоначално скоростта на сканиране беше променена от 450 на 850 mm/s със стъпка от 10 mm/s, а след това - от 50 на 150 mm /s със същата стъпка. Резултатите са представени на фиг. 4.



Фигура 4: Получаване на цветна палитра при различни скорости

Както е показано на фиг. 4, при ниска скорост на сканиране се появяват само тъмносиви цветове, докато с увеличаване на скоростта на сканиране цветовете варират в следната последователност: тъмнозелено, тъмновиолетово, виненочервено, оранжево, светлозелено, златисто и светлосиньо.

За да се изследва зависимостта на цветовете от честотата на лазерните импулси, експериментът беше проведен с  $I_0=1,6-108 \text{ W/cm}^2$ ,  $\tau=100 \text{ ns}$ ,  $H=0,01 \text{ mm}$ ,  $V_{sc}=450-1200 \text{ mm /s}$  със стъпка 50 mm/s и променяща се честота, която се променя отгоре надолу на всеки две линии, съответно 100, 200, 500 и 1000 kHz. Фиг. 5 показва зависимостта на цвета от скоростта на сканиране за различни честоти.



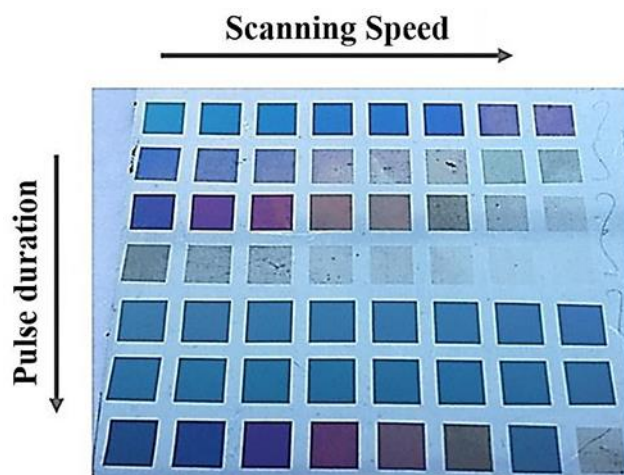
Фигура 5. Зависимостта на произвеждания цвят от скоростта на сканиране за различни честоти

На фигура 5 е показана зависимостта на произвеждания цвят от скоростта на сканиране за различни честоти ( $I_0 = 1.6 \cdot 10^8 \text{ W/cm}^2$ ,  $\tau = 100 \text{ ns}$ ,  $H = 0,01 \text{ mm}$ ,  $V_{sc} = 450-1200 \text{ mm/s}$ ,  $f = 100 \text{ kHz}$ : редове No 1,2;  $f = 200 \text{ kHz}$ : линии No 3,4;  $f = 500 \text{ kHz}$ : линии No 5,6;  $f = 1000 \text{ kHz}$ : линии No 7,8).

Резултатът от теста разкри, че специфични цветове като светло розово, аквамарин или ярко лилаво може да се получат с по-високи честотни режими. При  $f = 1000 \text{ kHz}$  се образуват само сребърни цветове за цялата гама от скорост на сканиране; оттук параметричният цветен прозорец не можа да бъде произведен в споменатата честота, въпреки че може да бъде усвоен в окончателна палитра за производство на бял или сребърен цвят поради бързия си- произвеждащ скорост.

Експериментът за изследване на зависимостта на цветовете от продължителността на импулса беше проведен с две различни плътности на мощността  $I_0 = 0,8-10^7$  и  $I_0 = 1,6-10^7 \text{ W/cm}^2$  и две различни продължителности на импулса  $\tau = 4$  и  $\tau = 8 \text{ ns}$  със скорост на сканиране  $V_{sc} = 50-200 \text{ mm/s}$  със стъпка  $10 \text{ mm/s}$  и  $H = 0,01 \text{ mm}$ . Резултатът от теста е показан на фиг. 6.

На фигура 6 е показана зависимостта на произвеждания цвят от скоростта на сканиране за различните продължителности на импулсите ( $V_{sc} = 50-200 \text{ mm/s}$ ,  $H = 0,01 \text{ mm}$ ,  $f = 60 \text{ kHz}$ , линии № 1,2:  $\tau = 4 \text{ ns}$ ,  $I_0 = 0,8-10^8 \text{ W/cm}^2$ ; линии № 3,4:  $\tau = 4 \text{ ns}$ ,  $I_0 = 1.6 - 10^8 \text{ W/cm}^2$ ; линии № 5,6:  $\tau = 8 \text{ ns}$ ,  $I_0 = 0,8-10^7 \text{ W/cm}^2$ ; линия № 7:  $\tau = 8 \text{ ns}$ ,  $I_0 = 1,6 - 10^8 \text{ W/cm}^2$ ).



Фигура 6. Зависимостта на произвеждания цвят от скоростта на сканиране за различните продължителности на импулсите

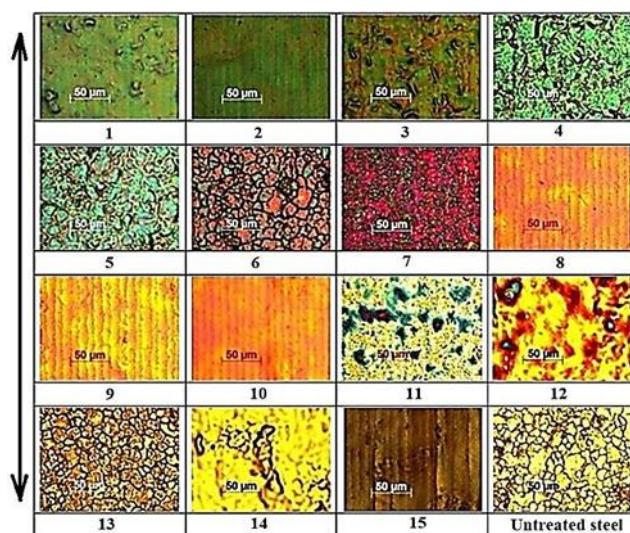
Както се вижда от фиг. 6, продължителността на импулса оказва значително влияние върху цвета. Последователността на цветовете,

нюансите и грапавостта на повърхността под цвета са различни при по-кратка и по-дълга продължителност на импулса. За по-дълъг импулс с продължителност ( $t=20$  ns), визуално цветовете са стъкловидни, а материалът под тях е по-гладък в сравнение с импулсите с по-кратка продължителност. За разлика от това, при по-кратки импулси параметричният прозорец се прехвърля към скоростта на сканиране с пониски стойности, което намалява ефективността на маркиране.

Почти същата зависимост на цветовете се наблюдава при продължителност на импулса 4 ns и 8 ns; при продължителност на импулса 8 ns обаче скоростта на сканиране е по-висока и получените цветове са по-последователни. Въз основа на извършения анализ бяха избрани броят на импулсите на петно ( $N_x$ ,  $N_y$ ) и плътността на мощността ( $I_0$ ), за да се разработи цвятова палитра с петнадесет различни нюанса за неръждаема стомана AISI 304

#### Анализ на получените структури

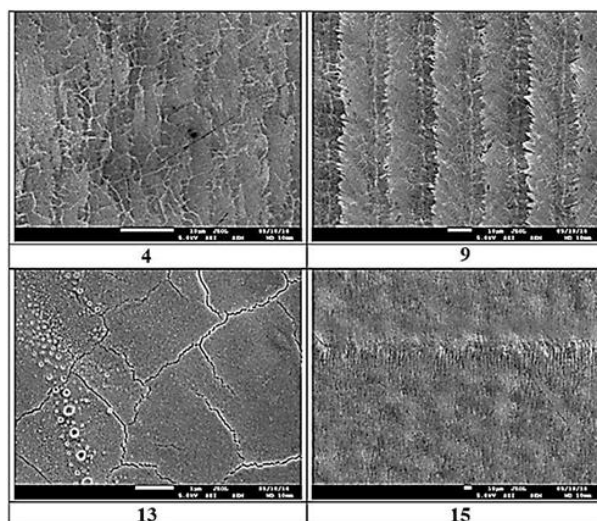
Оптичната микроскопия беше използвана за преглед на микроструктурата на проявените цветове и за анализ на структурата на оксидния филм на цвятовата палитра. Микроизображенията на всеки произведен цвят и на необработената повърхност са показани на фиг. 7.



Фигура 7. Микро изображения на цвятовата палитра за неръждаема стомана AISI 304.

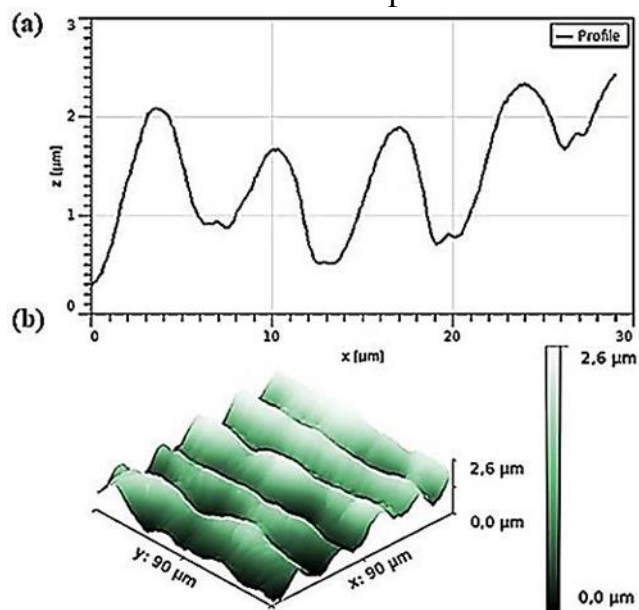
Оценката на микроизображенията показва, че създадените цветни образци с голямо припокриване, т. е. с големи стойности на  $N_x$  и  $N_y$ , са съставени от отделни области с различни цветове. Освен това структурата на оксидния филм ще бъде различна в зависимост от режима на

припокриване и лазерна обработка. Някои образци, включително образци № 8-10, 15, имат силно изразена бар микроструктура, докато образци № 11, 12, 14 имат неправилна микроструктура, а образци № 6 и 7 имат зърнеста структура. За по-детайлно изследване на структурите се използва сканираща електронна микроскопия (SEM) изображения от някои образци са направени с напрежение на ускоряване на електронния лъч 5kV (фиг. 8).



Фигура 8. SEM изображения на пробите.

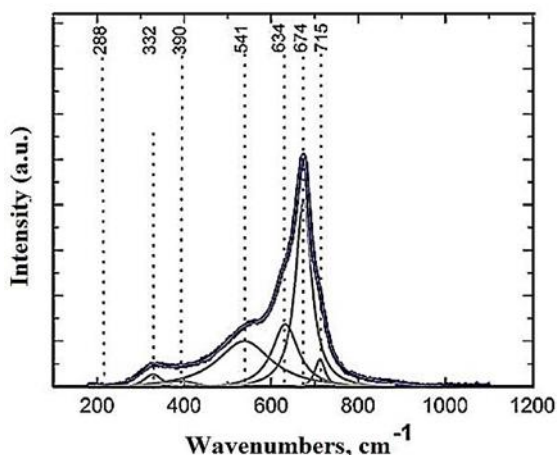
Структурите бяха изследвани и чрез атомно-силова микроскопия (АСМ), работеща в контактен режим. Профилът на повърхността на образец № 9 и 3D равнината са показани на фиг. 9.



Фигура 9: Профил на изследвания материал

Всъщност пробата има периодично повтарящ се релеф, който съответства на геометрията на сканиране. Максималната и средната височина на грапавостта са съответно почти 2,6 и 1,5  $\mu\text{m}$ , което е доста малко в сравнение с грапавостта на повърхността на материала ( $R_z = 8,42 \mu\text{m}$ ).

За определяне на химичния състав на получените проби в това изследване е използван методът на Рамановото разсейване [16]. За анализа на Рамановото разсейване беше използван твърдотелен лазер. Той инициира разсейване на повърхността на проба № 9 с дължина на вълната 532 nm и изходна мощност 1 mW (фиг. 10). Към графиката е приложена функцията за напасване на Лоренц, за да се характеризира точно позицията на пиковете. Седем Лоренцови върха при 288, 332, 390, 541, 634, 674 и 715  $\text{cm}^{-1}$ .  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  има собствени фононни режими, които съвпадат с 541, 634, 674  $\text{cm}^{-1}$ ; следователно това означава наличие на  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  в произведените филми. Пиковете при 288, 332, 390 и 715  $\text{cm}^{-1}$  са свързани със съществуването на магхемит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) или богата на магхемит област, която може да съществува поради оксидния филм в допълнение към необработената стомана.



Фигура 10: Зависимост на интензитета от разстоянието

### Заклучение:

Повърхностното лазерно цветно маркиране привлича голямо внимание както в научните, така и в промишлените среди поради възможността за производство на висококачествени маркировки, състоящи се от няколко цвята, в един и същи производствен цикъл, без да се използват допълнителни багрила или химикали. В представения документ подробно се разглежда потенциалът за използване на технологията за цветно лазерно маркиране в промишленото производство. Свойствата на получените покрития се тестват, за да се гарантира повтораемост на

цветовете и устойчивост на износване при механични, химични и екологични условия.

Системата за лазерна обработка, разработена за целите на тази изследователска работа, се основава на наносекунден итербиев влакнест лазер върху многоосна платформа за детайла и възможност за вертикално движение на лазерната сканираща глава. В предварителната фаза системата за сканиране беше калибрирана и бяха определени спецификациите на лазерния лъч във фокусната точка. За да се намери подходящата стойност на плътността на мощността, се измерва разпределението на лазерното петно върху повърхността. Изследвана е зависимостта на получените цветове от параметрите на лазерната обработка, включително скоростта на сканиране, продължителността на импулса, мощността на излъчване и честотата на повторение на импулсите. Въз основа на извършения анализ са разработени двадесет цветни палитри от неръждаема стомана AISI 304. Всяка проба се състои от 15 квадратчета с различни цветове и размери 8×8 mm. Получените оксидни филми бяха изследвани с помощта на оптична микроскопия и сканиращ електронен микроскоп (SEM). Топологията на повърхността е установена с помощта на атомно-силова микроскопия (AFM). За да се оцени структурата на получените оксидни филми, беше извършена спектроскопия на Раманово разсейване. Анализът на пиковите показва, че са създадени четири вида оксидни състави в съответствие с параметрите на лазерната обработка. Филмът се състои от два основни компонента: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, които са в съответствие с данните, получени преди това от други изследователи. Стандартизацията на цветовете е извършена въз основа на стандарта на Международната комисия по осветление. Бяха изчислени светлинните координати в цветовото пространство CIE RGB и бяха получени спектри на отражение от всеки цвят с помощта на спектрофотометрични измервания. Резултатите потвърждават, че създадените цветове имат подходяща последователност, яркост и покриват приблизително всички спектрални области. Повторяемостта на получените цветове е доказана чрез изчисляване на стойността на делта E. Като цяло цветовата палитра потвърждава изключителна повторяемост, въпреки че се препоръчва един конкретен цвят да бъде заменен, тъй като не отговаря на минималното изискване за delta.

### **Ползвана литература:**

1. Долчинков Н., Лазерът – създаване, развитие и перспективи, Годишна научна конференция на НБУ „Васил Левски” – 27-28 юни 2019 г. ISSN 2367-7481 стр. 456-465



2. Долчинков Н., Развитие лазерных технологий, Инновации в технологиях и образовании. Сборник статей участников XIV Международной научно-практической конференции. Кемерово, Белово, Новосибирск, Велико-Тырново, Шумен, 2021. С. 50-57

3. Dolchinkov N., Practical research of marking and cutting of textiles with increased resistance, using CO<sub>2</sub> laser, Journal of Physics: Conference Series, Volume 1681, 2020, 1681 012014 IOP Publishing The 6th International Conference on Chemical Materials and Process 2-4 July 2020, Warsaw, Poland, doi:10.1088/1742-6596/1681/1/012014 Online ISSN: 1742-6596 Print ISSN: 1742-6588

4. Dolchinkov N., Shterev Y., St. Lilianova, D. Boganova, M. Peneva, L. Linkov, D. Nedialkov, Exploring the possibility of laser cutting with CO<sub>2</sub> laser on felt in the range from 1W to 26W power, International scientific journal: Industry 4.0 Issue 1/2019, ISBN 2534-8582, стр. 29-31.

5. Lazov L., Angelov N., The 50th anniversary of laser, Technical University of Gabrovo, Bulgaria, 2010.

6. Lazov L., H. Deneva, E. Teirumnieka, Study of Auxiliary Gas Pressure on Laser Cutting Technology, Environment. Technology. Resources, Rezekne, Latvia Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference. Volume III, 159-162

7. Lazov L., 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, Shumen, Bulgaria, 2018

8. Shterev Y., N. Dolchinkov, St. Lilianova, D. Boganova, M. Peneva, L. Linkov, D. Nedialkov, Examining the possibility Of marking and engraving of textiel using CO<sub>2</sub> laser, International journal for science Machines, Technologies, Materials 12/2018 стр 491-493

9. Shterev Y., N. Dolchinkov, St. Lilianova, D. Boganova, M. Peneva, L. Linkov, D. Nedialkov, Laser marking and cutting of plexiglas with CO<sub>2</sub>, International journal for science Machines, Technologies, Materials 4/2018 стр 494-496.

10. Lazov L., Angelov N., Scanning the contrast in function of velocity in laser marking of samples of steel, International Scientific Conference, Gabrovo, 2010.

11. Lazov L., Dolchinkov N. T., Shterev Y., Boganova D., Peneva M, Study of laser cutting and marking on the felt with the help of a CO<sub>2</sub>-laser, 12th International Scientific and Practical conference Environment. Technology. Resources. ISBN 1691-5402, Vol 3, 20-22.06.2019, Rezekne, Latvia, p. 143-147, DOI.org/10.17770/ETR2019VOL3.4202;

12. Lazov L., Dolchinkov N. T., Shterev Y., Lilianova St., Pacejs Anton, Use of CO<sub>2</sub> laser for marking and clearing of textile materials for manufacture of military equipment, 12th International Scientific and Practical conference Environment. Technology. Resources. Vol 3, 20-22.06.2019 г. Rezekne, Latvia, ISBN 1691-5402, стр. 32-36;

13. Lazov L., Dolchinkov N. T., Shterev Y., L. Linkov, D. Nedialkov, Study of cutting and labeling of polymethylmethacrylate using a CO<sub>2</sub> laser, 12th International Scientific and Practical conference Environment. Technology. Resources. ISBN 1691-5402, Vol 3, 20-22.06.2019 г. Резекне, Латвия, стр. 37-40.

*Адрес за кореспонденция:*

*Теодор Йорданов Петров, НВУ"Васил Левски", Велико Търново, E-mail: [Tedo089@abv.bg](mailto:Tedo089@abv.bg);*

*Георги Станиславов Петров, НВУ"Васил Левски", Велико Търново, E-mail: [gpetrov129@abv.bg](mailto:gpetrov129@abv.bg);*

*Кристиан Играл Толев, НВУ"Васил Левски", Велико Търново, E-mail: [kris997@abv.bg](mailto:kris997@abv.bg);*

*Емануил Димитров Димитров, НВУ"Васил Левски", Велико Търново, E-mail: [emkoto99@abv.bg](mailto:emkoto99@abv.bg)*

## ОСОБЕНОСТИ ПРИ ЦВЕТНОТО ЛАЗЕРНО МАРКИРАНЕ ВЪРХУ ХРОМ-НИКЕЛОВА ОСНОВИ

Теодор Петров, Георги Петров, Кристиан Толев,  
Емануил Димитров

## FEATURES OF COLOR LASER MARKING ON CHROME-NICKEL BASES

Teodor Petrov, Georgi Petrov, Christian Tolev, Emanuil  
Dimitrov

**Abstract:** *The use of the technology for color laser marking on chromium-nickel basis in industrial productions is studied from the point of view of the repeatability and stability of the produced color markings. The research and research was done during the Erasmus practice by the authors at the Rēzekne Academy of Technology, Latvia. For this purpose, a color palette AISI 304 was developed, consisting of fifteen colors. The dependence of the obtained colors on the different parameters of the laser processing is analyzed. The obtained colors were then tested using optical, scanning electron and atomic force microscopy, and the configuration of the oxide films was determined by Raman spectroscopy. The obtained colors have a suitable uniformity, brightness and cover almost all spectral areas, and the obtained colors have many times better quality than other metal bases. A test for color standardization and palette repeatability was also performed by estimating the reflection spectra of the formed colors. The color palette demonstrates high repeatability for all colors except one specific color. In addition, the stability of color markings with respect to environmental, mechanical and chemical resistance was studied. The obtained colors show high resistance to most environmental conditions; however, exposure to very high temperatures and extreme humidity (100 ° C, 90%) and to low temperatures and extreme humidity (-40 ° C, 90%) results in a deterioration in the quality of several colors. The color marks show high hardness and excellent mechanical resistance to external influences and exceptional resistance to various chemicals, with the exception of acid solutions and salts.*

**Key words:** *laser, marking, color marking, power, speed*

Качеството на покритието е от съществено значение за промишленото производство и трябва да отговаря на изискванията на

стандартизиращите организации, производителите и потребителите [1, 5, 11]. Произведените цветове бяха изследвани за повторяемост и стабилност по отношение на околната среда, механичната и химическата устойчивост.

Повторяемостта е решаващ фактор при цветните покрития в смисъл, че един и същ цвят може да бъде възпроизведен в различни производствени цикли. Определянето на цвета се извършва чрез анализ на спектрите на отражение и предаване на обектите. В тази изследователска работа за контрол на цветовете на пробите се използва стандартното координатно пространство CIE RGB, в което червеният (R), зеленият (G) и синият (B) компонент на потока формират координатите [8]. Адитивното правило в уравнението. 11 се използва за определяне на цветовете в тази система [7].

$$C = r \bar{R} + g \bar{G} + b \bar{B} \quad (11)$$

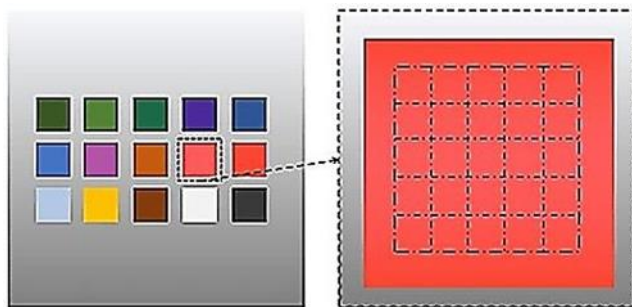
Където  $\bar{R}$ ,  $\bar{G}$ ,  $\bar{B}$  са единиците на съответните основни цветове, а  $r$ ,  $g$ ,  $b$  са броят на единиците на всеки основен цвят, необходими за изграждане на конкретния цвят  $C$ . Относителните цветови координати могат да се изчислят подобно на тези в системата CIE XYZ чрез еkv. 12-14 [4].

$$r = r / (r + g + b) \quad (12)$$

$$g = g / (r + g + b) \quad (13)$$

$$b = b / (r + g + b) \quad (14)$$

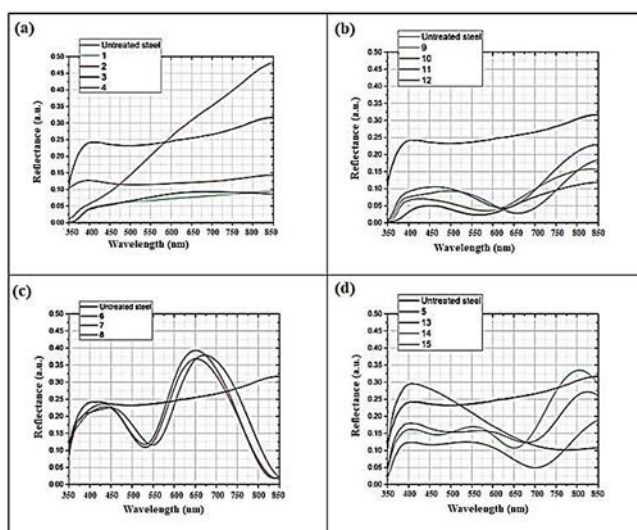
За изчисляване на цветовете координати са необходими спектрите на отражение на всеки цвят. Както е показано на фиг. 1, всеки цветен квадрат е разделен на 25 области; следователно, крайният спектър е средният спектър на избраните области.



Фигура 1. Матрица за провеждане на изпитанията

В зависимост от вида на пиковете, които се появяват в дължината на вълната, могат да се определят четири групи спектри. Първата група (фиг. 2a) са равнинни спектри, които нямат очевидни пикове в диапазона на дължините на вълните и първоначалният им вид прилича на спектрите на необработена стомана. Във втората група (фиг. 2б) се наблюдава един ясен

пик между 500 и 700 nm. В третата група се наблюдават два пика съответно около 420 и 550 nm (фиг. 2в). В последната група (фиг. 2г) пиковите са разширени в сравнение с предходната група. Предполага се, че интерференционното въздействие в по-плътния оксиден филм и оцветяването на повърхността са причина за появата на пикове. В LabVIEW е разработена програма за изчисляване на цветовете координати в пространството CIE RGB за всяка проба.



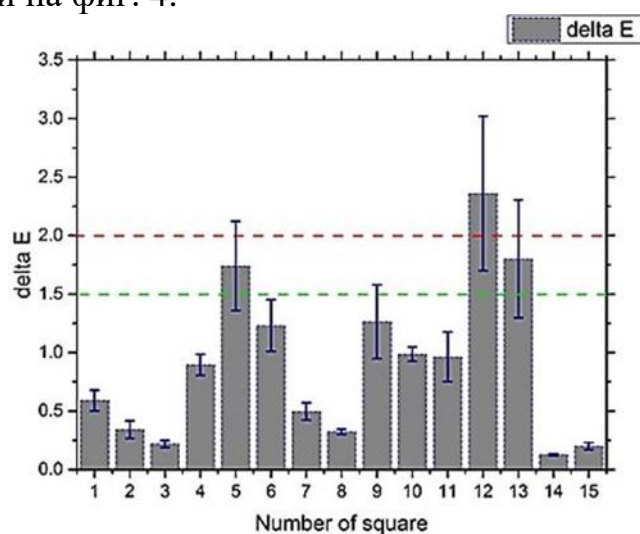
Фигура 2: Спектри на изследвания материал

За да се изследва повторемостта, бяха направени двадесет цветови палитри, шест от които са показани на фиг. 3.



Фигура 3. Шест идентични цветови палитри, произведени с еднакви параметри на лазерната обработка

Разликата в цветовете на палитрите определя повторемостта на цветовете, получени чрез приложена лазерна технология. Международната комисия по осветление определя стандарта за цветови разлики, като използва определението за концепцията Delta E, която представлява оценката на промяната във визуалното възприятие на два определени цвята [6, 10]. В това изследване концепцията за делта E е използвана за оценка на разликата в цветовете [24][25]. За целите на повторемостта на цветовете обикновено се използва делта E = 2. Средната стойност на делта E е изчислена с помощта на MATLAB код за всички проби с един и същи цвят, които са представени на фиг. 4.



**Фигура 4.** Стойности на Delta E на петнадесет различни цвята, осреднени за десет проби.

Зелената линия е минималната стойност на делта E, която се възприема от човешкото око. Червената линия е максималната стойност на делта E, допустима в производството.

Според фиг. 4 повторемостта на всички цветове е задоволителна, което ги прави подходящи за използване в производствената линия. По-голямата част от цветните квадратчета (№ 1, 2, 3, 7, 8, 14, 15) имат превъзходна делта E, така че цветовата вариация не се забелязва дори при внимателно наблюдение от опитен наблюдател. Образци № 4, 6, 10 и 11 имат приемливи стойности на делта E в смисъл, че разликата в цветовете може да бъде открита само от опитен наблюдател при подходящи условия на осветление. Квадрат № 9 все още има задоволителна стойност на делта E, която е приемлива за използване в производството. Квадрати № 5 и 13 имат по-високи средни стойности на делта E, което може да се свърже с ефекта на ъгъла [2, 12], въпреки че тези цветове все още могат да бъдат

вмъкнати в цветовата палитра, тъй като визуално не бяха установени разлики между пробите. Квадрат № 12 има най-голяма стойност на делта E (2,36) и съответно най-ниска повтораемост, което означава, че обикновен наблюдател може да забележи разликата. Поради това този цвят не може да бъде препоръчан за по-нататъшна употреба. Този проблем може да бъде решен чрез регулиране на параметрите на лазерната обработка или чрез избор на различни режими, които могат да осигурят еднакъв цвят.

#### Изпитване в екологична камера

Покритията и маркировките на продуктите трябва да издържат на различни условия на околната среда и не трябва да се променят в периода на употреба на продукта [1, 9]. В това изследване е извършено изпитване на околната среда в камера на базата на четири различни работни условия. Редовно експериментите се провеждат при условия на температура и влажност, които всъщност не се очакват, като например комбинация от изключително ниски или високи температури (-40, -20, 40, 100 °C) с висока влажност (70%, 90%). По този начин се гарантира стабилността на пробите при нормални условия, а също така се компенсира кратката продължителност на изпитвателната експозиция (24 часа) в сравнение с действителното време на работа. Първият тест е проведен при условия на околната среда с температура -20 °C и влажност 70%. Резултатът показва, че няма промяна в цветовете или материалите след 24 часа в камерата за изпитване на околната среда, както е показано на фиг. 5. При анализите с оптичен микроскоп не бяха открити никакви повреди или дефекти в оксидните слоеве.



Фигура 5. Цветова палитра след 24-часово излагане на въздействието на околната среда в тестовата камера при температура -20 °C и влажност 70 %.

Вторият тест е проведен при условия на околната среда с температура -40 °C и влажност 90%. Резултатът разкрива множество

незначителни изменения на повърхността след 24-часово излагане на въздействието на околната среда в камерата, както е показано на фиг. 6.

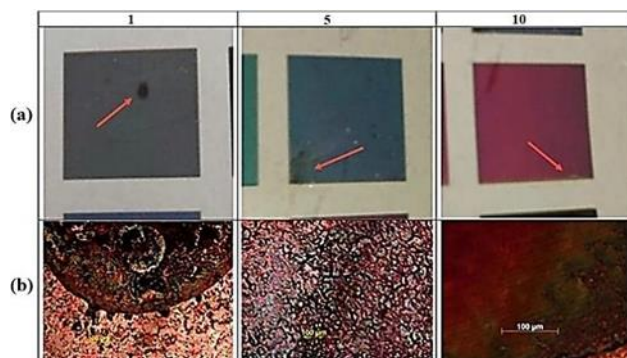


**Фигура 6. Цветова палитра след 24-часово излагане на въздействието на околната среда в тестовата камера при температура - 40 °С и влажност 90%.**

Снимки на проблемните зони и микроизображения на дефектите са показани съответно на фиг. 7а и фиг. 7б. Едно мътно петно с диаметър около 400  $\mu\text{m}$  се появява на повърхността на квадрат № 1 (фиг. 7а, ляво). При детайлно наблюдение под оптичен микроскоп се установи, че петното представлява изменен оксиден слой със забележителни увреждания (фиг. 7б вляво). Останалата част от площата обаче не показва никакви промени. Наличието на петно вероятно се дължи на замърсяване на повърхността или на примес в материала. Създаването на тези видове дефекти има случаен характер и се появява само веднъж по време на целия тест. В квадратче № 5 цветът леко се променя от син към сив в края на третираната област, което може да се дължи на частичното окисление на пробата (фиг. 7а в средата). Под микроскопа (фиг. 7б в средата) се вижда само една увредена зона с размери приблизително  $1 \times 1,5 \text{ mm}$ . Тъй като тези видове дефекти са характерни само за един цвят, може да се заключи, че те вероятно са свързани с режима на работа на лазера. В квадратче № 10 цветът се е променил от виненочервен в жълт в зона с размери приблизително  $1 \times 0,5 \text{ mm}$  (фиг. 7а, дясно). Микроскопският анализ представя развалената област, в която оксидният филм е бил ецнат, докато структурата не е била разрушена (фиг. 7б вдясно). Този вид дефект може да бъде причинен от висока влажност, която вероятно ще се увеличи с увеличаване на времето на излагане на теста. Може да се заключи, че като цяло лазерно оцветените марки могат да издържат на условия на околната



среда с ниски температури и висока влажност [3]. За тези цели обаче се препоръчва цветовата палитра да бъде леко променена.



**Фигура 7. Цветови грешки след 24-часово излагане в камера за изпитване на околната среда при температура  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  и влажност 90%: а) снимки б) микроизображения.**

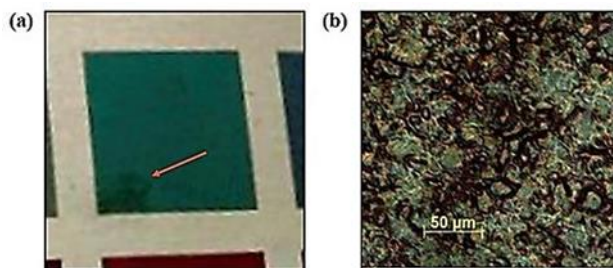
Третиият тест е проведен при условия на околната среда: температура  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  и влажност 70%. Резултатите показаха, че палитрата няма значителен дефект и не се наблюдава промяна в цвета или металната повърхност след 24 часа в камерата за изпитване на околната среда, както е показано на фиг. 8.



**Фигура 8. Цветова палитра след 24-часово излагане на въздействието на околната среда в камерата за изпитване при температура  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  и влажност 70%.**

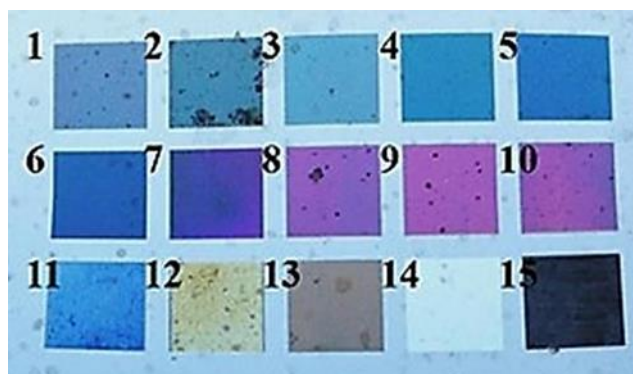
Въпреки това, след внимателна проверка, в един от ъглите на квадрат № 4 беше открито петно с приблизителен размер  $1 \times 2\text{ mm}$ , видимо само под определен ъгъл, както е показано на фигура 9а. Микроскопският анализ показва, че наблюдаваното петно е потъмняване на част от оксидния филм, което може да се дължи на корекциите на параметрите на

лазерната обработка (фиг. 9б). Като цяло цветовата палитра е относително стабилна в условията на околната среда при изпитване 3.



**Фигура 9. Цветова грешка на квадрат № 4 след 24-часово излагане в камера за изпитване на околната среда при температура 40 °С и влажност 70%: (а)снимки (б) микроизображение.**

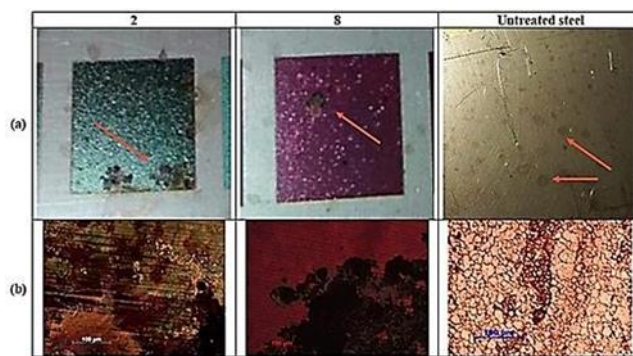
Последният тест е проведен при изключително тежки условия на околната среда - температура 100 °С и влажност 90%. Резултатът показва някои петна и тъмни петна върху самата метална повърхност и върху цветовете, които се виждат на фиг. 10.



**Фигура 10. Цветова палитра след 24-часово излагане в камерата за изпитване на околната среда при температура 100 °С и влажност 90%.**

По-голямата част от очевидните дефекти са представени на фиг. 11а вляво и в средата. Почти цели цветни квадрати № 2 и № 8 са повредени под формата на тъмни петна с размери от 500 μm до 3 mm, които не зависят от параметрите на лазерната обработка. Оптичен микроскопски анализ на фиг. 11б вляво и фиг. 11б вдясно, 11б в средата означава, че появилите се петна са цялостно разрушаване на оксидния филм, причинено най-вероятно от изпаряването на кондензираната вода на повърхността поради влажността/температурата на изпитвателната камера. Освен това необработената повърхност демонстрира слаба устойчивост на такива

видове условия на околната среда (фиг. 11a) вдясно). При разглеждане на повърхността с оптичен микроскоп върху цялата необработена стоманена повърхност са открити тъмни петна с размери от 0,5 до 2 mm (фиг. 11б, дясно). Потъмняването може да е свързано с ръждясването на определени участъци от повърхността, причинено от кондензацията и последващото изпарение на вода върху метала, което води до частично окисление.



**Фигура 22. Цветови грешки след 24-часово излагане в камера за изпитване на околната среда при температура 100 °С и влажност 90%: а) снимки б) микроизображения.**

Поради това резултатите от тестовия експеримент показват, че цветното лазерно маркиране не е подходящо за прилагане при тежки условия на околната среда с много висока температура и влажност. Въпреки това, ако е налице подходяща циркулация на въздуха в работното място, рискът от увреждане на цветната зона може да бъде значително намален.

#### **Заклучение:**

Стабилността на цветното лазерно маркиране при различни условия на околната среда беше изследвана с помощта на климатична тестова камера за четири различни работни условия, включително ниски и високи температури и висока влажност [13]. Резултатите показаха, че цветовата палитра има голяма устойчивост при повечето условия на околната среда; въпреки това, при прекалено висока температура и висока влажност (100°C, 90%), в някои цветове се е получило ограничено разрушаване, а също така е повредена и необработената метална повърхност. Също така, продължителното излагане на температура -40°C и влажност 90% води до незначителна промяна на множество цветове, които е необходимо да бъдат заменени с по-стабилни. Механичната стабилност на цветовата палитра е оценена чрез определяне на стойността на твърдостта по Викерс преди и след прилагане на лазерна обработка с помощта на микротвърдостен тестер, оборудван с диамантена пирамида. След обработката твърдостта на

повечето от пробите е средно с 26% по-малка от твърдостта на материала на основата, което все още потвърждава високата твърдост на покритията и следователно осигурява механичната устойчивост на цветните маркировки срещу външни въздействия. Освен това, като се има предвид фактът, че цветът не се получава чрез добавяне на допълнителен слой покритие, а чрез промяна на самата повърхност на материала, кохезията на тези етикети е много по-висока от цветните маркировки, създадени чрез конвенционални методи. Изследвана е устойчивостта на цветовата палитра спрямо различни химични съединения, включително сярна киселина, натриев хидроксид, етанол, повърхностноактивно вещество и натриев хлорид. Доказано е, че произведените лазерни цветни маркировки са устойчиви на химикали като сода каустик, повърхностноактивни вещества и алкохол. От друга страна, продължителното взаимодействие с киселинни разтвори и соли може да увреди цветните знаци. Поради това трябва да се избягва взаимодействието на цветните лазерни марки със среди с наличие на киселинни и солени компоненти.

Резултатите от тази статия имат впечатляващ принос за внедряването на технологията за цветно лазерно маркиране в индустрията. Насоките за бъдещи изследвания биха били разработването на цветова палитра от неръждаема стомана AISI 304, която да включва поне 30 различни цвята, и повишаване на производителността на маркирането чрез използване на по-силни лазери и по-високочестотни режими.

#### **Ползвана литература:**

1. Долчинков Н., Лазерът – създаване, развитие и перспективи, Годишна научна конференция на НБУ „Васил Левски” – 27-28 юни 2019 г. ISSN 2367-7481 стр. 456-465
2. Долчинков Н., Развитие лазерных технологий, Инновации в технологиях и образовании. Сборник статей участников XIV Международной научно-практической конференции. Кемерово, Белово, Новосибирск, Велико-Тырново, Шумен, 2021. С. 50-57
3. Dolchinkov N., Practical research of marking and cutting of textiles with increased resistance, using CO<sub>2</sub> laser, Journal of Physics: Conference Series, Volume 1681, 2020, 1681 012014 IOP Publishing The 6th International Conference on Chemical Materials and Process 2-4 July 2020, Warsaw, Poland, doi:10.1088/1742-6596/1681/1/012014 Online ISSN: 1742-6596 Print ISSN: 1742-6588
4. Dolchinkov N., Shterev Y., St. Lilianova, D. Boganova, M. Peneva, L. Linkov, D. Nedialkov, Exploring the possibility of laser cutting with CO<sub>2</sub> laser on felt in the range from 1W to 26W power, International scientific journal:

Industry 4.0 Issue 1/2019, ISBN 2534-8582, стр. 29-31.

5. Lazov L., Angelov N., The 50th anniversary of laser, Technical University of Gabrovo, Bulgaria, 2010.

6. Lazov L., H. Deneva, E. Teirumnieka, Study of Auxiliary Gas Pressure on Laser Cutting Technology, Environment. Technology. Resources, Rezekne, Latvia Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference. Volume III, 159-162

7. Lazov L., 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, Shumen, Bulgaria, 2018

8. Shterev Y., N. Dolchinkov, St. Lilianova, D. Boganova, M. Peneva, L. Linkov, D. Nedialkov, Examining the possibility Of marking and engraving of textiel using CO<sub>2</sub> laser, International journal for science Machines, Technologies, Materials 12/2018 стр 491-493

9. Shterev Y., N. Dolchinkov, St. Lilianova, D. Boganova, M. Peneva, L. Linkov, D. Nedialkov, Laser marking and cutting of plexiglas with CO<sub>2</sub>, International journal for science Machines, Technologies, Materials 4/2018 стр 494-496.

10. Lazov L., Angelov N., Scanning the contrast in function of velocity in laser marking of samples of steel, International Scientific Conference, Gabrovo, 2010.

11. Lazov L., Dolchinkov N. T., Shterev Y., Boganova D., Peneva M, Study of laser cutting and marking on the filt with the help of a CO<sub>2</sub>-laser, 12th International Scienfic and Practical conference Environment. Technology. Resources. ISBN 1691-5402, Vol 3, 20-22.06.2019, Rezekne, Latvia, p. 143-147, DOI.org/10.17770/ETR2019VOL3.4202;

12. Lazov L., Dolchinkov N. T., Shterev Y., Lilianova St., Pacejs Anton, Use of CO<sub>2</sub> laser for marking and clearing of textile materials for manufacture of military equipment, 12th International Scienfic and Practical conference Environment. Technology. Resources. Vol 3, 20-22.06.2019 г. Rezekne, Latvia, ISBN 1691-5402, стр. 32-36;

13. Lazov L., Dolchinkov N. T., Shterev Y., L. Linkov, D. Nedialkov, Study of cutting and labeling of polymethylmethacrylate using a CO<sub>2</sub> 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.

*Адрес за кореспонденция:*

*Теодор Йорданов Петров, НВУ"Васил Левски", Велико Търново, E-mail: [Tedo089@abv.bg](mailto:Tedo089@abv.bg);*

*Георги Станиславов Петров, НВУ"Васил Левски", Велико Търново, E-mail:*

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

---

[gpetrov129@abv.bg](mailto:gpetrov129@abv.bg);

Кристиан Играл Толев, НВУ"Васил Левски", Велико Търново, E-mail: [kris997@abv.bg](mailto:kris997@abv.bg);

Емануил Димитров Димитров, НВУ"Васил Левски", Велико Търново, E-mail: [emkoto99@abv.bg](mailto:emkoto99@abv.bg)

## ВЪЗДЕЙСТВИЕ НА МИКРОВЪЛНИТЕ ОТ РЛС

Димитър Раев

### IMPACT OF MICROWAVES FROM RADAR

Dimitar Raev

***Abstract:** This report presents a statement that includes the effects of microwaves, radiation measurement techniques, standards for protection and assessment of potential risk in areas exposed to microwave radiation by radar. Ampere studied how the magnetic field acts on a linear conductor through which current flows. The magnetic induction at a point in the field depends on the shape of the conductor through which the current flows, the source of the field. Many wide-ranging radios, field telephones, MANPAD launchers, ground-based radars, transformers, coils, chokes, cable bundles, amplifiers, communication and information units and stations are widely used in military affairs. The main types of induction and the types of transformers that are most often used are also shown.*

***Key words:** appendix. military affairs, microwave radiation, radar, radiation measurement techniques.*

В този доклад е съставено изложение, което включва последствията от микровълните, техники за измерване на лъчението, стандарти за защита и оценка на потенциалния риск в зоните изложени на микровълново излъчване от РЛС.

#### **Въведение**

В науката микровълновото излъчване се определя като електромагнитно излъчване в честотния диапазон между 30 MHz и 300 GHz. Спада към нейонизиращата радиация. Съществува класификация на микровълните, тези които спадат към спътниковите комуникации и радиолокацията, по честотен обхват.



Фиг.1. Предупредителен знак в РЛС

Таблица 1: Честотен обхват на микровълните

Означение на поддиапазона	Честотен обхват за РЛС [GHz]	Дължина на вълната	Употреба
L	1 - 2 GHz	15 cm - 30 cm	Военна телеметрия, GPS, мобилни телефони (GSM), радио.
S	2 - 4 GHz	7.5 cm - 15 cm	Метеорологичен радар, морска навигация, някои комуникационни спътници, микровълнови фурни, микровълнови устройства/комуникации, радиоастрономия, мобилни телефони, безжична LAN, Bluetooth, ZigBee, GPS, радио.
C	4 - 8 GHz	3.75 cm - 7.5 cm	Радиотелекомуникации на дълги разстояния.
X	8 - 12 GHz	25 mm - 37.5 mm	Сателитни комуникации, радар, наземна широколентова връзка, космически комуникации, радио, молекулярна ротационна спектроскопия.

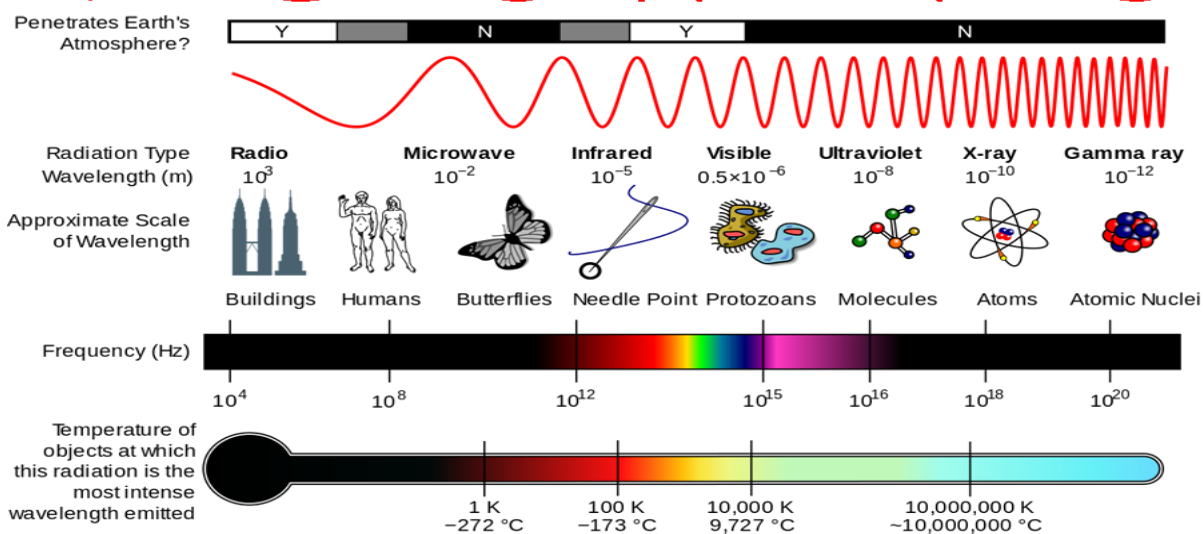


## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

<b>K<sub>u</sub></b>	12 - 18 GHz	16.7 mm - 25 mm	Сателитни комуникации, молекулярна ротационна спектроскопия.
<b>K</b>	18 - 26.5 GHz	11.3 mm - 16.7 mm	Радар, сателитни комуникации, астрономически наблюдения, автомобилен радар, молекулярна ротационна спектроскопия.
<b>K<sub>a</sub></b>	26.5 - 40 GHz	5.0 mm - 11.3 mm	Сателитни комуникации, молекулярна ротационна спектроскопия.

В нормален режим на действие от антената се излъчва слаб, интензивен или силен импулс, наситен с микровълнова радиация. Такова облъчване влияе на близката околна среда и в различна степен носи специфични последици за здравето.

# APPLICATIONS OF MICROWAVES



Фиг. 2. Видове радиовълни



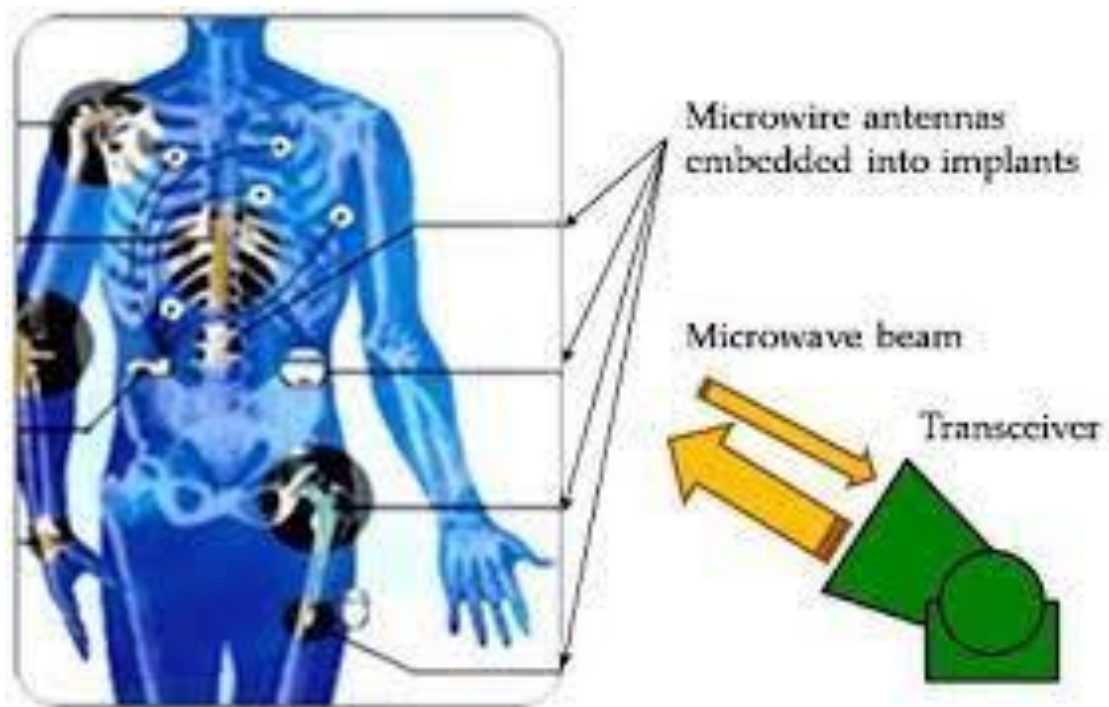
Фиг. 3. Външен вид на РЛС

### **Последствия от насищането с микровълни**

Микровълновата енергия може да се отразява в металите, да преминава през стъклени повърхности и да бъде абсорбирана от живите организми (вкл. хората). При висока температура и влажност на околната среда, телесната температура на човека се повишава. По този начин термичният стрес, при излагане на цялото тяло на облъчване при плътност на мощността в диапазон  $1-10\text{mW}/\text{cm}^2$ , зависи във висока степен от температурата и влажността на околната среда. Почти всички доказани ефекти върху човека от лъчението на микровълните се дължат на хипотермията. Те включват увреждане главно на очите, на половата система и на тъканите. Съответно тези части от тялото не са в състояние ефективно да разсейват абсорбираната енергия със скорост по-висока от  $10\text{mW}/\text{cm}^2$ . Симптомите, които най-често могат да се наблюдават при хора, всекидневно изложени на микровълни, са: умора, постоянно главоболие, раздразнителност, сънливост и намаление на обонянието, проблеми с нервната система. Наскоро стана известно дори, че се наблюдават влияния, водещи до забавяне на развитието на мозъците на децата и юношите.

Опасността за човешкото здраве, поради подлагане на микровълново лъчение е силно зависима от силата, честотата и продължителността на

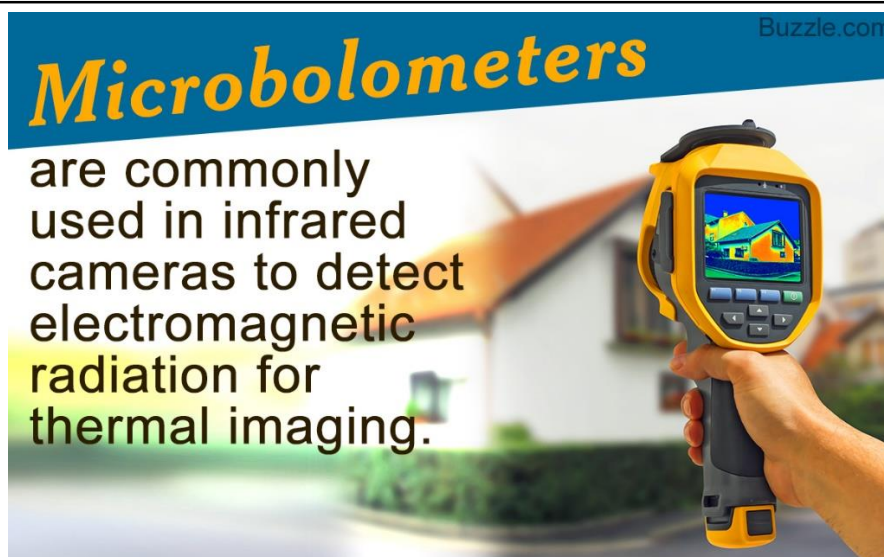
облъчването. Металните импланти в човешките тела могат да действат като магнити в полето на действие на микровълновата радиация и евентуално да причинят неблагоприятни последици за здравето чрез взаимодействието им с облъчването. Кардиостимулаторите са добър пример за взаимодействието на радиацията с имплантите.



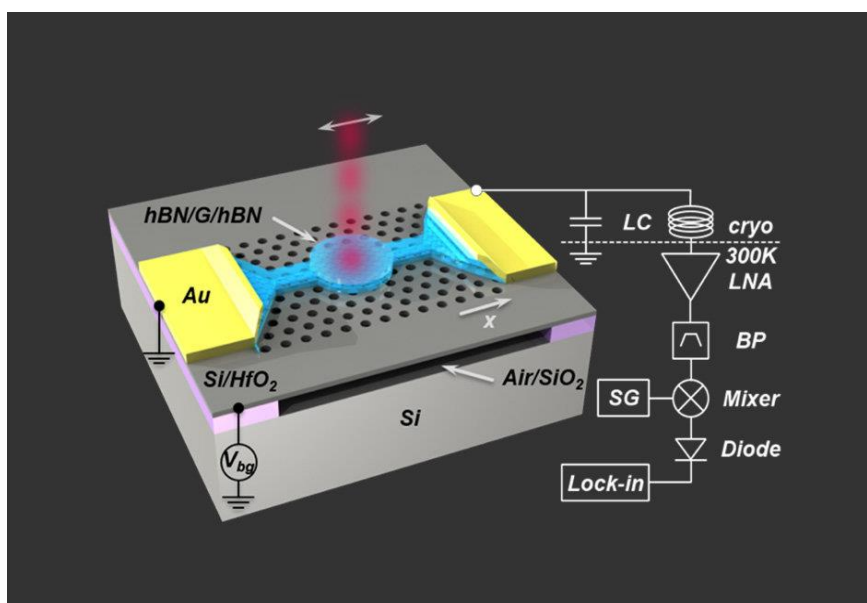
Фиг. 4. Въздействие на радиочестотите на човешките стави

#### Техники за измерване

Устройствата, които най-често се използват за откриване на микровълни, се основават на принципа на преобразуване на микровълновата енергия в електрически ток или напрежение. Пример за това са болометрите. Тъй като съпротивлението на болометъра намалява с повишаване на температурата и тъй като повишаването на температурата е пропорционално на интензитета на микровълната, силата на радиационното поле може да се определи чрез измерване на промените в съпротивлението на уреда.



Фиг. 5. Микроболометър



Фиг. 6. Схема на болометър

Илюстрация на най-съвременния болометър, при когото е характерно, че може да работи при всякаква температура, без нужда от довеждане до ниски температури.

#### Параметри и оценка

Съществуват фактори, които са от съществено значение – разположение и ориентация на облъчвания район спрямо предавателите на радиация, геометрични размери, геоложка структура, метални проводими структури, отразяващи повърхности и човешка маса. От тази информация,

използвайки първичните и вторичните лъчи на радиация може да се определи разпределението на мощността и отражението. В резултат на това измерване могат да бъдат локализирани „хот поинте“ в засегнатата местност и да се предприемат мерки за радиационна безопасност.



Фиг. 7. Измерване на радиовълни

### Ръководство и стандарти за защита

В почти всички страни са приети наредби за защита на работниците и гражданите от вредното въздействие на микровълновата радиация. В България има нормативен документ по въпроса. Това е наредба № 20 от 2020 г. В нея са описани всички стандарти, допустимости и правила свързани с радиационната безопасност. Тази наредба за радиационна защита е публикувана в Държавен вестник брой 16 от 20.02.2018 г. и е изменена и допълнена в брой 110 от 29.12-2020 година.

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

В таблицата по-долу са дадени пределно допустими нива на напрегнатостта и на плътността на енергийния поток на ЕМП в населена територия.

**Таблица 2: Пределно допустими стойности**

№ по ред	Честотен обхват, в който работи излъчвателят	Пределно допустимо ниво
1	от 30 до 3000 kHz	25 V/m
2	от 3 до 30 MHz	15 V/m
3	от 30 до 300 MHz	10 V/m
4	от 300 до 3000 MHz	3 V/m

**Таблица 3: Диаметър на антената**

В последните години след многобройни проучвания САЩ предложи нови стандарти, които разглеждат дълбочината на проникване на радиацията в тъканите. Според ANSI (*American National Standards Institute*) се разрешава плътността на облъчване да бъде  $100 \text{ mW/cm}^2$  за по-малко от

Параметър	0.5	0.75	1.0	1.5	(m)
$W_0$	509.6	226.5	127.4	56.6	$\text{mW/cm}^2$
$R_{ff}$	0.88	2.0	3.53	7.95	m
$W_{75}$	0.140	0.32	0.57	1.27	$\text{mW/cm}^2$
$W_{90}$	0.097	0.224	0.39	0.883	$\text{mW/cm}^2$
$W_{125}$	0.051	0.116	0.20	0.458	$\text{mW/cm}^2$
$W_{145}$	0.038	0.086	0.151	0.34	$\text{mW/cm}^2$

4 MHz,  $1 \text{ mW/cm}^2$  между 10 и 420 MHz и до  $5 \text{ mW/cm}^2$  за повече от 900 MHz.

### Оценка на потенциалния риск

Покриването на изискванията за радиационна безопасност спрямо микровълново излъчване определяме чрез таблицата, която съм посочил под този текст. Разглеждаме РЛС, която използва антени с различни диаметри, с изходна мощност 1000 W и честота 3000 MHz. РЛС се намира в близост до жилищна зона на разстояние между 75-145 m. От таблицата установяваме, че максималната плътност на мощността е  $1,27 \text{ mW/cm}^2$  на разстояние 75 m от РЛС, използвайки антена с диаметър 1.5m. Според наличните допустимости от ANSI разбираме, че нивата на облъчване от РЛС се считат за безопасни.

Средна плътност на мощността от РЛС с изходна мощност 1000 W и честота 3000 MHz

$W_0$  = Средна плътност на мощността при равномерно осветен отвор на антената.

$R_{ff}$  = Разстояние на далечното поле

$W$  = Средна плътност на мощността в различни точки на антената

**Изводи:**

Относно безопасността от микровълновото лъчение от РЛС се обособява следното:

Радиоелектронното оборудване трябва да отговаря на следните стандарти:

MIL-STD-461(Изискване за електромагнитна съвместимост )

MIL STD-810(Изискване за устойчивост на оборудването към обкръжаващата среда)

MIL-STD-882(Практически стандарти на системите за безопасност)

Разполагането и експлоатацията на радарните антени трябва да бъде на най-високото възможно място. В радиохоризонта на РЛС трябва да се намират възможно по-малко населени места.

При работа с РЛС се налага екраниране на работните помещения с цел недопускане повишаване на допустимите вредни емисии. Тази екранизация се осъществява по установени стандарти. Друг пряк метод за защита е употребата на специално защитно облекло: Комплектът се състои от специални защитни ръкавици и обувки, защитни престилки, защитни очила.

Съществено е да не се нарушават допустимите норми на облъчване. Постоянно трябва да се извърша мониторинг за наблюдение на нивото на лъчението.

Нужно е постоянно сътрудничество с други държави (изработване на нова, по-безопасна техника и оборудване, модификация на наличната такава, осъществяване на нови правила и мерки за безопасност с цел намаляване на вредния ефект от микровълновата радиация).

**Ползвана литература:**

1. Облъчени с електромагнитни полета „Хомо Футурус” 2021г. под редакцията на д-р Джоузеф Меркола

2. Импульсные схемы РЛС „Военное издательство Министерства“ 1972г. - Григорьянц В.Г.

3. Ръководство по защита от нейонизиращи лъчения „Национален център по общественото здраве и анализи“ 2017г. под редакцията на проф. Мишел Израел

4. Тренков Й., Енциклопедия на Електрониката, 2010 г.

5. Куцаров С., Основи на електронните схеми, 2011 г.

6. Dolchinkov, N., B. Karaivanova-Dolchinkova, Application of Industry 4.0 in military production in Bulgaria, International Conference “Process Management and Scientific Developments”, Birmingham, United Kingdom, February 6, 2020, ISBN 978-5-905695-83-4, p 121-130;

7. Долчинков Н., Приложение на Индустри 4.0 във военното производство в България, Годишник на НВУ „Васил Левски“ част 1, 2019 година, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“ В.Търново, ISBN 1312-6148, стр. 157-166;

8. Иванов И. С., Цонев Е., Бобев И., Пускови процеси в DC/DC преобразовател, Известия ТУ-Сливен, Трета научна конф. Сливен 2004, том 3, 2004, с.26-34, Сливен, ТУ-София, ИПФ, ISSN 1312-3920;

9. Трифонов Т., Иванов И. С., Усилвател на заряд за пиезоелектрични приемници, Сборник научни трудове на Висше военно общовойсково училище -ВБОУ „Васил Левски“, Кн. Ном.53, - с. 285-289, Издателски комплекс на ВБОУ „Васил Левски“, В. Търново, 1997, ISSN 0861-0312, УДК 621.391;

10. Tsonev, E., Ivanov I. S., AC Current Pulse Width Control Regulator With Linear Regulation, Journal of BSUAE on Applied Electromagnetism, publ. Trans Black Sea Union of Applied Electromagnetism and Institute of Communication and Computer Systems National Technical University of Athens, Athens, Greece. Vol. 8, Num. 1,2, pp. 61 – 68, June-Dec. 2006, ISSN 1109-1606

*Адрес за кореспонденция: мл. серж курсант Димитър Иванов Раев, НВУ „Васил Левски“, Велико Търново, България, факултет „Артилерия, ПВО и КИС“; E-mail: n\_dolchinkov@abv.bg тел. +359884730833;*



## ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ НА АЕЦ БЕЛЕНЕ

Милен Торториков

### HISTORY AND DEVELOPMENT OF BELENE NPP

Milen Tortorikov

***Abstract:** The project to build a second nuclear power plant in Bulgaria emerged in the 1970s. After many in-depth studies, the site near the town of Belene was selected. Until the beginning of the last decade of the last century, many construction activities were carried out and reached 30-40% construction of some major units. It has started and stopped many times in recent decades, mostly under the influence of foreign and domestic policy decisions. Meanwhile, Bulgarian taxpayers are paying large sums for mistakes and indecision of our political elite. Experts in this field say their arguments and make the best decision for Bulgaria, instead of wasting money indefinitely. And it is time for the reactors purchased from Bulgaria to be assembled and put into operation.*

***Key words:** radioactive contamination, measures of prevention, optimization, monitoring, radioacative background, population defence, expose to radiation.*

Ядрената енергетика е клон на енергетиката, обхващащ генерирането на електрическа и топлинна енергия от ядрени реактори. През 2012 г. 11% от електричеството в света е произведено в атомни електроцентрали.

[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_-\\_cite\\_note-wna-1](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_-_cite_note-wna-1)

Първите ядрени реактори са построени през 1940-те години. В началото на 1950-те този вид енергетика навлиза в разцвет заради икономическия и военно-технологичен подем след края на Втората световна война [2]. До средата на 1980-те са построени стотици ядрени реактори в десетки държави по света, а към 2012 година десетки са в процес на изграждане. Най-големите производители на енергия от АЕЦ в световен мащаб са САЩ, Франция, Южна Корея, Великобритания, Русия, Канада и Китай. Някои държави планират изграждането на нови

мощности, докато други големи производители планират закриване на мощности, а някои смятат да закрийт всичките си АЕЦ като Германия (до 2022 г.), Белгия (до 2025 г.)

[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_-\\_cite\\_note-oilprice-3](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_-_cite_note-oilprice-3), Швейцария (до 2034 г.) Други, по-малки производители също изграждат нови реактори – Финландия изгражда OLKILUOTO-3 от 2005 г. а Аржентина изгражда АТУСНА-2 от 1981 г.

[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_-\\_cite\\_note-iaea2-6](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_-_cite_note-iaea2-6)

Споровете около развитието ядрената енергетика са свързани главно с повишаващата се цена на АЕЦ, безопасността им и радиоактивните отпадъци. Дебатите за безопасността възникват след три значими аварии в атомни електрически централи (АЕЦ) – в Трий Майл Айлънд (САЩ) през 1979, в Чернобил (СССР) през 1986 и във Фукушима I (Япония) през 2011. Значителното радиоактивно замърсяване, съпътствало тези аварии, довежда до евакуации, повишаване заболяемостта от рак и икономически проблеми заради изплащането на обезщетения и разчистване на замърсените райони. Поддръжниците на ядрената енергетика изтъкват липсата на отрицателно влияние върху климата, ниската консумация на гориво и високата производителност на процеса като основни предимства [3].

Атомна електрическа централа е съоръжение за производство на електричество с използване на енергия, отделяна при разпад на атомното ядро, при условията на контролирана верижна реакция. В основата си представлява ТЕЦ, която използва ядрен реактор за производство на топлинна енергия, от която се произвежда електричество.

Към април 2018 г. в света работят общо 450 ядрени реактора в 192 електроцентрали от 31 държави. Общата им мощност е 393 721 MW. Строят се 55 нови енергоблока, а 166 са вече закрити [4].

[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0\\_%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BB%D0%B0\\_-\\_cite\\_note-iaea-1](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0_%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BB%D0%B0_-_cite_note-iaea-1)



Фигура 1. ТЕЦ

### **История на ядрената енергетика и на ядрените електроцентрали**

На 20 декември 1951 година ядрен реактор за първи път в историята произвежда годно за използване количество електроенергия в сегашната Национална Лаборатория INEEL на Министерството на енергетиката на САЩ. Реакторът е изработил достатъчна мощност, за да запали проста верига от четири 100-ватови лампи. След втория експеримент, проведен на следващия ден, 16-те участващи в него учени и инженери „увековечават“ своето историческо достижение, като изписват имената си с тебешир върху стената на генератора.

През същия ден експерименталният реактор EBR-1 достига производството на 100 киловата – достатъчно за пълното захранване на собственото си електрооборудване.

На 30 декември 1963 година реакторът е официално спрял. На 26 август 1966 година той е обявен за национален исторически паметник.

Първата в света промишлена атомна електроцентрала за е пусната на 27 юни 1954 година в СССР, в град Обнинск, разположен в Калужка област, с мощност 5 MW. Тя работи до 29 април 2002 г. и притежава най-дълго работилия дотогава ядрен реактор [1].

В България има една работеща АЕЦ – АЕЦ „Козлодуй“, която работи от 1974 г. насам. Към днешна дата в нея работят два водо-водни реактора с обща мощност 2000 MW.

Най-голямата производствена авария на атомна електроцентрала е тази в Чернобилската АЕЦ през 1986 г.

През 1911 година Ърнест Ръдърфорд разработва теоретичен модел на атома, според който атомите се състоят от положително заредено ядро от протони, около които обикалят отрицателно заредени електрони. Редица физици, между които Нилс Бор, Анри Бекерел и Мария Кюри, впоследствие стигат до извода, че атомното ядро може да бъде разцепено въпреки мощните ядрени сили, които го поддържат цяло.

През 1932 Джеймс Чадуик открива неутрона. Две години по-късно групата на Енрико Ферми в Рим провежда експерименти по бомбардиране на уранови ядра с неутрони. Първият успешен експеримент за ядрено делене е проведен през 1938 в Берлин от немските физици Ото Хан и Фриц Щрасман. Експериментът се потвърждава от австрийските физици Лиза Майтнер и Ото Фриш в Швеция.

Първият реактор, Chicago Pile-1, достига критичната точка на 2 декември 1942 като част от проекта Манхатън.

За пръв път електричество е генерирано на 20 декември 1951 в експерименталната станция EBR-I близо до Арко, Айдахо, с начален капацитет от 100 kW. Този реактор е и първият, който частично се разтопи през 1955.

През 1952, проучването направено от Комисията Палей за президента Хари Труман дава „относително песимистична“ оценка на атомната енергия, и препоръчва „проучванията в целия спектър на слънчевата енергетика“.



[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_-\\_cite\\_note-ieer-7](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_-_cite_note-ieer-7) През декември 1953 в своето обръщение президентът Дуайт Айзенхауер, „Мирният атом“, постави началото на правителствената подкрепа в САЩ за използване на атомната енергия.

През 1954, Леви Щраус, тогава председател на Комисията по атомна енергия на САЩ говори за електричество прекалено евтино, за да се мери. Докато всички мислят, че визира атомната енергия, той най-вероятно е имал предвид водороден синтез, а не делене на уран. Всъщност, консенсусът в правителството и бизнеса е, че атомната енергия (получена чрез делене) може евентуално да бъде конкурентоспособна спрямо конвенционалните източници на енергия.

На 27 юни 1954, първата в света атомна електроцентрала, свързана към националната електропреносна мрежа започва да работи в Обнинск, СССР. Реакторът произвежда 5 мегавата електричество, достатъчно за 2000 домакинства.

През 1955 Първата Женевска конференция на Обединените нации става най-голямото дотогава събиране на научни работници и инженери за дискутиране на технологията. През 1957 от Европейска икономическа общност е създадена организацията Евроатом. През същата година се създава и Международна Агенция по Атомна Енергия.

Първата комерсиална атомна електроцентрала е в Селафийлд, Англия, която е открита през 1956 с начален капацитет от 50 МВ. Реакторът Shippingport в Пенсилвания е първата атомна централа в САЩ.

Една от първите организации, разработващи атомна енергия е Флотът на САЩ, където тя се използва за задвижване на подводници и самолетносачи. Техните системи са много сигурни, благодарение на адмирал Хайман Риквер, водеща фигура в разработките. Флотът на САЩ използва най-много ядрени реактори, повече дори и от Руския флот, без публично известни инциденти. Първата атомно задвижвана подводница, "Наутилус", е пусната в експлоатация през 1955. Две подводници "Скорпиън" и "Трешър", са потънали, но не поради инциденти с техните реактори, а останките им са на такива места, че рискът от замърсяване се счита за нисък.

Енрико Ферми и Лео Силард получават патент за ядрен реактор през 1955.

**Приложение, разработване, бъдещето и безопасността от използването на ядрената енергия. Основни проблеми, ефект върху околната среда, сравнение с възобновяемите източници и икономически аспекти.**

През 2004, атомната енергетика осигурява 6,5% от енергията и 15,7% от електричеството в света. САЩ, Франция, и Япония заедно произвеждат 57% от това електричество. Към 2007 година, според МААЕ, има 435 действащи ядрени реактори в 31 страни по света. САЩ произвежда най-много с 20% от електричеството, докато Франция има най-голямо процентно съотношение за електричество произведено от атомна енергия – 80% по данни от 2006 г. В Европейския съюз като цяло, 30% от електричеството се произвеждат от атомна енергия. Позицията на различните страни се различава, като например в Австрия и Ирландия няма атомни електроцентрали, докато Франция има много – 16. България има една действаща – АЕЦ Козлодуй и един спрян проект АЕЦ Белене.

Много военни и някои цивилни кораби използват ядрено задвижване.

На международно ниво се работи върху подобряване на безопасността [6]. Например пасивна безопасност използване на термоядрена реакция и допълнително използване на произведената топлина – за производство на водород, за обезсоляване на солена вода или за централно отопление.

Нефтената криза от 1973 г. дава тласък за строеж на атомни електроцентрали по целия свят. Нефтеното ембарго води до глобална икономическа рецесия, висока инфлация и стремеж за пестене на енергия. Това доведе до намаляване на търсенето на електроенергия и оттук нуждата от нови енергийни източници намалява, а финансирането на големи проекти става по-трудно. Като резултат в САЩ са отменени много поръчки за ядрени реактори. Дори и при това положение централите, чийто строеж вече е започнат, изместват нефта като суровина за добив на електричество. Докато през 1973 ТЕЦ-овете генерират 17% от електричеството в САЩ

[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_-\\_cite\\_note-15](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_-_cite_note-15), днес, нефтът като суровина генерира само малка част от електроенергията (с изключение на Хавай), докато делът на атомната енергия достига 20%. Нефтената криза принуждава и други страни, като Франция и Япония, дотогава разчитащи на нефт за генериране на електроенергия, да инвестират в атомната енергия. Днес атомната енергия дава съответно 80% и 30% от електричеството в тези страни.

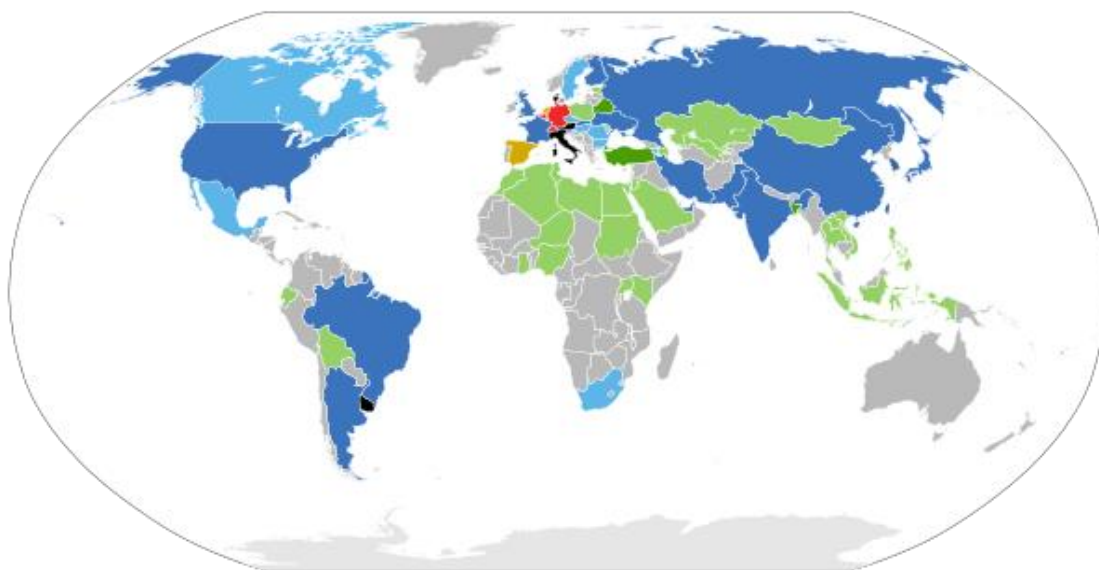
Първоначално инсталираният капацитет расте относително бързо, от по-малко от 1 гигават (GW) през 1960 до 100 GW в края на 70-те и 300 GW в края на 80-те. След това растежа не е толкова драстичен достигайки 366 GW през 2005, най-вече заради увеличеното използване на атомна енергия от Китай. Между 1970 и 1990, 50 GW са в процес на конструкция – през 2005, 25 GW са планирани. Повече от 2/3 от поръчките за атомни централи направени в 70-те са отменени. През 70-те и 80-те години на 20 век нарастващата икономическа стойност и намаляващата стойност на изкопаемите горива намалява значимостта на атомните централи в строеж. През 80-те и 90-те, в линейното повишаване на потреблението и приватизацията на електроразпределението също допринася за намаляване на нуждата от нови мощности [5].

В края на 20 век се създава негативно отношение към атомната енергия, най-вече поради нарастващия страх от възможен ядрен инцидент

и радиоактивно замърсяване, а също и транспорта и съхранението на атомни отпадъци. Инцидентите през 1979 в „Three Mile Island“ и през 1986 – Чернобилска авария имат роля в спирането на изграждането на нови мощности в много страни. Но в САЩ това се случва още преди инцидента в „Three Mile Island“, след нефтената криза през 1973 – най-вече поради икономически причини, а не поради страх от аварии.

Бъдещето на ядрената енергетика е обект от отдавна на много дълги спорове и дискусии.

Според World Nuclear Association – WNA, ядрената енергетика се развива силно – САЩ, Бразилия, Аржентина, Южна Корея, Китай, Индия, Русия, Канада, Пакистан, Франция и Финландия строят нови електроцентрали, а Великобритания, Южна Африка, Полша, Румъния, Турция и ОАЕ планират строителството на нови мощности. Строителството на реакторите във Франция закъснява и оскъпяването им достига вече до 3 пъти. Във WNA виждат бъдещето по-оптимистично и от настоящето. На базата на разговори с експерти от различни страни те са разработили дългосрочна прогноза, според която мощностите на АЕЦ в света от 367 GW в най-лошия случай ще се удвоят през 2030 г. до 602 GW а в най-добрия ще достигнат до 1350 GW.



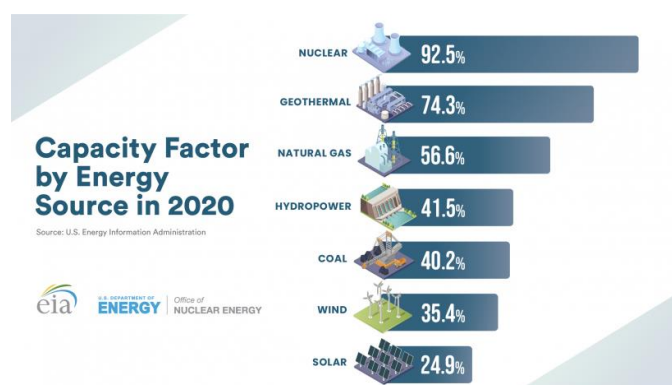
**Фигура 2: Степен на използване на ядрена енергия по света**

В историята на ядрената енергетика са се случвали и сериозни инциденти. Най-големите аварии в АЕЦ се случват в Чернобил, Фукушима и Три Майл Айленд. Други инциденти включват аварии в реакторите на съветските ядрени подводници К-19, К-27 и К-431, и разпадане на атомната батерия на спътник NAVSAT при навлизане в атмосферата през

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

1960-те години. Продължава разработването на технологии за т.нар. „пасивна сигурност“ и на методи за ядрен синтез.

Ядрената енергетика е предизвикала значително по-малко смъртни случаи при аварии от всички останали мащабни източници на електроенергия. Производството от въглища, природен газ и водноелектрически централи са причинили много повече смъртни случаи. Ядрената енергетика обаче е на първо място по предизвикани финансови щети – около 41% от стойността на всички нанесени материални щети е от ядрени аварии.



Фигура 3: капацитет на използване на енергия

Ядрената енергетика може да се разгледа като възобновяем източник на енергия поради липсата на емисии на парникови газове при производството на електроенергия. Основната инвестиция при реакторите и ветрогенераторите е тази за построяването им. За 2008 година разходите по поддръжка за ядрените електроцентрали са малко по-високи от тези за вятърните централи според Администрацията по информация за енергетиката на САЩ, и значително по-ниски според банковата група *Лазард*.

[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_-\\_cite\\_note-lazard2011-30](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_-_cite_note-lazard2011-30)

Експлоатационният цикъл на АЕЦ е около 40 години, докато този на ветропарковете е около 25 години. Ветрогенераторите обаче могат лесно да се подменят с нови, докато ядреният реактор трябва да бъде спрял при изтичане на неговия експлоатационен ресурс. Атомните електроцентрали се нуждаят също и от хранилища за отработеното гориво, а част от компонентите им трябва да се складират като радиоактивен отпадък [7].

Разходите по построяването на атомна електроцентрала се покачват в последните години, докато тези за изграждането на ветрогенератори и



фотоволтаични паркове спадат. Прогнозите на АИЕ определят цената на електричеството от фотоволтаици за 2016 година да е двойно по-висока от тази от АЕЦ, а на това от ветрогенераторите – малко по-ниска от нея. Ветрогенераторите и фотоволтаиците обаче са непостоянни източници, които в продължение на дни може да не генерират никакво електричество. Освен това тези два източника нямат големи мощности – най-големият слънчев парк в света е в Чаранка, Индия и е с мощност от 214 MW. Най-големият ветрогенераторен парк се намира в Гансу и има инсталирана мощност от 5160 MW,

[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_-\\_cite\\_note-CD-2010.11.04-37](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_-_cite_note-CD-2010.11.04-37) но генерира само 1150 MW. За сравнение, най-голямата АЕЦ в света – Брус в Канада – постоянно произвежда до 6232 MW електроенергия.

Средното оползотворяване на капацитета за всички ядрени реактори в САЩ е 89% за 2011 година. Във Великобритания, за периода 2007 – 2011, ядрените реактори оползотворяват 61% от капацитета си, сравнено с 42,2% за ТЕЦ и 27,1% за ветроенергийните централи.

След аварията във Фукушима през 2011 г. ядрената енергетика е изправена пред сериозни финансови затруднения.

[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_-\\_cite\\_note-oreh0-42](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_-_cite_note-oreh0-42) Старите реактори в повечето случаи нямат проблем да продават електроенергията си на печалба. През 1985 г., когато в света са присъединявани по 33 реактора на година (8 – 10 пъти повече от днес) себестойността на тока

[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_-\\_cite\\_note-oreh1-43](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_-_cite_note-oreh1-43) е под \$30 за МВч. Ядрените централи обикновено продават ток на борсите с дългосрочни договори за 10 и 20 години напред, при пазарни цени от \$15 – 20 за МВч за нощен ток и \$60 – 80 за МВч за дневен.

[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_-\\_cite\\_note-caiso-44](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_-_cite_note-caiso-44). В България през 2013 г. АЕЦ Козлодуй продава при износ ток на свободно договорена цена и на НЕК на регулирана цена 42.30 лв./Мвч

[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_-\\_cite\\_note-caiso-44](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_-_cite_note-caiso-44)

[%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0 - cite note-oreh2-45](#). Тази цена обаче не включва капиталовите разходи, които за АЕЦ са около 60 – 70%

[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) - cite note-oreh3-46, не включва закриването на блоковете и застраховката срещу голяма авария. Дори и при тези условия Козлодуй покрива загубите чрез износа си.

АЕЦ „Белене“ е атомна електрическа централа в строеж на 3 км от град Белене и на 11 км от град Свищов.

Замислена е още през 1980-те години, но реализирането ѝ е замразено през 1990 г., а опитите за продължаване на проекта са неуспешни и през 2012 г. проектът е спрял с решение на парламента. През 2013 г. е проведен национален референдум по развитието на ядрената енергетика в България.



**Фигура 4: Макет на АЕЦ Белене**

Площадка „Белене“ е утвърдена за изграждане на втора АЕЦ в България с Постановление № 9 от 20 март 1981 г. на Министерския съвет. С Решение № 197 от 31 декември 1981 г. на Бюрото на Министерския съвет площадката за изграждане на АЕЦ „Белене“ е отчуждена и предадена на Министерството на енергетиката. В края на 1980 г. и началото на 1981 г. „Енергопроект“ – София, изготвя документация за „Инженерно усвояване

и подготовка на площадката за строителство“. В съответствие с работните проекти усвояването на площадката започва в началото на 1982 г.

Окончателно условията по строителството на АЕЦ-Белене са договорени през февруари 1987 г. при посещението на българска правителствена делегация в СССР водена от министър-председателя на НРБ Георги Атанасов и в която влизат заместник-председателя на Министерския съвет на НРБ и председател на българската част на Междуправителствената българо-съветска комисия за икономическо и научно-техническо сътрудничество Кирил Зарев, заместник-председателя на Министерския съвет на НРБ и председател на Съвета по селско и горско стопанство на НРБ Алекси Иванов и министъра на търговията на НРБ Христо Христов. Между правителства на двете страни е подписан българо-съветски протокол за започване на строителството [2, 5].

Полагането на основите на бъдещата електроцентраля през 1987 г. по проект на „Атоменергопроект“ – Киев и „Енергопроект“ – София, предвиждащ изграждането на 4 блока WWER-1000/V 320. През следващите години въпросът за строителството на АЕЦ-Белене е обсъждан между НРБ и СССР още два пъти с цел уточняване на позициите на двете страни по всички въпроси: през февруари 1988 г. министъра на външно икономическите връзки на НРБ Андрей Луканов е на посещение в СССР за заседание на Съвета за икономическа взаимопомощ в който е постоянен представител на НРБ в Изпълнителния комитет на СИВ и заедно със зам.председателя на Министерския съвет на СССР и председател на българо-съветската междуправителствена комисия от съветска страна Алексей Антонов се договарят, че всички икономически аспекти по строителството са окончателно договорени.

През 1990 проектът е замразен, а на площадката се извършват единствено консервационни работи.

На 20 декември 2002 Министерският съвет взема решение за продължаване работата по изграждането на АЕЦ „Белене“. В началото на 2003 г. Министерството на енергетиката предприема стъпки за актуализация на наличната база и оценка относно изграждането на новата ядрена мощност. През февруари 2003 министърът на енергетиката Милко Ковачев изпраща писма до 6 водещи световни компании в областта на ядрената енергетика с искане за актуална техническа, икономическа и финансова информация.

Със заповед на Министъра на енергетиката и енергийните ресурси от 7 май 2003 е създадена експертна работна група във връзка с изграждането на централата. В нея са включени експерти от Министерство на енергетиката и енергийните ресурси, Министерството на околната среда и

водите, Министерство на транспорта и съобщенията, Министерството на вътрешните работи, Министерството на здравеопазването, Агенцията за ядрено регулиране, Държавната комисия по енергийно регулиране, Държавна агенция Гражданска защита, НЕК и БулАтом. На 4 юли 2003 година е приета програма за дейността на експертната комисия. Тя включва 4 етапа:

I. предпроектно проучване и ОВОС за изграждането на АЕЦ „Белене“

II. вземане на решение за изграждане, провеждане на тръжна процедура и избиране на изпълнител на проекта

III. преговори и сключване на договор с изпълнителя

IV. изграждане и въвеждане в експлоатация

Проучени са 8 типа реакторни технологии, налични на световния пазар. Всички изследвания и изводи са представени за открито публично обсъждане в България и Румъния, и са дискутирани с представители на професионални и обществени организации, научни институти и заинтересовани общности в страната и чужбина,

След последователното изпълнение на всички законови изисквания на 8 април 2005 г. правителството на България решава, че изграждането на ядрена централа на площадка Белене с максимална инсталирана електрическа мощност 2000 мегавата е най-добрият вариант за посрещане на растящите нужди от електроенергия на стабилни и прогнозируеми цени при опазване на околната среда.

През декември 2006 г. АЯР утвърждава площадка Белене за строителство на АЕЦ върху нея.

На 24 април 2007 проектът получава сертификат за съответствие с техническите изисквания на европейските експлоатиращи организации (EUR) за леководни реактори от трето поколение.

На 3 юли 2008 г. АЕЦ Белене получава разрешение за строителство от Министерството на регионалното развитие и благоустройството. На 30 юли 2008 г. започва подготовка на площадката за строителство на бъдещите ядрени съоръжения. Подготвителните дейности включват отстраняване на конструкциите, които не могат да бъдат използвани при реализацията на новия проект в АЕЦ Белене. Всички строителни конструкции, от които зависи ядрената безопасност на централата, се проектират отново и ще бъдат изградени съобразно съвременните подходи и технологии.

На 3 септември 2008, в присъствието на правителствени лица, депутати, дипломати и представители на организациите, ангажирани в изпълнението на проекта, премиерът Сергей Станишев дава официален

старт на строителните дейности на площадка Белене. Срокът за построяването на първия блок съгласно графика е 6,5 години, а на втория – 7,5 години при отчитане на специфичните срокове за лицензиране съгласно българското законодателство. Най-продължителните дейности са свързани с проектиране и доставка на оборудването (58 месеца), както и самото строителство и монтаж (51 месеца). Към онзи момент се очаква първи блок на централата да бъде пуснат в експлоатация през 2013, а втори – през 2014 година.

На 28 октомври 2009 RWE официално се оттегля от проекта заради не подписването на договор с фирмата изпълнител и липсата на финансова структура на проекта.

Техническият проект, разработен от главния проектант „Атоменергопроект“, е одобрен на 28 януари 2010 г. на Технически съвет на НЕК, вкл. Междинния отчет за обосновка на безопасността и Вероятностния анализ на безопасността. При вземането на решенията са отчетени положителните заключения на независимите български и международни експертни организации. В протокола от заседанието на Техническият съвет е записано условието всички забележки и коментари на НЕК ЕАД, на АЯР и на независимите експерти да бъдат адекватно адресирани и препоръките да бъдат взети предвид при изработването на окончателната редакция на Техническият проект.

На 2 февруари 2010 г. BNP Paribas прекратява участието си в проекта поради изтичане на мандата.

На 19 февруари 2010 г. Българският енергиен холдинг стартира процедура за избор на консултант по проекта АЕЦ „Белене“. Предварителното намерение за откриване на процедурата е публикувано през декември 2009 година. Бъдещият консултант по АЕЦ „Белене“ следва да разработи концепция за развитието на проекта и да осъвремени икономическия му модел. В обхвата на работа на консултанта е предвидено, че при положителни резултати от фазата на разработване на концепцията за проекта ще се премине към подготовка и изпълнение на процедура за избор на инвеститори, респективно актуализация на финансовия модел и подкрепа при цялостното реструктуриране на проекта по икономически обоснован начин.

На 18 април 2011 г. е публикувано съобщение на БЕХ ЕАД, че банка HSBC е наета за стратегически и финансов консултант по проекта. Консултантът трябва да разработи концепция за развитието на проекта АЕЦ „Белене“ и да актуализира икономическия му модел. В обхвата на работа на консултанта е предвидено разработване на концепция за проекта, подготовка на процедура за избор на инвеститори оказване подкрепа при

цялостното реструктуриране на проекта по икономически обоснован начин.

На 11 юли 2011 г. НЕК и „Атомстройекспорт“ подписват Допълнение № 13, с което се удължава срокът на действие на Споразумението от 2006 г. до 30 септември 2011 г. На 16 август изтича срокът, даден от НЕК ЕАД на руската компания ЗАО „Атомстройекспорт“ (ЗАО АСЕ) да оттегли иска си срещу българската електрическа компания.

На 30 септември 2011 г. НЕК и „Атомстройекспорт“ подписват Допълнение № 14, с което се удължава срокът на действие на Споразумението от 2006 г. до 31 март 2012 г. През следващите 6 месеца работните групи от двете страни продължават работата по приключването на пазарното проучване, изясняването на финансовия модел и предложението за структуриране на финансирането на Проекта от страна на HSBC, консултант на принципала ”НЕК“ ЕАД

[https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%95%D0%A6\\_%E2%80%9E%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B5%E2%80%9C\\_-\\_cite\\_note-1](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%95%D0%A6_%E2%80%9E%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B5%E2%80%9C_-_cite_note-1).

На 5 октомври в АЯР е внесен Доклад за „стрес-тестовете“ за АЕЦ Белене. АЯР следва да внесе до 31 декември 2011 г. в ЕК окончателен национален доклад за България. Очакванията са ЕК да се произнесе по националните доклади в първата половина на следващата година.

Изграждането на АЕЦ „Белене“ включва два блока с мощност 1000 MW по проект А92 от трето поколение. Разработен от водещи проектантски и инженерни организации въз основа на натрупаните знания и опит в проектирането, изграждането и експлоатацията на АЕЦ с реактори ВВЕР, проектът А-92 е лицензиран от регулиращите органи в страната-производител и отговаря на съвременните национални изисквания по безопасност, както и на препоръките на МААЕ, изискванията на международната консултативна група INSAG <=> група за международна ядрена безопасност и др.

Проектът за АЕЦ Белене принадлежи към трето поколение на най-често използваните ядрени реактори по света – реактори с вода под налягане. Това е еволюционен проект, който използва най-доброто от натрупания десетилетен опит в проектирането и експлоатацията на леководни реактори и го съчетава с най-съвременни технически решения и уникални нововъведения. В реакторната установка на проекта за АЕЦ „Белене“ се използва реактор с вода под налягане с четири циркуляционни кръга. Номиналната топлинна мощност е 3010 MW, а нетната полезна мощност – 1011 MW. Процесът на презареждане на горивото трае 14 дни, а

плановият годишен ремонт е редуциран и трае между 20 и 50 дни в зависимост от обема на текущите ремонтни дейности.

Проектът за АЕЦ Белене е оптимално съчетание на няколко характеристики – повишена икономическа ефективност на производството, скъсени срокове за изграждане и реализация, конкурентни цени на електроенергията и дълъг проектен ресурс, като при това безопасността и грижата за хората и околната среда остават висш приоритет.

Системите за безопасност са проектирани така, че да устоят на откази, включително по обща причина, и да са в състояние да изпълнят функциите си при загуба на електрозахранване.

За тази цел се реализират следните изисквания:

1) Всяка система за безопасност има няколко канала, като всеки от тях е в състояние изцяло да изпълни възложената му функция за безопасност;

2) Броят на каналите (четири) е така определен, че да може да се удовлетворят съвременните критерии за прилагане на принципа на единичен отказ, а конфигурацията им е реализирана по начин, който осигурява тяхната защита от едновременен отказ по обща причина;

3) Всяка защитна система за безопасност се състои от активна и пасивна част, като всяка една от тях е в състояние да изпълни възложената ѝ функция по безопасност;

4) Управляващите системи за безопасност са проектирани като се изхожда от условието, че отказът в системата предизвиква действия, насочени към осигуряване на безопасността;

5) За предпазване от операторски грешки се използват автоматични системи, които предизвикват защитни действия и блокират управляващите действия на оператора, ако те нарушават изпълнението на функциите за безопасност;

6) Активните системи за безопасност се захранват с електроенергия от независими източници, реализирани в съответствие с изискванията към осигуряващите системи за безопасност.

Световният опит при експлоатацията на ядрени централи показва, че най-ефективните съвременни системи за безопасност се основават на максимално намаляване на зависимостта от човешка намеса, като възможността за противодействие на грешките на оператора се залага още в конструкцията на реактора. Основните преимущества на проекта А 92 спрямо съществуващите проекти на АЕЦ с реактори ВВЕР от предходното поколение (У-87) се състоят в това, че основните функции на безопасността се изпълняват независимо една от друга от две различни по принцип на работа системи. Пасивните системи за безопасност

практически работят без външно захранване и не изискват намеса на оператора. Активните системи за безопасност са двойно резервирани, което значително намалява вероятността за неоткрити откази. По-конкретно, уникалното ниво на безопасност се постига чрез:

1) осигуряване на бързо прекратяване на ядрената реакция в активната зона благодарение на действието на две напълно независими една от друга системи за въздействие върху реактивността;

2) резервирано осигуряване на всички функции на безопасност както с активни, така и с пасивни системи за безопасност, които не изискват намеса на оператора и подаване на електрозахранване, включително пасивна система за отвеждане на остатъчното топлоотделяне и пасивна филтрираща система;

3) използване за локализация на продуктите от авария на специална конструкция на защитното ограждение, което включва първичен контейнмънт от предварително напрегнат бетон и херметична метална обшивка, вторична железобетонна конструкция и монолитна външна строителна конструкция, разчетена на широк диапазон външни и вътрешни събития.

Като специфична черта на реактор от трето поколение, А 92 предвижда и специален уловител за разтопената активна зона за случаи на тежки аварии. По този начин се предотвратява възможността за нарушаване целостта на херметичната обвивка и попадане на силно радиоактивна маса в околната среда. Разтопената активна зона ще бъде задържана и охладена от вливащата се на гравитационен принцип в уловителя вода, като водоизточниците за целта се намират в самата сграда на реактора и са достъпни даже при пълно източване на централата. Тази система е снабдена с оригинални технически решения без аналог в световната практика и позволява АЕЦ Белене да се справи дори с най-тежката възможна авария, с вероятност за възникване не по-често от един път на сто хиляди години. Благодарение на тази система вероятността от изтичане на радиоактивност извън границите на централата е не по-голяма от веднъж на един милион години.

При избрания проект за АЕЦ Белене ядреното гориво се използва по-ефективно в сравнение с леководните реактори от второ поколение. Това позволява с 25% по-малко количество гориво да се произведе 20% повече електроенергия. В същото време постигнатата голяма дълбочина на изгаряне на горивото води до намаляване с 50% на годишното количество отработило ядрено гориво.

За образуващите се в процеса на работа на централата ядрени отпадъци е предвидено плазмено изгаряне на твърдите отпадъци и



разделно третиране на течните отпадъци в зависимост от активността им. Очаква се общото количество на кондиционираните отпадъци да бъде по-малко от 50 m<sup>3</sup> на година за един блок.

Подизпълнители на оборудването, което трябва да предостави руската „Атомстройекспорт“, са немската ”Сименс“ и френската ”Арева“.

Докладът за оценка на въздействието върху околната среда се изготвя съгласно изискванията на Закона за опазване на околната среда и Наредбата за условията и реда за извършване на оценка на въздействието върху околната среда на инвестиционни предложения за строителство, дейности и технологии. Възложител на проекта е Национална Електрическа Компания ЕАД, а Докладът е изготвен от Parsons E&C Bulgaria.

Докладът за оценка на въздействието върху околната среда на инвестиционното предложение за изграждане на АЕЦ „Белене“ е преминал обществени обсъждания в градовете Белене, Плевен, Никопол, Свищов, София и Турну Мъгуреле (Румъния). Докладът е одобрен на заседание на Висшия експертен екологичен съвет към Министерството на околната среда и водите от 11 ноември 2004 г. На това основание е издадено Решение № 18 – 8/2004 г. на Министерството на околната среда и водите от 22 ноември 2004 г. за строителство на АЕЦ „Белене“ [5].

### **Изводи:**

1. При започване изграждането на АЕЦ „Белене“ е направен цялостен и задълбочен анализ на предложените площадки и избран най-добрият вариант, според наши и чужди специалисти;

2. ЕК официално посочва АЕЦ „Белене“ като един от трите примера за ядрен проект от трето поколение и препоръчва бъдещите нови ядрени мощности да бъдат само с ниво на безопасност и икономическа ефективност като това на трето поколение реактори;

3. Протакането на изпълнението на проекта, многобройните комисии, експертизи и др. процедури оскъпиха няколкократно проекта, с което допълнително се натоварва българския данъкоплатец;

4. Необходимо е намирането на стратегически инвеститор и завършването на проекта, като трябва да се отстояват българските национални и енергийни интереси, а не чужди и лобистки такива.

### **Ползвана литература:**

1. Долчинков Н., Анализ на съществуващите и проектираните аец в обкръжаващата ни територия, Сборник доклади от Годишна научна конференция на НВУ” Васил Левски”-1-2 юни 2018 г. ISSN 1314-1937, стр. 131-140;

2. Долчинков Н., История, развитие и перспективи на проекта АЕЦ „Белене“, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“ НВУ „В. Левски”- гр. В. Търново – 11 ноември 2016 г. ISBN 978-954-753-243-4 стр. 81-90;
3. Манчев Б. – АЕЦ „Белене“ – лекции пред клуб „Енергетик“, 2010;
4. Набатов Н. и колектив, Електроенергетиката на България, София, ТАНГРА ТанНакРа ИК, 2015, 632-690 стр.;
5. Постановления и решения на МС на Република България, София;
6. Пъдарев Н., Планиране управлението на отпадъци съдържащи ЯХБ агенти, Годишник на НВУ „Васил Левски”, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”, 2019, с. 88-101, ISSN 1312-6148;
7. Dolchinkov N., Radiation safety of Bulgaria in the contemporary international situation, Security and defence Quarterly No 4(13)2016, War Studies University, Warsaw, Poland, стр 3-14.

*Адрес за кореспонденция:*

*Милен Торториков, НВУ „Васил Левски”, Велико Търново,*

*E-mail: milen\_tortorikov@abv.bg*

## CHERNOBYL – THE NUCLEAR ACCIDENT WITH CATASTROPHIC EFFECT

Мадлен Пенева, Деница Божанова

## ЧЕРНОБИЛ – ЯДРЕНАТА АВАРИЯ С КАТАСТРОФАЛЕН ЕФЕКТ

Madlen Peneva, Denitsa Bozhanova

***Abstract:** Chernobyl is a city in the Ukraine located about 90 kilometers northeast of the capital Kiev. Prior to the disaster and a subsequent evacuation, it was home to around 14,000 people. On 26<sup>th</sup> of April 1986, disaster struck when reactor №4 exploded. „A nuclear reactor at Chernobyl exploded!“ This kind of explosion had never happened before and hasn't happened since and it wasn't supposed to be possible. For 10 days, a large amount of radioactive substances pervaded the air, most of it falling as dust into nearby areas, but smaller particles spread far and wide carried by the wind. So let's try to get down into the weeds on how nuclear reactors operate.*

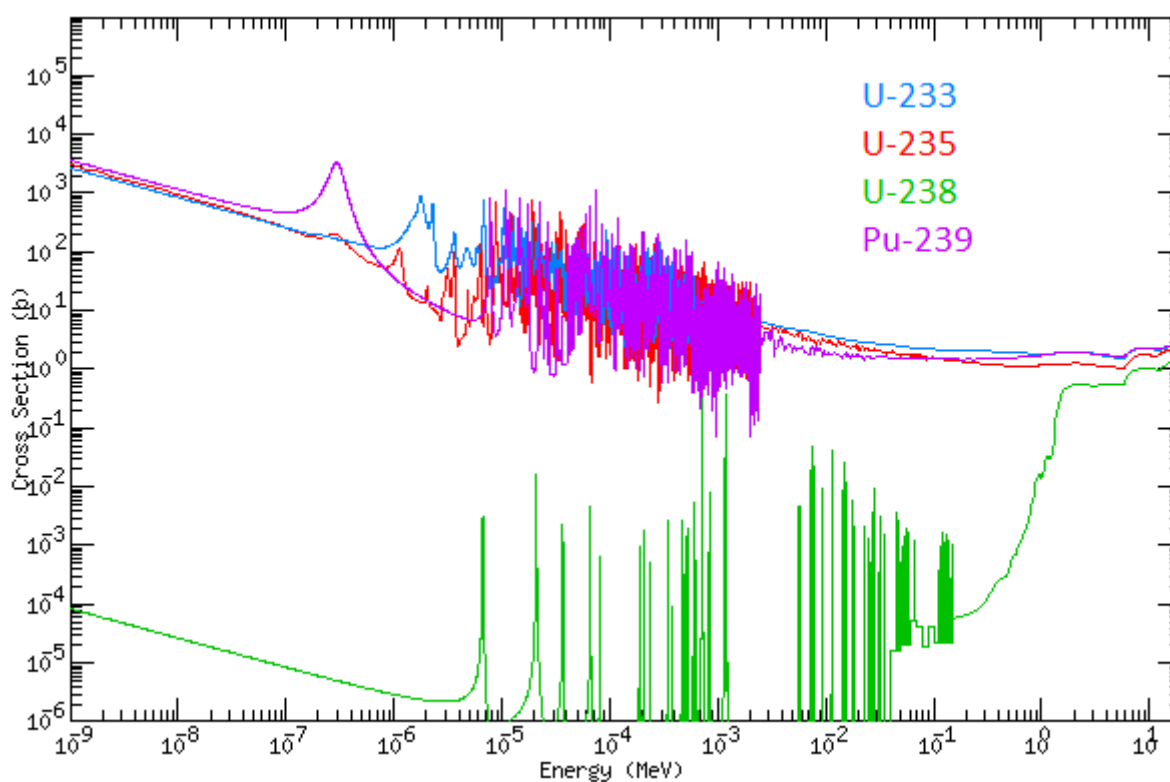
***Keywords:** Chernobyl, Reactor, Uranium, radiation*

A nuclear reactor works as a self-sustaining reaction where atoms of uranium or plutonium are split into smaller lighter atoms and as they do that, it releases energy. This is called a nuclear fission. Now as the atoms split, they also spit out high-energy neutrons, which bounce around inside the core and some of them end up hitting other uranium or plutonium atoms and make them split. With that the reactors are balanced so that the average of one neutron per reaction goes on to trigger another reaction. If the average is slightly higher, then the reaction rate will actually increase and if it's slightly lower the reaction rate will decrease over time.

Since each fission produces two or three high-energy neutrons, they need to get rid of the excess neutrons somehow. There are three things that can happen to these, firstly they can go on to trigger another reaction. They could escape the core completely and be lost or they could be lost by being absorbed by another type of atom that doesn't undergo fission.

Reactor designs include materials inside them that are designed to absorb the actual extra neutrons. These are materials like boron or cadmium so that it can keep the reaction rate constant. Some of these absorbers are in the form of movable control rods that can be moved in and out of the core to dynamically change the neutron absorption rate and keep the amount of excess neutrons constant.

The nuclear fuel used in the reactor at Chernobyl is uranium. Naturally occurring uranium is made of two primary isotopes. There is uranium 238 which is the most common and instead of splitting when hit with neutrons, it tends to absorb them instead.

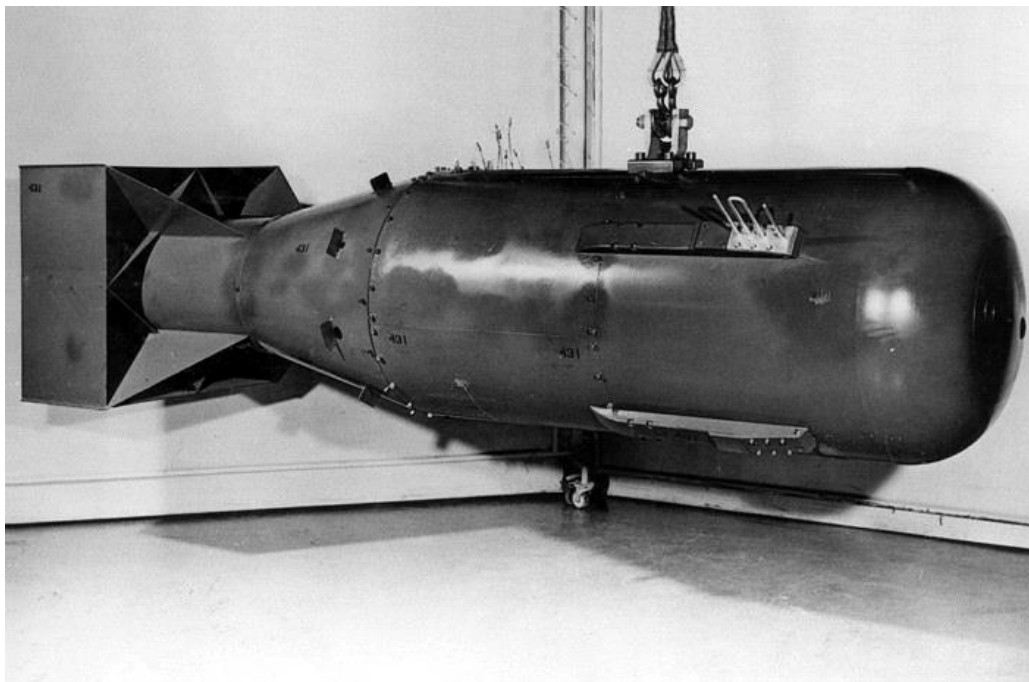


**Fig.1 Fission cross section of 4 nuclides**

Uranium-235 is much rarer, but when it's hit by a neutron, that's the one that splits and releases the energy. So for naturally occurring uranium only about 0.7 percent is the fissile uranium-235. However, in the first nuclear bomb dropped „The little boy“, it's uranium was enriched to something like 80% uranium-235. Because of complex nuclear quantum physics, the chances of a neutron being absorbed or triggering fission, changes with the energy of the neutrons in uranium-235 the chance of a neutron causing fission is about 1,000 times larger for low energy neutrons as it is for high-energy neutrons. The neutrons that come out of each fission event are very high-energy. They are

moving at a good fraction of the speed of light. So reactors are designed that they can slow these neutrons down closer to the speed of sound and they do this by having the neutrons bounce around off the nuclei of atoms and every time they bounce they slow down a bit. The best atoms for this job are the ones which rarely absorb neutrons and which are very light, so that each bounce transfers as much energy as possible.

Most commonly we will see reactors using either carbon in the form of graphite or hydrogen and oxygen in the form of water. These materials, which slow neutrons down, are called Moderators and they make it possible to run a nuclear reactor without spending a lot of time and effort enriching your fuel to weapons-grade levels. It's worth pointing out that regular hydrogen still has a reasonable chance of absorbing neutrons, which does offset it's utility as a Moderator, but it does work if the fuel enrichment is high enough



**Fig.2 The Little Boy**

Deuterium has much lower chance of doing this which is why heavy water is used in some reactor designs. At Chernobyl the reactors were the RBMK design, which is a Russian acronym for Reaktor Bolshoi Moshchnosti Kanalnyy. The channels are a series of pipes that run vertically through the core of the reactor, which carry cooling water and they contain things like fuel rods control rods neutron sources instrumentation depending upon the configuration of the reactor. While many water-cooled reactors use water as a moderator in the

RBMK reactors, the neutrons moderator is primarily graphite blocks that are placed around the channels.

This was a design decision which made it possible for the reactor to sustain a reaction using unenriched natural uranium as a fuel without resorting to heavy water as a coolant and this made it very cost-effective design. A set of electrical pumps would drive the water through the core the pressurized water entered from the bottom to the core, absorbs heat from the reaction and after leaving the core the steam is then separated and used to drive the turbines. And so we come to the test that was a series of procedures being performed on the night of the accident. In the event of an emergency the reactor would be shut down but the cooling process had to continue. The reactor continues to produce heat after the reaction stops because the split atoms are radioactive and they're slowly decaying and releasing energy. And that meant you could not immediately turn off the cooling water to the reactor. So those pumps had to keep operating and to make sure this happened there were diesel generators that could startup and provide power to the pumps in an emergency.

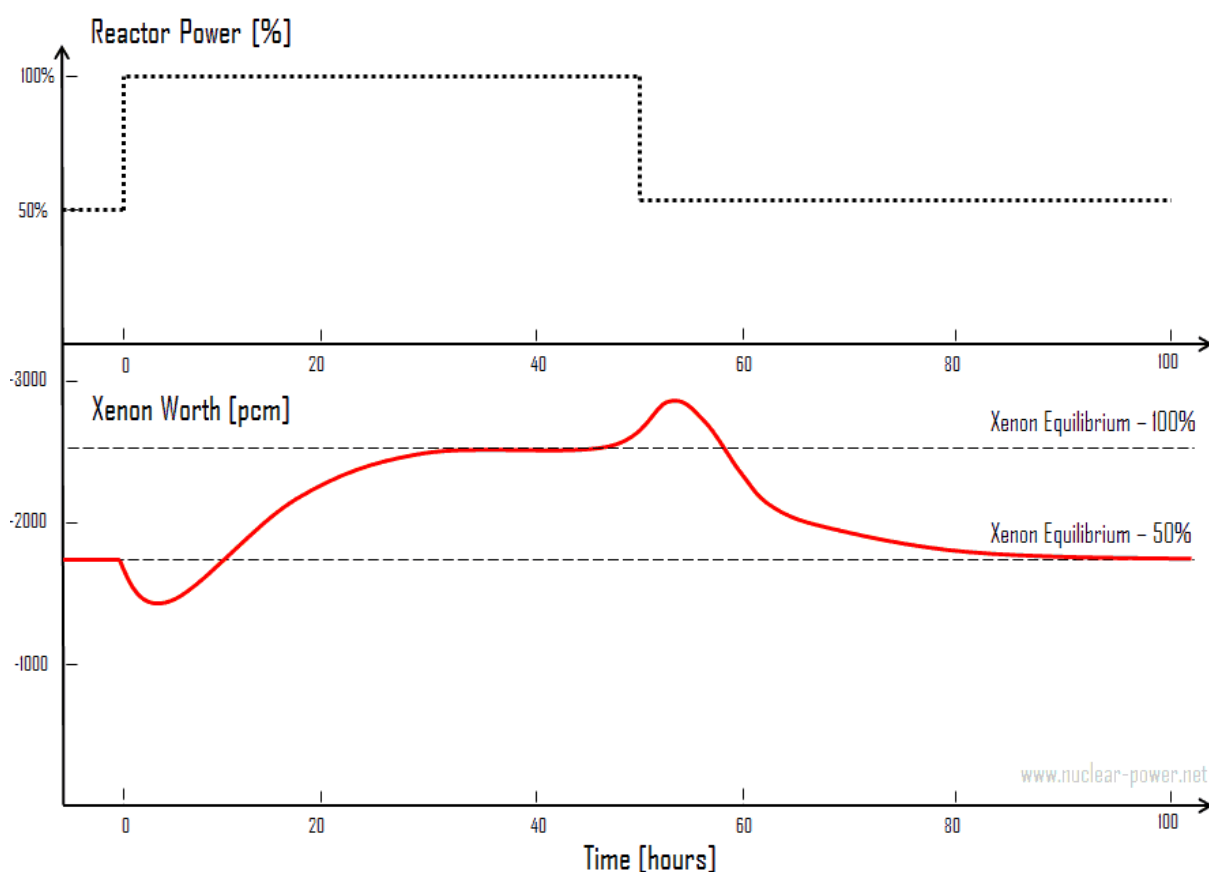
However, those generators would take about one minute or so to come up to speed. So another energy source was needed for that first critical minute and that energy was supposed to come from that already spinning turbines and generators. As the steam generation stopped the turbines would begin to spin down, but they would still have kinetic energy and so they could continue to generate electrical power as they converted their kinetic energy into electricity and that would keep the pumps running for long enough that the generators could kick in. This had never been successfully demonstrated for a reactor at Chernobyl that the voltage Regulators had always let the power drop off too quickly. This test was supposed to be the one where they finally showed that this safety system could work. The reactor was being brought offline for maintenance anyway, so it was scheduled for the time when they were shutting it down.

However, that day the power grid had needed more energy than expected that meant that reactor 4 wasn't allowed to be taken offline when planned and instead the reactor continued operating at a relatively high power level until late into the evening. One of the most critical fission products that builds up in the core is xenon-135 and it is exceptionally good at absorbing neutrons that would otherwise sustain their reaction. But xenon-135 doesn't appear instantly. About 95% of it comes from iodine-135, which has a half-life of about six and a half hours.

So if a reactor has been operating the xenon from the reactions only appears about six and a half hours later. As a reactor operates the amount of xenon-135 in the core grows until it reaches an equilibrium. And the extra

neutron absorption from this means that less neutron absorption is needed from control rods. In nuclear engineering xenon-135 is referred to as a neutron poison because of it's ability to kill the reaction by robbing off the neutrons that it needs.

This is expected and under normal operation the reactor control system will adjust the control rods to keep their reactor rate constant. In an active reactor the xenon-135 gets removed by being burned. When it all absorbs a neutron it becomes xenon-136., which is much less likely to absorb a neutron and is very stable or if the reactor is idle then, it's not generating any neutrons. So this will decay into cesium-135 with a half-life of something like nine and a half hours.



**Fig.3 Xenon 135**

If the reactor power is reduced the xenon production will continue at the rate from six and half hours ago, but the burn rate now occurs at the lower power levels. So bringing a reactor powered down puts it in a situation where the neutron poison builds up and slows things down even more. Normally the operator was designed to operate at about 3,200 megawatts, but for the most of the day preceding the accident it had been running at about 1,600 megawatts.

For the test the power was supposed to be brought down to about 700 megawatts and to be clear. The power reduction from 1600 megawatts to 700 began at a bit ten minutes past eleven and just over an hour later the operators who just changed shifts, managed to stall the reactor and the power levels plummeted down to about 30 megawatts too low to run the test.

At this point the reactor was in a state where it was going to be really hard to bring it back up to power. That xenon-135 was still building up and it wasn't being burned off because there weren't enough neutrons flying around.

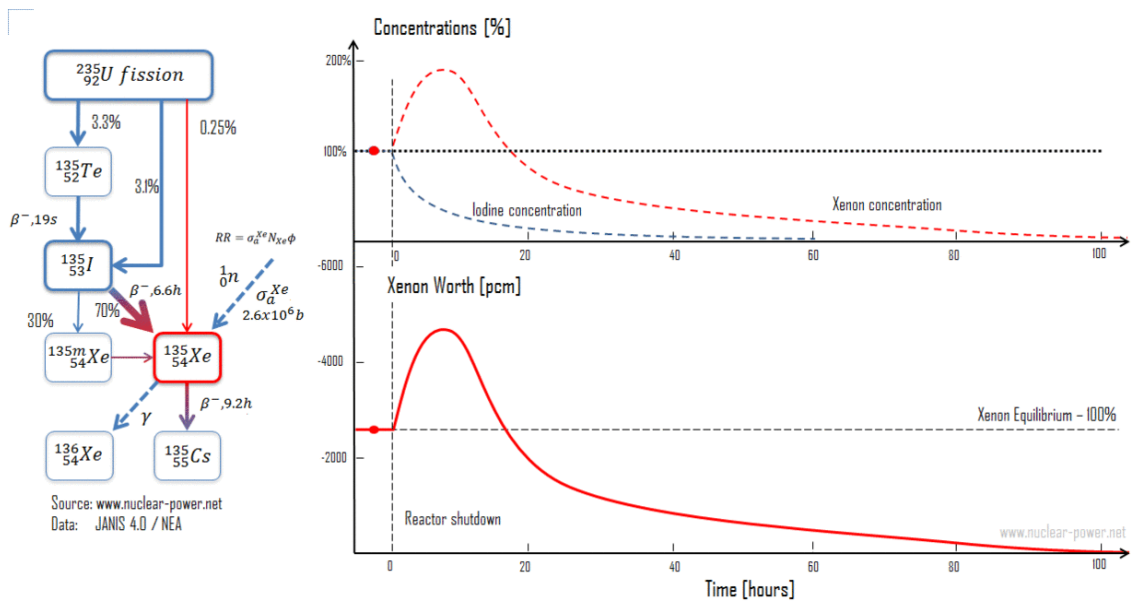


Fig.4 Xenon 135

Any neutrons that were being generated were being used to burn up the xenon. This is colloquially referred to as being stuck in the xenon pit. But that wasn't the only effect of choking the reactor of it's neutrons. The water is a weak neutron absorber. During normal operation the cooling water is being boiled and that creates low-density voids in the water and this reduces the effect of density of the water and therefore the amount of neutron absorption.

When the reactor power crashed all the way down the washer wasn't being boiled and that means it was absorbing even more neutrons than normal. Under pressure from lead engineer the controllers attempted to restore the reactor to a power level. Where the test could occur which meant they had to reduce the neutron absorption and of course they did this by pulling control rods further and further out of the core. The control rods in the RBMK reactors used boron carbide as their neutron absorber. But if they were simply pulled out of the core, then the space left behind would contain water and that is also a neutron absorber, so to enhance the effectiveness of the rod they would instead



pull in a piece of graphite that would act as a moderator and therefore enhance the reactivity of the system.

This in theory made the control rods much more powerful controls of the reactor. Normally, there were more than two hundred rods used to control the core but with all the xenon stealing their neutrons the operators pulled almost all of them out. There were equivalent of less than eight rods left actively controlling the core.

They knew that if things got out of hand there was always the emergency power shut down switch. They could reinsert all of the control rods as quickly as possible. By manually pulling so many rods out of the core they were able to get the reactor back up to power for about 200 megawatts, well below the power that they should have had according to the test protocol but high enough that by manually managing the water flow through the reactor. They were generating enough steam to spin the turbines up to their operating speed.

So the test began and the turbines were isolated and they began to spin down. And it was at this point things went wrong in a big way with so many of the control rods removed. The water has become a significant contributor to the neutron absorption and with the power levels so low and the cooling system running at a correspondingly low speed for the power. The reactor becomes very sensitive to the boiling of the water. As the water begins to boil and generate void, fewer neutrons get absorbed which in turn means that the reaction accelerates and heats the water even more.

As a conclusion it is important to realize that the time most experts in the world thought the idea for nuclear reactor having runaway excursion and explosion like this was impossible and of course the reason this was so far-fetched was because reactors are designed to prevent these circumstances and even the shortcomings of the RBMK reactor were remedied in later years. There are still a number of RBMK reactors operating around the world. Even though Chernobyl's reactors one through three were only shut down a few years ago. It is important to keep in mind that scientific study of energy generation and the human cost of energy generation shows that nuclear is actually one of the safest options out there.

### ***Bibliography***

*Plochy, S.: Chernobyl, Harper Collins Publishing, 2018*

*Higginbotham, A.: Midnight in Chernobyl: The Untold Story of the World's Greatest Nuclear Disaster Kindle Edition, 2019*

*Alexievich, S.: Voices from Chernobyl, Benbella Books, 1997*

*Read, P.: The Story of the Heroes and Victims of Chernobyl, Praxis Publishing, 2013*

*Pohl, F.: Chernobyl, Terra Publishing, 2019*

**АНАЛИЗ И ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА  
ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ НА РАДИАЦИОНЕН И ЯДРЕН  
РИСК В СЪВРЕМЕННИЯ СВЯТ**

**Михаел Павлов**

**ANALYSIS AND OPPORTUNITIES FOR  
COUNTERACTION OF RADIATION AND NUCLEAR RISK  
IN THE MODERN WORLD**

**Michael Pavlov**

***Abstract:** In principle, in the modern world, everyone and everywhere is at risk of accidents with radioactive and nuclear materials. Therefore, the protection of the population requires the timely taking of appropriate countermeasures to best prepare in the event of an accident. Nuclear power plants are still in operation around the world, and many are under construction in Asia. That is why almost all countries are concerned about an accidental or terrorist threat, using radioactive and nuclear materials.*

В съвременният свят съществуват вероятности за терористична заплаха или промишлена авария на основата на радиационен или ядрен риск. Световните политически явления принципно поставят осем милиардното население на света на една постоянна заплаха, свързана с тези рискове. Статистиката показва, че няма граници или географски ограничения за терористичните дейности, предназначени да нанесат вреда на обществото и да нарушат ежедневието. Рискът за населението е по-висок от всякога, а ядрените материали все още са твърде лесно достъпни за терористите и често се съхраняват и управляват лошо в индустриите по целия свят.(9,10)

Ето защо целта на това изследване е да се направи анализ и възможностите за противодействие на радиационния и ядрен риск в съвременния свят.

Многобройните обществени мероприятия с наличието на много хора хора, принципно са потенциална цел за терористи. Това са спортни

събития на стадиони (Олимпийски игри, Световна купа на ФИФА и др.), съоръжения за обществен транспорт (метростанции, влакове и т.н.), експозиции в центрове на културата и др. Затворените пространства са предпочитана и лесна цел за терористите, тъй като могат да въздействат много бързо на много хора, където има тесни и стълбищни изходи. Тези условия са предпоставка за хаос и паника. Всяко голямо струпване в структура, която е трудно да се евакуира, е изложена на риск и от радиационна терористична атака.

В допълнение към терористичната заплаха, индустриалният риск, свързан с радиационно облъчване е реален. Увеличаването на индустриите и масовото производство в световен мащаб (независимо то Covid – 19 се отчита 3,2% темп на растеж на промишленото производство, включително производството, минното дело и строителството в световен мащаб), излага на риск по-големи групи работници при работа с с радиационни или ядрени материали.(11)

Ако се разпръсне радиоактивен или ядрен материал, замърсяването не спира на националните граници и обикновено замърсява постоянно природната среда (напр.: вода, почва), излагайки на риск всички групи от населението. Замърсяване на околната среда с радиоактивни елементи е особено опасно за децата. Принципно в съвременния свят, всеки и навсякъде е изложен на риск от аварии с радиационни и ядрени материали. Ето защо, защитата на населението изисква своевременно предприемане на подходящи контрамерки за най-добра подготовка в случай на инцидент.

Тъй като ядрените централи все още се експлоатират по целия свят, а много от тях са в процес на изграждане в Азия, всички страни са загрижени от случайна авария или терористична заплаха, с разпръскване на радиоактивни и ядрени материали.

Саботажът на ядрена електроцентрала с цел изпускане на радиация в околната среда е непренебрежима терористична заплаха, която се нуждае от подготовка, за да се защитят популациите, включително бебета, деца и юноши, от радиологично облъчване. (1,6)

Радиологичните оръжия разпръскват радиоактивен материал с метод на дисперсия като аерозол или течност, което може да доведе до поглъщане или вдишване на радиоактивния материал. (2,4)

Най-големият риск е, че тези видове оръжия могат да бъдат използвани в мръсна бомба, където се комбинира с конвенционални експлозивни или чрез замърсяване на хранителните или водните запаси. (5)

Известно е, че терористичните организации имат интерес да се снабдяват с материали за радиологични оръжия и че всяка година има много случаи на изчезване на материали поради кражба и загуба. (4)

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

Например, през 2014 г. Европейската комисия отбелязва, че 150 случая на трафик на радиологични и ядрени материали се докладват годишно в базата данни за инциденти и трафик на Международната агенция за атомна енергия (МААЕ). (11)

В допълнение към атаките на терористи, трябва да се отчетат и възможностите за подготовка за авария в атомна електроцентрала. (6)

Според някои източници, най-голямата заплаха от ядрен инцидент е по-вероятно да дойде от голяма авария след кибератака срещу ядрено съоръжение (1).

**Таблица 1: Източници на радиоактивно и ядрено замърсяване**

Елементи като източници за радиоактивно и ядрено замърсяване			
№	Название	Химическа формула	Период на полуразпадане
1	АМЕРИЦИЙ - 241	${}_{95}\text{Am}^{241}$	432 години
2	КАЛИФОРНИЙ - 252	${}_{98}\text{Cf}^{252}$	2.4 години
3	ВЪГЛЕРОД - 14	${}_{6}\text{C}^{14}$	5,730 години
4	ЦЕЗИЙ - 137	${}_{55}\text{Cs}^{137}$	30 години
5	КОБАЛТ - 60	${}_{27}\text{Co}^{60}$	5.3 години
6	ПЛУТОНИЙ – 238-239	${}_{94}\text{Pu}^{238}; {}_{94}\text{Pu}^{239}$	24,400 години
7	ЙОД - 131	${}_{53}\text{I}^{131}$	8 дни
8	ЙОД - 125	${}_{53}\text{I}^{125}$	60 дни
9	СТРОНЦИЙ - 90	${}_{38}\text{Sr}^{90}$	28 дни
10	ТАЛИЙ - 201	${}_{81}\text{Tl}^{201}$	73 часа
11	ТРИТИЙ - 3	${}_{1}\text{H}^3$	10 дни
12	УРАН -235	${}_{92}\text{U}^{235}$	4.47 милиона години

Множество радиоактивни елементи могат да бъдат източник на радиоактивно и ядрено замърсяване с елементите показани в таблица 1.

Например аварията в Чернобил и Фукушима показаха, че  ${}_{55}\text{Cs}^{137}$  и  ${}_{53}\text{I}^{131}$  съставляват основното количество вредни замърсители в атмосферното разпръскване и опадъци. (7)

В медицинските процедури най-широко използваният радиоизотоп е Технеций - 99 ( ${}_{43}\text{Tc}^{99}$ ). Той се използва в около 80% от всички процедури на ядрената медицина. Стронций-82 ( ${}_{38}\text{Sr}^{90}$ ) се използва и за изображения с позитронна емисионна томография (PET) и изображения на миокардна перфузия (MPI). Използва се талиев хлорид ( ${}_{81}\text{Tl}^{201}$ ) или Tc-99 за откриване и прогнозиране на коронарна артериална болест (8).

Многобройни инциденти показват, че радиоактивен медицински материал може да бъде изпуснат в околната среда поради човешка грешка или небрежност.

Въпреки че радиоактивните елементи могат да се срещат естествено в околната среда, повечето от вредните радионуклиди са от антропогенен произход - освободени от военни, промишлени или медицински процеси (цезий се използва в медицинските устройства за лъчетерапия и талий за медицински изображения). (7)

Например, медицински източник на радиация кобалт - 60 е бил откраднат от паркинг в Тайланд и демонтиран за метален скрап. Работниците, които са свалили оловния щит са получили сериозна доза облъчване. В резултат на тази катастрофа са ранени седем души, а трима загинали. (10)

Терористична заплаха е възможността за облъчване с радионуклиди чрез замърсяване на резервоари за питейна вода например (6) или от употреба на радиоактивни материали, като например времето, когато цезият е бил използван от терористи в Русия. Радиоактивният йод може също да бъде използван с помощта на устройства за разпръскване на радиация, т.е. мръсни бомби. (4,7)

***Радиологично и ядрено облъчване може да се случи в следните случаи:***

- Импровизирани радиологични устройства за разпръскване с цел заразяване на гъсто населени райони;
- Аварии в ядрени централи (събитие в Чернобил или Фукушима Daiichi в японската атомна електроцентрала);
- Излагане на радиация от неправилно изхвърляне на оборудване за лъчетерапия;
- Излагане, дължащо се на жилища в близост до ядрени централи (особенни са здравните ефекти, свързани с излагане на радиация на деца, живеещи в близост до атомни централи),
- Излагане на околната среда и храна чрез замърсени предмети: децата са изложени на риск, като поставят ръцете си в устата си, когато пълзят, поглъщат замърсена почва или консумират мляко от крави на замърсени пасища или фураж.

Терористичните заплахи най общо могат да се отнасят към следните сценарии:

- Умишлено замърсяване на околната среда

Резервоарите за питейна вода могат да бъдат умишлено замърсени с радионуклиди.

- Мръсни бомби

Радиоактивният йод или цезий могат да бъдат използвани с помощта на устройства за разпръскване на радиация с цел радиоактивно заразяване на гъсто населени райони.

Замърсяването на околната среда и храните несъмнено ще доведе до излагане на хората и храната им на радиоактивно замърсяване. Принципно предметите около нас ще бъдат изключително опасни.

Деца вероятно ще изпитват по-високи нива на външна и вътрешна радиационна експозиция в сравнение с възрастните поради по-малкия им размер на тялото и органите и други физиологични характеристики, както и тяхната склонност да вдигат замърсени предмети и да консумират заразено мляко или храни.

Замърсяване на околната среда може да възникне и от неправилно изхвърляне на оборудване за лъчетерапия от ядрени централи. Например, като изхвърлянето на оборудване за лъчетерапия в Гояния, Бразилия и жилища в близост до ядрени централи. (9)

Известен е случай при който освободената радиация идва от стар източник на лъчетерапия, който е откраднат, демонтиран и обработван от много хора. Той съдържа  $Cs^{137}$ . Този инцидент причинява смъртта на 4 души, а 249 души са били облъчени със значителни нива на радиация. (2,9)

Друго замърсяване на околната среда може да дойде от места за погребване на ядрени отпадъци, като депо за ядрени отпадъци в Буре (Франция). Той включва заравяне на най-много радиоактивни отпадъци от френски атомни електроцентрали на 500 метра под земята. Днес 18% от контейнерите за отпадъци се считат за ненадеждни и представляват риск от излагане на околните популации. (11)

Четири големи аварии в атомната централа, случили се до днес, са:

- 1957: Windscale in Seascale, Cumbria in the United Kingdom (2,9)
- 1979: Three Mile Island in Pennsylvania, САЩ (2,9)
- 1986: Чернобил в Украйна (2,9)

• 2011: АЕЦ Фукушима Даичи, Префектура Фукушима, Япония. Тази авария е предизвикано от масивно земетресение и предизвика сериозна замърсяване както на сушата, така и в акваториалните води на Япония. (7)(9)

***Пътища за редуциране действието на радиоактивните вещества и ядрените материали:***

Независимо какви са инцидентите, дали терористичен акт или авария в ядрена централа и в двата случая на експозиция са необходими важни количества противорадиационни препарати и лечения за незабавна употреба. Без натрупване на запаси за тези лечения, службите за спешна помощ няма да могат да спасят и защитят населението от възникналия терористичен акт или ядрен риск.

Съществуват противорадиационни препарати за предотвратяване на такъв риск от ядрена експозиция и могат да бъдат много ефективни с

оптимално натрупване за защита на популациите. Ето защо е изключително важно да се осигури запаси на подходящи противорадиационни препарати като антитерористична мярка за готовност за защита на населението. Някои държави вече натрупват запаси от противорадиационни препарати. Същевременно световните организации активно си сътрудничат за уеднаквяване на насоките за готовност и възможно използване на противорадиационни препарати.

За използването на противорадиационните препарати е необходимо да се знае възможната експозиция и радиоактивните вещества. Първата стъпка за разпознаване на замърсяването е да се разбере разликата между експозицията и замърсяване от радиологични агенти. (15)

Експозицията се определя от близостта на индивида до материал, излъчващ йонизиращо лъчение, също дефиниран **като външно замърсяване** (например, в близост до експлозия на ядрена централа или изложен на облъчване на замърсена територия). (15)

Всъщност докосването, вдишването или поглъщането на този материал се определя като **вътрешно заразяване**. (15) Вътрешното заразяване с радиоактивен материал може да изложи пациентите на продължително облъчване, което води до краткосрочни и дългосрочни клинични последици. (14)

Експозицията може да възникне **върху цялото тяло** (например външна радиация от естествени фонове експозиции или радиационни облъчвания от аварии), или може да включва **частична експозиция на тялото** (например рентгенови снимки от медицинска радиография и повечето форми на лъчетерапия). (17)

Независимо дали човек е изложен на външно или вътрешно радиоактивно заразяване, телесните клетки са засегнати идентично чрез процеса на йонизиращо лъчение и въздействието му върху живите организми.

Важно е да се оценят нивата на вътрешно замърсяване, за да се прецени дали пациентът е поел опасни количества от материала, което подлага на значителна доза тялото или на специфични органи, **като щитовидната жлеза** в случай на радиоактивен йод. (14)

**Клиничната загриженост включва и дългосрочни последици като рак.** Ракът може да е резултат от кумулативна доза радиация с течение на времето.

Бързото започване на лечение на облъчени пациенти е наложително след радиоактивното заразяване. Правилно завършената, бързата дезактивация може да намали заболяемостта и смъртността и да ограничи разпространението на заразяването.

Лекуващите лекари и асистиращите експерти трябва да оценят количеството радиоактивен материал, който е попаднал в тялото на поразения. Тази оценка трябва да включва и дозата радиация, която получена както и специфичните радионуклиди, които са попаднали в поразения. (14)

Изследването показва, че за вътрешно обеззаразяване могат да се използват редица методи, включително блокада на ентералната абсорбция, блокада на поглъщането от крайните органи, разреждане и хелиране. Скоростта на вътрешното обеззаразяване е от съществено значение, защото някои изотопи могат да бъдат включени в крайните органи в рамките на един час след експозицията и са много трудни за отстраняване. (виж фигура 5)

По отношение на ранната фаза (дни до седмици) ефективното ограничаване на поглъщането на  $^{131}\text{I}$  (опита при ликвидиране последствията на Fukushima) и най-важният метод за ограничаване на дозите на щитовидната жлеза, особено при деца, е да се ограничи консумацията на замърсена храна, питейна вода и прясно мляко от пасищни крави.

Предлагат се и следните методи:

***Блокада на ентералната абсорбция:***

Доказано е, че някои методи за ентерално свързване ефективно свързват специфични агенти на замърсяване. (15)

-Бариев сулфат: Този препарат, което обикновено се използва за рентгенографски контрастни изследвания, образува необратими връзки със стронций и радий, които се използват в по-старо военно, промишлено и медицинско оборудване.

-Алуминиеви и магнезиеви соли: тези соли се свързват и намаляват абсорбцията на радиоактивните стронций, радий и фосфор по начин, подобен на бариевия сулфат.

-Прусско синьо: Този препарат се свързва и увеличава елиминирането на радиоактивните цезий и талий. Прусското синьо също блокира усвояването на радиоактивен рубидий.

-Активен въглен: При пациенти без намалено ниво на съзнание, приложението на една доза активен въглен може да се свърже и да ускори елиминирането на някои радиоизотопи.

***Разреждане:***

-Орални течности: Ако се подозира вътрешно заразяване с тритий, могат да се приложат обилни перорални или интравенозни течности, за да се предизвика разреждане и да увеличите бъбречната екскреция на вода с тритий.



-Фосфор: Подобно на разреждането на тритий, оралното натоварване с фосфорни соли може да засили елиминирането на радиоактивния фосфор.

***Блокада на поглъщането на крайните органи:***

-Калиев йодид: Този противорадиационен препарат се приема като универсален блокиращ агент за всички въздействия от радиологична или ядрена атака.

Радиоактивен йод (RAI) присъства в горивните пръти на ядрените реактори; следователно, в случай на авария с реактор, терористична атака или използване на горивни пръти за терористични експлозивни устройства (устройства за разпръскване на радиация, т.е. мръсни бомби), RAI може да бъде освободен. Основното въздействие на RAI е за щитовидната жлеза. Конкурентна блокада на RAI (радиоактивен йод) и усвояването на технеций може да се постигне с големи дози KI (калиев йодид). Ефективността е право пропорционална на скоростта на приложение, която за предпочитане е в рамките на 6 часа след експозиция.

-Калций: Калциев глюконат или калциев хлорид могат да се прилагат за ограничаване на включването на радиоактивен стронций или радиоактивен калций в костите.

***хелация:***

-Пентетат калциев тринатриев (Ca-DTPA) и пентетат цинк тринатриев (Zn-DTPA) образуват съединения със специфични радиоизотопи като америций, кюриум, плутоний, което ги прави по-лесно екскретирани от бъбреците и така се засилва елиминирането. Задължително е в рамките на първите 24 часа от експозицията да се използва Ca-DTPA. За последващи дози или при първо лечение след 24 часа експозиция трябва да се използва Zn-DTPA.

**Изводи:**

1. В съвременният свят съществуват вероятности за терористична заплаха или промишлена авария на основата на радиационен или ядрен риск. Рискът за населението е по-висок от всякога, а ядрените материали все още са твърде лесно достъпни за терористите и често се съхраняват и управляват лошо в индустриите по целия свят.

2. Проучването показва, че голяма част от противорадиационните препарати и оборудването, специално за използване при ядрени и радиационни бедствия, не се използват за други цели и затова не се съхраняват постоянно в болниците, аптеките или лекарските кабинети. Поради това правителствата и местните заинтересовани страни са подтиквани да създават стратегически запаси.

3. Запасите от противорадиационни препарати трябва да могат да бъдат изпратени до места при необходимост в кратък срок когато бъдат определени рискови места за незабавна употреба. В Съединените щати някои отделни щати, особено тези с ядрени реактори, вече имат свои собствени запаси от К1. (9,17)

### **Литература:**

1. Долчинков Н. Т., Хвостова М. С. Обучението по радиационна защита в контекста на актуалната международна обстановка, Годишна научна конференция НВУ, Велико Търново, 2018;

2. Долчинков Н. Т., Мерки за радиационна защита при аварии с възможни радиационни последици за населението, Научна конференция „Актуални проблеми на сигурността“, НВУ, Велико Търново, 2017; 12,

3. Долчинков Н. Т., Радиационната безопасност в България конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“, НВУ, Велико Търново, 2016 г.;

4. Долчинков Н. Т., Хвостова М. С., Караиванова-Долчинкова Б. Е., Действия при извънредни ситуации от техногенен характер с отделяне на радиоактивни вещества, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“ НВУ „В. Левски“- гр. В. Търново – 16 ноември 2018 г ISBN 978-954-753-258-8, стр. 48-57;

5. Зайцев А. П. Защита населения в чрезвычайных ситуациях, Москва, 1999;

6. Маринченко А. В. Безопасность жизнедеятельности, Дашков и Ко, Москва, 2015 г;

7. Харалампиев М., Долчинков Н., Контролът на радиоактивното замърсяване – важен фактор за ядрената сигурност на България, Годишна университетска конференция на НВУ „В. Левски“- гр. В. Търново – юли 2014 г. ISBN 1314-1937 т.4 стр.164-175;

6. Nuclear Proliferation Case Studies. Safeguards Information Paper // World Nuclear Association. 2014. November.

7. Yongbyon: Monitoring Activities during Shutdown of 5 MW Reactor // Institute for Science and International Security, 2014, 5 December.

8. Dolchinkov N. T., Hvostova M. S., Karaivanova-Dolchinkova B. E., Types of extraordinary situations of technology and activities in exceptional situations with the release of radioactive substances, International scientific journal: Security@future 4/2018, ISSN 2535-0668 стр.170-172;

9. Dolchinkov N. T., Haralampiev M. S., Main characteristics of the radiation from domestic earth, International scientific journal: Science. Business. Society 3/2017, June 2017 ISSN 2367-8380 стр. 118-120

10. Member States' Preparedness for CBRN threats. Parliament, European. 2018.

[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/604960/IPOL\\_STU\(2018\)604960\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/604960/IPOL_STU(2018)604960_EN.pdf)

11. World Industrial production growth rate. Index Mundi. [En ligne] [Citation: 09 Jan 2021.] [https://www.indexmundi.com/world/industrial\\_production\\_growth\\_rate](https://www.indexmundi.com/world/industrial_production_growth_rate).

12. News, UN. Radioactive material 'a magnet for groups with malicious intent', warns UN nuclear watchdog chief. News.un.org. [En ligne] 10 102 2020. [Citation: 01 03 2021.] <https://news.un.org/en/story/2020/02/1057031>.

13. Brief, Carbon. Mapped: The world's nuclear power plants. Carbon Brief. [En ligne] 8 March 2016. [Citation: 22 December 2020.] <https://www.carbonbrief.org/mapped-the-worlds-nuclear-power-plants>.

14. Aaseth J, Nurchi VM, Andersen O. Medical Therapy of Patients Contaminated with Radioactive Cesium or Iodine. Biomolecules. 2019 Dec 11;9(12):856. doi: 10.3390/biom9120856. PMID: 31835766; PMCID: PMC6995530.

15. Scott D Weingart, MD et Chief Editor: Zygmunt F Dembek, PhD, MPH, MS, LHD. CBRNE - Nuclear and Radiologic Decontamination. Medscape. [En ligne] 30 July 2018. [Citation: 22 December 2020.] <https://emedicine.medscape.com/article/834126-overview#al>.

16. Association, World Nuclear. Radioisotopes in medicine. World Nuclear Association.

[En ligne] May 2020. [Citation: 28 Jan 2021.] <https://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/radioisotopes-research/radioisotopes-in-medicine>.

17. Linet MS, Kazzi Z, Paulson JA; Council on Environmental Health. Pediatric Considerations Before, During, and After Radiological or Nuclear Emergencies. Pediatrics. 2018 Dec;142(6):e20183001. doi: 10.1542/peds.2018-3001. PMID: 30478243.

*Адреси за кореспонденция:*

*Старши лейтенант инж. Михаел Петков Павлов, НВУ „Васил Левски“, Велико Търново, 5002, Велико Търново, ул. Момина Крепост 20, ет.3. ап. 8  
pmichael@abv.bg, tel. 0883318444*

## АНАЛИЗ НА НЯКОИ СЪВРЕМЕННИ СРЕДСТВА ЗА РАДИАЦИОНЕН И ДОЗИМЕТРИЧЕН КОНТРОЛ

Михаел Павлов, Михаил Харалампиев

### ANALYSIS OF SOME MODERN INSTRUMENTS MEANS FOR RADIATION AND DOSIMETRIC CONTROL

Michael Pavlov, Mihail Haralampiev

***Abstract:** Modern radiation and nuclear control instruments must be more sensitive to the detection of sources emitting radioactive radiation into the surrounding space, as well as to reflect the dose rates in the event of accidental exposure to radiation. All this is related to the protection of the population and requires timely taking appropriate countermeasures for the best preparation in case of an accident.*

Актуалността на този анализ е свързан с факта, че в световен мащаб съществува възможност за използване на радиоактивни и ядрени материали за терористични цели. За възможното им предотвратяване и ликвидиране на възможните последствия от терористичен акт, много страни разработват инструменти за радиационен и ядрен контрол. Съвременните инструменти за радиационен и ядрен контрол трябва да бъдат с повишена чувствителност за откриване на източници изпускащи радиоактивни излъчвания в околното пространство, а така също да отразяват мощностите на дозите при случайна експозиция на радиационно облъчване. Всичко това е свързано със защитата на населението и изисква своевременно предприемане на подходящи контрамерки за най-добра подготовка в случай на инцидент.

Внимателното проучване на различните видове инструменти, техните технически характеристики и възможностите да бъдат използвани в българската армия и, подразделенията на ГД ПБ и ГЗ, граничните власти, митническите власти, учебните заведения и др. са показани в нашия анализ както следва:

## 1. SAPHYRAD MS

SAPHYRAD MS е измервателен уред с множество сонди с измерване на мощността на гама дозата и функции за откриване на замърсяване по време военни операции. Здравият му корпус и ергономичният му интерфейс с широк и ярък LCD дисплей го правят идеален за дневни и нощни действия в тежки условия на околната среда, дори от специалисти без съществени CBRN знания и умения.

SAPHYRAD MS може да се използва за наблюдение на излагането на радиация (доза и мощност на дозата), както и за откриване на радиационно замърсяване. Неговата широка гама от разнообразни сонди позволява на потребителя да открива и измерва алфа, бета, гама и рентгенови лъчения. SaphyRAD MS включва също и вграден инструмент за симулация за обучение без радиоактивни източници.



Фиг.1. Общ външен вид на инструмента SAPHYRAD MS

Неговата широка гама от иновативни сонди покрива нуждите на всички армейски части и екипи за спешна помощ, включително тези на гражданска защита. Здравият дизайн на SaphyRAD MS е специално обмислен за използване CBRN защитно оборудване. Ергономичният му интерфейс позволява бързо използване дори от неспециалисти за измерване на радиоактивност.

**Техническа характеристика на инструмента:**

**Детектори** - 2 GM тръби; Диапазон на измерване мощността на дозата -0,05  $\mu\text{Gy/h}$  до 10  $\text{Gy/h}$ ; Диапазон на измерване на дозата-1  $\mu\text{Gy}$  до 10  $\text{Gy}$ ; Енергиен диапазон - 50keV до 3MeV; Управление на сигнализацията - 2 прага за доза и мощност на дозата.

**Клавиатура** - 6 големи бутона; Екран-3,5" цветен LCD дисплей (320 x 240 пиксела с автоматично ниво на подсветка); Индикатор за аларма-1 червен светодиода, 1 зумер за високо ниво (регулируемо ниво), 1 вибратор; Съхранение на данни - 1 конектор за SD карта за съхранение на измерване на данни; Работна температура-20°C до +50°C.

**Батерии**

4 стандартни малки AA/LR06 (алкални, литиеви или акумулаторни NiMn); Автономност - С литиеви батерии: 34 часа; С алкални батерии: 22 часа; С NiMn акумулаторни батерии: 18 часа; Размери 194 x 115 x 49 mm; Тегло (вкл. батерии) - 660g.

**Предимства:**

**Универсалност** - Мониторът му включва функции за мощност на дозата и дозата. С допълнителните сонди може също да открие и идентифицира съвсем ниски степени на радиоактивно замърсяване.

**Лесна употреба**

SaphyRAD MS има ергономичен интерфейс с шест големи бутона и ярък LCD цветен дисплей, предназначен за дневни и нощни операции.

**Функция за обучение** - Уредът включва и удобен комплект за симулация за измерване на мощността на гама дозата или обучение за откриване на замърсяване без използване на радиоактивен източник.

**Технология**

Системата SaphyRAD MS е проектирана така, че да отговори на всички изисквания на войските или екипите за защита по отношение на здравина, ергономичност и лекота на използване: тя предлага корпус IP65, GPS модул и широк 3,5-инчов цветен LCD дисплей с автоматично ниво на подсветка.

Мониторът включва два вградени детектора за мощност на гама доза, използвани за наблюдение на дозата и мощността на дозата, а широкият обхват от външни сонди откриват и измерват алфа, бета, гама и рентгенови лъчения.

Всички данни се съхраняват на сменяема SD карта, за по-голямо удобство при извършване на анализ след операцията.

Захранването на SaphyRAD MS приема няколко типа батерии (четири стандартни AA/LR06 литиеви, алкални или NiMh акумулаторни батерии) за автономност, варираща от 18 часа до 34 часа.

Той също така включва удобен комплект за симулация за обучение, за да се извърши измерване на мощността на гама дозата или откриване на замърсяване без радиоактивен източник. Освен това включва: външни сонди, калъф за носене и компютърен софтуер.

*Причините да се избере инструментата са:* Широката гама от чувствителни измервателни сонди; вградена функция за симулация за обучение; измерване на радиационно замърсяване и експозиция; здрав дизайн; широк и ярък LCD цветен дисплей.



**Фиг.2. Общ външен вид на комплекта сонди към SAPHYRAD MS**

### **СОНДИ SAPHYRAD MS**

Сондите на инструментата служат за откриване и измерване на рентгенови, алфа, бета и гама лъчения. Те са проектирани да покриват нуждите на военните екипи, екипите на гражданска защита и др. институции за опасност от замърсяване. Те могат да се използват за търсене и откриване на радиоактивни източници и за измерване замърсяването с алфа, бета и гама лъчения и рентгенови лъчи. Всички сонди се разпознават автоматично, когато са свързани към SaphyRAD MS, и получават захранване директно от монитора.

Създадени за използване с CNBR защитно облекло, те са изключително ефективни дори при действия в тежки условия на околната среда. Техните здрави корпуси са така проектирани, че да надхвърлят стандартите на НАТО от серията АЕСТР.

Предлагат се различни комплекти, включително няколко сонди в зависимост от нуждите на потребителя.

**GSP145:** Търсене на източник и откриване на замърсяване;

Размери 335 x 84 x 84 mm (LxWxH); Тегло-650 g; Детектор-145 cm<sup>3</sup> пластмасов сцинтилатор + ZnS слой; Чувствителност- 1000 c/s/μSv/h (137Cs); Енергиен обхват- 30 keV до 1,5 MeV.

**BCP16:** Откриване на замърсяване на приложение-бета (директно или на намазка); Режим на обучение - включено; Размери-189 x 130 mm (L x Ø);Тегло-390g; Детектор-16cm<sup>2</sup> - Pancake GM; Чувствителност-0,15 c/s/Bq (60Co); Енергиен обхват- E<sub>max</sub> > 100keV

**ACR123:** Приложение - Откриване на алфа замърсяване (директно или на филтър); Режим на обучение-Включен; Размери-333 x 149 mm (L x Ø);Тегло -720g;Детектор-ZnS слой върху пластмаса с дебелина 123 cm<sup>2</sup>;Чувствителност-0,23 c/s/Bq (241Am);Енергиен обхват- 3 до 8 MeV.

***Сонда с молив AWCP:*** Приложение-Откриване на алфа замърсяване върху наранявания;Размери-194 x 16 mm (L x Ø);Тегло-140 g;Детектор - 25mm<sup>2</sup> активна повърхност CdTe (откриване на алфа излъчватели чрез детекция на рентгенови лъчи от 10 keV до 20 keV).

***XCP11:*** приложение за детекция на нискоенергийно гама замърсяване; Размери -284 x 72 mm (L x Ø); Тегло-420 g.; Детектор-CsI Ø 38mm, дебелина 1 mm; Енергиен обхват-10 до 70 keV; Чувствителност-При 8,5 cm: 5c/s/kBq (241Am).

***Предимствата да се избераат сондите към инструмента са:*** Укрепен дизайн за военни действия, откриване на замърсяване и първа помощ; голям избор от сонди; вградена функция за симулация за обучение; лесно се обеззаразява.

## **2. RADTRACE**

RADTRACE е измервателен уред за гама изследване, предназначен за работници и неспециализиран персонал, подложени на радиационно облъчване в професионални приложения.





**Фиг.3. Общ външен вид на инструмента RADTRACE**

RADTRACE е надежен измервател на мощността на дозата и е предназначен да подобри безопасността на тези които го използват в условия на радиация. Здрав, компактен и лесен за използване, този инструмент позволява измерване на гама доза и мощност на дозата в широк диапазон, с много бързо време за реакция (1s.).

Данните се показват автоматично на LCD интерфейс с подсветка с функция за автоматично мащабиране, превключваща между  $\mu\text{Sv/h}$  и  $\text{mSv/h}$  за по-голяма точност. Първоначално проектиран за френската ядрена индустрия, той предлага също вибрационна аларма и вътрешна памет за резултати от измерване. Вътрешното съхранение на данни позволява на потребителите да записват мощността на дозата дозата и и експозицията от дозата за по-късно отчитане.

**Техническа характеристика:**

*Тип радиация:* X и гама; *Тип детектор:* енергийно компенсирана тръба на Гайгер-Мюлер; *Мощност на измерване на единична доза:*  $\text{mSv/h}$  или  $\text{mR/h}$ ; *Диапазон на дисплея:*  $0,01 \mu\text{Sv/h}$  до  $100 \text{mSv/h}$ ,  $0,001 \text{mR/h}$  до  $9999,00 \text{mR/h}$ , функция за автоматично мащабиране; *Цикъл на измерване:* режим на бърза реакция (1s.), 60 сек. плаваща средна стойност, режим на средна стойност; *Енергиен диапазон:* 48 KeV до 3 MeV; *Вътрешно съхранение:* 650 стойности на мощността на дозата, натрупана доза; *Алармени прагове:* 4 алармени прага, звукова и визуална аларма за всеки праг; *Тип аларми:* звукови, вибрационни и визуални; *Работен температурен диапазон:*  $-20$  до  $+50^\circ\text{C}$ ; *Захранване:* 2 броя батерии Mignon (тип: LR6, AA, MN 1500) 1.5V; *Съвместимост:* В съответствие с IEC 60846 и IEC 61000; *Механичен удар:* Съгласно IEC 60068-2-27; *Автономия на батерията:* до 2000 часа; *IP индекс:* IP 44, със защитно покритие IP 67.

**Приемущества:** Лесно и бързо наблюдение: RadTRACE е лесен за използване (интерфейс с 2 бутона) и осигурява много бързо време за

реакция (1 секунда). Всички данни от измерване могат да се съхраняват (до 650 стойности) и да се анализират с опционалния софтуер DataVIEW; Широк диапазон на измерване: RadTRACE е поливалентен със своя широк диапазон на измерване (от 0,01  $\mu\text{Sv/h}$  до 100  $\text{mSv/h}$  / от 0,001 до 9999,00  $\text{mR/h}$ ) и функция за автоматично мащабиране, превключваща между  $\mu\text{Sv/h}$  и  $\text{mSv/h}$ . RadTRACE също има режим на средна стойност за по-голяма точност с ниски нива на радиация; Проектиран за тежки условия: RadTRACE е устройство с джобен размер, което има вибрация и звукова аларма, както и автоматичен дисплей с подсветка за при работа в нощни условия или по-тъмни зони.

**Технология:** RadTRACE е снабден с енергийно компенсирани детектор на Geiger-Müller и измерва мощността на гама дозата (скорост на еквивалентна доза на околната среда ( $\text{H}^*(10)$ ) или скорост на експозиция); Освен това има функция за автоматично мащабиране, превключваща между  $\mu\text{Sv/h}$  и  $\text{mSv/h}$ . Данните се показват на LCD интерфейс с подсветка; Разполага с батерии, осигуряващи продължителна работа (1000 часа). RadTRACE е оборудван с вибрационна аларма и вътрешна памет и позволява съхраняване на до 650 измервани стойности, както и натрупаната доза.

**Акcesoари:** Защитен калъф: може да се носи в този калъф, прикачен за колана на използващия го. Може да се използва и за постоянен радиационен контрол като се прикрепи със стойка върху стена.

**С комуникационен комплект:** инфрачервен интерфейс със статив за настройка на параметри или отчитане на измерване със софтуера Data View.

**Причини да се избере RadTRACE:** Висока чувствителност; Бързо време за реакция (1s.); Лек, здрав и джобен дизайн; Лесен за използване; Дълъг живот на батерията: 1000 часа.

### **3. D3 PRD - ЛИЧЕН ДЕТЕКТОР НА РАДИАЦИЯ**

D3 PRD е високоточен персонален детектор за радиация, който може да открие източници два пъти по-далеч и два пъти по-бързо с изключително нисък процент на фалшиви аларми в сравнение със съвременните устройства. Той съхранява спектрални данни вътрешно, позволявайки анализ на данните след операцията.



Фиг.4. Общ вид на инструмента D3 PRD

***Чувствителност:***

D3 - PRD има голям CsI(Tl) кристален обем от 1 in<sup>3</sup> (16 cm<sup>3</sup>) и превъзходна чувствителност от 500 cps/(pSv/h) за Cs-137 с максимална мощност на дозата от 1 Sv/h при 662 keV. В сравнение с настоящите най-съвременни устройства, D3PRD е в състояние да:

- открива източници два пъти по-далеч от алтернативните устройства;
- открива и локализира източници на радиация два пъти по-бързо;
- открива сигнали от източник на радиация, които са два пъти по-ниски.

***Функции:***

- мощност на дозата, натрупана доза, гама аларма, аларма за висока доза, предупреждение за превишаване на обхвата;
- вибрационни и аудио аларми;
- Конфигурируеми алармени прагове чрез предоставения PC базиран софтуер за конфигуриране на Ciris;
- отговаря и надвишава ANSI N42.32

***Съхранение на спектрални данни:***

D3 PRD може да съхранява над 100 000 спектрални данни и стойности на дозата във вътрешната си памет. Данните могат да бъдат извлечени чрез USB или Bluetooth с помощта на софтуера Ciris на Kromek за след оперативен анализ.

***Захранване на инструмента:***

Универсалната система за управление на батерията позволява >40 часа експлоатационен живот:

- вътрешна акумулаторна батерия, която може да се използва изключително и да се зарежда през USB порт;

- две стандартни батерии АА, които могат да бъдат достъпни и заменени без използване на инструменти. Когато има, батериите АА ще се използват като основен източник на захранване.



Фиг. 5. Общ вид на захранването на инструмента D3 PRD

#### ***Инструмент за конфигуриране на Ciris:***

- позволява на потребителя да регулира праговете за сигнализиране за гама излъчване, мощност на дозата и натрупана доза;
- позволява на потребителя да избира и активира/деактивира звукови, вибрационни и екранни визуални сигнали/аларми;
- възможност за клониране на конфигурацията за актуализиране на фърмуера и/или настройка на флота от устройства;
- позволява на потребителя да има достъп до данните от детектора и да ги съхранява в стандартен индустриален формат N42.42 за по-нататъшен анализ.

#### ***Интеграция на сензора:***

D3 PRD може лесно да бъде интегриран в централен сензорен хъб или комбинирана сензорна платформа чрез USB или Bluetooth. Това позволява една контролна точка за множество интегрирани сензори, вместо да се използва всеки поотделно. Сигналят и дозата се дава като изход от детектора.

***Ползи за потребителя:*** D3 PRD е проектиран да се носи върху защитното облекло като непрекъснато следи околната среда; D3 PRD дава ясно оповестяване чрез сигнализация и измерване на мощността на дозата; съхранените спектри могат да бъдат изтеглени и анализирани от обучен потребител; това може да елиминира нуждата от вторични RIIID устройства.

#### ***Налични аксесоари:***

- здрав Pelicase за осигуряване на съхранение и защита на D3 PRD и спомагателното оборудване;
- защитни ръкави, които осигуряват подобрен захват, а също и допълнителна защита от изпускане;

- чанта за носене с колан или каишка MOLLE.

**Платформа за електронно обучение:**

- интерактивно обучение на потребителя и ръководство под формата на приложение за Android;
- позволява на потребителите достъп до обучението и ръководството в движение;
- приложението записва и показва дали всеки раздел от обучението е завършен от потребителя;
- осигурява рентабилна опция в сравнение с обучението в класна стая.



**Фиг.6. Възможности за използване на инструмента в различни условия**

#### **4. D3M - ПЕРСОНАЛНИЯТ ДЕТЕКТОР ЗА РАДИАЦИЯ**

D3M е високоефективен комбиниран гама-неутронен, персонален радиационен детектор, който предпазва от (случайно) излагане на ядрени материали. D3M е ръчен инструмент - лесен за използване.



Фиг.7. Общ вид на инструмента D3M

Той непрекъснато сканира и следи околната среда за радиологични заплахи и предупреждава потребителя, когато открие гама и/или неутрон радиоактивен източник. Върху дисплея на инструмента се отчитат: мощност на дозата; натрупаната доза; сигнал за дозата; гама сигнал; брой неутрони - със съответната сигнализация.

D3M притежава компактен детектор за топлинни неутрони. Той е с превъзходна способност за откриване, което се дължи на големия обем на детектора - 1 inch<sup>3</sup> CsI(Tl) гама детектор. D3M предлага превъзходна чувствителност при 500 cps/(pSv/h) за Cs-137 и има максимална мощност на дозата от 1 Sv/h при 662keV.

Големият обем на детектора заедно с по-високата чувствителност означава, че могат да се откриват заплахи по-бързо от стандартните PRD и с минимални фалшиви сигнали.

***Изключително ниска честота на фалшиви сигнали:***

D3M също се предлага с водещ в индустрията ултра-нисък процент на фалшиви сигнали; повече от шест пъти по-добре от стандарта ANSI, което означава по-малко губено време с неприятни фалшиви сигнали, които могат да възникнат при някои основни PRD. Това също означава операторът е по-способен да се доверява на информацията, която устройството им дава, защото когато получава сигнал, е по-вероятно да е истинското наличие на някаква радиационна заплаха.

Когато има сигнал, D3M предупреждава потребителя чрез комбинация от звукови, видими и вибрационни аларми.

***Откриване на защитени дялящи се или специални ядрени материали:***

Мощният неутронен детектор подобрява откриването на екранирани делящи се или специални ядрени материали (SNM).

### ***Анализ на данните за дозата:***

D3M може да бъде свързан към компютър чрез USB или Bluetooth за данни извличани с помощта на софтуера CIRIS на Kromek. SD карта в детектора D3M може да съхранява над 100 000 файла със спектрални данни. Данните могат да се използват и за възстановяване измерената доза, показвайки дозата в извънредно време и натрупаната доза.



**Фиг. 8. Закрепване на инструмента върху колана на оператора**

Дискретен, лек и удобен за носене, D3M непрекъснато сканира за заплахи, докато си изпълнявате задълженията.

### ***Приложения:***

D3M - най-доброто решение за откриване от: професионалисти в ядрената индустрия; правоприлагане; пожарни служби; митнически и граничен патрул; военна и гражданска защита; обществена сигурност и наблюдение на събития; ядрена индустрия.

### ***Доказана технология:***

D3M е разработен от програмата SIGMA на DARPA (Агенция за напреднали изследователски проекти в областта на отбраната) като разширение на устройството за откриване на радиация D3S. В момента има над 10, 000 детектора, разположени в глобален мащаб.

### ***Възможност за работа в мрежа:***

D3M също е съвместим с мрежата SIGMA на DARPA, когато е сдвоен със специализирано приложение на телефон с Android. Използвайки уеб-базиран потребителски интерфейс на SIGMA, множество измервания могат лесно да бъдат проследени, показвайки всякакви заплахи в реално време на много места на карта на конкретна област от отдалечено и централизирано местоположение от обучени експерти по идентификация на радионуклиди.

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

### *Акcesoари:*

Здравите калъфи осигуряват повече от просто съхранение и защита за D3M и зарядните устройства, като също така позволяват бърза подготовка за използване. Зарядните станции опростяват логистиката на електрическата енергия при зареждане на устройствата от едно контролно място.

**Табл. 1. Радионуклеиди, които инструментът може да регистрира**

RADIONUCLIDES			
Americium-241*	Fluorine-16**	Neptunium-237	Strontium-90***
Antimony-124	Gallium-67*	Palladium-109	Technetium-99m*
Barium-133*	Gold-198	Plutonium-239*	Thallium-201*
Bromine-82	Indium-111	Plutonium, reactor grade j in various shielding*	Thorium-232*
Caesium-134	Iodine-123	Plutonium, weapons grade j j in various shielding*	Tin-113
Caesium-137 in various shielding*	Iodine-131*	Potassium-40*	Uranium-235*
Californium-252****	Iridium-192 in various shielding*	Radium-226*	Uranium-238*
Chromium-51	Lutetium-177	Scandium-46	Uranium, depleted in various shielding*
Cobalt-57*	Lutetium-177m	Selenium-75	Uranium, highly enriched in various shielding*
Cobalt-60 in various shielding*	Manganese-54	Sodium-22	Yttrium-88
Europium-152	Molybdenum-99		

Забележка:

\*Задължителни радионуклиди, както са дефинирани в ANSI N42.34;

\*\*Бета+ излъчващ радионуклид;

\*\*\*Бета-излъчващ радионуклид;

\*\*\*\* Радионуклид, излъчващ неутрони

### **5. RDS-31- МНОГОФУНКЦИОНАЛЕН ИНСТРУМЕНТ**





**Фиг. 9. Общ външен вид на инструмента RDS-31**

RDS-31 е многофункционален инструмент за измерване. Той е малък, ръчен, захранван от батерия, използващ енергийно компенсирана GM-тръба като основен детектор. Поради многостранните си функции и издръжливост, той е подходящ за широк спектър от приложения в гражданската отбрана, промишлена и лабораторна употреба и др.

Инструментът RDS-31 се отличава с отлична ергономичност; леко тегло и лесно боравене, с визуални и звукови аларми и вътрешен вибратор. Големият графичен дисплей с енергоспестяваща подсветка е добре видим дори при слънчеви условия благодарение на управлението на осветлението.

За разширяване на възможностите на инструмента, външни сонди от серия GMP-12/GMP-25/GMP-11-3 и CSP™ сонди SAB-100, SABG-100, SG-1/2R, SX-2R и SN- S може да бъде свързан към RDS-31 метър директно чрез свързващ конектор.

Със сондата SAB-100 RDS-31 показва едновременно измервания на алфа и бета замърсяване в допълнение към скоростта на еквивалент на дозата на вътрешния детектор.

***Характеристика:***

H\*(10) доза, еквивалентна доза и мощност на дозата;

- широка гама от външни алфа, бета, гама и неутрони сонди за директна връзка с измервателния уред RDS-31
- нов ергономичен дизайн;

- голям графичен екран, конфигурируема подсветка с автоматично управление на осветлението
- издръжлива на удар конструкция, IP-67 потапяне;
- вътрешна памет за съхраняване на измервания;
- фърмуер на инструмента с възможност за надграждане чрез кабелна връзка;

- конфигурируеми функции за бърз достъп;
- Отговаря на стандартите ANSI N42.33 и IEC 60846

**Спецификации и радиологични характеристики:**

Открива радиация: гама и рентгенови лъчи, 48keV...3MeV. Алфа, бета и неутронно лъчение с външни сонди.

Детектори: една енергийно компенсирана GM тръба, енергийна реакция според еквивалента на околна доза  $H^*(10)$ .

Диапазон на измерване на мощността на дозата: 0,01  $\mu\text{Sv/h}$ ...0,1 Sv/h или 1

$\mu\text{rem/h}$ ...10 rem/h.

Диапазон на измерване на дозата: 0,01  $\mu\text{Sv}$ ...10 Sv или 1  $\mu\text{rem}$ ...1000 rem

Разделителна способност: три значими цифри или 0,01  $\mu\text{Sv/h}$  за мощност на дозата и 0,01  $\mu\text{Sv}$  за доза (1  $\mu\text{rem/h}$  за мощност на дозата и 1  $\mu\text{rem}$  за мощност на дозата).

Точност на калибриране:  $\pm 5\%$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , посока на калибриране и в полето за калибриране, температура  $+20^\circ\text{C}$  ( $68^\circ\text{F}$ ).

Линейност на скоростта на дозата:  $\pm 15\%$   $\pm$  най-малко значимо число 0,05  $\mu\text{Sv/h}$ ...0,1 Sv/h (5  $\mu\text{rem/h}$  до 10 rem/h).

Вариация на реакцията поради енергията на фотонното излъчване и ъгъла на падане: ( RE,A ) 71% < RE,A < 160% (48 keV...3 MeV);  $\pm 60^\circ$ .

**Функционални характеристики:**

Два бутона за управление на инструмента;

Конфигурируеми единици: Sv(h), R(h), с външен детектор, Gy(h), cps, cpm, dpm, Bq и Bq/cm<sup>2</sup>.

Гъвкави функции на хистограма (скорост на дозата, доза, диагностично регистриране в зависимост от конфигурацията, времеви печат, допълнителен контрол на местоположението за картографиране и повтарящ се анализ на измерването на помещението).

Допълнителни възможности за анализ на хистограма на софтуера CSW-31

Функция часовник в реално време.

Конфигурируема звукова, визуална и вибрационна аларма.

RF-комуникация и USB-комуникация с подходящ адаптер.

128×64 пиксела графичен дисплей със специални символи за аларма, външна сонда, батерия, RF-комуникация, вибрационна аларма, чуруликане и заглушаване

***Електрически характеристики:***

Захранване: 2 батерии с размер AA (алкални или NiMH)

Контакти за външно захранване и зареждане на NiMH батерия (условия на зареждане +5...+35°C)

Време на работа с пресни алкални батерии повече от 4 месеца при фоново излъчване при +23°C, 8 часа използване/24 часа

Време на работа с напълно заредени NiMH батерии повече от 1 месец при фоново излъчване при +23°C, 8 часа използване/24 часа. При повишоки/ниски температури работата ще бъде по-кратка.

***Механични характеристики:***

Калъф от удароустойчива пластмаса, подсилен със стъклени влакна.

Ергономичен дизайн, гумена дръжка и възглавница около калъфа.

Клас на корпус IP67 (IEC 60529), водоустойчив, включително отделение за батерии.

Размери: 100 x 67 x 33 mm (3,93 x 2,63 x 1,29 инча)

Тегло: 175 g без батерии (0,385 lb), 220 g с батерии (0,485 lb)

Кайшка за ръка /врат

Щипка за колан

***Характеристика на околната среда:***

-25°C...+60°C (-40°F до 140°F), работна температура

-40°C...+70°C (-40°F до 158°F), температура на съхранение

Относителна влажност: до 85% при +35°C (95°F)

***Настройки:***

Електрическа или механична люлка, напр. за лесна инсталация на автомобила

Комбинации за алармени монитори за фиксирани/разгръщащи се приложения чрез кабел за външни сонди.

***Изводи:***

1. Водещите фирми в света разработващи инструменти за радиационен и ядрен контрол: Kromek и Argon, Обединено Кралство Великобритания; Bruker, Франция; Environics, Финландия представят на пазара леки, ергономични и удобни за използване ръчни детектори със комбинирано действие.

2. Анализиранияте инструменти са със следните цени: SAPHYRAD MS без цена към момента, RADTRACE – без цена към момента, D3 PRD – 4,576.00 лева, D3M – 8,786.00 лева, RDS-31 – 16,541.00 лева. Тези цени за поносими за бюджета на НВУ „Васил Левски“. Нашата препоръка е да

бъдат закупени за нуждите на лабораторията по „Ядрена физика“ в катедрата по „Защита на населението и инфраструктурата на НВУ „Васил Левски“.

***Литература:***

1. Reports, 5-7 October, NCT Conference, Europe, 2021, the Joint Italian CBRN Defense School, Riety;
2. [www.Environics.fl](http://www.Environics.fl);
3. [www.Argonelectronics.com](http://www.Argonelectronics.com);
4. [www.Kromek.com](http://www.Kromek.com);
5. [www.Bruker.com](http://www.Bruker.com)
6. International Security and Defense Journal 9/2021

***Адреси за кореспонденция:***

*Старши лейтенант инженер: Михаел Петков Павлов, НВУ „Васил Левски“.*

*5002, Велико Търново, ул. Момина Крепост 20, ет.3. ап. 8*

*[pmichael@abv.bg](mailto:pmichael@abv.bg), tel. 0883318444,*

*проф. дхн Михаил Харалампиев, катедра „Защита на населението и инфраструктурата“, НВУ „В.Левски“, В.Търново*

*[mihail43@yahoo.com](mailto:mihail43@yahoo.com), tel. 0886557609*

## ЕКСПРЕСНА ОЦЕНКА ПРИ РАДИОЛОГИЧНИ СЪБИТИЯ В СЪОРЪЖЕНИЯ

Николай Пъдарев, Йонко Благоев

## EXPRESS EVALUATION AT RADIOLOGICAL EVENTS IN FACILITIES

Nikolay Padarev, Yonko Blagoev

*Summary: The report describes the applicability of dosimetric calculators in critical radiological situations, as well as for scientific purposes before a nuclear event occurs. It is a very convenient tool for calculating physical quantities for various radioactive substances.*

*Keywords: radiological incidents, simulation software.*

Военната наука винаги е била много загрижена за ефектите и защитата от радиоактивни вещества. Ядрените събития са сред възможно най-опасните събития. Те водят до наранявания и смъртни случаи на изложени лица, унищожаване на имущество и дългосрочни рискове както за популациите, изложени на събитието, така и за тези, изложени на последствията от него, напр. радиоактивните отпадъци. Ядрените събития причиняват комбинация от поражения поради бързите ядрени ефекти — радиация, налягане и топлинна енергия които са в резултат от детонацията. [6, 8] Според средата в която възникват ядрените събития можем да ги класифицираме като радиологични събития в съоръжения (от Тълковен речник на българския език – „постройка с определено предназначение”) и на открито. Целта на тази разработка е да се предложи инструмент за експресна оценка на радиологични събития в съоръжения. [3, 4, 7]

Приложенията за изкуствен интелект се прилагат по-често в последните години поради техния потенциал за намаляване на разходите и надеждността. Софтуерните платформи имат много голямо преимущество в обучението в сигурността и отбраната. В днешно време се наблюдава все

по-засилващ интерес за защитата от ядрени, радиологични, химически и биологически събития. [1, 2, 5, 10, 11]

Военните софтуерни приложения имат преимуществото да създават опасна виртуална среда и да проверят подготовката и знанията преди да участват в полеви учения и реални бойни действия. [8, 9] В много широки граници изкуственият интелект или която и да е техника за анализ на данни трябва да изпълни едно или повече от следните действия във военни ситуации:

- класификация (напр. приятел или враг, заплаха или никаква заплаха)
- откриване на отклонение (от „нормално” или очаквано поведение, напр. камуфлиран обект или радарна следа)
- предсказване или оценка (напр. траектория на снаряда)
- групиране, асоцииране или анализ на връзката (например при кибератаки)

Изкуственият интелект обикновено се създаден от научни данни, чрез контролиран или неконтролиран метод.

Rad Pro Calculator (фиг. 1) извършва редица дозиметрични изчисления, които са приложими в ядрената физика, радиологичните изследвания, радиохимията, радиационната безопасност и специалистите по ядрена медицина. Софтуерът е с удобна архитектура за употреба. Той изчислява:

- уравнения за гама екраниране (със или без натрупване);
- степен и активност на дозата на бета емитер;
- погълната доза при работа с рентгенови апарати и устройства;
- специфична активност на плутоний и уран;
- уравнения за разпад и период на полуразпадане;
- рентгенови изчисления за бета взаимодействия;
- обогатяване на уран от лабораторни данни на  $^{234}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$  за нивата на уран в околната среда (също така работи добре за обогатяване на ураново гориво и обогатяване на  $\text{U}$  с ядрени отпадъци);
- изчисления за електромагнитни процеси;
- минимална откриваема концентрация и замърсяване за броячи и сканиращи инструменти;
- *ALARA* („*as low as reasonably achievable*” „най-ниско, доколкото е разумно постижимо“) изчисления за планиране на дозата при работа с йонизиращи лъчения.

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

Rad Pro Calculator Version 3.26 (Legacy and 64 Bit)

File Select Output Format Help

### RAD PRO CALCULATOR

ISOTOPE DECAY DOSE RATE & ACTIVITY U & PU GRAMS CONVERSIONS URANIUM ENRICHMENT MDC/MDA

DECAY & HALF-LIFE TIMED DECAY

Enter Source/Sample ID

Actinium (Ac) Select Element

Ac-225 Select Isotope

Enter Other Isotope

Enter Original Activity cpm

Half Life 10 Days

Calendar Picker 5. 3.2021 г. Enter or Pick Original Date

Calendar Picker 5. 3.2021 г. Enter or Pick Calculation Date

cpm Select Activity Units

Calculated New Activity cpm

Change to Half-Life Date and Time Show Workbook Start Excel Calculate Exit

### а) настройка на „Разпад и период на полуразпадане”

DECAY & HALF-LIFE TIMED DECAY

Enter Source/Sample ID

Actinium (Ac) Select Element

Ac-225 Select Isotope

Isotope Not Listed?

Days Select Output Time Units

Select Activity Units MBq

Half Life 10 Days

Enter Original Activity MBq

Enter Desired Activity MBq

Calculated Time to Decay Days

Date Desired Activity Reached (start decay today)

### б) настройка на времето за радиоактивно разпадане на изотопа

Фигура 1. Калкулатор *Rad Pro*

При функцията „*Decay and Half-Life*”, *Rad Pro* изчислява активността на всеки радиоактивен изотоп. За удобство при въвеждане на дата са включени инструменти за избор на календар. При отваряне, калкулаторът е в режим на затихване. В този режим се избира изотоп и се въвежда първоначалната активност и две различни дати и / или часове за да се изчисли новата активност. Функцията „*Timed Decay*” се използва за определяне на времето, необходимо на изотопа, за да се разпадне до предварително зададена активност, наречена „Желана активност”. Полезно е за изчисляване на датата, когато количество с краткотрайни РОА (радиоактивни отпадъци)

достигне безопасни нива на активност, както и други изчисления (Фиг. 1. б)). Калкулаторът *Gamma Emitter Dose–Rate, Activity and Shielding (Point Source)* също е многофункционален. При отваряне е в режим за изчисляване на дозата. Избира се активност на човек, скорост на дозата и разстояния. Изчисленията са за единични изотопни точкови източници. Има възможност да се избере тип на преградата със съответен коефициент на екраниране. Може да се избере дебелина на екраниращия материал. Последният режим се включва, като се избере бутона за опция „Дебелина на щита”. Това позволява да се въведе началната доза и целевата доза. След това дебелината на щита се изчислява за отделен индивид. По-скъпите програми няма да направят това изчисление, тъй като е сложно, особено ако се използва метода на натрупване. Това може да бъде разрешено само чрез компютърни алгоритми.

„*Beta Emitter Dose–Rate and Activity (Point and Plane Sources)*” Бета калкулаторът е идентичен с гама калкулатора, но за бета емитери и без екраниране. След като се избере изотоп и единични предпочитания за скоростта на дозата, разстоянието и активността, може да се въведе активност и разстояние за изчисляване на дозата. Обратно, като се избере бутона за опция „Доза за активност”, можете да се въведе скорост на дозата и разстояние и да се изчисли изотопната активност (фиг. 2).

Фигура 2. „Beta Emitter Dose–Rate and Activity”

„*Bremsstrahlung from Beta Shielding*” – Докато  $\beta$ -частиците се излъчват, те взаимодействат с атомите по пътя си и губят от енергията. Загубената енергия на електрона или позитрона се появява отново като рентгенови



лъчи, наречени *Bremsstrahlung* или спирачно излъчване. Броят на рентгеновите лъчи, произведени в  $\beta$ -екраниращия материал, се увеличава с увеличаване на атомния номер  $Z$  на елемента. За човешката радиационна защита материалът с нисък  $Z$ -щит е по-добър избор, тъй като по-високият  $Z$ -щит всъщност може да ги изложи на повече радиационна енергия от *Bremsstrahlung*, отколкото би била първоначалната експозиция на бета, особено на разстояние. „*X-Ray Devices Dose-Rate and Shielding*” – това изчисление е почти невъзможно да се направи с високо ниво на точност поради променливостта на рентгеновите устройства. Този калкулатор е предвиден, да помогне на инженерите в задачи, свързани с рентгенови устройства. „*Inverse Square Law*” – този калкулатор демонстрира принципите на Закона за обратния квадрат – ако се удвои разстоянието от електромагнитния енергиен източник (гама или рентгенови лъчи), скоростта на дозата намалява с коефициент четири. „*Uranium and Plutonium Grams (Specific Activity)*” – в някои случаи за уран и плутоний са посочени количества в маса, а не в единици за активност, особено за дялящите се изотопи. Необходимо е да се знае общото  $U$  и общото количество  $Pu$  в  $kg$  при доставка или депониране на отпадъци. Този калкулатор ще изчисли масата от активност или активност от маса за най-често срещаните изотопи на уран и / или плутоний.

Използването на малки електронни калкулатори е освободило изследователите от аритметичните задачи в миналото. Удобството в използването на калкулатори, включително в дозиметрията и лъчезащитата значително ще увеличи потенциала на изследователите, тъй като с бързи промени на параметрите ще имаме бърз отговор при критични ситуации. Радиологичните калкулатори са изключително удобно средство за изчисление на конкретни параметри най-вече преди възникването на радиологичното събитие.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Horowitz, M.C., Artificial Intelligence, International Competition, and the Balance of Power, Texas National Security Review, Vol.1, Issue3, 2018.
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

ция на НВУ „Васил Левски” “Актуални проблеми на сигурността”, том 6, ВТ, с. 151- 157.

4. Padarev, N.I., Radiological threats to the security environment. Security and future, ISSUE 4/2018, Sofia, 2018, pp 173-176, pub. Scientific technical union of mechanical engineering – Industry 4.0 Bulgaria

5. Харалампиев, М.С., Северна Корея – претенции за ядрена мощ, Сборник доклади от Научна конференция „Актуални проблеми на сигурността”, том 6, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”, 2019, с. 98-103

6. Dolchinkov, N. T., Nuclear weapons in NATO, International scientific journal: Science. Business. Society 4/2018, ISSN 2367-8380 стр. 181-184

7. Dolchinkov, N. T., History and development of nuclear weapons, International scientific journal: Security@future 1/2018, june 2018, pp. 32-35.

8. Маринов, А., Р., Анализ ефективността на симулатори и симулационни системи за обучение по тактическа подготовка, Годишник на ВА. София. 2012, стр. 18-28

9. Marinov, R., Stoykov, S., Marinov, P., Urbanized territories non-existing part of crisis response operations, 2019 International Conference on Creative Business for Smart and Sustainable Growth, CreBUS 2019, Source Type: Conference Proceeding, DOI: 10.1109/CREBUS.2019. 8840084.

10. Димитров, Б. Развитие на системите за разузнаване, ранно предупреждение, мониторинг, специална и санитарна обработка. НВУ В. Т., том 5, стр. 226-231.

11. Димитров, Б. Управление на системата за ядрено, химическо и биологическо разузнаване. II International Scientific Conference Confsec 2018, p. 122-124.

*АДРЕС ЗА КОРЕСПОНДЕНЦИЯ:*

*Майор д-р Николай Илиянов Пъдарев, НВУ „В. Левски”, e-mail: nikolai\_padarev@abv.bg  
лейт. Йонко Благоев Благоев, студент в ОКС „Магистър“ yonkoblagoevblagoev@abv.bg*

## АНАЛИЗ НА НЯКОИ СЪВРЕМЕНИ СРЕДСТВА ЗА РАДИАЦИОНЕН И ИЗОТОПЕН КОНТРОЛ

Михаел Павлов

### ANALYSIS OF SOME MODERN MEANS FOR RADIATION AND ISOTOPE CONTROL

Michael Pavlov

***Abstract:** In order to detect the possible risk and its possible prevention and elimination of its consequences, a number of companies are developing highly sensitive tools for recording radioactive radiation from various materials that are of interest to terrorists.*

*The purpose of this brief analysis is to present some tools that were demonstrated during: NCT Conference - 2021, The Joint Italian School for CBRN, Riety.*

Съвременния свят е характерен с това, че принципно е под постоянна заплаха от терористични актове с използване на ядрени и радиоактивни материали. Саботажът на ядрена електроцентрала с цел изпускане на радиация в околната среда е една от непренебрежима терористична заплаха.

Радиологичните оръжия пък могат да използват радиоактивен материал чрез метода на дисперсия като аерозол или течност, което може да доведе до радиоактивно заразяване на големи площи, територии и старни. В резултат на поглъщане или вдишване на радиоактивните аерозоли голяма част от населението ще получи сериозни заболявания. Това се отнася и за целия спектър от всички живи същества в природата. С оглед откриване на възможния риск и неговото възможно предотвратяване и ликвидирание на последствията от него, редица компании разработват високо чувствителни инструменти за регистриране на радиоактивното излъчване от различни материали, които са в обсега на интерес от терористите.

Целта на настоящия кратък анализ е да се представят някои инструменти, които бяха демонстрирани по време на: NCT Conference – 2021, The Joint Italian School for CBRN, Riety. Те са както следва:

### 1. DG5 – ГАМА ИЗМЕРВАТЕЛ

DG5 е гама измервател, базиран на високочувствителен сцинтилационен детектор за откриване на радиоактивни източници или замърсяване причинено от тях.



Фиг.1. Общ вид на DG5

Лек и чувствителен, DG5 е гама измервателен инструмент, предназначен за различни задачи: търсене на скрити или изоставени гама източници, наблюдение на пакети, наблюдение извършвано на границите на държавите, наблюдение на естествената радиоактивност и мобилни измервания.

Базиран на пластмасов сцинтилационен детектор, той осигурява придобиването и интерпретацията на данни съгласно патентования алгоритъм за „количествена информация“, разработен от френската СЕА (Комисия за алтернативни енергии и атомна енергия).

DG5 показва брутната скорост на броене в c/s или дозата в SI и US единици (nS/h или  $\mu$ R/h), както и информация за състоянието на LCD дисплей.

#### ***Техническа характеристика:***

**Детектор:** Пластмасов сцинтилатор с голям обем 30 x 70 x 90 mm; Мерни единици: c/s, nSv/h,  $\mu$ R/h; Енергийна реакция ( $\gamma/cm^2$ ) - +/- 20% между 60 keV и 1,3 MeV; Изотропия - +/- 10% в рамките на 2 ортогонални плана (източник  $^{22}Na$ ); Време за обработка - 0,1 s.

Диапазон на скоростта на дозата: 10 nSv/h до 100  $\mu$ Sv/h; Насищане - Непрекъсната сигнал; Работна температура -20°C до +50°C; Относителна влажност - 40 до 85% без конденз; Размери (Д x Ш x В) - 190 mm x 138 mm x 68 mm; Тегло - 1,4 kg с батерии; Батерии: 4 LR6 1.5 V или 4 NiMH LR6

батерии, захранване като опция; Автономност – 60 часа без звуков сигнал; – 30 часа със звуков сигнал, 30% от времето със сигнал; Интегриран високоговорител; джак щепсел за външни слушалки; LED дисплей; Опция - RS232 и Bluetooth.

**Предимства:** Лесен за използване: Проектиран със здрав пластмасов корпус, DG5 е лек. Има много удобна дръжка за носене - тип пистолет, както и прост и разбираем интерфейс.

Много чувствителен - DG5 има чувствителен сцинтилатор с голям обем и бързо време за реакция, работещ много добре за локализиране на източници или замърсяване в различни области (ядрени съоръжения, промишлени места, вътрешна сигурност, митници, болници). Проектиран за дискретни операции - звуковият модулиран алармен сигнал се възпроизвежда на вграден високоговорител или с външни слушалки, свързани към щепсела на джака за дискретни операции. Измерванията могат да се извършват и в тъмни зони благодарение на LCD дисплея.

**Технология:** Детекторът на измервателния уред DG5 е базиран на пластмасов сцинтилатор с голям обем. Този детектор е много чувствителен и има бързо време за реакция. Звуков модулиран сигнал информира за увеличаване на скоростта на броене или мощността на дозата с вграден високоговорител или външни слушалки. Буквено-цифровият LCD дисплей показва информация за състоянието и стойности на измерване в c/s, nSv/h и  $\mu\text{R}/\text{h}$ , дори в тъмни зони.

Причините да се избере DG5: Лек и малък; Много чувствителен; Лесен за използване; Проектиран за дискретни операции.

## **2. D5 RIID – ЦЕНА 62,419.00 ЛЕВА**

D5 RIID е най-малкият и най-лек RIID в света. Характерен е с най-добрата скорост на откриване на ниски степени на радиация.

Инструментът има възможност за ултра бързо идентифициране на изотопи и притежава висока чувствителност. Той е изотопен идентификатор на отдалечени източници и е 50 пъти по-добър от стандарта ANSI. Изключително ниска честота на фалшиви сигнали. Измерване на дозата с висока точност. Повече от 24 часа живот на батерията; Лесен за използване <10 минути обучение. Безпроблемна интеграция в клиентски мрежи. Укрепен за използване в най-суровите военни условия.

### **Приложение за военни цели:**

Като най-малкият и най-лек RID всичко в едно, D5 RIID е проектиран да се използва при продължителни мисии. Разделителната способност на детектора и усъвършенстваният алгоритъм позволяват бързо идентифициране на потенциални радиоактивни заплахи.

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

Това позволява точно отсъждане на място за специални ядрени материали (SNM), дори когато са силно маскирани.

Таблица 1. Изотопната библиотека далеч надхвърля ANSI N42.34 и по-строгия стандарт DNDO TCS.

№	ISOTOPE	ANSI N42.34	DNDOTSC	D5 RIID	Category
1	Americium-241	X	X	X	Industrial
2	Barium-133	X		X	Industrial
3	Caesium-137	X	X	X	Industrial
4	Cobalt-57	X		X	Industrial
5	Cobalt-60	X	X	X	Industrial
6	Europium-152			X	Industrial
7	Fluorine-18			X	Medical
8	Gallium-67	X	X	X	Medical
9	Iodine-123			X	Medical
10	Iodine-131	X	X	X	Medical
11	Iridium-192	X	X	X	Industrial
12	Lutetium-177			X	Medical
13	Lutetium-177m			X	Medical
14	Molybdenum-99		X	X	Medical
15	Neptunium-237		X	X	SNM
16	Plutonium-239	X	X	X	SNM
17	Plutonium, reactor grade in various shielding	X	X	X	SNM
18	Plutonium, weapons grade in various shielding	X	X	X	SNM
19	Potassium-40	X		X	Norm
20	Radium-226	X	X	X	Norm
21	Sodium-22			X	Industrial
22	Technetium-99m	X	X	X	Medical
23	Thallium-201	X	X	X	Medical
24	Thorium-232	X	X	X	Norm
25	Uranium-235	X	X	X	SNM
26	Uranium-238	X	X	X	SNM
27	Uranium, depleted in various shielding	X	X	X	SNM
28	Uranium, highly enriched in various shielding	X	X	X	SNM

### ***Приложение за гранична и вътрешна сигурност:***

Малкият размер и тегло на D5 RIID, заедно с високата чувствителност, го правят идеален за продължителни операции по

проверка на сигурността от радиационни източници. Може да бъде държан в една ръка при дискретен мониторинг в рамките на летища и други критични инфраструктури.

Точното представяне на изотопния идентификатор позволява ефективно преценяване на радиационни сигнали, за да помогне за минимизиране на смущенията, като същевременно дава надеждна информация за вземане на оперативни решения. Съхранените файлове могат лесно да бъдат изпратени на експерти за Reachback и произнасяне за видовете замърсявания и изотопен състав.



Фиг.2. Общ вид на D5 RIID

### **Функции:**

- Идентификация на изотопи в реално време в режим Търсене;
- Възможност за събиране на спектрални данни за по-дълъг период от време в режим на потвърждение;
- Запазване и разглеждане на ANSI N42.42 файлове;
- Извличане на ANSI N42.42 файлове за преглед на спектрален софтуер;
- Изпращайте файлове директно от полето, като използвате функцията Reachback.

### **Чувствителност и точност:**

D5 RIID съчетава малък форм-фактор с мощни радиометрични характеристики. Производителността на детекторния кристал на D5 RIID надвишава производителността на сцинтилатор с натриев йодид 2" x 2", който е най-големият конвенционален сцинтилатор, който се предлага в съществуващите ръчни инструменти. С повишена чувствителност и средна разделителна способност от 3,5%, D5 RIID има площна ефективност, която е с 62% по-висока в сравнение с конвенционалния RIID. Високата

чувствителност на устройството означава, че всеки източник може да бъде точно открит, дори източници с много ниска активност.

Обширна вградена изотопна библиотека позволява на D5 RIID да открива и идентифицира смесени, екранирани или силно маскирани изотопни конфигурации и да потвърждава радионуклидна идентификация в естествено срещащи се радиоактивни материали (NORM), промишлени, медицински и специални ядрени материали. Той отговаря както на ANSI N42.34, така и на по-взискателните стандарти за технически възможности на Министерството на вътрешната сигурност на САЩ за вътрешна ядрено откриване (DNDO).

***Идентифициране на източници от по-далеч:***

D5 RIID има несравнима производителност при откриване и идентифициране на изотопи при много ниски нива на дозата, което означава, че радиоактивността никога няма да бъде пропусната. Идентифицирането на отдалечени източници е между 40 и 50 пъти по-добро от стандартния глобален стандарт за критерии за ефективност за тези ръчни инструменти: ANSI N42.34. Това означава, че измерванията могат да се извършват по-бързо, от по-далеч и безопасността на оператора е гарантирана, тъй като той ще бъде изложен на по-нисък риск от по-високи дози.

***Резолюция:***

D5 RIID е устройство със средна разделителна способност (3,5%), което осигурява по-високо качество на Reachback спектрални данни в сравнение с устройства с ниска разделителна способност. Всички спектрални пикове са по-ясно дефинирани, като по този начин позволяват по-просто, по-бързо и по-точно вземане на решения в моментите, когато е най-необходимо.

***Най-малкият и най-лек RIID в света:***

D5 RIID е само 660 g, в сравнение с други инструменти, които често тежат повече от 2 kg. С размери 173 x 79 x 41 mm, D5 RIID е достатъчно лек и ненаатрапчив, за да се носи както с колан върху средства за защита или обикновени работни дрехи.

D5 RIID е здрав, за да издържа на тежки и предизвикателни среди. Той има работен диапазон от -20°C до +50°C и функционира независимо от влажност, температурен удар, изпускане или пълно потапяне във вода.

***Живот на батерията:***

Тъй като мисиите стават по-дълги, издръжливостта на преносимите RIID е от решаващо значение. Подобреният живот на батерията на D5 RIID - над 24 часа - се постига чрез двойна система. Устройството комбинира вътрешна акумулаторна батерия с набор от сменяеми батерии с размер AA,



позволяващи бърза смяна на място, без нужда от допълнителни инструменти и при носене на ЛПС. Всяка опция може да се използва изолирано, или двете системи могат да се използват в унисон, което премахва необходимостта от външна зарядна станция.

***Ниска честота на фалшиви сигнали:***

Докато непрекъснато сканира за заплахи и поддържа високо ниво на чувствителност, ниската честота на фалшиви аларми е от съществено значение. С честота на фалшива аларма от само една на 24 часа, D5 RIID постоянно предоставя точна информация без излишни фалшиви сигнали.

***Индустриален:***

D5 RIID също е идеален за опитни потребители с отговорност за реагиране при радиационни инциденти и вземане на информирани решения. Точността на идентификацията на изотопа, както и високото спектрално качество, позволяват точна идентификация и класификация на изотопи дори при смесени източници.

***Сензорна мрежа:***

D5 RIID може да взаимодейства с или да бъде интегриран в съществуващи системи, включително смартфони, за да даде възможност за Reachback. Спектралните резултати с повишена разделителна способност, получени на място, могат да бъдат предадени незабавно на лаборатория извън площадката за вторична независима преценка.

D5 RIID може също да се свърже с мрежа от концентратори и сензори, за да даде преглед в реално време на радиологична заплаха. Критично свързаността и чувствителността на D5 RIID позволяват изграждането на персонализирани национални или местни системи, използващи същия сензор.

**3. D3S БЪРЗОДЕЙСТВАЩ ДЕТЕКТОР**

**D3S PRD – 8,786.00 лева**

**D3S ID – 16,541.00 лева**

Високопроизводителните детектори D3S са проектирани да отговарят на вашите оперативни нужди.

Въпреки че радиационните спешни случаи са редки, трябва да сте нащрек и да сте готови да действате по всяко време. D3S ви дава силата да взимате информирани решения за ядрени заплахи за секунди.

Най-пълна откриване на радиация решение в едно устройство с два режима на работа: PRD и RIID - с натискане на бутон.

D3S PRD - високоскоростен PRD с изотоп ID за секунди.

D3S ID - пълна система за откриване на радиация за CBRN професионалисти, която позволява безопасно наблюдение в среда с високи

доза. Далеч надвишава стандарта RИИД, идентифицира 22 допълнителни изотопа, 4 пъти по-бързо.

D3S е едно от най-бързите и точни устройства за идентификация на изотопи на пазара, което ще ви помогне да извършвате широкообхватни търсения, когато се използва заедно със смартфон с Android.



Фиг.3. Общ вид на D3S

D3S е мощна комбинация от две от водещите технологии на Kromek; компактният детектор за термични неутрони без  $^3\text{He}$  и неговият водещ световен гама детектор.

Алгоритъмът за откриване осигурява съществени подобрения в откриването и идентифицирането на защитени заплахи с ниска активност, маскирани заплахи и неприятни изотопи и е обстойно тестван и характеризирани в множество програми CWMD и DARPA.

Можете да го използвате дискретно. След като е включен, закопчайте го на колана си или го приберете в джоба си. Никой няма да разбере, че използвате D3S, защото той работи чрез приложение за смартфон с Android, което го превръща в много способно устройство за откриване за секунди, чрез Bluetooth или USB.

Можете лесно да надстроите D3S PRD до D3S ID

D3S PRD лесно се надгражда на място до D3S ID, което ви дава достъп до пълната гъвкавост и пълния набор от функции на това мощно ръчно устройство.

Лесно надграждане на вашия лицензен ключ и имате достъп до най-пълното решение за откриване на радиация в едно устройство с два режима на работа: PRD и RИИД.

D3S PRD е спектроскопичен радиационен детектор, предназначен за чувствително откриване на радиоактивни и ядрени материали. Това е единственият PRD, който открива наличието на радиация и също така показва идентификатора на изотопа за секунди.

Малък, лек и удобен за употреба, D3S PRD е устройство за непрекъснато търсене, което може да се носи от лицата на лицата на първа линия, както и от митническите и граничните служители за бързо и точно откриване, локализиране и прихващане на радиологични заплахи. Може да се носи и от служители по сигурността на различни обществени събития и от правоприлагащите органи. Това може да бъде като част от тяхното редовно екипно оборудване. Освен че осигурява непрекъснато отчитане на дозата, D3S PRD ще открива и алармира, ако има източници на гама или неутрони.

### ***Превърнете своя PRD в RIID с едно натискане на бутон:***

Можете лесно да надстроите своя D3S PRD до D3S ID с проста операция за да получите пълен достъп до най-доброто решение за откриване на радиация едно устройство с два режима на работа: PRD и RIID.

Надстройката ви позволява да превключвате напред и назад между режимите PRD и ID (RIID) с натискане на бутон, като дава по-голяма гъвкавост за посрещане на предизвикателства, без да се налага да носите допълнително (по-тежко) оборудване или да се обаждате на помощ от специалист.

### ***От PRD до RIID с едно натискане на бутон:***

D3S ID е мощно устройство с разширени възможности за откриване, което позволява безопасно наблюдение в среда с потенциално високи дози.

Това е пълен двоен RIID и PRD, пакетирани в едно компактно устройство с размерите на смартфон, но има всички функции, необходими на експертите по CBRN. D3S ID споделя същия прост потребителски интерфейс на PRD, както с визуални, така и с аудио актуализации и известия. Резултатите могат да бъдат докладвани дискретно и незабавно с помощта на „Reachback Report“ в приложението за Android. D3S ID също ще следи вашата история на откриване и идентификация.



Един детектор  
Един смартфон  
Два режима на работа

Фиг.4. Общ вид на двата режима за работа – PRD и RPD

Способността му на сензор за висока доза позволява откриване до 1 Sv/h, докато високата му чувствителност означава, че може бързо да идентифицира ниски нива на радиоактивен материал и възможни екранирани или скрити източници.

Устройството има нисък процент на фалшиви аларми както за носещо търсене, така и за функциите на режима за потвърждение на идентификация с висока чувствителност, а функцията за обратно достигане позволява незабавно споделяне на данни за ефективно отсъждане, което го прави перфектната система за откриване на радиация - всичко в едно за професионалисти по CBRN.

D3S ID е дискретен, подходящ за носене, но е по-ценен от други много по-големи RPD, което означава, че не само е лек за колана ви, но и е лек за вашия бюджет.

***Кой го използва;***

Използва се от персонал в голямо разнообразие от сектори, включително: митнически и гранични патрули, полиция, лица за първа реакция, на летища, морски пристанища, сигурност на събития и с мониторинг на околната среда.

D3S е обстойно тестван и характеризирани и използван на място чрез програмата DARPA Sigma.

***Работа на инструмента:***

- Вероятност за идентификация на откриване > 90% на 12+ метра спрямо номинални дейности на източника

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

- Демонстрирана способност за идентифициране на слаби заплахи, маскирани от високо ниво на фонова радиация
- Приложението за Android превръща D3S в изключително способен RIID с възможност за висока доза
  - ИД в почти реално време с висока точност (скорост на актуализиране от 1 Hz)
  - Дискриминация между медицински, NORM, SNM, Industrial
  - Режимът за носене, широкообхватно търсене дава нисък процент на фалшиви сигнали, който надвишава ефективността на текущите инструменти за търсене.
- Изходният режим на потвърждение на идентификация изпълнява честотата на фалшиви аларми на конвенционалните RIID инструменти.

**Табл.1. Сравнение на двата режима на работа на инструмента**

Feature	D3S PRD	D3S ID
Gamma detector	V	V
Neutron detector	V	V
Voice annunciation upon detection	V	V
Alert classifications (NORM, Medical, industrial, Special Nuclear Material)	V	V
Radionuclide library list	V	V
Search mode (real-time scan and identification, 1 Hz update rate)	V	V
High dose sensor up to 100 R/h (1 Sv/h)	V	V
Confirmation mode (scan time for identification of up to 5 minutes)	X	V
Reachback report (spectra and results sharing)	X	V
Historical alert view	X	V
Spectra storage in N42 file format	X	V
Field upgradeable to D3S ID	V	N/A

**Таблица 2. Радионуклеидите, които инструмента открива**

RADIONUCLIDES		
Americium-241*	indium-111	Radium-226*
Antimony-124	iodine-123	Scandium-46
Barium-133*	iodine-131*	Selenium-75
Bromine-82	Iridium-192 in various shielding*	Sodium-22
Caesium-134	Lutetium-177	Strontium-90***
Caesium-137 in various shielding*	Lutetium-177m	Technetium~99m*

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

Californium-252****	Manganese-54 ~	Thallium-201*
Chromium-81	Molybdenum-99	Tborium-232*
Cobalt-57*	Neptunium-237	Tin-113
Cobalt-60 in various shielding*	Palladium-109	Uranium-235*
Europium-152	Plutonium-239*	Uranium-238*
Fiuorine-18**	Plutonium, reactor grade in various shielding*	Uranium, depleted in various shielding*
Gallium-67*	Plutonium, weapons grade in various shielding*	Uranium, highly enriched in various shielding*
Gold-198	Potassium-40*	Yttrium-88

### **Спецификация:**

D3S ID изотопна библиотека и производителност

- Библиотеката далеч надхвърля ANSI и международните стандарти
- 42 изотопа - 22 повече от стандарта ANSI N42.34
- Дискриминира между медицински, NORM, индустриални и SNM

класове

- 69 уникални подписа, които отчитат екраниране и смесени конфигурации

спецификация

### **Изводи:**

1. Радиологичните оръжия пък могат да използват радиоактивен материал чрез метода на дисперсия като аерозол или течност, което може да доведе до радиоактивно заразяване на големи площи, територии и старни. В резултат на поглъщане или вдишване на радиоактивните аерозоли голяма част от населението ще получи сериозни заболявания.

2. С оглед откриване на възможния риск и неговото възможно предотвратяване и ликвидиране на последствията от него, редица компании разработват високо чувствителни инструменти за регистриране на радиоактивното излъчване от различни материали, които са в обсега на интерес от терористите.

3. Анализираниите инструменти са със следните цени: DG - 5 без цена към момента, D 5 RИD – 62,419 лева; D3S – 8,786 лева. RADTRACE – без цена към момента. Тези цени за поносими за бюджета на НВУ „Васил Левски“. Нашата препоръка е да бъдат закупени за нуждите на лабораторията по „Ядрена физика“ в катедрата по „Защита на населението и инфраструктурата на НВУ „Васил Левски“.

**Литература:**

1. Reports, 5-7 October, NCT Conference, Europe, 2021, the Joint Italian CBRN Defense School, Riety;
2. [www. Environics.fl](http://www.Environics.fl);
3. [www. Argonelectronics.com](http://www.Argonelectronics.com);
4. [www.Kromek.com](http://www.Kromek.com);
5. [www.Bruker.com](http://www.Bruker.com)
6. International Security and Defense Journal 9/2021

**Адрес за кореспонденция:**

Старши лейтенант инж. Михаел Петков Павлов, НВУ „Васил Левски“, Велико Търново, 5002, Велико Търново, ул. Момина Крепост 20, ет.3. ап. 8  
pmichael@abv.bg, tel. 0883318444

## ЗАМЪРСЯВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА С ТЕЖКИ И РАДИОАКТИВНИ МЕТАЛИ

Траяна Долчинкова

## POLLUTION OF THE ENVIRONMENT WITH HEAVY AND RADIOACTIVE METALS

Trayana Dolchinkova

***Abstract:** Heavy and radioactive metals are a special category of chemical elements and are widespread in our environment and their improper storage, use and processing leads to an imbalance in nature. After their use in industry, most of them are not recycled and subjected to special treatment and possibly reused, and the stocks in nature are not endless. A brief overview of the main categories of heavy metals that are most common in the environment and their impact on humans and the surrounding flora and fauna. The characteristics of the most dangerous metals and what impact they have on the life of our planet are described. An attempt has been made to show how we can reuse them instead of throwing them away and polluting nature.*

***Key words:** characteristics, environment, heavy metals, impact, negative impact.*

Тежките и радиоактивните метали са особена група химични елементи, за които е известно, че са едни от най-големите причинители на екологичен и здравен риск. Те се използват от хората в икономическата им дейност и много често не се преработват, когато са остатъчен продукт или след като е преминал срокът им на експлоатация в съответните апарати и машини. Проблемът със замърсяването на околната среда с тежки и радиоактивни метали е актуален както в световен мащаб, така и в нашата страна поради факта, че те не са биоразградими, остават в почвата за продължителен период от време и процесът на тяхното почистване е труден и продължителен; тежките метали не се изнасят от коренообитаемия почвен слой и се съхраняват в него дълго след отстраняване източника на емисии [1, 3]. Като термин в съвременната екология, тежките метали са особено токсични елементи, които във високи количества увреждат



растенията и растителната продукция и попадайки в хранителната верига се оказват опасни за човешкото здраве. Като тежки метали според световните класификации се обозначават тези, които имат плътност по висока от  $5 \text{ г/см}^2$  и с относителна маса, по-голяма от 40 [4]. Най-голямо значение в ежедневието ни имат желязо, мед, цинк, хром, никел, кадмий, олово, талий и живак. Обикновено тези елементи и техните съединения присъстват в биосферата само в следи и в биологичния кръговрат участват с изключително ниски концентрации.

Според проучванията не всички тежки метали са токсични. Много от тях са жизнено необходими за живота на човека и животните, влизащи в състава на структурите на редица ензими и микроструктури на клетките. Чрез наличието на тези метали се нарушават функциите на много от органите на човека и животните и е необходимо те да се приемат допълнително за нормалното им функциониране. Такива например са желязото, цинка и мангана [6].

Специалистите разделят тежките метали в три основни групи според степента на опасност за здравето на човека. Най-опасни за здравето на човека са металите от първа група, към които спада и кадмий [8]. Нормалното съдържание на кадмий в хранителния режим варира между 2 и 200 г/ден. Въпреки че разтворимите органични форми могат да бъдат токсични, прекомерното излагане на органичен кадмий показва изолирано замърсяване на средата. Токсичните тежки метали в преобладаващата част са катиони, лесно натрупващи се в почвата, които трудно и бавно се отделят от нея. Най-голяма опасност за здравето на човека представляват живака, кадмий и олово. Те представляват и първа група на най-опасните тежки метали. По решение на ЮНЕСКО от 1980 г. към тях се добавят още ванадий, кобалт, мед, никел, калай, цинк и титан и три металоида- арсен, селен, антимоон, които са съответно втора и трета група на опасност според международните класификации [11].

### **Кадмий**

Кадмият е един от най-токсичните метали в тази категория I. Той е относително рядък метал, типичен разсеян елемент, който не се среща свободно в природата (т.е. не се намира в рудни находища, а е разпръснат в почвата в малки количества) [13]. Той е вторичен продукт при преработката на рудни цинкови, оловни и медни концентрати. Другите металургични производства също могат да бъдат източник на замърсяване с кадмий. Съдържанието му забележително нараства в близост до рудни находища [1, 5]. Отделя се в атмосферата при изгаряне на промишлени отпадъци. Промислеността, особено металургията, транспортът, ТЕЦ и др. са главните причинители на замърсяването на почвите; високата

пренаселеност с хора също е една от причините за силно замърсяване. Миграцията на кадмий в почвата протича толкова по-интензивно, колкото са по-малко хумусните вещества и механичният състав е по-лек, поради което кадмиевото съдържание е по-високо в почви, богати на хумус и глинести финодисперсни фракции. Проучено е, че кадмият проявява значителна подвижност в системата почва-растение и се натрупва в надземните части в много по-голяма степен от другите тежки метали [7], поради което и по-лесно попада в растителната продукция. Кадмият се отнася към токсичните тежки метали, той лесно се натрупва в почвата, но както повечето тежки метали не е биоразградим и бавно и трудно се отделя от нея. Периодът на отделяне на кадмий от почвата (посредством излужването и извличането чрез растения) е 110 години.

Един от начините за прием на кадмий в човешкия организъм е чрез храната. Човешкият организъм приема и усвоява около 5-10% от кадмия, който поемаме чрез храната, докато представителите на животинския свят усвояват само 1-2%. Абсорбиран от почвата, кадмий може да бъде намерен в определени храни като картофи, зърнени храни, слънчогледови семена и листни зеленчуци, както и в тютюневи изделия. Храните, в които най-често се среща кадмий са спанак, ориз, картофи. Постъпването на завишено количество кадмий в човешкия организъм води до анемия, поражение на черния дроб и бъбреците, кардиопатии (заболявания на сърцето), емфизем на белите дробове, остеопороза, деформация на скелета, развитие на хипертония. Симптоматика за отравяния от кадмий е белтък в урината, поражения на централната нервна система, остри болки в костите. Кадмият влияе върху кръвното налягане и може да бъде причина за образуване на камъни в бъбреците [10]. При продължителна експозиция на ниски концентрации на кадмий именно бъбреците се явяват критичен орган. Отделянето на кадмий от организма е много бавно. Необходими са около 10 години за да се отдели половината от количеството му в черния дроб и бъбреците [9].

Освен чрез вдишване, кадмият може да проникне в организма и чрез храносмилателния тракт. От почвата прониква в растенията и чрез храната попада в организма. Оплакванията при кадмиево отравяне включват златисто-кафява пигментация на шийката на зъбите, атрофичен ринит, нарушение на обонянието, белодробен емфизем, гастрит, колит, нарушена гломерулна функция с протеинурия, болки в костите и ставите и други.

В България има две големи предприятия, добиващи олово, цинк и кадмий. КЦМ Пловдив и МП Кърджали, които са основни замърсители на въздуха, водата и почвата в прилежащите райони. В почвата кадмият често

се свързва с органичните й вещества, поради което богатите на хумус почви съдържат повече кадмий [12].

### **Олово**

Оловото е известно от древността. Римляните са изработвали оловни тръби, а през средновековието са изработвали от него съдове и прибори за хранене.

Оловото е сиво-бял, мек и пластичен метал със силен метален блясък. Разтваря се в киселини и се окислява при обикновена температура, но се пасивира – образува тънка оксидна кора, която го предпазва от по-нататъшно окисление. Съединенията му са отровни. Олово се добива главно от минералите галенит, церусит и англезит. Най-големи находища има в Австралия, Канада, Русия, Испания. Оловото и окисите му са лесно разтворими във вода, оцетна, винена и др. киселини. То лесно преминава в хранителната верига и предизвиква интоксикация у човека нар. сатурнизъм.

Оловните пари и оловните йони имат отровно действие. Те попадат в човешкия организъм чрез въздуха, водата и храната. Големи количества аерозоли постъпват в атмосферата при изгарянето на оловосъдържащия бензин. Затова все повече се използва безоловен бензин.

Оловото се натрупва в организма и когато достигне определено количество, предизвиква болестта сатурнизъм. Заболелият получава нервно разстройство и венците на зъбите му добиват сивкав цвят. При хроничните отравяния се поразяват кръвоносните органи, засягат се някои ензими, жлезите с вътрешна секреция и др. Дози от 0,2 – 0,3 mg/kg оловни съединения са достатъчни за появата на отровно действие. Опасност от отравяне има при боядисване с оловни бои, при пазене на храна в гледжосани съдове, отровна е газовата смес от ауспуха на колите и т.н. Ежегодно около 200 000 t Pb замърсяват околната среда на планетата Земя.

Оловните пари и оловните йони имат отровно действие.[2, 5] Това е един от най-токсичните тежки метали. Йоните му попадат в човешкия организъм чрез въздуха, водата и храната. Големи количества аерозоли постъпват в атмосферата при изгарянето на оловосъдържащия бензин. Затова все повече се използва безоловен бензин, а оловният се ограничава. Оловото се натрупва в организма и когато достигне определено количество, предизвиква болестта сатурнизъм. Заболелият получава нервно разстройство и венците на зъбите му добиват сивкав цвят. При хроничните отравяния се поразяват кръвотворните органи, засягат се някои ензими, жлезите с вътрешна секреция и др. Дози от 0,2 – 0,3 mg/kg оловни съединения са достатъчни за появата на отровно действие.

Оловото предизвиква и психически разстройства и усложнения. Детоксикацията на човек отровен с олово е невъзможна. В Римската Империя, Царска Русия и в Западна Европа водопроводите, чиниите и приборите за хранене са били оловни, тъй като оловото е мек и леснообработваем метал. Това е довело до масови психически проблеми. Оловото също предизвиква и хронични заболявания в потомството на отровените. Дори има теории, че Римската Империя е западнала, защото римляните са се превърнали в една невменяема нация с психически увреждания, податлива на разврат и с неуравновесен избухлив характер вследствие на генетично предаване на болести, предизвикани от отравяне с олово, тоест – децата вече са се раждали болни от различни заболявания.

Главните източници на замърсяване на атмосферата, а оттам и почвата са: оловно добивните металургични предприятия, акумулаторните заводи и автомобилния транспорт. В близост до големи пътища и автомагистрала, съдържанието на олово в почвата е най-голямо.

В човешкия организъм оловото постъпва чрез дихателната и храносмилателната система.

### **Живак**

Живакът е бил използван от древните китайци в медицината, също от индуси, перси, египтяни. Римляните са познавали процеса на амалагамиране и са го употребявали за извличане на злато от руди. Широко използван през средните векове за лечение при различни заболявания. До скоро живакът се използваше във фотографията, фармацевтичната промишленост, в препаратите за растителна защита, в производството на термометри и др.

Живачните аерозоли оказват влияние върху функциите на мозъка, нервната система и бъбреците.[1, 5] Опасни са аерозолите на живака. Действието на живака в/у организмите се дължи на способността му да се свързва трайно с клетъчните ензимни системи, особено в бъбреците и мозъка.

Живакът може да причини както хронични, така и остри отравяния. Хроничното отравяне с живак може да доведе до загуба на паметта, треперене, загуба на зрението.

Замърсяването на околната среда с живак може да става от живачен сулфид, живачни халогениди, живачни нитрати, оксиди др. от естествени и антропогенни източници.

Живакът трябва да се съхранява в запечатани съдове, за да не се изпарява и да се вдишва от хората. Загряването на живака и живачните съединения трябва да се извършва под наблюдение. Излагането на живак в малки концентрации може също да причини необратими увреждания, тъй

като се натрупва постепенно в организма (тялото не може да отдели живака и следователно той се натрупва сравнително лесно). Отравянето с живак може да се прояви години след експозицията. Един от симптомите е загуба на зъби. Материалът е ограничен за използване от ЕС.

За обезвреждане на разлят живак се използва сяра. Течният живак лесно се свързва с прахообразна сяра при стайна температура и образува живачен сулфид, който е неразтворим във вода и стабилен при обичайни температури.

Основните антропогенни източници са минния добив, металургията, изгаряне на течни и твърди горива, при различни аварии в лаборатории или заводи. При добив на злато с използване на живак [12].

Други тежки метали, които не са от първа група, но представляват сериозен риск за хората са:

#### **Цинк**

Концентрацията на цинк в повечето почви е в границите от 10 до 300 mg/kg. Съдържанието на цинк в естествено богати или замърсени почви от добив и преработка на оловно-цинкови руди може да достигне изключително високи стойности – до десетки грама на килограм почва.

Цинкът е необходим за растенията микроелемент. Той постъпва в растенията основно под формата на  $Zn^{2+}$ . Физиологичната му роля се свързва с участието му в състава на металоензимите. Цинкът има стабилизиращ ефект върху структурното състояние на клетъчните мембрани. В тъканни концентрации над 400-500 mg/kg Zn е токсичен за много растителни видове. Ранните визуални признаци на цинкова фитотоксичност наподобяват желязна хлороза, а следващите имат неспецифичен характер.

#### **Мед**

Средните концентрации на мед в повърхностните хоризонти на почвите варират в границите от 10 до 80 mg/kg. Естествено богати на мед почви могат да се формират върху мед - съдържащи почвообразуващи скали.

В почвата медта присъства под формата на органични комплекси. Количеството на водоразтворимите медни съединения е по-малко от 1 % от общото количество мед в почвата.

Медта е необходим за растенията микроелемент. Физиологичната ѝ роля в растенията се свързва с фотосинтетичния електронен транспорт, дишането и азотния обмен. Признаците на фитотоксичност нямат специфичен характер. В повечето случаи при излишък на мед са наблюдавани покафеняване и редуциране на кореновата система, слаб растеж и развитие, прояви на хлороза и некроза по върховете на листата.

### **Арсен**

Арсенът е известен на древните народи преди повече от 2000г. В природата се среща под формата на различни органични и неорганични съединения. По-летливи и по-токсични са съединенията на тривалетния арсен [10]. Източниците на замърсяване на околната среда с арсен са минния добив, заводите, преработващи руди, леярни, употребата на пестици.

В човешкия организъм арсенът се приема главно чрез храната и се усвоява от храносмилателната система и постъпва в другите органи на човешкото тяло.

Водите на р. Пирдопска и р. Тополница са замърсени с арсен, което е обусловено от медодобивните предприятия в района и използването на този метал в производствения процес.

### **Калай**

Калаят е лек цветен метал, просто неорганично вещество по своя строеж. В превод от латински това означава „силен, упорит“. Първоначално тази дума се използва за сплав от олово и сребро и значително много по-късно започват да наричат чистия калай по този начин. Думата „калай“ има славянски корени и означава „бял“.

Металът принадлежи към разпръснатите елементи, а не е от най-често срещаните на земята. В природата се среща под формата на различни минерали в свързана форма. Най-важните за промишления добив: каситерит - калаен камък и станин - калаен пирит. Калаят се добива от руди, като правило, съдържащи не повече от 0,1 процента от това вещество. В България се среща във всички мини, където се добиват цветни метали в различно процентно съдържание, но не се извлича в повечето добиващи предприятия.

Той е лек мек пластичен метал със сребристо-бял цвят. Има три структурни модификации, преминава от състояние на  $\alpha$ -калай (сив калай) в  $\beta$ -калай (бял калай) при температура  $+13,2^\circ\text{C}$  и в състояние на  $\gamma$ -калай при  $t +161^\circ\text{C}$ . Модификациите са много различни по своите свойства.  $\alpha$ -калаят е сив прах, който се класифицира като полупроводник,  $\beta$ -калай („обикновен калай“ при стайна температура) е сребрист ковък метал,  $\gamma$ -калай е бял крехък метал.

При химичните реакции калаят проявява полиморфизъм, тоест киселинни и основни свойства. Реактивът е доста инертен във въздуха и водата, тъй като бързо се покрива със силен оксиден филм, който го предпазва от корозия.

Калаят лесно реагира с неметали, трудно - с концентрирана сярна и солна киселина; не взаимодейства с тези киселини в разрежено състояние.

Реагира с концентрирана и разредена азотна киселина, но по различни начини. В единия случай се получава калаена киселина, в другия калаен нитрат. Реагира с алкали само при нагриване. Образува два оксида с кислород, със степен на окисление 2 и 4. Той е в основата на цял клас органични калаени съединения.

Този метал се счита за безопасен за хората, той е в тялото ни и всеки ден го получаваме в минимални количества с храната. Ролята му във функционирането на тялото все още не е проучена.

Изпаренията на калай и неговите аерозолни частици са опасни, тъй като при продължително и редовно вдишване могат да причинят белодробно заболяване; органичните съединения на калай също са отровни, поради което е необходимо да се работи с него и неговите съединения в защитно оборудване.

Съединение от калай като калаен водород,  $\text{SnH}_4$  може да причини тежко отравяне при ядене на много стари консерви, при които органичните киселини са реагирали със слой калай по стените на кутията (калаят, от който се правят консервите, е тънък лист от желязо, покрито с калай от двете страни). Отравянето с калаен водород може дори да бъде фатално. Симптомите включват гърчове и усещане за загуба на равновесие.

Значителна част от тежките метали в отпадъчните води на предприятията и битовите потребители се задържа в шлама на пречиствателните съоръжения. Останалото достига до водните обекти, а от там замърсява световните водни запаси. Друго място за натрупване на тежките метали са складовете за съхранение на отпадъци и шлам, които не са били изгорени [8]. Основният източник на кадмий е производството на желязо, стомана и цимент и изгарянето на въглища, а не производственият процес за кадмий-съдържащи продукти, както се говори в обществото. При тези производства се работи при високи температури на изгаряне и синтероване.

Друг заслужаващ внимание източник на тежки метали са все по-модерните инсталациите за изгаряне на битови и промишлени отпадъци, още повече че в бъдеще с оглед нарастването на отпадъците в нашето консуматорско общество ще трябва да се изгарят все по-големи количества, за да се спести място във вече недостатъчните места за съхранението им. През последните години дори се стигна до там, че най-развитите страни изнасят своите боклуци в други страни, където те се изгарят. Така например в България в ТЕЦ Перник и ТЕЦ Варна се горят отпадъци от Великобритания, Италия и други страни. Битовите отпадъци съдържат значителни количества тежки метали, макар ние да не се замисляме за това. Те се съдържат преди всичко в определени компоненти

на отпадъка. Така например в битовите отпадъци се съдържат само 6% изкуствени материали, но поради голямата част на поливинилхлорида в тях допринасят за замърсяване с кадмий. Металните отпадъци, които съставляват около 5% от изхвърляните от домакинствата, съдържат много Олово и Кадмий. Въпреки че количеството отделено олово е по-голямо от това на Кадмий, в сравнение с другите източници на емисия то е пренебрежимо. При Кадмий ситуацията е различна и затова източникът “изгаряне на отпадъци” съставя почти 8% от емисията му.

Предотвратяването на емисия при съхраняването и изгарянето на отпадъци може да се осъществи чрез ефективно рециклиране на продуктите, съдържащи тежки метали, например на акумулатори.

**Изводи:**

1. Тежките метали и особено оловото, живакът и кадмият, които са от първа категория на въздействие върху околната среда, оказват негативно влияние върху човека и заобикалящата го среда, но в малки количества са необходими за нормалното функциониране на човешките органи.

2. Специализираните контролни органи трябва да следят стриктно да не се изхвърлят на нерегламентирани места отпадъци, особено, такива съдържащи тежки и радиоактивни метали.

3. Голямо внимание трябва да се отдели и на международното сътрудничество за недопускане на увеличаване на концентрацията на тежките метали в почвата, водите и въздуха, за да не се допусне трансгранично замърсяване.

**Ползвана литература:**

1. 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;

2. Пенева Павлина, Върху методите за мониторинг на замърсяване с промишлени токсични вещества, Сборник доклади от годишна университетска научна конференция, том 2, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”, ВТ, 2016;

3. Пъдарев Н., Планиране на специалната обработка при химични и биологични опасни събития, Сборник доклади от научна конференция на НВУ „Васил Левски” “Актуални проблеми на сигурността”, том 6, ВТ, с. 144- 151, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски” ВТ, 2019, ISSN 2367-7465



4. Райков Л., Х. Чулджиян, Л. Файтонджиев, Д. Бакаливанов, К. Еников, Д. Стойчев, П. Петров, П. Трейкяшки, А. Брашнарова, И. Петров и Т. Куюмджиева, 1984, Проблеми за замърсяването на почвата, под ред. на Л. Райков, Земиздат, София;

5. Станчев Л., Д. Стоянов, Г. Стоилов и А. Брашнарова, 1982. Микроелементи и микроторове, Земиздат, София;

6. Стоянов, С., 1999. Тежки метали в околната среда и хранителните продукти. Токсично увреждане на човека, клинична картина, лечение и профилактика. – Поредица Екология и здраве, т. 2;

7. Пенсофт, “ПаблишСайСет-Агри”ООД, С., 288 с. Breckle S., 1991, Growth under stress; heavy metals. In: Y. Waisel, A. Eshel, X. Kafkafi (Editors), Plant Roots: The Hidden Half. Marcel Dekker: New York, pp. 351-373.

8. Li Yan-xia, Xiong Xiong, Lin Chun-ye, Zhang Feng-song, Li Wei, Han Wei, 2009. Cadmium in animal production and its potential hazard on Beijing and Fuxin farmlands; Journal of Hazardous Materials 177 (2010) 475–480.

9. Technical Report submitted to EFSA, 2010. Selected trace and ultratrace elements: Biological role, content in feed and requirements in animal nutrition – Elements for risk assessment, M.Van Paemel, N.Dierick, G.Janssens, V.Fievez, St.De Smet.

10. <http://www.efsa.europa.eu/fr/search/doc/68e.pdf>

11. <http://lex.bg/bg/laws/ldoc/2135493121>

12. <ftp://ftp.fao.org/es/esn/jecfa/jecfa61sc.pdf>

13.

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002L0032:20061020:BG:PDF;>

**Адрес за кореспонденция:**

Траяна Николаева Долчинкова: ХТМУ, E-mail: [trayanadol@abv.bg](mailto:trayanadol@abv.bg)

**ЛИКВИДИРАНЕ НА ПОСЛЕДСТВИЯТА ОТ  
РАДИАЦИОННО ЗАМЪРСЯВАНЕ ПРИ НИСКИ  
ТЕМПЕРАТУРИ**

**Павлина Пенева**

**ON THE ISSUE OF ELIMINATING THE  
CONSEQUENCES OF RADIATION POLLUTION AT LOW  
TEMPERATURES**

**Pavlina Peneva**

*Abstract: The paper presented deals with decontamination solutions to be applied at low temperature. The author proposes some additional components to be used in the composition of the decontamination solutions leading to a lower temperature of their freezing.*

*Key words: decontamination, calcium chloride, ethyleneglycol(ethanediol).*

Радиационното замърсяване би могло да бъде следствие от:

- аварии в АЕЦ и трансграничен пренос
- аварии в обекти, където се съхраняват радиоактивни вещества;
- инциденти с транспортни средства, превозващи радиоактивни материали;
- терористични актове с умишлено използване на радиоактивни вещества[1,5,6].

Важен етап от ликвидирането на последствията от радиоактивното замърсяване е обработката на заразени повърхности с дезактивиращи разтвори, при което стойността на  $\gamma$ -радиационния фон[7,8] се довежда до допустимите норми.

Провеждането на дезактивацията през зимния сезон е свързано с технически и организационни затруднения. При приготвянето на дезактивиращите разтвори като разтворител се използва вода, която замръзва при 0 °C. Това налага въвеждането на допълнителни компоненти

в разтворите, осигуряващи ефективна дезактивация при ниски температури.

Целта на настоящата разработка е да се предложат допълнителни компоненти в състава на дезактивиращите разтвори, осигуряващи ефективна дезактивация при температури от 0 до  $-30$  °C.

Основен компонент на деактивиращите разтвори са повърхностно-активни вещества (ПАВ), които добре омекват обработваните повърхности и допринасят за реализиране на добро миешо действие.

В Българската армия най-често използваното вещество е ДВ-2, съдържащо алкилфенолполигликоли етери, натриев триполифосфат, натриев сулфат и др. [5]. За дезактивация успешно биха могли да се прилагат и водни разтвори на синтетични прахообразни или течни детергенти, каквито се предлагат в търговската мрежа[4]. Концентрацията на синтетичните детергенти в дезактивиращите разтвори може да бъде определена по графичен начин на база сравнение с ДВ-2, чиято ефективност в концентрационния диапазон  $0,15 \div 0,30$  % е доказана [3].

Обекти на разглеждане в настоящата разработка са дезактивиращи състави, съдържащи като основен компонент ДВ-2 или синтетичен детергент.

Като допълнителни компоненти, осигуряващи понижаване на температурата на замръзване могат да се използват калциев дихлорид ( $\text{CaCl}_2$ ) или етиленгликол ( $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ), които намират приложение и като суровини за приготвяне на антифризи.

Калциевият дихлорид е удобен за транспортиране, нетоксичен е и достъпен като цена. Негов недостатък е фактът, че водните му разтвори предизвикват корозия. Температурата на замръзване на наситен воден разтвор на  $\text{CaCl}_2$  е  $-37$  °C.

Етиленгликолят замръзва при  $-11$  °C, но в смес с вода се получават евтектични състави, които замръзват при по-ниски температури и от двата компонента. При съдържание на 66,7 % етиленгликол в разтвора може да се достигне до температура на замръзване  $-75$  °C.

Дезактивиращи рецептури за дезактивация при ниски температури биха могли да бъдат разработени, като се използват  $\text{CaCl}_2$  или етиленгликол в зависимост от условията.

1. Дезактивиращи разтвори за зимни условия, съдържащи  $\text{CaCl}_2$

1.1. Дезактивиращи разтвори, съдържащи като основен компонент ДВ-2

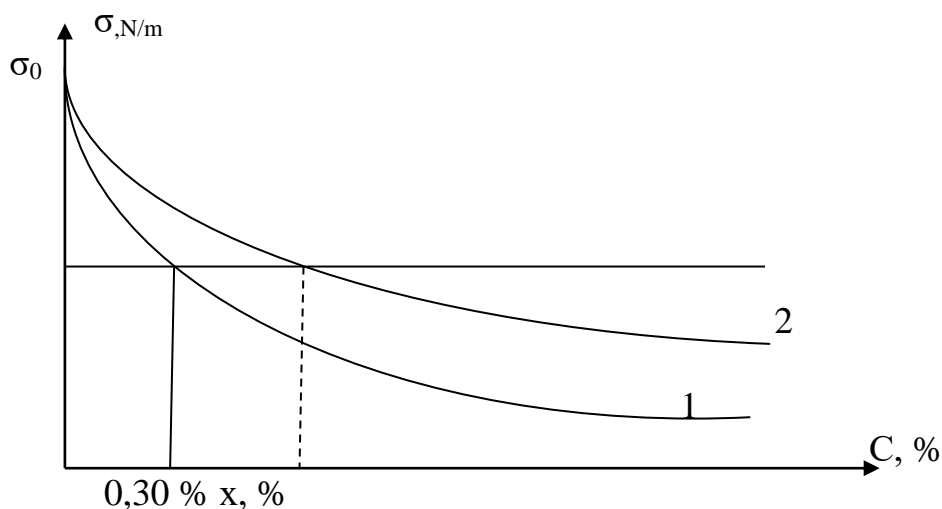
В щатната дезактивираща рецептура в Българската армия за дезактивация в зимен сезон ДВ-2 се прилага в концентрация 0,3 % [5].

Концентрацията на допълнителния компонент  $\text{CaCl}_2$  може да бъде получена след предварителен експеримент. За целта е необходимо определянето на температурата на замръзване ( $T_z$ ) (пряко или косвено) на серия от водни разтвори на  $\text{CaCl}_2$  с различна концентрация. От графичната зависимост  $T_z = f(C_{\text{CaCl}_2})$  ( $C_{\text{CaCl}_2}$  – концентрация на  $\text{CaCl}_2$ ), може да се определи концентрацията на калциев двухлорид в разтвора при зададена  $T_z$ .

1.2. Деактивиращи разтвори, съдържащи като основен компонент синтетичен детергент

1.2.1. Определяне концентрацията на синтетичния детергент в деактивиращия разтвор

Важен параметър, характеризиращ омокрящата способност на разтворите е повърхностното напрежение ( $\sigma$ ). Зависимостта на  $\sigma$  от концентрацията е нелинейна. По графичен начин [3] от зависимостите  $\sigma = f(C_{\text{ДВ-2}})$  и  $\sigma = f(C_{\text{детергент}})$  (Фиг. 1) може да бъде определена концентрацията на използвания синтетичен детергент, която би осигурила същата омокряща способност като тази на воден разтвор на ДВ-2 за зимни условия с концентрация 0,30 %.



Фиг. 1. Зависимост на повърхностното напрежение ( $\sigma$ ) на разтвора от концентрацията ( $C$ ) на ПАВ

$$1 - \sigma = f(C) \rightarrow \text{за ДВ-2}$$

$$2 - \sigma = f(C) \rightarrow \text{за синтетичен детергент}$$

$\sigma_0$  – повърхностно напрежение на разтворителя

Зависимостите  $\sigma = f(C_{\text{ДВ-2}})$  и  $\sigma = f(C_{\text{синт.детергент}})$  биха могли да бъдат получени в аналитичен вид след регресионен анализ и с помощта на

компютърна програма да се определи концентрацията  $X$ , % на синтетичния детергент.

1.2.2. Определяне концентрацията на  $\text{CaCl}_2$  в дезактивиращия разтвор, съдържащ синтетичен детергент

Това определение се извършва по същия начин както в т. 1.1.

2. Дезактивиращи разтвори за зимни условия, съдържащи етиленгликол

2.1. Дезактивиращи разтвори, съдържащи като основен компонент ДВ-2

Концентрацията на ДВ-2 в разтвора е 0,30 % [3].

Концентрацията на етиленгликола се определя с помощта на таблични данни за връзка между  $T_z$ , концентрация и плътност на етиленгликола (ЕГ) или се използва регресионната зависимост  $T_z = f(C_{\text{ЕГ}})$ , получена след предварителен експеримент[2].

2.2. Дезактивиращи разтвори, съдържащи като основен компонент синтетичен детергент

Концентрацията ( $X$ ) на синтетичния детергент се определя както в т. 1.2.1.

Концентрацията на етиленгликола се определя както в т. 2.1.

Алгоритъмът за разработване на дезактивиращи разтвори, замръзващи при ниски температури, може да бъде обобщен по следния начин:

1) Приготвяне на изходни разтвори на  $\text{CaCl}_2$  с концентрация от 5 % до 30 %.

2) Приготвяне на изходни разтвори на етиленгликол с концентрация от 20 % до 45 %.

3) Пряко или косвено определяне  $T_z$  на разтворите на  $\text{CaCl}_2$  или етиленгликол.

4) Приготвяне на изходни разтвори на синтетичен детергент и ДВ-2 с концентрация от 0,1 % до 0,4 %.

5) Определяне на повърхностното напрежение на разтворите на синтетичния детергент и на ДВ-2 със съответните концентрации.

6) Статистическа обработка на експерименталните резултати и получаване в аналитичен вид на зависимостите  $T_z = f(C_{\text{CaCl}_2})$ ,  $T_z = f(C_{\text{ЕГ}})$ ,  $\sigma = f(C_{\text{ДВ-2}})$  и  $\sigma = f(C_{\text{синт.детергент}})$ .

7) Определяне на концентрациите на синтетичния детергент (основен компонент) и на допълнителните компоненти  $\text{CaCl}_2$  или етиленгликол с помощта на регресионните уравнения, получени с компютърна програма.

### **Изводи**

1) Въвеждането на калциев двухлорид или етиленгликол (в зависимост от условията) в състава на дезактивиращите разтвори би осигурило ефективност на дезактивацията от 0 °С до –30 °С.

2) Изчисляването на количеството на калциевия двухлорид и етиленгликола в състава на дезактивиращите рецептури би могло да бъде проведено експресно с помощта на компютърни програми по данни от предварителен експеримент за зависимостите на температурата на замръзване и повърхностното напрежение на разтворите от концентрацията на съответните компоненти.

### **Литература**

1. Димитров, Б. Развитие на системите за разузнаване, ранно предупреждение, мониторинг, специална и санитарна обработка. Сборник доклади от научна конференция „Актуални проблеми на сигурността“, Издателски комплекс на НВУ „В. Левски“, том 5, стр. 226–231, ISSN 2367-7465, В. Търново, 2018.

2. Пенева, П.Й. Щерев. Изследване влиянието на концентрацията на етиленгликол върху температурата на замръзване на антифриз. Международна научна конференция Унитех 2009. Сборник доклади, том III, с. III519-III523, ISSN 1313-230X, Габрово, 2009

3. Пенева, П. Приложение на дезинфектанти за дезактивация. Дни на науката 2009, Съюз на учените в България, с.252-255, ISSN 978-954-400-276-2, В.Търново, 2010

4. Пенева, П., Н. Пъдарев. Контрол върху използването на детергенти при специална обработка. Сборник доклади от научна конференция на НВУ „В. Левски“ - „Актуални проблеми на защитата на населението и инфраструктурата“, том 5, с.101-106, ISSN 2367- 7465, Издателски комплекс на НВУ „В. Левски“, В.Търново, 2014

5. Пъдарев, Н., Б. Димитров. Аспекти на защитата от оръжията за масово унищожение в съвременния свят. ISBN 978-954-753-329-5, Издателски комплекс на НВУ „В. Левски“, В. Търново, 2021

6. Пъдарев, Н. Антропогенни аварии и катастрофи. ISBN 978-954-736-251-2, Издателство ПИК, В. Търново, 2016

7. Dolchinkov N.T., Sources of natural background radiation, Security and Defence, №3(16)2017 War Studies University, Warsaw, Poland, p.40-51, ISSN:2300-8741, DOI.org/10.35467/SDQ/103183

8. Dolchinkov N.T. Characteristics of radiation and sources of radiation as a result of human activity, International scientific journal: Industry 4.0 Issue 6, 2/2017, December 2017, p.279-283, ISBN 2535-0153

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

---

*Адрес за кореспонденция: гр. В. Търново, ул. „С. Румянцев“ № 6, вх. А  
проф. д-р инж. Павлина Йорданова Пенева  
НВУ „В. Левски“ – В. Търново, катедра „Защита на населението и  
инфраструктурата“  
e-mail: [ppenevanvu@abv.bg](mailto:ppenevanvu@abv.bg)*

**СЪВРЕМЕННИТЕ ПЛАНОВЕ ЗА РАЗВИТИЕ НА  
ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ В  
СВЕТОВЕН МАЩАБ И ЕНЕРГИЙНАТА НЕЗАВИСИМОСТ  
НА БЪЛГАРИЯ**

**Николай Долчинков, Бонка Караиванова-Долчинкова**

**THE MODERN PLANS FOR THE DEVELOPMENT OF  
ELECTRICITY PRODUCTION WORLDWIDE AND THE  
ENERGY INDEPENDENCE OF BULGARIA**

**Nikolay Dolchinkov, Bonka Karaivanova - Dolchinkova**

***Abstract:** The unwise use of natural resources has led to a global increase in greenhouse gases and widespread pollution of the environment with a wide variety of wastes. The countries of the world and Bulgaria in particular solve tasks on improving energy efficiency and security and improving the energy sector. As part of the solution to this problem is the use of both renewable and alternative sources, but there has been increasing talk about a new generation of nuclear energy. Until recently, nuclear energy turned out to be the best alternative to energy production from thermal power plants.*

***Key words:** alternative sources, energy, renewable sources, TPP, NPP, HPP.*

От началото на този век преобладаващата част от държавите по света водят политика за ограничаване на вредните емисии на парниковите газове и заменяне на въглищните и други замърсяващи електроцентрали с алтернативни и възобновяеми източници, както и екологични такива, които не замърсяват околната среда. За съжаление много от водещите икономически световни сили и икономически развити страни отказват да се съобразят с международните договори и норми и дори не се включват в изпълнението на договорките. Европейският съюз, като един от големите политически играчи, има за цел да бъде един от световните лидери в борбата с изменението на климата и в тази връзка се стреми да постигне целите на споразумението от Конференцията на страните по Рамковата



конвенция на ООН по изменение на климата в Париж, като същевременно осигурява чиста енергия в целия континент. България като член на съюза се придържа към зададените норми и дори изискванията към нас са по-високи, отколкото към икономически по-развитите страни от западната част на континента. За да изпълни този ангажимент, ЕС определи следните обвързващи цели за климата и енергетиката до 2030 г., а именно:

1. Намаляване на емисиите на парникови газове с най-малко 40% в сравнение с 1990 г.;

2. Повишаване на енергийната ефективност до поне 32,5%, като тук България има много да догонва;

3. Увеличаване на дела на енергия от възобновяеми източници до поне 32% от брутното крайно потребление на енергия в ЕС. Тук трябва да се направи и оценка на енергийната ефективност на алтернативните източници, защото голяма част от тях са енергоемки и потребяваното електричество е съизмеримо с произведеното;

4. Осигуряване на минимум 15% ниво на междусистемна електроенергийна свързаност между държавите членки. България е енергийно свързана със своите съседи по отношение на електроенергията, но връзките не са на необходимото оперативно ниво.

С цел осигуряване на координиран и съгласуван подход в целия ЕС и изпълнение на стратегията на Енергийния съюз всяка държава членка беше длъжна да представи на Европейската комисия проект на своя Интегриран национален план в областта на енергетиката и климата до 31 декември 2018 г. и своя окончателен Интегриран план до 31.12.2019 г. България като страна членка на Европейския съюз своевременно подготви и внесе в Европейската комисия своя Интегрален национален план екология – климат (ИНПЕК).

Настоящият Интегрален план е изготвен в съответствие с изискванията на Регламент 2018/1999 и отразява всички препоръки на ЕК по проекта на Интегрален план. С ИНПЕК се определят основните цели и мерки за осъществяване на националните политики в областта на енергетиката и климата, в контекста на европейското законодателство, принципи и приоритети за развитие на енергетиката.

Основните цели, заложи в българския ИНПЕК са:

- стимулиране на нисковъглеродно развитие на икономиката;
- развитие на конкурентоспособна и сигурна енергетика;
- намаляване зависимостта от внос на горива и енергия;
- гарантиране на енергия на достъпни цени за всички потребители.

Националните приоритети в областта на енергетиката могат да бъдат обобщени, както следва:

- повишаване на енергийната сигурност и диверсификация на доставките на енергийни ресурси;
- развитие на интегриран и конкурентен енергиен пазар;
- използване и развитие на енергията от възобновяеми източници, съобразно наличния ресурс, капацитета на мрежите и националните специфики;
- повишаване на енергийната ефективност чрез развитие и прилагане на нови технологии за постигане на модерна и устойчива енергетика;
- защита на потребителите чрез гарантиране на честни, прозрачни и недискриминационни условия за ползване на енергийни услуги.

Интегралният план е напълно съобразен със законодателството и основните стратегически документи на европейско и национално ниво.

От приемането на плана изминаха 2 години, но през последната половин година настъпиха значителни изменения в Европа и света. От недалновидната политика на много от политическите лидери и преминаване от дългосрочни договори за доставка на енергоносители на изцяло борсови доставки, където важна роля играят не производителите и консуматорите, а много често това са борсови играчи, посредници и подставени лица на политици и едри прекупвачи. Това доведе до пълно разминаване между заложените прогнозни цени и действащите пазарни цени и предизвика нестабилност на енергийния пазар и значително увеличаване на цените. В България има много действия, които остават скрити за обществото и се заобикалят общоприети правила, като остават големи съмнения за нечисти сделки.

Пазарът на електрическа енергия в Република България се характеризира като национален и на него играят производители, енергийни дружества, електропреносни дружества, консуматори и клиенти от различен калибър. Неговата структура и организация се регламентират от Правилата за търговия с електрическа енергия в република България. Електроенергийният пазар се състои от пазар на електрическа енергия чрез двустранни договори, сключени на платформата на борсовия оператор, борсов пазар, пазар на балансираща енергия, пазар на резерв и допълнителни услуги, пазар за предоставяне на междусистемна преносна способност.

Българската електропреносна мрежа е част от обединената преносна мрежа на страните от континентална Европа и развитието ѝ е тясно свързано с развитието на мрежите на съседните страни. От отчетите на Българската национална енергийна борса може да отбележим, че общото физическо внесено количество търгувано в България през 2018 г. се равнява на 2,2 милиона MWh, 94% от количеството е произход Румъния.

Общият физически износ за същия период възлиза на 10 милиона MWh, разпределени: Сърбия (23%), Република Северна Македония (23%), Гърция (21%), Турция (21%) и Румъния (12%). Това показва, че България е преобладаващо износител на електрическа енергия към всички съседни балкански страни. През различните дни на борсовия пазар разпределението не е равномерно, като главно влияние оказват метеорологичните условия, включените в енергийната система консуматори и производители, натоварването на енергийната система и заявките за доставка на електрическа енергия от съседните страни. България все още задоволява нуждите на региона от електроенергия, но например при спиране на един от блоковете на АЕЦ „Козлодуй“ за презареждане веднага се усеща липсата му и при повишена консумация на електричество енергийните системи са поставени под сериозна заплаха. Структурата на електроенергетиката на България е такава, че АЕЦ „Козлодуй“ и ТЕЦ от собствени енергийни източници осигуряват баланса на потреблението (90% от консумацията), ТЕЦ с вносни енергоизточници работят за допълнителното натоварване, а ВЕЦ с 2.7 MWh осигуряват върховото натоварване. В последното десетилетие бяха построени множество ВЕЦ не на подходящото място, а бяха спрени други, които са необходими на енергетиката ни и доказани във времето като ПАВЕЦ „Чаира“, каскадата „Белмекен – Сестримо“ и други. Това беше правено на парче и не беше енергийно обусловено в национален план.

Повечето от транзакциите се извършват на сегмент „Централизиран пазар на двустранни договори“, който значително се е увеличил след 2018 г. Обемите на сегмент „Ден напред“ също нарастват на годишна база с 43%. Също така, търговията на сегмент „В деня“ стартира през април 2018 г. Все още не във всички съседни нам страни има изградени такива сегменти. Според мен е грешка премахването на средносрочните и дългосрочните договори, което не позволява планиране на работата на енергийните мощности и тяхното натоварване и постигане на предвидими цени, а не стихийно изменение на цените, обусловена от борсови спекуланти.

Цената на електрическата енергия също се измени значително през последните няколко месеца и вместо заложените стойности в интегралния план вече значително надхвърлят дори и тези, които бяха заложили за 2030 година. Заложените стойности бяха до 95 €/MWh до 2030 г и 106 €/MWh до 2040 година, обаче още през октомври тази година борсовите цени преминаха 300 €/MWh. Това ще доведе до необходимост от цялостно преразглеждане на краткосрочните и дългосрочните програми и вече доведе до хаос в потреблението и големи преразходи на производителите.

Тези високи цени според мен са в резултат и на недалновидната политика, която води Европейския съюз и ръководителите на много от големите икономически и политически държави и съюзи. Това се държи на факта, че пазарът и цените в Европа са единни и натовареността върху домакинствата е различна и техния икономически статут е с голяма разлика в различните части на европейския континент. Богатите държави, които имат и по-високи доходи, имат дори по-ниски цени на енергоносителите отколкото страните от Източна Европа, които имат по-ниски доходи на жителите си. Това довежда до обедняване на населението и затруднения при обслужването на плащанията за консумирана електроенергия както от битовите абонати, така и от промишлените предприятия.

Това е проблем не само на България, но и на много държави от Европа и света. Дори един Китай в момента изпитва недостиг на електрическа енергия и част от промишлените предприятия работят на значително намален график на производство.

Произвежданата електроенергия в България може да се групира в няколко основни групи: от ВЕЦ, топлинни централи, ядрена енергия, ветрогенератори и фотоволтаици. България е била и все още е брутен износител на електрическа енергия, но поставените ни от Европейската комисия условия и действията на нашите политици може скоро да превърнат България във вносител и по този начин националната и енергийната сигурност на държавата да зависи от други държави.

България използва в максимална степен съществуващия потенциал на местни ресурси при спазване на екологичните изисквания. Основни енергоносители за производство на енергия са твърдите горива в Маришкия басейн и ядрената централа.

Централите, използващи местни въглища осигуряват около 48% от производство на електрическа енергия в момента и са гарант за енергийната сигурност на България и конкурентоспособността на българската икономика. България ще използва в максимална степен съществуващия потенциал на местните въглища в страната при спазване на екологичните изисквания, като те могат да осигурят ресурс за производство на електрическа енергия за следващите 60 години. Тук се предвижда намаляване на относителния дял до 2040 г. до порядък 3-4% от общото производство на електроенергия.

Ядрената енергия е важен енергоносител, който гарантира базово производство на електрическа енергия с предвидими и конкурентни цени. АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД осигурява над 33% от производството на електрическа енергия в страната и е гарант за енергийната сигурност на

България. Според плана се предвижда увеличаването на енергия от ядрени мощности до почти 60% към 2040 година, като нетната стойност се увеличава двойно от 15 GWh до почти 31 GWh.

Използването на енергия от възобновяеми източници е третия по значимост местен енергиен ресурс, който търпи увеличение през последните години. Основен принос за това има увеличеното потребление на биомаса, така също използването на слънчевата и вятърната енергия за производство на електрическа енергия. В интегралния план е предвидено увеличаване на дяловото участие на производството на електроенергия от вятърни генератори, биомаса и слънчеви панели. През последните 4-5 години в България възникнаха множество скандали свързани именно с нерегламентирания внос, складиране и изгаряне на отпадъци от страни от Западна Европа и най-много от Италия. Сред отпадъците имаше и много опасни и токсични отпадъци, които замърсяват значително околната среда.

При влизането на България в Европейския съюз бяхме принудени да затворим първите 4 блока от АЕЦ „Козлодуй“ всеки с мощност 440 MWh. На този етап тези енергоблокове са безвъзвратно унищожени и не могат да се възстановят. През годините закупахме и впоследствие препродадохме 2 блока ВВЕР 1000 за АЕЦ „Белене“. След арбитраж закупахме други 2 аналогични блока от трето поколение, които вече 3 години стоят неразопаковани, вместо да се използват. Говори се за построяване нови мощности в АЕЦ „Козлодуй“, диверсификация на гориво и други, но това е в сферата на говоренето и политическия натиск и лобиране за определени фирмиу които нямат нужния опит и са компрометирани в Чехия, Украйна, Филипини и други страни.

При влизането си в ЕС Словакия например също беше принудена да затвори част от своите блокове, но след 2-3 месеца ги отвори повторно и не се съгласи с поставените условия за затваряне.

През последните 10 дни от Европейската комисия измениха своята позиция по отношение на ядрената енергия и лично председателят ѝ Ян Тимерман каза, че ако искаме може да развиваме ядрената си енергетика с нови блокове в Козлодуй, а защо не и изграждането на централата в Белене. 10 държави от ЕС, сред които Франция, България и други, внесоха документ за продължаване на развитието на ядрената енергетика в Европейската общност. Ядрената енергетика не поражда парникови газове и не замърсява околната среда и при развитието на технологиите е много по-безопасна и не генерира отпадъци, за разлика от някои от зелените енергии.

САЩ имат апетит за доставка на мобилни АЕЦ с малка и средна мощност в страните от Източна Европа, но това не е добро решение,

поради това първо че тези централи още не са конструирани и второ не е добро решение разполагането на множество малки АЕЦ, които са потенциален риск и мишена на множеството терористични атаки, които се извършват по света. Именно за лобиране за такива централи беше посещението на американския министър на енергетиката в Централна и Източна Европа в началото на месец октомври.

България не успя в годините на прехода да защити достатъчно добре енергийната си и национална сигурност със затварянето на блокове 1-4 на АЕЦ „Козлодуй“, съгласяването за преждевременно затваряне на ТЕЦ в близките години, вместо постигнатите от Полша условия за експлоатация и субсидиране на тези централи. След множество неуспешни преговори и липса на преговори не се придвижи и проекта „Белене“, въпреки наличието на 2 съвременни енергийни блока от 3+ поколение на централата. А в същото време Румъния и Турция строят нови ядрени мощности и по този начин ще запълнят нишата на енергийния пазар в региона. Бяха допуснати пропуски и е време политиците да спрат да обслужват чужди интереси, а да защитават българските интереси за развитието на българското общество.

### **Изводи:**

1. България трябва активно да работи за увеличаване на срока на експлоатация на топлоелектроцентралите и за развитие на ядрената енергетика с нови мощности в Козлодуй и построяване на наличните реактори в Белене;

2. ЕК официално посочва АЕЦ „Белене“ като един от трите примера за ядрен проект от трето поколение и препоръчва бъдещите нови ядрени мощности да бъдат само с ниво на безопасност и икономическа ефективност като това на трето поколение реактори;

3. Протакането на изпълнението на енергийните проекти, многобройните комисии, експертизи и др. процедури оскъпиха няколкократно всички енергийни проекти в България, с което допълнително се натоварва българския данъкоплатец и плащаме колосални комисионни на чуждестранни анализаторски компании;

4. Необходимо е намирането на стратегически инвеститор за развитието на ядрената ни енергетика, като трябва да се отстояват българските национални и енергийни интереси, а не чужди и лобистки такива.

### **Ползвана литература:**

1. Долчинков Н., История, развитие и перспективи на проекта АЕЦ „Белене“, Научна конференция „Радиационната безопасност в

съвременния свят“, НВУ „В. Левски“, гр. В. Търново – 11 ноември 2016 г. ISBN 978-954-753-243-4 стр. 81-90;

2. Долчинков Н., Б. Караиванова-Долчинкова, Ролята на ядрената енергетика в световната икономика, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“, НВУ „В. Левски“ гр. В. Търново – 20 ноември 2020 г. ISSN 2738-7607 Print, ISSN 2603-4689 CD, стр. 250-260;

3. Манчев Б., АЕЦ „Белене“ – лекции пред клуб „Енергетик“, София, 2010;

4. Набатов Н. и колектив, Електроенергетиката на България, ТАНГРА ТанНакРа ИК, София, 2015;

5. Постановления и решения на МС на Република България, София;

6. Харалампиев М., Развитие на атомната енергетика и ядрените арсенали, Сборник доклади от Научна конференция „Актуални проблеми на сигурността“, том 6, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, 2020, с. 123-133, ISSN 2367-7475;

7. Стоянова В., Георгиев Г., Основни моменти в управлението на сигурността, Сборник доклади от Годишната университетска научна конференция на НВУ „Васил Левски“ 2009, том 4, с. 46-51, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, ВТ, 2009, ISSN 954-753-035-6;

8. Георги Атанасов Георгиев, Валентина Стоянова, Икономическата криза в нейното съвременно проявление, Сборник доклади от Годишна университетска научна конференция, том 9, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, 2020, с. 169-175, ISSN 1314-1937;

9. Council of Ministers of the Republic of Bulgaria, Integrated Plan in the Field of Energy and Climate of the Republic of Bulgaria 2021 - 2030, Sofia 2020;

10. Padarev, N.I., Analysis of the Relation Between Climate Changes and Security Area, International Conference Knowledge-Based Organization, Vol. XXIV. Conference proceedings 3, Applied technical Sciences and Military Technologies, Sibiu, Rom., 2018, pp 169-173;

11.

[https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/reports/2018/gc63-5\\_rus.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/reports/2018/gc63-5_rus.pdf)

*Адрес за кореспонденция:*

*Доц. д-р инж. Николай Тодоров Долчинков: катедра „ЗНИ“, НВУ „Васил Левски“, Велико Търново, България; катедра „Инженерна екология и охрана на труда“, НИИ МЕИ, Москва, Русия, E-mail: [n.dolchinkov@abv.bg](mailto:n.dolchinkov@abv.bg) тел. +359884730833;*

*Бонка Енчева Караиванова-Долчинкова; РУО Велико Търново, E-mail: [bonka\\_vt@abv.bg](mailto:bonka_vt@abv.bg)*

**ПРИЛОЖЕНИЕ НА УЛТРАВИОЛЕТОВАТА  
СВЕТЛИНА В БОРБАТА С COVID-19 И ДРУГИ ВИРУСНИ  
И БАКТЕРИАЛНИ ЗАБОЛЯВАНИЯ**

**Екатерина Бебенова**

**APPLICATION OF ULTRAVIOLET LIGHT IN THE  
FIGHT AGAINST COVID-19 AND OTHER VIRAL AND  
BACTERIAL DISEASES**

**Ekaterina Bebenova**

***Abstract:** A coronary virus pandemic in the last 2 years has found humanity unprepared to act in such conditions. Scientists do not have a ready answer on how to counteract this type of virus, they predict an effective vaccine against it. Vaccines have been used, but they are highly skeptical due to a lack of clinical trials. The years required to be proven with a certain efficiency. Studies of this type of virus from previous years and other similar viruses have shown that the effects of UV light on the virus and the destruction or significant reduction of its viability. The effectiveness of the effects of ultraviolet light on viruses has been proven since the last century and can be used to combat the effects of viruses and their destruction.*

***Key words:** ultraviolet light, virus, COVID-19, disinfection, exposure.*

В условията на пандемично разпространение на COVID-19 се наблюдава завишен интерес към UVC дезинфекцията и към приложението на бактерицидни UV лампи. С цел запознаване на потребителите с правилното им и безопасно използване, рисковете за здравето, които крият и възможностите за намаляване или елиминиране на тези рискове [1, 6, 9].

Ултравиолетовото излъчване се съдържа в спектъра на слънчевата светлина, а в земни условия може да се генерира от електрическите дъги или от предназначени за тази цел лампи [2, 11].



Откриването на ултравиолетовите лъчи е свързано с наблюдението, че сребърните соли, използвани по-късно във фотографията, потъмняват, когато върху тях попадне слънчева светлина.

UVC светлината има силно противобактериално действие и от години се използва с голям успех в медицината за стерилизиране на операционни зали и инфекциозни болници. Най-чувствителни към нея са вирусите и бактериите в тяхната вегетативна форма [3, 6, 10, 14]. Известно е, че вирусите са несложни организми и са неустойчиви извън гостоприемник. Но те твърде често мутират и затова тяхната ваксинна профилактика и лекарствена терапия са неефективни. Единственият реален начин да се предпазваме от тях е широката дезинфекционна профилактика.

Ултравиолетовите лъчи за борбата с COVID-19

Има много видове UV лампи (бактерицидни) които освен за COVID-19 помагат и за други видове болести. Бактерицидната лампа е електрическа светлина, която произвежда ултравиолетова светлина. Тази късовълнова ултравиолетова светлина нарушава удвояването на ДНК основи, причинявайки образуване на пиримидинови димери и води до инактивиране на бактерии, вируси и протозои [7, 17].

UVC светлината от години се използва с голям успех в медицината, за стерилизиране на операционни зали и инфекциозни болници. Технологиите, базирани на UVC дезинфекция намират своето приложение в борбата с COVID-19 както в болници и други медицински сгради, така и множество офиси, магазини, производства, публични сгради и аптеки [13, 18].

Ползи от приложението на UVC лампите е широкият спектър на действие, ниските експлоатационни разходи, лесният начин на работа - като метод „без докосване“ и липсата на натоваване на околната среда, за разлика от третирането с дезинфектанти, засилва интересът към бактерицидните лампи и тяхното използване в практиката, особено в условията на пандемично разпространение на COVID-19 [15].

Ултравиолетовата светлина е добър източник в борбата с COVID-19. Благодарение на UVC лампите се намлява риска от заболяемост с COVID-19 и други болести.

Ултравиолетовите лъчи (UV) са електромагнитно излъчване с дължина на вълната по-малка от тази на видимата светлина, но по-голяма от тази на рентгеновите лъчи, между 10 и 400 nm, и с енергия между 3,10 и 124 електронволта. Наименованието им идва от факта, че тази част от спектъра включва честотите, непосредствено след тези идентифицирани от хората като виолетов цвят. Както личи от името, те са невидими за човешкото око [1, 6, 7, 19].

Ултравиолетовото излъчване се съдържа в спектъра на слънчевата светлина, а в земни условия може да се генерира от електрическите дъги или от предназначени за тази цел лампи. Макар и да е класифицирано като нейонизиращо излъчване, то може да предизвиква някои химични реакции, а при някои вещества и флуоресценция. В ежедневието най-честата проява на ефекта на ултравиолетовите лъчи на Слънцето е в предизвикването от тях слънчево изгаряне, но те имат и много други ефекти върху човека, както полезни, така и вредни [8].

Откриването на ултравиолетовите лъчи е свързано с наблюдението, че сребърните соли (като сребърните халогениди и др.), използвани по-късно във фотографията, потъмняват, когато върху тях попадне слънчева светлина. През 1801 г. Германският физик Йохан Вилхелм Ритер забелязва, че виолетови лъчи на самата граница на видимия спектър особено ефективно предизвикват потъмняване на хартия, нарисваната в сребърен хлорид. Ритер ги нарича „оксидиращи лъчи“ поради стимулираните от тях химични реакции, разграничавайки ги от „топлинните лъчи“ (както тогава са известни инфрачервените лъчи) в другия край на видимия спектър. Скоро се възприема попростият термин „химически лъчи“, който се използва до края на XIX век. След това термините „химически“ и „топлинни лъчи“ са заменени съответно от „ултравиолетово“ и „инфрачервено“ излъчване.

Вакуумното ултравиолетово излъчване (с дължина на вълната под 200 nm), което се наблюдава по-трудно, тъй като до голяма степен се поглъща от въздуха, е открито през 1893 година от германеца Виктор Шуман.

### **Източници на ултравиолетово излъчване**

Естествен източник е Слънцето което излъчва в ултравиолетовия спектър в UVA, UVB и UVC диапазоните, но озоновият слой пропуска в земната атмосфера едва 1 – 3% от това излъчване.[7] UVB и UVC излъчването участва в химичните реакции, довели до образуването на самия озонов слой, но 98,7 % от ултравиолетовата радиация, достигаща до повърхността на Земята е в UVA диапазона. Сравнени със Слънцето, особено горещите звезди излъчват и относително повече ултравиолетови лъчи. Например най-масивната известна към 2018 година звезда R136a1 има топлинна енергия от 4,57 eV, попадаща в близкия ултравиолетов диапазон [16].

Лампи за черна светлина-Лампите за черна светлина излъчват предимно дълги ултравиолетови вълни и много малко количество видима светлина. Те се появяват в началото на XX век, като първите разновидности са обикновени крушки с нажежаема жичка, но със специално стъкло с

никелов оксид (стъкло на Ууд), което почти не пропуска видима светлина с дължина на вълната над 400 nm. При тези лампи излъчването има максимална интензивност при дължина на вълната 365 nm. Макар и относително евтини, лампите с нажежаема жичка са изключително неефективен източник на ултравиолетова светлина, тъй като по-малко от 0,1 % от консумираната енергия отива за генериране на излъчване в ултравиолетовия диапазон. Голямата енергоемкост е свързана и със силно нагриване по време на работа. По-късно се появяват луминесцентни лампи, при които излъчването на ултравиолетови вълни се постига чрез подбор на луминесциращото вещество. За излъчване с максимална интензивност при дължина на вълната 368 – 371 nm обикновено се използва стронциев флуороборат с примеси на европий или стронциев борат с примеси на европий, а за излъчване с максимална интензивност при дължина на вълната 350 – 353 nm – бариев силикат с примеси на олово. Луминесцентните лампи могат да използват стъкло на Ууд или обикновено стъкло, като във втория случай излъчват повече видима светлина и при работа изглеждат светлосини.

За генериране на ултравиолетово излъчване могат да се използват и светодиоди, макар че те рядко се използват за дължини на вълната под 365 nm. Ефективността на светодиодите при 365 nm е около 5 – 8%, докато при дължина на вълната 395 nm е близо 20 %. Използват се и ултравиолетови газоразрядни лампи.

### **Поглъщане**

Обикновеното стъкло е полупрозрачно за UVA и непрозрачно за по-късите вълни, докато кварцовото стъкло, в зависимост от качеството, може да бъде прозрачно дори за вакуумните дължини на вълната [12]. През обикновеното прозоречно стъкло преминава около 90 % от светлината над 350 nm, но над 90 % от светлината под 300 nm се блокира.

Началото на вакуумния диапазон, 200 nm, се определя от факта, че под тази дължина на вълната обикновеният въздух е непрозрачен поради значителното поглъщане. За разлика от въздуха, чистият азот (с по-малко от 0,001 % кислород) е прозрачен и в диапазона 150 – 200 nm, което има голяма практическа важност при производството на полупроводници. Ако се работи в газова среда без кислород се избягва нуждата от създаване на вакуум в оборудването.

Крайните ултравиолетови вълни се характеризират с промяна във физиката на взаимодействието им с веществото: вълните, по-дълги от около 30 nm, взаимодействат главно с електроните от валентната обвивка на атома, а по-късите от 30 nm – главно с атомното ядро и електроните от вътрешните обвивки. Горната граница на този диапазон се определя от

изявената спектрална линия на He<sup>+</sup> при 30,4 nm. Крайните ултравиолетови вълни се поглъщат от повечето известни материали, но е възможно да се създаде оптично покритие, отразяващо до 50 % от тях. Тази технология се използва при създаването на телескопи за наблюдение на Слънцето, както и в областта на нанолитографията.

Какво представляват UV-лъчите и как действат върху организма на човека. UV лъчи са най-активно действащата част от спектъра на светлинната. Те оказват въздействие върху целия организъм. Тези лъчи усилват кръвообращението и лимфообращението, повлияват обмяната на веществата. UV-лъчите имат най-висока енергия, в сравнение с видимите и инфрачервените лъчи. Тези лъчи предизват фотоелектричен ефект, фотобиологични и фотохимични реакции в организма.

Фотохимичните реакции са: фотойонизация, фотополимеризация, фотоокислителни и фоторедукционни процеси, фотоизомеризация. Тези процеси водят до т.нар фотобиологични процеси в човека – образуване на витамин D. UV-лъчите се използват за профилактика и лечение на много заболявания. Те отключват редица нервнорефлекторни механизми и повишават защитните сили на организма. Под въздействието на UV-лъчи се повлиява калциево-фосфорната обмяна, стимулира се еритропоезата, стимулират се надбъбречните и половите жлези и др.

Светлината представлява електромагнитни вълни с определена дължина на вълната. Към светлината се включват видимите лъчи, UV-лъчите и инфрачервените лъчи. Тя има корпускулярно-вълнов характер, т.е. проявява се като поток от фотони и едновременно с това притежава вълнови свойства. Големината на енергията на частиците е обратнопропорционална на дълбочината им на проникване. При по-малка дължина на вълната, лъчите имат по-голяма енергия, и малка дълбочина на проникване. Дълбочина на проникване на UV-лъчите е под 1мм.

Видове ултравиолетови лъчи

UV-лъчите се разделят на три подсектъра:

UVA – пигментообразуващи или дълговълнови (400-320 nm)

UVB – еритемогенни, витамин D образуващи или средновълнови (320-280 nm)

UVC – бактерицидни или късовълнов сектор (280-100 nm)

UVA или сектор А лъчи – установено е, че тялото има регионална чувствителност на кожата спрямо лъчите от този сектор. С най-голяма чувствителност са коремната и лумбалната област (областта на кръста). С по-малка чувствителност е кожата на гърба и гърдите. Следват сгъвните повърхности на крайниците, разгъвните повърхности на крайниците. Най-малка е чувствителността на лице, глава и крайните части на крайниците.

Съществува и сезонна чувствителност. По-висока е чувствителността през зимата и пролетта, а по-малка през лятото и есента. Светлата кожа е по-чувствителна към ултравиолетовите лъчи.

UVB или сектор В лъчи - отговорни са за еритемната реакция и образуването на витамин D в кожата. Предпочита се естествения начин за образуване на витамина с UV профилактика, а не под формата на таблетки, особено при бременни.

UVC или сектор С – това са т.нар. бактерицидни (унищожавачи бактериите) лъчи. Характерно е, че по-висшите микроорганизми са по-резистентни от низшите. Микроорганизмите са най-чувствителни във фазата на делене, а в споровата фаза са най-резистентни. UVC лъчите са доказано канцерогенни – предизвикват рак на кожата.

При какви заболявания най-често се прилагат UV-лъчи

Тези лъчи намират голямо приложение в медицината. При увреждания на периферните нерви – UV-лъчите намаляват болката и имат противовъзпалително действие. Също така се прилагат с тубус върху лигавиците на гърлото и на носа, сливиците и кожата на ушния канал. Правят се облъчвания на гърдния кош, за лечение на трахеити, бронхити и бронхиална астма. При псориазис се облъчва окосмената част на главата. При бременни гърдите се облъчват за подготовка за кърменето, а при кърмачки с рагади на зърната се облъчват само на зърната.

Ставите се облъчват за намаляване на болките и при възпалителни процеси в тях. UV лъчи се прилагат и при хронични рани от съдов произход.

UV-лъчите се прилагат с успех при профилактика на грип и простудни заболявания на горните дихателни пътища, защото повишават устойчивостта на организма. Добре е профилактиката на грипа да става два пъти годишно.

UVC светлината има силно противобактериално действие и от години се използва с голям успех в медицината, за стерилизиране на операционни зали и инфекциозни болници. Най-чувствителни към нея са вирусите и бактериите в тяхната вегетативна форма (бацили, коки). Ултравиолетовите лъчи (UV) представляват електромагнитно излъчване с дължина на вълната в диапазона от 10 до 400 нанометра (nm). Като противобактериални са познати лъчите с дължина на вълната между 250 и 270 нанометра. В природата противобактериалното ултравиолетово излъчване (т. нар. излъчване UV-C) е част от слънчевата светлина, но по-голямата част от него не достига до земната повърхност.

UV-C лъчите са изключително ефективни при убиването на много видове бактерии, плесени, вируси и други микроорганизми. Най-силно е

UV-C лъчението в спектралния диапазон от 254 nm. Същността на ултравиолетовата дезинфекция се основава на способността на ултравиолетовите лъчи да проникват през клетъчната стена и да потискат репродуктивните способности на клетката.

Ултравиолетовото излъчване въздейства непосредствено на генетичния материал на микроорганизмите (ДНК или РНК), като по този начин нарушава естествените процеси на живот и делене на клетката. Това позволява с UV технологията да се постигне унищожаване на до 99,99% от всички патогени в рамките на секунди без добавяне на химикали и без вредни странични ефекти [20].

UVC светлината от години се използва с голям успех в медицината, за стерилизиране на операционни зали и инфекциозни болници. Технологиите, базирани на UVC дезинфекция намират своето приложение в борбата с COVID-19 както в болници и други медицински сгради, така и множество офиси, магазини, производства, публични сгради и аптеки.

С технология, като тази, която е и роботизирана, могат да се обработват всекидневно индустриални помещения и проблемни зони в борбата срещу COVID-19, както в болници и санитарни учреждения, така и в офиси, магазини, производства, публични сгради и аптеки.

Високо ефективна технология за професионална дезинфекция на помещения посредством UVC светлина влиза в битката с коронавируса. Иновацията е разработена от българските компании „Инолед“ и „Елукс“, с управители Николай Ангов и Георги Куртев. Към момента вече разполагат с 10 мобилни екипа в цялата страна, които са екипирани с техника за дезинфекция и борба с вирусите, всеки, от които, с капацитет по 1,000 кв.м./час. За да автоматизират процеса, изобретателите първо минават през решение с подвижна количка с мощни UVC лампи прикачени към нея, а впоследствие правят и следваща стъпка, като създават и мини робот с дистанционно управление, който се движи сам и може да обслужва голяма площ за кратко време. За да работят в добри условия и да намерят части за работа в настоящата ситуация им осигуряват помещения и подкрепа от София Тех Парк.

В нашата страна UVC облъчвателите често се обозначават като „бактерицидни лампи“. Въпреки, че този термин е широко използван в практиката, по същество той е некоректен, тъй като UVC лъчението има широк спектър на активност по отношение не само на бщстерии, но и на вируси, fungi, спори, дори паразити. Във връзка с пандемичното разпространение на COVID-19, към момента няма конкретни данни за ефективността на UVC лъчението към SARS-CoV-2. Въпреки това, от публикуваната научна информация по отношение на други Коронавирус и

тест-модели, доближаващи се до SARS-CoV-2, може да се заключи, че UVC режимите, ефективни по отношение на другите патогенни микроорганизми, ще бъдат ефективни и по отношение на SARS-CoV2. В тази връзка, ултравиолетавата светлина може да намери място за обеззаравяване на въздух и повърхности в различни сфери на обществения живот, включително в детски градини и училища.

В търговската мрежа съществуват редица устройства, които продуцират UVC лъчи. Ефективността им обаче е в пряка връзка с зависимост от дължината на вълната, която продуцират, от мощността на съответния светлинен източник, от продължителността на облъчването, вида и броя на микроорганизмите, изложени на UVC лъчение, от мястото на монтиране, от броя на облъчвателите, техния дизайн, циркулацията на въздуха, температурата и влажността на средата.

Всички тези фактори оказват влияние върху ефективността на съответното изделие/облъчвател. Наред с това, използването на ултравиолетови лъчи като метод в дезинфекционната практика има и своите ограничения. Така например UVC лъчите действат повърхностно и не преминават през стъкло, пластмаси и други материали. Поради тази причина ефективност върху повърхностите може да се отчете само при директно облъчване.

Според конструкцията си облъчвателите се разделят на два основни типа:

Директни (открити) UVC облъчватели. Използват се най-често в практиката за дезинфекция на въздух и повърхности. Могат да бъдат монтирани на тавана или на стените на помещенията, или да са под формата на мобилни облъчватели. Облъчване в продължение на часове води до бързо изразходване живота на лампите. При ефективни стойности на UVC интензитет в цялото помещение, продължителното облъчване може да доведе до образуване на пори в различни неметални повърхности и да наруши тяхната структура. По този начин UVC лъчите могат да увредят различни повърхности, включително апаратура и консумативи.

Затворен тип UVC облъчватели. Те обикновено се проектират с цел непрекъснато редуциране на микрофлората на въздуха в помещенията. Замърсеният въздух постъпва чрез вентилиране в облъчвателя, облъчва се в самото устройство и излиза пречистен от противоположната страна. Важно условие за качествено обеззаравяване на въздуха е капацитетът на устройствата да бъде съобразен с обема на съответното помещение.

Ефективността на затворените облъчватели зависи от тяхната конструкция и скоростта на въздуха, който преминава през тях. Важно е,

когато се права оценка на безопасността на метода, да се има предвид проникваща способност на лъчите.

За детските градини и училища се явяват затворени бактерицидни лампи, при които няма риск от облъчване и могат да работят в непрекъснат режим.

Използването на затворен тип облъчватели ще намали концентрацията не само на SARSCoV-2 във въздуха, но и на други предавани с въздух патогени, което вероятно ще доведе до намаляване честотата на заболяемост от въздушно-капкови инфекции сред децата и персонала. По този начин, използването на бактерицидни лампи в детски градини и училища може да се разглежда като една превантивна мярка за разпространението на COVID-19, наред с другите наложителни мерки, като често проветряване, дезинфекция на подове, работни повърхности, санитарни помещения и често докосвани пособия, хигиена на ръцете.

Български компании в партньорство със София Тех Парк създават робот за дезинфекция Лабораторията „Изкуствен интелект и САД“ системи на София Тех Парк, съвместно с българските компании „Инолед“ и „Елукс“ работят по иновация, свързана с разработването на робот за дезинфекция на помещения с UVC светлина. Иновацията е насочена в подкрепа на мерките за предотвратяване на разпространението на Covid-19.

Към момента компанията „Инолед“ вече разполага с друго решение за дезинфекция с UVC светлина, което предлага на пазара. Целта на партньорството с екипа на Лабораторията на София Тех Парк е да направи решението по-достъпно и широкоприложимо, така че още по-ефективно и масово да помогне в борбата срещу разпространение на Covid-19 в България.

Проектът е добър пример как чрез иновация и обединени усилия на учени и представители на българския бизнес се намират решения в полза на обществото.

### **Ползвана литература:**

1. Долчинков Н., Коронавирусната пандемия и мерки за ограничаване на разпространението ѝ, Годишна научна конференция на НБУ „Васил Левски” – 27-28 май 2021 г. ISSN 1314-1937 т.3 стр. 172-180;

2. Долчинков Н., Използване на ултравиолетови източници на светлина за унищожаване или намаляване на въздействието на Covid-19, Годишна научна конференция на НБУ „Васил Левски” – 28-29 май 2020 г. ISSN 1314-1937 т.6 стр. 194-204;



3. Долчинков Н., Влияние пандемии на отношения между странами Балканского полуострова, Пандемия как двигатель трансформации: глобальное, государственное и корпоративное управление. Материалы международной научно-практической конференции 25–26 мая 2020 года: сборник статей; под ред. В.И. Добросоцкого. — Москва: РУСАЙНС, 2020. — 150 с. ISBN 978-5-4365-6298-8, стр 57-60;

4. Стоянова В., Георгиев Г., Основни моменти в управлението на сигурността, Сборник доклади от Годишната университетска научна конференция на НБУ „Васил Левски” 2009, том 4, с. 46-51, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, ВТ, 2009, ISSN 954-753-035-6;

5. Георги Атанасов Георгиев, Валентина Стоянова, Икономическата криза в нейното съвременно проявление, Сборник доклади от Годишна университетска научна конференция, том 9, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, 2020, с. 169-175, ISSN 1314-1937;

6. Валентина Стоянова, Георги Атанасов Георгиев, България в условията на световна криза и планетарна пандемия от Ковид-19, Сборник доклади от Научна конференция „Актуални проблеми на сигурността”, електронно издание, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, 2020, с. 502-510, ISSN 2367-7473;

7. Славчева М., Използване на ултравиолетова светлина за борбата с вирусите, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“, НБУ „В. Левски“- гр. В. Търново – 20 ноември 2020 ISSN 2738-7607 Print, ISSN 2603-4689 CD;

8. Харалампиев М., Екологични проблеми, породени от химическо оръжие, Екология и бъдеще. № 1-2р 2011, стр. 37-42, ISSN - 1312-0751;

9. Padarev N., Chemical, biological, radiological 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;

10.Николова М., Проучване върху ефективността на дезинфекцията с UV лампи и възможности за оптимизиране на тази дейност в лечебните заведения на страната, дисертация, Национален център по заразни и паразитни болести, София, 2019;

11.Васильев А., Ультрафиолетовые светодиоды для борьбы с вирусами, журнал „Электротехнический рынок” №2 2020;

12.Николов Н., Прибори и системи за мониторинг, откриване, идентифициране, предупреждение и отчитане на химични, биологични и радиоактивни агенти, Сборник доклади от университетска научна конференция 27-28 юни 2019 г., том 5, стр.73-80, ISSN 1314-1937;

13.Николов Н., Избор на защитно облекло срещу химични и биологични опасности, Сборник доклади от университетска научна конференция 27-28 юни 2019г., том 5, стр.81-88, ISSN 1314-1937;

14.Харалампиев М., Влияние на ултразвука върху щатни дегазиращи разтвори, Сборник доклади годишна университетска научна конференция. НВУ „Васил Левски“, Велико Търново, 2018, Електронно издание, ISSN 2367-7481;

15.Пъдарев Н., Планиране на специалната обработка при химични и биологични опасни събития, Сборник доклади от научна конференция на НВУ „Васил Левски“ “Актуални проблеми на сигурността”, том 6, ВТ, с. 144- 151, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски” ВТ, 2019, ISSN 2367-7465;

16.Директива 2004/108/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 15 декември 2004 година относно сближаването на законодателствата на държавите-членки относно електромагнитната съвместимост и за отмяна на Директива 89/336/ЕИО;

17. Учебник - Озонов слой и ултравиолетови лъчи - здравен и екологичен проблем;

18.[www.pomagalo.com](http://www.pomagalo.com);

19.[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org);

20.[www.google.bg](http://www.google.bg).

**Адрес за кореспонденция:**

Екатерина Пламенова Бебенова, Национален военен университет „Васил Левски“, Е-mail: [kati\\_alex123@abv.bg](mailto:kati_alex123@abv.bg)

## ПРИЛОЖЕНИЕ НА ДЕЛЕНЕТО НА АТОМА ЗА ЕНЕРГИЙНИ ИЗТОЧНИЦИ

Момчил Йотов

### APPLICATION OF ATOMIC FISSION TO ENERGY SOURCES

Momchil Yotov

***Abstract:** A nuclear reactor is a device in which nuclear chain reactions are activated, controlled and maintained. Nuclear reactors are used for many purposes, the most important of which is the production of electricity. All industrial nuclear reactors are based on fission. Opinions about their safety are contradictory: they are considered problematic because of safety and health risks. On the contrary, others consider the production of electricity through nuclear reactors to be a safe and environmentally friendly method, compared to others developed so far.*

***Key words:** nuclear reactor, electricity, nuclear reaction, electricity generation, cooling system, reactor*

Ядреният реактор е устройство, в което се задействат, управляват и поддържат ядрени верижни реакции. Ядрените реактори се използват за много цели, най-значимата от които е произвеждането на електричество [1, 4]. Всички промишлени ядрени реактори са базирани на делене на ядрата. Мненията за безопасността им са противоречиви: смятат се за проблематични заради рискове, свързани с безопасността и здравето. Обратното, други смятат произвеждането на ток чрез ядрени реактори за безопасен и екологично чист метод, в сравнение с другите разработени дотогава.

Атомната енергия от реакторите обикновено се използва за производство на електрическа енергия [2, 5]. Това обикновено се постига чрез стандартен метод, който включва използването на топлината от ядрения реактор за задвижването на парни турбини. Атомната енергия е привлекателна заради относително малките количества гориво, които се

използват за производството на огромни количества електричество с почти никакво отделяне на въглероден диоксид.

Атомната енергетика е спорна, защото произвежда радиоактивни отпадъци.

Инцидентите с тях, макар и вероятността да се случат да е минимална, могат да доведат до катастрофални последици, като глобално замърсяване с радиация [3]. Модерните реактори са проектирани така, че да използват обеднени ядрени горива и ядрена експлозия е практически невъзможна [6].

Съществуват няколко вида реактори, в зависимост от преносителя на топлината. Сред най-популярните са:

Реактор с вода под налягане - такива са и ВВЕР реакторите. Те имат двукръгова схема.

Използваната вода за охлаждане на горивото не се употребява за задвижване на турбина, а загрява водата от втори контур, която се насочва към турбината. За гориво се използва уранов диоксид.

Поради високото налягане, водата в първи контур не кипи, а циркулира между реактора и парогенератори, задвижвана от циркулационни помпи. В парогенераторите топлоносителят от първи контур загрява водата от втори контур и поради по-ниското налягане, водата от втори контур кипи и произведената пара се насочва към турбината, която задвижва генератора за производство на електрическа енергия. След това парата отново се втечнява в кондензатора и се изпомпва отново към парогенераторите [8].

Кипящ реактор - той е с еднокръгова схема. При него водата, която преминава през активната зона и отвежда топлината от горивото, е и източник за произвеждане на пара за турбините. За гориво се използва уранов диоксид.

При деленето на горивото в активната зона се отделя топлина, която се поглъща от топлоносител (вода) при движението му нагоре между горивните елементи. При поглъщането на топлината, водата завира и се образува паро-водна смес. Парата се насочва към турбината, която задвижва генератора за производство на електрическа енергия. След турбината, парата отново се втечнява и се изпомпва към реактора.

Реактори тип CANDU - в него за топлоносител в първи контур се използва тежка вода под високо налягане. Както при реакторите с вода под налягане, тази вода се използва само за охлаждане на горивото, но не и за задвижване на турбината. Тя преминава през топлообменник и загрява обикновената вода, движеща се във втори контур, която се изпарява и задвижва турбината. При тях за гориво се използва природен уран. То

представлява цилиндрични снопове с диаметър 10 см и дължина 50 см, които се зареждат в хоризонтални канали, обградени от тежка вода, използвана за забавител, а в каналите циркулира тежка вода под високо налягане за охлаждане. Този тип реактори не трябва да спират за зареждане с ново гориво, тъй като презареждането става като от едната страна на канала презареждащата машина поставя ново гориво, а от другата страна машина изтегля старото [9].

Реактори РБМК (канален реактор с висока мощност) - в този тип реактори за забавител се използва графит, а за охладител - вода. Горивото е слабо обогатен уран и се поставя в канали на графитни блокове. Чрез циркуляционни помпи водата постъпва в активната зона, преминава през каналите, охлажда горивото, кипва и излиза от активната зона с температура около 290 °С. Оттам постъпва в сепаратори, парата постъпва в турбината, която задвижва генератора, а водата се връща обратно в активната зона. И този тип реактори могат да се презареждат без да се спира работата на реактора.

### Охладителни системи

Ролята на охладителните системи в ядрените централи в повечето случаи е свързана с отнемането на топлинната енергия, отделена от реактора в процеса на работа.

Реакторите разполагат както с постоянна охлаждаща система, така и с аварийна такава.

Охладителните системи могат да бъдат конфигурирани в широк диапазон - от системи, използващи прясна вода, през такива, действащи чрез изпарение, както и съоръжения, използващи сухо охлаждане. Съществуват и варианти за комбинирано такова. Някои реактори се охлаждат, използвайки крайбрежна солена (морска), изворна или езерна вода, в зависимост от местоположението и непосредствените възможности в близост до конкретната централа [10].

Независимо обаче, дали ще бъде избрана суха или водна охладителна система, във всички случаи те използват водата като междинна среда.

Водните охладителни системи използват водни кули и изпарението като процес, за да бъде овладяна топлината. Сухите системи пък, са създадени за локации с по-студен климат, по принцип използват вода в охладителни кули, откъдето водата не се изпарява, за да отвеждат топлината в атмосферата чрез кондукция. В места с умерен климат към системата се добавят вентилатори в сухите охладителни кули, за да се придвижи въздухът над перките. В процеса на изпарение при сухите системи има известна загуба на вода, но този процес е незначителен в

сравнение с използването на водни кули. Това позволява приложението на сухите охладителни кули на места със сух климат и недостиг на вода.

При използването на охладителни системи, в които водата се използва еднократно и се изхвърля в източника, както и при използването на охладителни системи, при които се използва многократно една и съща вода, системата е изградена така, че да се минимизират последиците за околната среда и водата да е максимално пречистена.

При охладителните системи, използващи еднократно вода, която се добива от водоизточник - езеро, река и други, намиращ се в непосредствена близост до централата, тя преминава през кондензаторните тръби и се връща обратно във водоизточника. Остатъчната топлина се изхвърля в атмосферата основно чрез изпарение, но понякога се използва и кондукция, конвекция или излъчване.

При охладителните системи с многократно използване на една и съща вода охлаждането се извършва основно посредством изпарение, по-голямата част от водата, използвана в процеса, е консумирана и не се връща във водоизточника.

В този тип системи, охлаждащата вода се рециркулира, остатъчната топлина се разсейва в атмосферата, обикновено чрез преминаването на водата през голям брой охладителни кули, създадени за целта. Тези охладителни кули се явяват необходими, когато наличният водоизточник не е достатъчен, за да осигури достатъчното количество вода за охлаждането или пък и няма наблизо друг възможен за използване водоизточник. Този тип охладителни кули представляват комбинация от двата типа охлаждане, тъй като съчетават сухи охладителни кули и хибридни/водни охладителни такива.

След земетресението в Япония през м. март т. г., последвалата го авария в АЕЦ Фукушима и поставеният в обществото въпрос за сигурността на АЕЦ въобще, пресцентърът на АЕЦ Козлодуй публикува своето становище по въпроса, в което се заявява, че подобни събития са малко вероятни в България [7].

Съобщението припомня, че в АЕЦ Козлодуй се експлоатират 2 ядрени блока с „водо-водни“ реактори (тип PWR). Реакторните инсталации от този тип се характеризират с двуконтурна топлинна схема, т.е. водата (топлоносителят), която се подгрява в реактора, безконтактно изпарява друга вода, която от своя страна задвижва турбогенератора.

„АЕЦ Козлодуй е проектирана да издържи земетресение от 8-ма степен по скалата Медведев-Шпонхойер-Карник-64 (ускорение на повърхността на земята - 0,2 g), в нея по проект са изградени три системи за безопасност с независимо електрозахранване, всяка от които може

самостоятелно да приведе реактора в безопасно „студено“ състояние“, се казва в съобщението.

В информацията се уточнява още, че допълнително е изградена полустационарна система (стационарно разположени помпени агрегати и мобилна дизелгенераторна станция) за аварийно охлаждане на реактора, посредством системите на II-ри контур.

Към системата може да се включи и независим източник на охлаждаща вода, например противопожарен автомобил.

Нека спомена нещо и за контролно-измервателната техника в АЕЦ. Инсталирана повсеместно в ядрените централи, контролно-измервателната апаратура е неизменен елемент от нормалния, аномалния и аварийния работен режим на инсталациите. Благодарение на оборудването, модулите, сензорите и предавателите, контролно-измервателните системи отчитат хиляди променливи и обработват данни, за да задействат помпи, вентили, двигатели и друга електромеханична техника за управление на централата.

Контролно-измервателната система измерва основни физични параметри, следи производителността, интегрира информация и автоматично регулира дейностите с цел поддържане на процесните променливи в проектните граници. Отговаряйки по подходящ начин на неизправности и аномалии, контролно-измервателната техника гарантира безопасността на централата и ефективното производство на енергия.

Всички тези роли могат да бъдат редуцирани до три основни функции. Първо, контролно-измервателната апаратура предоставя на операторите на централата точна информация, която да позволи предприемането на подходящи действия по време както на нормален, така и на аномален работен режим. Второ, тази техника дава на операторите възможност да упражняват автоматично управление върху системите така, че да могат да вземат необходимите мерки за поддържане на ефективна и безопасна работа. Контролно-измервателните решения изпълняват и друга функция от критично значение - защитават централата от неизправности в системата или допуснати от оператора грешки, както и по време на аномални или екстремни външни събития, застрашаващи работата на инсталациите. По-специално, контролно-измервателната техника трябва да осигури безопасна експлоатация на централата за продължителен период от време без намесата на оператор след авария.

Контролно-измервателните системи в атомните електроцентрали трябва да бъдат точни, за да отчитат и комуникират правилно процесните променливи. Те трябва да се отличават и с относителна бързина и да дават възможност за навременна визуализация и настройка, както и да защитават от отклонения в основните и в спомагателните системи на централата.

Например от температурните сензори, като съпротивителните температурни детектори, може да се очаква точност от 0,1% и способност за реакция в рамките на по-малко от 4 секунди на стъпково изменение в температурата.

Апаратурата за измерване и управление в ядрените централи е по-сложна и разнообразна от тази в останалите индустриални приложения поради специалното естество на ядрената енергия. Производството на енергия трябва да е непрекъснато заради високите капиталови разходи и защото директният достъп до ядрения реактор и управлението му не е възможно. Също така потенциалните рискове, свързани с производството на ядрена енергия, изискват по-високи редундантност и надеждност. Въпреки че контролно-измервателната техника е сред относително малките компоненти по отношение на бюджет, въздействието ѝ върху безопасността, надеждността и производителността на централата е огромно.

Системата за контрол и измерване в една типична ядрена централа обикновено включва близо 10 000 сензора и детектора, 5000 км кабели, тежащи общо около 1000 т.

Категоризирани по функция, контролно-измервателните компоненти включват:

- сензори, които си взаимодействат с физичните процеси с цел измерване на променливи като температура, налягане и дебит, както и за контрол и настройка, и компоненти за безопасност, които обработват данните от сензорите;

- комуникационна инфраструктура - проводници и кабели, оптични и безжични мрежи, протоколи за цифрови данни, които служат за пренос на данните през контролно-измервателната система;

- интерфейси човек-система като дисплеи, позволяващи на операторите да следят и реагират на непрекъснатия поток от данни;

- системи за наблюдение и диагностика, които следят за аномалии при сигналите от сензорите;

- изпълнителни елементи като вентили и двигатели, които физически отговарят за управлението на централата и компонентите за безопасност, регулирайки процесите така, че експлоатационните показатели да са оптимални;

- индикатори за състоянието на изпълнителните елементи, които визуално отразяват автоматичните или ръчните действия по управление, например пускане или изключване на двигател или отваряне или затваряне на вентил.

Важни компоненти



Измервателната апаратура в атомните електроцентрали може да бъде класифицирана в следните 4 категории: ядрена – за измерване на ядрените процеси или мощността на реактора; процесна – уреди, измерващи неядрени процесни параметри, например налягане в реактора, ниво на охлаждаща течност, дебит на пара, температура на охлаждащия агент и др; за радиационен мониторинг – инструменти, измерващи радиацията, например в линии за пара, газови потоци и радиацията на площадката;

специална – измервателна апаратура за всички останали приложения например измерване на вибрации, концентрация на водород, проводимост на вода и концентрация на борна киселина, или за определяне на метеорологични и сеизмологични параметри.

Въпреки разнообразието от компоненти и приложения, температурата, налягането, нивото, дебитът и неутронният поток остават най-важните и критични за безопасността параметри за управление и защита на ядрените реактори. Основата на всички тези измервания са сензорите – най-важният компонент в измервателния канал, обикновено изложен на тежки експлоатационни условия. Независимо от бързия напредък в контролно-измервателните технологии, основният механизъм на измерване, използван от тези сензори, не се е променил съществено от времето на първите ядрени централи [8].

Днес, температурата, налягането, нивото, дебитът и неутронният поток се измерват предимно чрез конвенционални сензори като съпротивителни температурни детектори, термодвойки, капацитивни клетки и конвенционални неутронни детектори.

Управлението и безопасността на ядрените централи зависят преди всичко от измервателната техника за температура и налягане (включително диференциално налягане за измерване на ниво и дебит). В централите с водо-водни енергийни реактори (ВВЕР, PWR) основните уреди за измерване на температура в първичната система са съпротивителните температурни детектори. В ядрените централи обикновено се използват два вида от тези устройства – с директно потапяне (мокри) и такива за монтаж в защитна тръба за температурни сензори. Съпротивлението на чувствителния елемент се изменя с температурата и по този начин, измервайки съпротивлението, може косвено да се определи температурата. Броят съпротивителни температурни детектори в една ядрена централа зависи от дизайна ѝ и от термохидравличните ѝ изисквания.

Предавателите за налягане са следващият най-разпространен контролно-измервателен компонент. Те могат да бъдат разглеждани като комбинация от две системи – механична и електронна. Механичната им система включва еластичен чувствителен елемент (диафрагма, силфони и

др.), който се огъва в съответствие с приложеното налягане. Движението на този чувствителен елемент се засича от сензор и се преобразува в електрически сигнал, който е пропорционален на налягането [10].

Обикновено за свързани с безопасността измервания на налягането в ядрените централи се използват два вида предаватели за налягане – базирани на баланса на движението или силата в зависимост от това как преместването на чувствителния елемент се преобразува в електрически сигнал. В една атомна електроцентрала обикновено има около 400 до 1200 предаватели за налягане и диференциално налягане, служещи за измерване на налягането в процеси, както и на ниво и дебит в първичните и вторичните охлаждащи системи

#### **Използвана литература:**

1. Долчинков Н., Приложение на Индустри 4.0 във военното производство в България, Годишник на НБУ „Васил Левски“ част 1, 2019 година, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски“ В.Търново, ISBN 1312-6148, стр. 157-166;

2. Долчинков Н., Караиванова-Долчинкова Б., Ролята на ядрената енергетика в световната икономика, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“, НБУ „В. Левски“- гр. В. Търново – 20 ноември 2020 ISSN 2738-7607 Print, ISSN 2603-4689 CD, стр. 250-259;

3. Николов Н.. Влиянието на оръжията за масово унищожение върху факторите на средата за сигурност, Сборник доклади от университетска научна конференция 25-26 октомври 2018 г., том 5, стр. 86, (8стр) ISSN 2367-7465;

4. Пъдарев Н., Б. Димитров, Аспекти на защитата от оръжията за масово унищожение в съвременния свят, монография, ИК на НБУ „Васил Левски“ ВТ, 2020, с.313, ISBN 978-954-753-314-1;

5. Пъдарев Н., Лилянова Ст., Радиационни инциденти с радиоактивни отпадъци, Сборник доклади от Годишната университетска научна конференция на НБУ „Васил Левски“ ВТ, Том 4, 2018, с. 168 – 175, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски“ ВТ, 2018, ISSN 1314-1937

6. Dolchinkov N., State of Radiation Protection in Bulgaria, April 2020,, In book: Recent Techniques and Applications in Ionizing Radiation Research Publisher: Intech Open Limited, DOI: 10.5772/intechopen.91893, ISBN: 978-1-83962-885-6;

7. Dolchinkov N. T., Sources of natural background radiation, Security and Defence, №3 (16) 2017 War Studies University, Warsaw, Poland, p. 40-51, ISSN: 2300-8741, DOI.org/10.35467/SDQ/103183

8. [www.pomagalo.com](http://www.pomagalo.com)

9. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

10. [www.google.bg](http://www.google.bg)

***Адрес за кореспонденция:***

*Момчил Бориславов Йотов, Национален военен университет „Васил Левски“, E-mail: [tomchilyotov2001@gmail.com](mailto:tomchilyotov2001@gmail.com)*

## ПРИЛОЖЕНИЕ НА РОБОТИКАТА В ПРОМИШЛЕНОСТТА

Росен Илиев

### APPLICATION OF ROBOTICS IN INDUSTRY

Rosen Iliev

**Abstract:** *Industrial robots are elements without which complex automation of processes and productions is impossible. With the use of industrial robots, machines with digital program control, microprocessor technology and others, man does not participate directly in the production process, but assumes the functions of its creator and controller.*

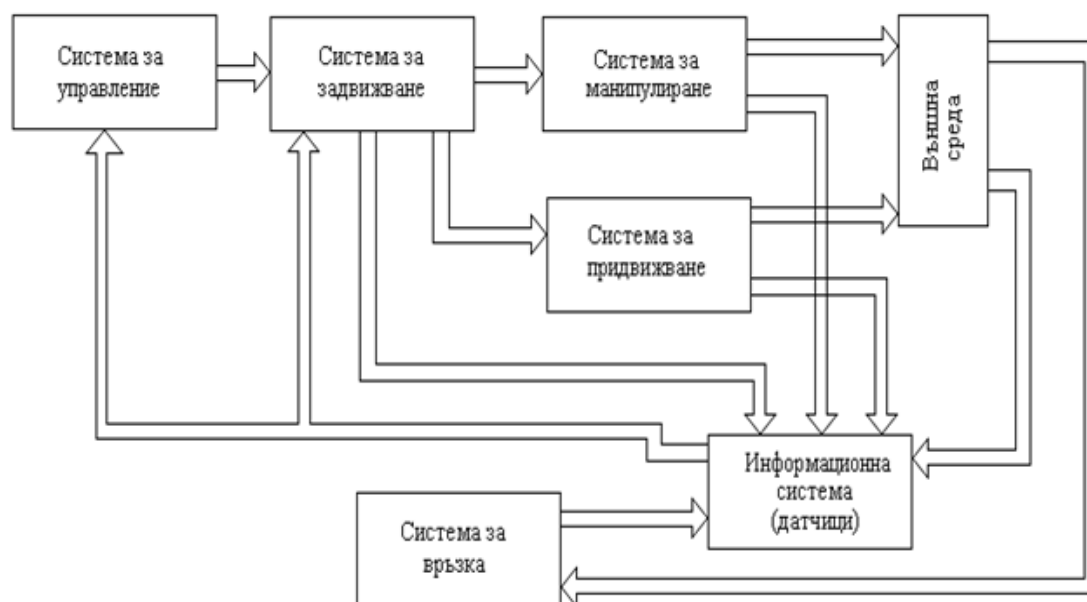
*The robot's intelligence depends mainly on its information, control and communication systems.*

*The first generation robots are produced with limited sensory capabilities. They can't see, they can't hear, they can't talk. The development of modern industrial robots requires high flexibility and rapid adaptation to the environment. These are second-generation industrial robots equipped with sensors for sight, hearing and speech. They are similar to human sense organs and through them industrial robots perceive and react to the environment. A higher level of development of industrial robots are the so-called intelligent robots of the third generation, with artificial intelligence.*

**Key words:** *Industrial robots, digitally controlled machines, microprocessor technology, information, control, communication, sensors for vision, hearing and speech, artificial intelligence.*

Промисленият робот е „Автоматична машина със изпълнено устройство – манипулатор на промишлените работи, с две и повече степени на свобода и с препограмируемо управляващо устройство за изпълнение на двигатели и управляващи функции в производствения процес, заменящи аналогични функции на човека при преместване на произвежданите предмети и (или) технологичната екипировка“ [8]. Промислените работи са елементи, без които е невъзможна комплексната автоматизация на процесите и производствата. С използването на промишлените работи, машините с цифрово-програмно управление,

микропроцесорната техника и други човекът не участва пряко във производствения процес, а поема функциите на негов творец и контролор. Промислените работи са основна предпоставка за създаване на принципно нови технологии без пряко участие на човека и имат огромно социално значение – нямаяват или премахват тежкия физически и монотонен труд [1]. Тяхното разработване и приложение е едно ново научно-техническо направление. То включва създаването не само на работи, но и на автоматизирани технологични модули и автоматизирани технологични линии. Със тяхна помощ се произвежда висококачествена продукция при малки разходи и се увеличава производителността на труда от две до три пъти [2]. Блоквата схема на робот е показана на фиг.1. Тя включва: система за манипулиране, система за задвижване, система за управление, информационна система, система за придвижване, система за връзка.



Фиг.1. Блоквата схема на промишлен робот

Системата за манипулиране е механично устройство (наричано още ръка или манипулатор) с две или повече степени на свобода и може да хваща и предвижва обекти във тримерното пространство. Устройството подобно на човешката ръка може да извършва сложни движения, като хващане, пренасяне, завъртане, обръщане, монтаж и други, които се определят от степените на свобода. Степен на свобода е възможността на функционалните елементи да се преместват във пространството [3].

Системата за задвижване е съвкупност от енергийни източници и устройства за пренасяне и преобразуване на енергията [5]. Под въздействие

на управляващите сигнали от системата за управление тази енергия задвижва системата за манипулиране.

Системата за управление формира управляващи сигнали и ги изпраща към системата за задвижване. Управляващите сигнали са предварително въведени и запомнени във запомнящото устройство или се въвеждат във процеса на обучение или самообучение на базата на сигналите, постъпващи от информационната система или от човека оператор през системата за връзка.

Информационната система е съвкупност от първични преобразуватели и устройства – сензори (датчици) за възприемане, които измерват, обработват и преработват данни както за вътрешното състояние на промишлените работи (положението на работните органи на системата за манипулиране и придвижване във пространството), така и за състоянието на външната среда.

Системата за придвижване осигурява извършването на глобални движения (преместване) на промишлени работи с помощта на колесни, крачеци и други устройства.

Системата за връзка организира обмена на информация между работа и човека. Тази система предава задачите от човека на работа, организира диалога между човека и работа, контролира работата на работа, открива неизправности чрез периодична диагностика и други. Информацията от човека към работа се предава чрез клавиатура за въвеждане на данни от операторския пулт. Напоследък все по-широко приложение намира пряката речева връзка между човек и робот, а също и въвеждането на информация със помощта на биопотенциали (биоуправление). Информацията от работа към човека обикновено се предава с помощта на звукови и светлинни сигнали, изнесени на информационни табла, цифрови индикатори, монитори и други.

Интелигентността на работа зависи главно от системите му за информация, управление и връзка [4]. На базата на тези системи се създават промишлени работи със широки функционални възможности – от работи с ръчно управление (от оператор) или с твърда програма на действие до интелигентни работи с цифрово-програмно управление, които са в състояние да изпълняват самостоятелно сложни задачи и да наподобяват качествата на човека.

Класификация и приложение на промишлените работи за автоматизация на технологични процеси [6].

Промишлените работи се класифицират по различни признаци. В зависимост от вида и предназначението си промишлените работи биват два вида.

➤ Универсали промишлени работи – използват се за определени технологични и транспортноманипулационни операции при работа с различни групи модели на технологичното обзавеждане и имат универсален характер.

➤ Специални промишлени работи – обслужват само един модел технологично обзавеждане. Специализирани са за определени технологични операции (заваряване, боядисване, монтаж и други).

В зависимост от координатната система на движение промишлените работи биват:

➤ Промислени работи, които работят в правоъгълна координатна;

➤ Промислени работи, които работят в цилиндрична координатна система. Работната област на тези работи е част от цилиндрична повърхнина. Механичната конструкция се състои от хоризонтална греда, монтирана подвижно върху вертикална колона, която също е върху въртяща се основа. Хоризонталната греда се движи напред-назад, носачът ѝ се движи нагоре и надолу по вертикалната колона, а двата елемента се въртят заедно върху основата.

➤ Промислени работи, които работят в сферична координатна система. Работната област представлява част от сфера. Механичната им конструкция е подобна на оръдието от танк. Ръката се движи напред-назад, нагоре-надолу във вертикалната равнина и се върти в хоризонтална равнина около основата.

Видове промишлени работи

В зависимост от захранването на задвижващата система промишлените работи биват следните видове:

➤ Електромеханични промишлени работи – имат големи възможности за предаване на сигналите, бързодействие на управляващите елементи, захранване с леснодостъпна електроенергия, опазване на околната среда и манипулиране на леки товари. Те не са подходящи за обработване на големи товари, тъй като бързодействието им намалява. Изпълнителните им механизми са серводвигатели за променлив ток, серводвигатели за постоянен ток и стъпкови двигатели. Двигателите за променлив ток са по-устойчиви и по-прости за обслужване, но имат по-нисък коефициент на полезно действие. Двигателите за постоянен ток по-бързо се износват поради наличието на колектор, голям момент на триене, искрене на четките и други. Стъпковите двигатели осигуряват просто регулиране на позиционирането и скоростта, възможност за управление в отворена регулираща верига, голямо бързодействие, относително голям въртящ момент, непосредствено управление с дискретни сигнали и други [7]. При претоварване обаче точността им на позициониране рязко спада.

➤ Хидравлични промишлени работи – те имат малка маса, голяма мощност, компактност, възможност за работа при високи налягания, малък коефициент на свиване на течността, висока честота на собствените трептения, просто регулиране на налягането на разхода, простота на усилването и леко обслужване. Те намират най-голямо приложение, но имат и редица недостатъци, като необходимост от автономен енергиен блок, зависимост от вискозитета на течността от температурата (и съответно изменение на загубите на налягането в тръбопровода), изменение на характеристиките вследствие на вътрешни утечки, пожароопасност, необходимост от тръбопровода и редовна проверка на количеството на течността, което има големи загуби в началния период на експлоатация.

➤ Пневматични промишлени работи – имат просто управление, ниска цена, висока надеждност, пожаробезопасни са, не замърсяват околната среда. Най-големите им недостатъци са трудно поддържане на зададена скорост и осъществяване на позиционно управление, ниска изходна мощност, необходимост от смазване за предпазване от корозия.

➤ Комбинирани промишлени работи – съчетават се предимствата на отделните задвижвания. Такива са електрохидравличните стъпкови двигатели, които се състоят от елек-трически стъпков двигател и хидравличен усилвател. Освен всички предимства на стъпковите двигатели, те имат и голям изходен момент, достатъчно бързодействие и стабилност при работа както при голяма инерционност на товара, така и при бързи промени на товарния момент.

В зависимост от товароподемността промишлените работи биват:

- свръхлеки, с номинална товароподемност 1 kg;
- леки, с товароподемност от 1 до 10 kg;
- средни, с товароподемност от 10 до 200 kg;
- тежки, с товароподемност от 200 до 1000 kg [8];

По начина на програмиране промишлените работи биват:

➤ Програмирани аналитично, когато програмата се изготвя по предварително известни траектории.

➤ Програмирани без обучение, когато траекторията предварително не е известна. Тя може да има доста сложен характер, при което с ръката на промишления робот се обхожда траекторията и се записва в запомнящо устройство. По такъв начин се извършва обучението.

В зависимост от вида на управлението промишлените работи биват:

1. Промислени работи с програмно управление, което може да бъде циклично, позиционно и контурно. От своя страна промишлените работи с програмно управление са:

- с твърда програма, т. нар. промишлени манипулатори;



- с гъвкава програма, т. нар. промишлени работи;

2. Промислени работи с адаптивно управление-позиционно или контурно. Системата за управление е основна в структурата на промишлените работи. Етапите на нейното развитие определят и етапите на развитието на промишлените работи. Промислените работи от 50-те години на нашия век днес са усъвършенствани. Практически те са първо поколение промишлени работи, което определя съвременното световно равнище на роботиката. Те са програмируеми технически средства с възможност за микропроцесорно управление, собствена памет и извършват основни и спомагателни операции по предварително зададена програма. Произвежданите работи от първо поколенията са с ограничени сетивни възможности. Те не виждат, не чуват, не могат да говорят. При разработването на съвременните промишлени работи се поставят изисквания за висока гъвкавост и бързо адаптиране към околната среда. Такива са промишлени работи от второ поколение, които са снабдени със сензори за виждане, чуване и говор. Те са подобни на човешките сетивни органи и чрез тях промишлените работи възприемат и реагират на околната среда. Промислените работи с изкуствено зрение могат да различават отделните детайли, цветовете и разположението им в палетите, което разширява тяхната област на приложение [1]. Промислените работи от второ поколение могат да се приспособяват към различни случайни отклонения в разположението на детайлите, могат да се избират и отделят определен вид детайли, да правят корекция на траекторията на движение и да реагират на много сложни външни условия. В промишлените работи от второ поколение могат да се вграждат системи за измерване на теглото на детайлите, а също така и аудиосистеми, които изпълняват команди от човешки глас. Тези промишлени работи могат много лесно да се програмират направо с човешка реч. По-висша степен на развитие на промишлените работи са така наречените интелигентни работи от трето поколение, с изкуствен интелект. Това са работи с елементи на човешка чувствителност, способни да разпознават и идентифицират различни обекти и ситуации, да ги анализират и вземат решения и да изпълняват функции въз основа на взети решения, а също и да се самопрограмират.

Приложение на промишлените работи при автоматизация на отделни операции в технологичните процеси.

Голяма ефективност при икономизирането на гъвкави автоматизирани производствени системи може да се получи само ако се използват най-пълно техническите възможности на промишлените работи. За целта предварително трябва да се изработват необходимите автоматизирани технологични модули. Обикновено те са изградени от технологично

обурудване, робот и периферни устройства – магазини, обработващи станции, палети и други средства за автоматизиране на манипулационните процеси. Промислените роботи са най-важният елемент на автоматизираните технологични модули. Използват се за автоматизиране на следните операции:

➤ Механична обработка със снемане на стружките – при този вид обработка промислените роботи изпълняват предимно спомагателни операции – хранване на и разработване на машините, транспорт между машините, палетизация и други. Порталните промислени манипулатори от фамилията Пирин са предназначени основно за хранване на металорежещи машини и преди всичко за автоматизиране производството на патрони и на центрови детайли. Промислените роботи, които изпълняват мощни операции към металорежещи машини са с най-съвременни и проектни решения и отговарят на високи механично-конструктивни изисквания.

➤ Леене и обработка на метали – процесите във леярските производства се автоматизират чрез изграждане на автоматични линии. В леярството промислените роботи придвижват различни детайли, нанасят обемна мазка на пресформите, почистват отливки, контролират качеството на отливките и др. Промислените роботи премахват тежкия физически труд във условия със висока температура, вредна работна среда и др. Повишават коефициента на използване на оборудването, като при това бракът намалява със 2-5 %.

➤ Ковашко-пресова обработка – промислените роботи са много подходящи при ковшко-пресови и шамповъчни операции поради особено тежките условия на труд. При използване на промислените роботи производителността на труда се увеличава от 2 до 4 пъти. Тук промислените роботи обработват и транспортират горещи заготовки понякога със твърде големи габарити. Роботите са по маневрени, със по-голяма скорост на движение, по-висока точност при поставяне на заготовките във сравнение със кранове и други механизирани средства.

➤ Заваряване и заваръчно производство – в заваръчното производство промислените роботи се използват в две направления:

- за обслужване на заваръчните машинни автомати в спомагателните операции – промислени роботи със циклично или позиционно управление;

- за директно заваряване в основните операции – промислени роботи с адаптивно управление за контрол и поддържане на постоянно качество на заваръчния шев и др.;

➤ Нанасяне на лакови покрития и струйна обработка – промишлените работи за тези цели са от антропоморфен тип и отговарят на определени изисквания, които са характерни при нанасяне на покрития. Те извършват необходимите движения за обработка и следене на обекта. За тази цел е необходима точна синхронизация между движенията на промишлените работи и транспортната система. Най-подходяща е синхронизацията посигнал от разпознаваща система, поставена на входа на работната позиция, която елиминира влиянията от нестабилността на тока, грешките във стъпката на конвейера и др.

➤ Монтажни операции – при монтажа на елементи във машиностроенето, приборостроенето, електропромишлеността и др. използването на промишлените работи силно повишава производителността на труда и намалява броя на заетите работници. При монтажни операции промишлените работи изпълняват следните функции:

- транспортно-захранващи операции – елементите за монтаж се подават последователно към изделието. Използваните тук промишлените работи са с големи кинематични и програмни възможности;

- децентрализиран монтаж на елементите – всеки от елементите за монтаж се подава към монтажната позиция от отделен промишлен робот, а технологичната операция по сбора на изделието се извършва от специален робот;

- основни операции - заваряване, винтозавиване, контрол и др.;

В монтажните операции се прилагат както универсални промишлени работи, така и специализирани промишлени работи, които повишават универсалността на монтажните операции.

➤ Термообработка и нанасяне на галванични покрития в термичните цехове за зареждане на пещи и солни вани се използват различни промишлени работи. В тези обекти се работи при високи температури, затова промишлените работи са покрити с термо-изолационна защита. Тук промишлените работи пренасят заготовки от вана до вана в технологичната линия за термообработка и защитно покритие, складираат заготовките и извършват проверки.

Промишлени работи се използват и при гъвкаво автоматизирани производствени системи за термична обработка на галванични покрития с пълно компютърно управление.

➤ Други области в които промишлените работи намират приложение, са:

- текстилната промишленост – за захранване на смесителите, за обслужване на текстилните машини и др.;

- хранително-вкусовата промишленост – за транспортно-захранващи операции;

- за разкрояване на различни материали с газове, лазерни и други системи в серийното производство;

Тенденции в развитието на роботехниката.

Съвременните изисквания към промишлените работи са:

➤ Да са няколко пъти по-надеждни от обслужваното или работещото с него основно технологично обзавеждане. Това означава средното време на безотказна работа да бъде десетки хиляди часове за най-простите работи с циклово управление.

➤ Да имат голямо бързодействие. Обикновено съвременните работи отстъпват по бързодействие не само на специалните автоматични устройства, но и на човека. Повишаването на бързодействието им би повишило производителността и ефективността на целия автоматизиран технологичен модел или автоматизираната технологична линия.

➤ Да имат висока точност при изпълнение на всички операции, за които са предназначени. Това означава да имат висока точност на позициониране и обработване на траекторията на работа при всяко преместване в работната зона. Висока точност може да се постигне само при силно развита сензорна технология.

➤ Да са леки, т.е. да имат малка маса и габарити, които да са съобразени с изискванията на производствените машини и съоръжения, които те обслужват.

➤ Да бъдат евтини. Високите цени задържат бързото им внедряване и приложение в пространството.

Промишлените работи не могат да се усъвършенстват изолирано от развитието на елементната им база, което е свързано с развитието на електрониката, машиностроителната и други промишлености. Разработваните съвременни градивни елементи издигат работите на високо качествено равнище. Задвижващата система на роботите се изгражда от малогабаритни хидравлични елементи, които са високо-технологични. Водещите фирми в света предлагат разнообразни хидродвигатели, хидроразпределители, сервовентили за нуждите на роботехниката. При роботите се използват предимно постояннотокови двигатели с плавно изменение на честотата на въртене. Създадени са и висококометни малогабаритни двигатели, които са много перспективни. Изследват се асинхронните двигатели, управлявани в широк обхват на скоростта. Те са по-евтини и с по висок коефициент на полезно действие. Подходящи за работите са и различни видове линейни двигатели за постоянен и променлив ток. Големите фирми влагат в произвежданите от тях работи

висококачествена и надеждна елементна база. Особено голямо внимание се обръща на управляващата система на промишлените работи. Равнището на системите за управление зависи от техническото равнище на микроелектронните елементи. На първо място по важност са датчиците и сензорите. Разработени са зрителни сензорни системи, като телевизионни камери, фотодиодни матрици и фотодиодни линейни матрици. Съществуват системи за изкуствено зрение, снабдени с по две видео камери, които получават образа три измерния подобно на човешко зрение. Роботи с такива системи могат да търсят детайли, предварително подредени по определен ред, или да проверяват качеството на продукцията. Най-голям производител и потребител на различни видове промишлени работи в света засега е Япония. През 1983-1985 г. в Япония навлизат промишлени работи от второ поколение – програмирани по метода на обучението и работи със цифрово-програмно управление, а през 1990 г. - промишлени работи от трето поколение с изкуствен интелект, които могат да се ориентират във околната среда, тъй като са снабдени с устройства за анализ и обобщаване на събраната информация.

**Ползвана литература:**

1. Долчинков Н., Приложение на Индустри 4.0 във военното производство в България, Годишник на НВУ „Васил Левски“ част 1, 2019 година, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“ В.Търново, ISBN 1312-6148, стр. 157-166;
2. Долчинков Н., Структура на военната промишленост в България и връзката с Индустри 4.0, Годишник на НВУ „Васил Левски“ част 1, 2019 година, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“ В. Търново, ISBN 1312-6148, стр. 176-183;
3. Иванов Р. и др. Основи на автоматизацията, изд. „Техника“,2001;
4. Пъдарев Н., Б. Димитров, Аспекти на защитата от оръжията за масово унищожение в съвременния свят, монография, ИК на НВУ „Васил Левски“ ВТ, 2020, с.313, ISBN 978-954-753-314-1;
5. Dolchinkov N., Karaivanova-Dolchinkova V. E., Application of Industry 4.0 in military production in Bulgaria, International Conference “Process Management and Scientific Developments” Birmingham, United Kingdom, February 6, 2020, ISBN 978-5-905695-83-4, p 121-130;
6. [www.pomagalo.com](http://www.pomagalo.com)
7. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
8. [www.google.bg](http://www.google.bg)

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

---

*Адрес за кореспонденция:*

*Росен Пламенов Илиев, Национален военен университет „Васил Левски“, E-mail:  
rosenesop@abv.bg*

## ДЕЙСТВИЯ НА ФОРМИРОВАНИЯТА НА БЪЛГАРСКАТА АРМИЯ ПРИ РАДИАЦИОННА АВАРИЯ

Александър Димитров

### ACTIONS OF THE FORMATIONS OF THE BULGARIAN ARMY IN CASE OF RADIATION ACCIDENT

Alexander Dimitrov

***Abstract:** The Bulgarian Army maintains 93 modular formations specializing in actions in various crises and disaster response, as follows: 14 modular formations for flood response, 9 modular formations for earthquake response, 23 modular formations for winter operations conditions, 17 modular formations for extinguishing forest and field fires and 16 modular formations for destruction of unexploded ordnance on the territory of the country. To participate in the elimination of the consequences of industrial accidents with the release of highly toxic chemicals, biological microorganisms and radioactive substances, the Bulgarian Army maintains 8 specialized modular formations.*

***Key words:** Radiation, sunlight, heart, disease, mortality, ischemic (coronary) heart disease*

Българската армия поддържа 93 модулни формирования, специализирани за действия при различни кризи и ликвидиране на последствия от бедствия, както следва: 14 модулни формирования за ликвидиране на последствията от наводнения, 9 модулни формирования за ликвидиране на последствията при земетресения, 23 модулни формирования за действие в зимни условия, 17 модулни формирования за гасене на горски и полски пожари и 16 модулни формирования за унищожаване на невзривени бойни припаси на територията на страната. За участие в ликвидиране на последствия от производствени аварии с отделянето на силно токсични химически вещества, биологични микроорганизми и радиоактивни вещества Българската армия поддържа 8 специализирани модулни формирования.

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

---

Българската армия има подготвени 6 модулни формирования за ликвидиране на последствията при авария в АЕЦ Козлодуй.

1. Военномедицинска академия и подчинените ѝ болнични бази поддържат определени формирования (екипи), които са в състояние да оказват квалифицирана и основни видове специализирана медицинска помощ, както следва:

2. Военномедицински отряд за бързо реагиране (ВМОБР) - София – 15 екипа (хирургически – 4 бр., реанимационни – 2 бр., терапевтични – 2 бр., токсикологичен – 1 бр., акушерогинекологичен – 1 бр., епидемиологичен – 1 бр., инфекциозни – 2 бр., реанимационни екипи за авиомедицинска евакуация при осигурен авиотранспорт – 2 бр.), осигурени с 12 специализирани транспортни средства (реанимобици – 4 бр., мобилен терапевтичен кабинет – 1 бр., мобилен хирургичен кабинет – 1 бр., мобилен педиатричен кабинет – 1 бр., мобилен АГ кабинет – 1 бр., Автооперационна – 1 бр., Автореанимационна – 1 бр., Автопревръзочна – 1 бр., Санитарен автобус за медицинска евакуация – 1 бр.);

3. ВМОБР - Пловдив – 3 екипа (хирургичен, терапевтичен и реанимационен по 1 бр.), осигурени със специализиран транспорт от ББАЛ – Пловдив;

4. ВМОБР-Варна – 3 екипа (хирургичен, терапевтичен и реанимационен по 1 бр.), осигурени със специализиран транспорт от ББАЛ – Варна.

5. Служба „Военна полиция“, в състав 76 човека и 28 бр. автомобили, от които за: изпълнение на охранителни мероприятия – 54 човека и 17 автомобила; изпълнение на регулировъчни мероприятия – 10 човека и 5 автомобила и ескортиране на колони – 10 човека и 5 бр. автомобили.

6. От Изпълнителна агенция „Военни клубове и военно-почивно дело“ – личен състав – 203 човека, осигуряват се 3198 легла. Заделеният сграден и леглови фонд, определен за оказване на помощ на населението при бедствия, е разположен на територията на цялата страна.

7. Дирекция „Инфраструктура на отбраната“ има възможности за временно настаняване общо на 10 800 човека. Сградите и помещенията в тях, 11 определени за временно настаняване на населението при кризисни ситуации, са в удовлетворително състояние. Инфраструктурата на имотите е съхранена. Електрозахранването и водоснабдяването на обектите са изключени централно, но с възможност за включване при необходимост. По-голяма част от сервизните помещения в сградите са без оборудване. Дирекцията не разполага с възможности за предоставяне на автомобилна



техника и други технически средства за оказване помощ при възникване на кризисни ситуации.

### **Радиационна авария**

При радиационна авария, в зависимост от обстановката и възможностите и доколкото това не застрашава националната сигурност, информацията трябва да съдържа следните данни:

1. момент и място на възникване на аварията;
2. данни за ядреното съоръжение, обекта с източник на йонизиращо лъчение или дейността;
3. предполагаемата или установена причина за аварията и прогноза за развитието ѝ по отношение на изхвърляне на радиоактивни вещества в околната среда;
4. общи характеристики на изхвърлените радиоактивни вещества, включително вероятната физична и химична форма, действителни количества, състав и други характеристики на изхвърлянето;
5. информация за метеорологичните и хидрологичните условия и прогнози;
6. резултатите от радиационния мониторинг и анализи на хранителни продукти, фуражи и питейна вода;
7. предприетите или планирани мерки за защита и информиране на населението;
8. прогнози за разпространението на изхвърлените в околната среда радиоактивни вещества и за отлаганията им [1, 3, 8].

### **Действия на формиранията**

Действия на формиранията - Контролните измервания на радиацията се осъществява чрез системата за радиационен мониторинг а при необходимост и от постове за радиационно наблюдение и оповестяване и на всеки кръгъл час се донасят за обобщаване на дежурния по ССС и ЗБ [2, 4]. Дежурният по ССС и ЗБ набира информация за нивото на радиация и донася до дежурния по ОблСС и ЗБ и в СДПБЗН. - Специализираните радиометрични лаборатории на СРЗИ провеждат контрол за степента на замърсяване на въздух, вода, почва, мляко, плодове, зеленчуци, фуражи и др.продукти, разположени на открито или в нехерметизирани складове. На анализ се подлага и месото и месните продукти произведени от заклани след възникване на радиоактивното заразяване животни. - Под ръководството на Зам. кмета - направление „Зелена система, екология и земеползване“ с наличната техника в Столична община /фирмите за почистване, „Софийска вода“ АД, „В и К“ и др./ се извършва:

## Радиационната безопасност в съвременния свят' 2021

---

- Деконтаминация на алеи, улици и площади чрез ръчно или механизирано измиване със силна струя вода;
- Деконтаминация на почва чрез отнемане на 10 - 15 см от повърхностния слой или чрез преораване. Използват се специализирани фирми с необходимата техника и лицензи;
- Деконтаминация на тревни площи чрез окосяване, събиране и унищожаване на тревните откоси;
- Деконтаминация на снежна покривка чрез отнемане на 20 - 30 см. от горния;
- Деконтаминация на сгради, работни помещения, машини и съоръжения - Медицинските формирования провеждат по инструкция йодна профилактика на населението;
- Инженерните формирования и службите за логистика извършват херметизация на водоизточниците, оборите и складовете;
- Развръщат се специализирани пунктове за лична дезактивация, станции за дезактивация на транспорт и облекло, както и за осигуряване на пълна санитарна обработка на личния състав от формированията и дезактивация на техниката участвували в НАВР;
- Спасителните работи в зоните с висока радиация се провеждат с поставени средства за защита на дихателните органи и кожата при строго спазване на мерките за безопасност;
- СНАВР се провеждат по сменно съобразно допустимите дози за облъчване на личния състав и спазване на висока лична хигиена;
- Храненето се извършва на определени места предимно с готови консервирани храни;
- След изпълнение на задачата личния състав на формированията преминава през пълна санитарна обработка, а техниката, средствата за защита и др. имущество през пълна дезактивация.

### **Мерки за защита на селскостопанските животни в условията на радиационна авария**

- установяване наблюдение за степента на замърсеност на ферми, хранителни продукти от животински и растителен произход, околната среда и селскостопански хранителни продукти.
- организиране прехвърлянето на животни в други незасегнати райони на страната.
- организиране извършването на херметизация на помещенията за отглеждането на животни, складовете за фураж и водоизточници.
- въвеждане на оборно гледане и забрана за паша на животните.
- осигуряване доставка на чиста вода и изхранване с незамърсени фуражи.

- осигуряване провеждането на сортировъчно-оздравителни ветеринарни дейности на поразените животни.

- организиране преработката на замърсено месо, мляко и растителни продукти в трайни продукти.

- въвеждане забрана за консумация на продукти над ПДК за замърсеност и осигуряване преработката им по утвърдени от МЗ и МЗП технологии.

- организиране отнемането на повърхностния слой и покриването на съхраняваните на открито фуражи и селскостопанска продукция [5].

#### **Мерки за защита на населението. Основни защитни мерки**

А. Укриване;

Б. Йодна профилактика;

В. Временно извеждане;

- уведомяване;

- лична дезактивация и допълнителни изисквания към обществената и личната хигиена;

- индивидуален и радиационен мониторинг;

- ограничаване и контрол на достъпа в местата и районите, замърсени с радиоактивни вещества;

- защита на дихателните органи;

- използване на защитни облекла;

- преселване (временно или постоянно);

- ограничаване на потреблението на замърсени хранителни продукти и фуражи;

- дезактивация на места и райони, замърсени с радиоактивни вещества, и на имущество, както и ограничаване на ползването им.

Временно извеждане на населението. Временно извеждане на населението ще се извърши при разпореждане на висшестоящите органи. Съгласно чл. 65, ал. 2, т. 8 от Закона за защита при бедствия кмета на общината организира временното извеждане на пострадалите лица. В района на бедствието и при отделните локални случаи временно извеждане на лица от мястото на намеса може да нареди ръководителя на място от СДПБЗН, и делегирани от кмета длъжностни лица - Заместник кметове на Столична община, Кметове на райони, Секретар на Столична община, Ръководител на операции.

Временно извеждане се разпорежда, когато радиоактивният облак се движи в посока на Столична община и застрашава населението. Избират се най-късите и безопасни маршрути, в посока перпендикулярна на посоката на вятъра и радиоактивния облак. След извършване на разузнаване за наличие на радиоактивно замърсяване и получаване на достоверна

информация, ръководителят на място указва къде и какъв е маршрута за извеждане на хората. Ако има предварително определен за целта маршрут и не противоречи на данните от разузнаването хората се насочват по този маршрут. При възникване на аварии в Столична община / отделните райони / са разработени планове за организирано извеждане на населението. Стандартна оперативна процедура при евакуация и разсредоточаване на населението от районите на Столична община. Всеки район представя карти на места за временно извеждане и евакуация по райони.

Организира се разузнаване за обстановката в засегнатите райони на два етапа

- първи етап – за получаване на оперативна информация;
- втори етап – за осигуряване на силите и средствата и евакуация на пострадалите [6].

След извършване на разузнаване и получаване на достоверна информация, ръководителят на място определя, къде и какъв е маршрутът за извеждане на хората от огнището на поражение [4, 7]. Ако има предварително определени за целта маршрути и не противоречат на данните от разузнаването хората се насочват по тези маршрути. Длъжностни лица от общинската администрация, отговорни за извеждането и грижите за хора, нуждаещи се от специална помощ / децата и хората в неравностойно положение, ако тези грижи не могат да бъдат осъществявани от хората, които обичайно ги полагат /:

- Кмет на Столична община;
- кметовете на райони, кметове на села и кметските наместници;
- заместник кмет – направление “Култура, образование, спорт и превенция на зависимости”;
- заместник кмет – направление “ Столично общинско здравеопазване”;
- заместник кмет „Социални дейности и интеграция на хора с увреждания” - директор на Дирекция “Социално подпомагане”;
- директор на ОП „Социален патронаж”;
- директор на дирекция „Сигурност”.

Места за временно настаняване. При възникване на радиационна авария и радиоактивно замърсяване, населението се настанява в наличните противорадиационни укрития или помещения пригодени, като такива. Когато временното извеждане се извършва извън територията на общината /района/, местата за настаняване се определят от висшестоящите органи и ръководствата на област София и в общините в които се извършва самото настаняване. За настаняване при недостиг на сгради може да се изградят и

палаткови лагери. В Столична община са разработени планове и на районите. Плановете на районите са разработени с графична част и пояснителна записка.

В Пояснителната записка за всеки район: определен е сградния фонд за настаняване / ако е необходимо такава / и съответната жилищна площ – обществени сгради, частни жилища, вили, почивни домове, училищни сгради и детски градини; /карти качени на сайтовете на СО и районите/ - определено е населението по жилищни комплекси, квартали села за извеждане както следва:

- работещ персонал;
- членове на семейства;
- разработена е подробна инструкция за оповестяване на населението по жилищни комплекси, квартали и села;
- определен е броят на пунктовете за качване на населението за транспортиране. Съставени са предварителни списъци за качване на отделните транспортни средства. - сключени са договори с фирми, превозвачи за извозване на населението;
- направени са подробни разчети за наличие и недостиг на необходимото оборудване за настаняване;
- определени са лицата от районната общинска администрация отговарящи за:
  - оповестяване на населението по жилищни комплекси, квартали и села;
  - настаняване на населението в местата за временно извеждане;
  - качване на транспортните средства на СПИ;
  - доставката на необходимото оборудване и др.;
  - извозването на болните, възрастните хора и майки с малки деца;
  - медицинското осигуряване при превозване на населението, приемане и тяхното настаняване.
- определени са маршрутите за изнасяне, разкрити са КПП и регулировъчни постове.

### **Заключение**

1. Органите за управление и силите за реагиране при бедствия от структурите на въоръжените сили успешно и ефективно изпълняват възложените им мисии и законови задължения по оказване помощ на населението в съответствие с нормативната уредба в Република България.

2. Действията на формиранията през изтеклата година се осъществяват съгласно разработените планове, получените указания и конкретната обстановка във взаимодействие с органите на изпълнителната власт.

3. Необходимо е да се повиши контрола от командванията на поделенията, имащи формирования за техническата изправност и окомплектованост на автомобилната, инженерната и специална техника, определена за използване при бедствия и поддържането и в експлоатационна готовност.

4. Финансирането на превантивната дейност, отразена в Годишния план за 2011 г. за изпълнение на Националната програма за защита при бедствия 2009-2013 г., приет с Решение на МС № 714 от 01 октомври 2010 г. е целесъобразно да се планира в рамките на финансовата квота на основна програма № 1 „Подготовка и използване на ВС”, по програма № 1.4 „Централно осигуряване на Българската армия” и основна програма № 9 „Административно управление и осигуряване”, по програма № 9.5 „Целеви централни плащания”.

5. През годината, изразходваните финансови средства за реалното участие на формированията в защитата на населението при бедствия са възстановени изцяло до момента от Междуведомствената комисия за възстановяване и подпомагане към Министерския съвет.

**Използвани източници:**

1. Димитров, Б. Развитие на системите за разузнаване, ранно предупреждение, мониторинг, специална и санитарна обработка. НВУ В. Т., том 5, стр. 226-231.

2. Димитров, Б. Управление на системата за ядрено, химическо и биологическо разузнаване. II International Scientific Conference Confsec 2018, p. 122-124.

3. Долчинков Н. Т., Действия на населението при извънредни ситуации, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, ISBN 978-954-753-306-6, стр.186, 2020 г.

4. 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.

5. Padarev, N.I., Radiological threats to the security environment. Security and future, ISSUE 4/2018, Sofia, 2018, pp 173-176, pub. Scientific technical union of mechanical engineering – Industry 4.0 Bulgaria

6. Dolchinkov, N. T., History and development of nuclear weapons, International scientific journal: Security@future 1/2018, june 2018, pp. 32-35.

7. Dolchinkov, N., N. Nichev, Characteristics of radiation. Revista. Sibiu. Rumania. no.2 (82). 2016., ISSN 2247-840X ISSN-L = 1582-6384, стр. 184-189

8. Dolchinkov, N., World uranium mining production, International journal for science Machines, Technologies, Materials, ISSN 1313-0226, 3/2019 стр 127-130

**Адрес за кореспонденция:**

*Александър Димитров, Национален военен университет „Васил Левски“, България Е-мейл: fazata77@mail.bg*

**Сборник**  
**доклади от научна конференция „Радиационната безопасност**  
**в съвременния свят”**

Технически редактор: майор Иванка Георгиева

**ISSN 2738-7607 Print**  
**ISSN 2603-4689 CD**

Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”