

# **СБОРНИК**

**ДОКЛАДИ  
ОТ МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА  
КОНФЕРЕНЦИЯ  
„РАДИАЦИОННАТА БЕЗОПАСНОСТ  
В СЪВРЕМЕННИЯ СВЯТ“  
16-18 ноември 2022 година**

**Посветена на 170 годишнината от рождението на  
Анри Бекерел**

**Том 2**

**Велико Търново  
2022 г.**

Целите и тематиката на конференцията са изцяло в рамките на обявената от ООН Международна година на фундаменталните науки за устойчиво развитие (МГФНУР) за периода от 01.07.2022 г. до 30.06.2023 г. (<https://www.iybssd2022.org/en/home/>), като тя е част от събитията, включени в Националния план за отбелязване на МГФНУР.



Конференцията се съфинансира от Фонд „Научни изследвания“ към Министерството на образованието и науката на Република България с договор № КП-06-МНФ/19 от 14.11.2022 г.

Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“

ISSN 2738-7607 Print

ISSN 2603-4689 CD

## ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ

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

Членове:

1. Бригаден генерал Иван Маламов НВУ „Васил Левски“;
2. Проф. дхн инж. Михаил Стефанов Харалампиев – НВУ „Васил Левски“;
3. Полк. доц. д-р инж. Румен Маринов – НВУ „Васил Левски“;
4. Подп. д-р Николай Илианов Пъдарев – НВУ „Васил Левски“;
5. Подп. доц. Д-р Борислав Косев Димитров – НВУ „Васил Левски“;
6. Проф. дфн Александър Драйшу – СУ „Св. Климент Охридски“,  
Председател на СФБ;
7. Проф дфн Ана Георгиева, БАН – Зам. Председател на СФБ;
8. Доц. д-р Младен Митев – ИЯИЯЕ – БАН, Председател на БЯД;
9. Capt. Cdr. Assoc. Prof. Eng., PhD Cristian-Emil Moldoveanu –  
Military Technical Academy "Ferdinand I", Romania;
10. Доц. дтн Ольга Евгеньевна Кондратьева – Национальный  
исследовательский университет „МЕИ“, Москва, Россия;
11. Ст. преп. ктн Дмитрий Бурдюков – Национальный  
исследовательский университет „МЕИ“, Москва, Россия;
12. Associate Professor Ērika Teirumnieka – Rēzeknes Tehnoloģiju  
akadēmija, Rēzekne, Latvija;
13. Проф д-р Любомир Лазов – Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija,  
Rēzekne, Latvija;
14. Prof. Vesela Radovic – University of Belgrade, Serbia;
15. Inga Zinicovscaia – Head of the Sector of Neutron Activation Analysis  
and Applied Research, Joint Institute of Nuclear Research, Dubna, Russia; Horia  
Hulubei National Institute for Physics and Nuclear Engineering (IFIN-HH),  
Bucharest - Magurele, Romania;
16. Associate Professor Tamar Dolbaia – Tbilisi State University,  
Georgia;
17. Associate Professor Nino Durglishvili – Tbilisi State University,  
Georgia;
18. Col Mariusz Gontarczyk, PhD, MSc., Eng. –Military University of  
Technology, Warsaw, Poland;

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

20. Проф. ктн Маруфджан Мусаев – Ташкентски държавен технически университет, Узбекистан;

21. PhD., associate Professor, Algazy Zhauyt, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Kazakhstan;

22. Doctor of Science in Environmental Safety, Sergij Vambol, Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine;

23. Doctor of Science in Environmental Safety, Viola Vambol, University of Life Sciences in Lublin, Lublin, Poland, Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic National University, Ukraine;

24. Associate professor, PhD, Maglyovana Tatyana, Cherkasy Institute of Fire Safety named after the Heroes of Chernobyl of the National University of Civil Protection of Ukraine, Faculty of Operational Rescue Forces, Ukraine;

25. Associate professor, PhD Tatiana Paramonova, Moscow Lomonosov University, Russia;

26. Col Professor Alexandru Herciu, Sc.D., „CAROL Ist” National Defense University, Romania;

27. CPT Tomas Rozsypal, PhD, Nuclear, Biological and Chemical Defence Institute, University of Defence, Vita Nejedleho 1, Vyskov 682 01, Czech Republic;

28. Prof. dr Gilbert-Rainer Gillich, University Babes-Bolyai, Romania.

## С Ъ Д Ъ Р Ж А Н И Е

1.	<b>Слово на бригаден генерал Иван Маламов при откриване на научната конференция</b>	7
2.	<b>Поздравителни адреси</b>	10
3.	<b>Sergij Vambol, Viola Vambol, Sergiy Yeremenko, Volodymyr Sydorenko, Nadeem Ahmad Khan</b> Forecasting the release of radioactive combustion products from the forest fire zone	15
4.	<b>Ахмаджонова Наргизахон Адылжановна</b> Психо-физическая подготовка военнослужащих к экстремальным ситуациям при радиационной опасности	24
5.	<b>Deyan Nedyalkov, Lyubomir Linkov, Lyubomir Lazov</b> Developing web based laser marking data base	30
6.	<b>Анатоли Вълв, Николай Пъдарев</b> Проникваща способност на амоняк при производствена авария	39
7.	<b>Arturs Vorkalis</b> CK 45 steel processing methods using laser hardening - review	47
8.	<b>Милен Симеонов, Пеньо Пенев</b> Влияние на новите стандарти за безжична комуникация върху работната и домашната среда	57
9.	<b>Анелия Владиславова Близнакова</b> Глобалното затопляне – причини за изменението на климата	67
10.	<b>Кристияна Иванова Николова</b> Глобалното затопляне – факт или човешка грешка	74
11.	<b>Стефани Маринова Димитрова</b> Промяната на климата – последици, вече оказали влияние на България	79
12.	<b>Георги Петров, Даниела Панчева, Кристиан Толев, Деси Бельова</b> Здраве и безопасност при добива и обработката на редките ресурси на редкоземните елементи	86
13.	<b>Анатоли Вълв</b> Същност и приложение на рентгеновите лъчи	94
14.	<b>Венцислав Антонов</b> Инфрачервени лъчи – свойства и приложение	105
15.	<b>Владислав Павлов</b> Ултравioletовите лъчи	112
16.	<b>Илиян Любчов Иванов</b> Гама лъчение видове, образуване, биологична опасност и защита	121

<b>17. Йордан Григоров</b>	<b>129</b>
Лазерни лъчения и практическото им приложение в днешно време	
<b>18. Ренета Методиева</b>	<b>136</b>
История и развитие на АЕЦ Козлодуй. Диверсификация на ядреното гориво	
<b>19. Димитър Димитров, Любомир Точев</b>	<b>149</b>
Интеграцията на Devsecops в информационните системи на атомните електроцентрали. Цели и възможности	
<b>20. Димитър Димитров, Димитър Николов</b>	<b>157</b>
Актуални проблеми пред киберсигурността в ICS на атомните електроцентрали	
<b>21. Александра Димитрова, Радослав Коев, Мариана Кънчева</b>	<b>165</b>
Вредни химически вещества и емисии отделяни при производството на електрическа енергия и опазване на околната среда	
<b>22. Виктория Цветанова, Мартин Първанов, Мариана Кънчева</b>	<b>170</b>
Опазване на околната среда от вредни химически вещества и емисии отделяни при производството на електрическа енергия чрез използване на възобновяеми източници	
<b>23. Ренета Методиева</b>	<b>175</b>
Анализ на радиопротекторите при радиационни инциденти	
<b>24. Иван Иванов</b>	<b>181</b>
Реактори ВВЕР. Устройство и приложение	
<b>25. Николай Згуров</b>	<b>195</b>
Използване на детектори при контрол на държавната граница на ГКПП	

**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 седмата международна научна конференция „Радиационна безопасност в съвременния свят“, посветена на 170 годишнината от годишнината от рождението на Анри Бекерел.

Френският физик Антоан Анри Бекерел е роден на 15 декември 1852 г. в Париж. Дядо му Антоан и баща му Александър са известни учени, професори по физика в Националния Музей по естествена история в Париж и членове на Френската академия на науките. По-късно и неговият син Жан става физик, което прави общо 4 поколения учени. Той е откривател на естествената радиоактивност и носител на Нобелова награда за физика за 1903 година.

От 1876 преподава в Политехническото училище, а през следващата година е назначен в Националното управление на мостовете и пътищата. От 1878 Бекерел е асистент на баща си в Националния Музей по естествена история. През 1882 завършва изследванията си върху линейната поляризация на светлината и продължава работата на баща си върху фосфоресценцията. През 1888 година защитава докторат в Парижкия университет върху абсорбцията на светлината в кристали. През 1892, една година след смъртта на баща му, Бекерел заема неговото професорско място, като оглавява катедрата по физика в Националния Музей по естествена история в Париж, като така става трети поред от едно и също семейство на поста.

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. След пандемията, свързана с разпространението на вируса КОВИД– 19, която вече 3 години е обхванала света и човечеството все още не може да намери адекватни мерки за ограничаването и лечението ѝ, от февруари тази

година в близост до България се водят кръвопроливни военни действия с десетки и може би стотици хиляди убити и ранени. Тези военни действия се водят и в непосредствена близост до ядрени обекти, което предизвиква тревога в човечеството за да не се предизвика и използване на ядрени арсенали, което ще бъде пагубно за хората.

Само 9 години след края на Втората световна война – на 27 юни 1954 год., в град Обнинск на тогава съществуващата държава СССР, се открива първата в света Атомна електрическа централа. Много бързо ядрената индустрия намери своето място в развитието на световната икономика. Но едновременно с положителното въздействие на използването на ядрената енергия жителите на нашата планета се сблъскаха и 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 и световни организации се заговори за приобщаване на ядрената енергия към зелените енергии, което беше потвърдено и от решенията на много страни да развият ядрената енергетика.

Уважаеми колеги,

Позволете ми, да поздравя 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! Въпреки трудностите през последните 2 години ние не прекъснахме провеждането му и дори с всяка година разширяваме кръга на участниците в него и използвахме възможностите за неприсъственото му провеждане. Като ректор на университет съм радостен, че потребността да се споделят и обогатяват знание и опит обединява съмишленици! Темата на форума е много актуална и кореспондира с предизвикателствата на ежедневието ни, а надсловът ни прави съпричастни към усилията на посъзидателната част от човечеството и научната общност у нас. Възможността за изява и обмен на актуална информация и идеи именно тук, в Националния военен университет „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 разширим признаването му и в международен мащаб. Вече влизаме и в плановете на 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 170 годишнината от рождението на Анри Бекерел.

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 170th anniversary of the birth of Anry Bekerel.

Good luck



Univerzita obrany  
Ústav ochrany proti zbraním hromadného ničení  
Víta Nejedlého, 682 01 Vyškov

---

**GREETING ADDRESS**

On behalf of Nuclear, Biological and Chemical Defence Institute of the University of Defence, Czech Republic, I welcome all participants of the scientific forum „Radiation Safety in the Modern World“

The security situation in the world is surprisingly not stable in the 21st century and the humanity is exposed to unexpected challenges that affect each of us. Chemical and radioactive substances are wonderful helpers and a great result of human progress. Although they are supportive, on the other hand, they can be very dangerous, in the event of accidents or deliberate misuse. Therefore, it is very important to organize conferences of this type, where we, scientists, can participate in promoting world security and safety.

This year I had the opportunity to visit Vasil Levski National Military University and the beautiful city of Veliko Tamovo as part of the Erasmus+ Staff Teaching Mobility program. I am very glad that I had the possibility to exchange experience and knowledge in the field of chemical protection with my Bulgarian colleagues. Unfortunately, I cannot attend the conference in person. I congratulate all contributors on their work, I wish everyone present a fruitful discussion, gain new perspectives and contacts, as well as great time in the venue city.

**CPT Tomáš ROZSYPAL,**  
**PhD**

Assistant Professor  
in Protection Section  
Professor Chemical and Radioprotection  
Section Nuclear, Biological and Chemical  
Defence Institute  
University of Defence  
Czech Republic



Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский  
университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»)  
111250, г. Москва,  
вн. тер. г. муниципальный округ Лефортово,  
ул. Красноказарменная, д. 14, стр. 1  
Тел.: (495) 362-75-60, факс: (495) 362-89-38  
E-mail: universe@mpei.ac.ru  
<https://mpei.ru>

### GREETING ADDRESS

On behalf of the National Research University "Moscow Power Engineering Institute" and the Department of Environmental Engineering and Occupational Safety, I welcome the participants of the scientific conference "Radiation Safety in the modern world".

Despite the current situation in the world, radiation safety issues remain very important. More and more researchers around the world are engaged in research in the field of radiation protection and assessment of potential risks of various diseases.

Of particular relevance is the direction related to the elimination of nuclear heritage and the management of nuclear waste. It should be noted that the radiation protection and safety system is being improved every year, both at the international and national levels.

I am sure that at this conference each of the participants will be able to highlight new moments and aspects that were not known to them, before.

Associate Professor  
Dept. of Environmental Engineering  
and Occupational Safety  
National Research University "MPEI"

Oleg A. Loktionov



**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)

*Allis inserviando consumidor!*  
*Dr. Tulpius.*

GREETING ADDRESS

Dear organizers and participants of the international scientific conference RADIATION SAFETY IN THE MODERN WORLD 2022 – Veliko Tarnovo! Let me, on behalf of the staff of the International Mariinskaya Academy named after M. D. Shapovalenko, express to you a feeling of sincere gratitude for the invitation to participate in your venerable scientific event!

We sincerely wish you a successful holding of such an important forum, a peaceful sky, good health and a truly safe environment!

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 Kableshev 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

2022.11.02. Reg. №: 1037-2022.



**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“***

**Национален военен университет (НВУ) „Васил Левски“**

**Велико Търново, 16, 17 и 18 ноември 2022 г.**

*посветена на 170-годишнината от рождението на Анри Бекерел*

**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 седмия **Научен форум с международно участие на тема: „Радиационната безопасност в съвременния свят“**.

**Основната цел на конференцията** е да се предоставят възможности на кадрите от изследователски звена и институти и академичния състав на цивилни и военни висши учебни заведения от страната и чужбина за апробация на извършени научни изследвания, новости, рационализации и открития и обмен на идеи в научните области, свързани със сигурността, отбраната, инженерните и информационните технологии в областта на ядрените технологии. Също така форумът дава възможност за задълбочаване на сътрудничеството между различните организации чрез създаване на съвместни международни екипи и разработване на единни програми за обучение на различните категории обучаеми. Тези цели са и сред основните цели на СФБ. Една от гаранциите за тяхното 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.

**Тематични направления** на форума са свързани с всички актуални проблеми на научните изследвания и обучението в областта на многостранните начини за използване на ядрените технологии в полза на човешкия живот. **Ядрените технологии** използват различните реакции на атомните ядра ( $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ -разпад, ядрено делене и сливане). Те намират широки приложения в разработването на технологии, които 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.

В този аспект е особено важно и *посвещаването на конференцията на 170-годишнината от рождението на Анри Бекерел (1852 - 1908)*, световно известен физик, който открива спонтанната радиоактивност през 1896 г. Това му донесе през 1903 г. удостояването с Нобелова награда за физика, споделена с Пиер и Мария Кюри за техните открития, свързани с неговите радиационни изследвания.

**Целите и тематиката** на конференцията са изцяло в рамките на обявената от ООН **Международна година на фундаменталните науки за устойчиво развитие (МГФНУР)** за периода от 01.07.2022 г. до 30.06.2023 г. (<https://www.iybssd2022.org/en/home/>), като тя е част от събитията, включени в



Националния план за отбелязване на МГФНУР. Докладите във всички тематични направления акцентират и върху значението на представените изследвания за устойчивото развитие на човешкото общество.

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. Тази проблеми 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 възможности за успешни кариери в тази област. Вашата конференция е пример за стъпка към решаването на тези проблеми, което доказват 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.

С УВАЖЕНИЕ,

Чл.-кор. АЛЕКСАНДЪР ДРАЙШУ

ПРЕДСЕДАТЕЛ СФБ



Проф. д.фз.н. АНА ГЕОРГИЕВА

Отговорен секретар на СФБ

16.11.2022 г.

DOI: 10.34660/INF.2023.63.41.001

## FORECASTING THE RELEASE OF RADIOACTIVE COMBUSTION PRODUCTS FROM THE FOREST FIRE ZONE

**Sergij Vambol**, Dr.Sc., Prof., (National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine)

**Viola Vambol**, Dr.Sc., Prof., (1. University of Life Sciences in Lublin, Lublin, Poland, 2. Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic National University, Poltava, Ukraine)

**Sergiy Yeremenko**, Dr.Sc., Assoc. Prof., (Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine)

**Volodymyr Sydorenko**, Dr.Sc., Assoc. Prof. (Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine)

**Nadeem Ahmad Khan**, Dr., Assoc. Prof. (Jamia Millia Islamia, New Delhi, India)

***Abstract:** The paper presents mathematical and computer models of the formation of a radioactive smoke cloud and its migration in the atmospheric air during a forest fire. The study of the propagation processes of radioactive aerosols and gas components was carried out taking into account convection, turbulent exchange, humidity, strength and direction of wind over the combustion zone. The data obtained by modeling and experimental measurements of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in the air during a forest fire are compared.*

***Keywords:** radioactively contaminated areas, forest fires, environmental safety, radioactive substances, the spread of radioactive substances.*

### Relevance of the problem

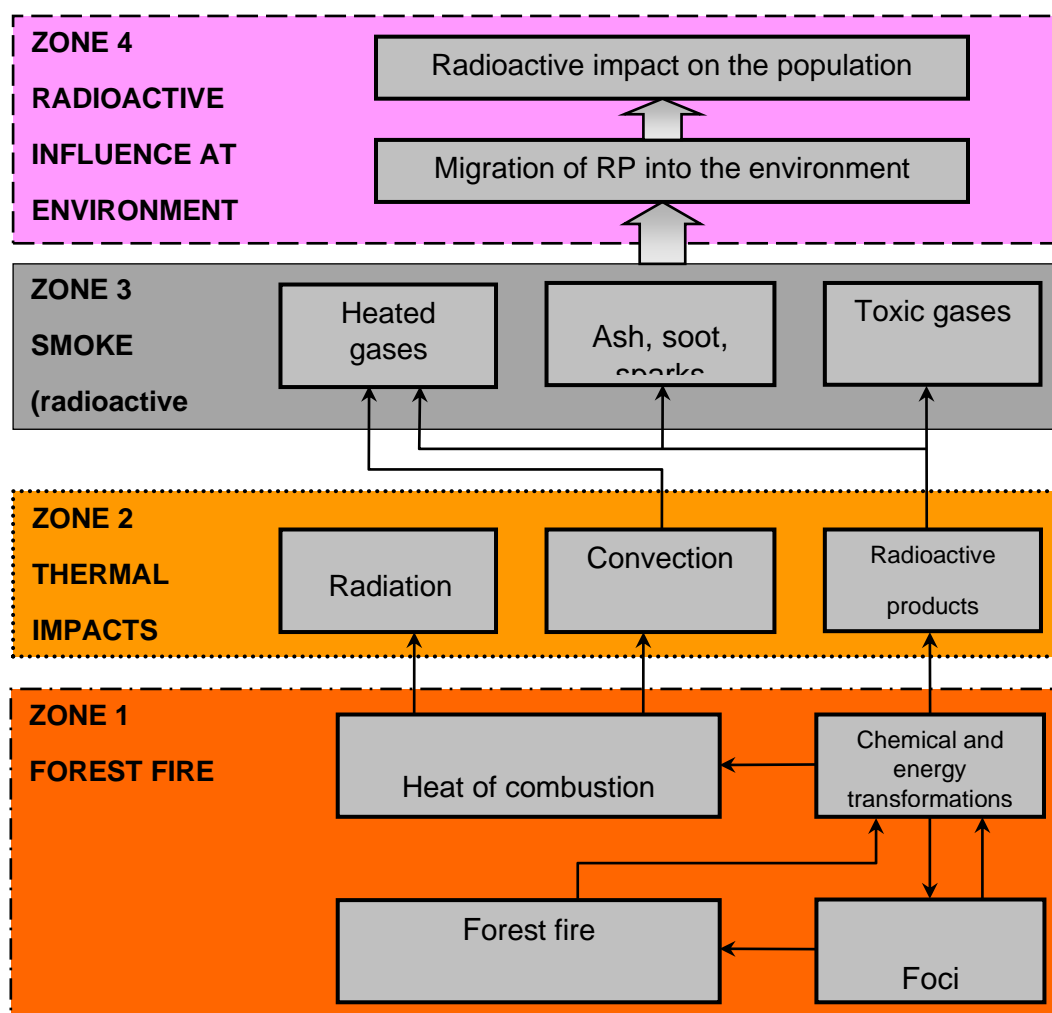
When evaluating the relevance of this study, first of all, attention should be paid to the scale of radioactively contaminated territories. More than 43 thousand km<sup>2</sup> of land (this is 7% of the territory of Ukraine) are considered to be radioactively contaminated due to the Chernobyl disaster. At the same time, 1.1 million hectares of forests are located in these zones (this is 12% of the forests of Ukraine). Administratively, these are 73 districts in 12 regions, with 2293 settlements in which 3.4 million people live [1]. More than a thousand forest fires are recorded annually in these territories, of which only 10% occur due to natural causes. At the same time, on average, the total area of fires per year is more than 2 thousand hectares and up to 50 thousand cubic meters of wood are damaged.

According to experts [2, 3], one of the dangerous factors of secondary exposure of people living in these areas is forest fires contaminated with technogenic radionuclides.

This type of emergency is characterized by fiery combustion, smoldering and high smoke content of the air with gases with the formation of soot particles - products of incomplete combustion. The spread of smoke and soot in the surface layers of the atmosphere contributes to the direct entry of radioactive combustion products through the respiratory tract into the human body. The formation of a

radioactive smoke cloud during a forest fire and the impact of radiation on the environment can be represented as four sequential transition zones, which are presented in Fig. 1. At the same time, we understand that in the process of burning forest vegetation contaminated with radionuclides, radioactive combustion products are emitted into the environment in the form of smoke, which, mixing in the atmosphere with clean air masses, affect and cause serious harm to public health.

The nature of such processes is stochastic [4]. The occurrence, development and spread of forest fires and variation in the degree of the burning of vegetation in forests with a low density of radioactive contamination depend on the fire load, the season of the year, and other fire engineering and meteorological factors. This significantly complicates assessing the radiation situation and forecast [5].



*Figure 1. Formation of a radioactive smoke cloud during a forest fire and the impact of radiation on the environment*

Therefore, forecasting is based on modeling the secondary transfer of one of the main dose-forming radionuclides  $^{137}\text{Cs}$ , predicting changes in the radioecological state during a forest fire, as well as calculating the individual and collective radiation dose and, consequently, the radiation risk for the population



in the area affected by the plume of radioactive combustion products is a relevant task.

## **Results and Discussion**

### **1. Formation of initial data**

To understand the process of formation of doses of radioactive exposure of people living in the zone of action of radioactive products of combustion and to assess the radioecological consequences, it is necessary to develop [6]:

- mathematical model of a forest fire;
- model of radioactive smoke cloud formation;
- model of releases of radioactive combustion products from the forest fire zone into the environment;
- methods for calculating dose loads and radiation risks for the population.

In this case, to assess the radiation state during a forest fire, it is necessary to know as initial data [7]:

- place and conditions of a forest fire;
- type of forest plantations and their radioactive contamination;
- fire hazard class;
- forest fire load;
- type of forest fire;
- the process of the fire;
- the presence of radioactive aerosols in combustion products and the degree of their radiation hazard to people;
- the process of migration of radioactive products of combustion into the environment;
- the zone of radioactive spread, taking into account wind directions along the points according to weather stations;
- total time of radioactive exposure of people;
- ways of getting radioactive products of combustion into the human body;
- Vulnerability of the population depending on age (age category);
- the probable nature of the occurrence of malignant diseases and deaths from exposure to the body of radioactive factors;
- probability of occurrence of radioecological consequences.

### **2. Modeling the release of radioactive combustion products from the forest fire zone**

Modeling the release of radioactive combustion products during a forest fire can be represented as several independent tasks due to the phased phases of their occurrence and distribution. In the first phase, they pass into the environment through a smoke cloud. In the second phase, the plume of smoke moves mainly along the surface of the earth. With the distance from the fire source, less and less smoke particles remain in the smoke plume due to their "dry" deposition and dispersion. Various dynamic models can be used to describe the migration process

of radioactive combustion products. However, to calculate the fast processes of their release from several ignition sources, it is necessary to use calculation methods that are more advanced in physical terms and simple in mathematical terms.

### ***Mathematical justification***

The main points of the method for calculating the concentration of radioactive combustion products in the air, taking into account the variable power of fire sources and the time of their action [8], have several equations.

The equations of turbulent diffusion of radioactive combustion products entering the atmosphere from fires with coordinates  $(x, y, z)$  located in unlimited space, in the approximation of constant wind speed and turbulent diffusion coefficients, can be written as follows [9]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = k_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - \sum_{i=1}^3 V_i \frac{\partial C}{\partial x_i}; \quad (1)$$

$$-\infty < x, y, z < \infty; \quad t > 0; \quad C(0, 0, \Delta h_{ef}, 0) = Q/\Delta W,$$

where  $C(x, y, z, t)$  – is the concentration of radioactive combustion products in the air depending on spatial coordinates and time;

$k_x, k_y, k_z$  – are the coefficients of turbulent diffusion of radioactive combustion products in the surface layer of the atmosphere;

$V_x, V_y$  – are projections of wind speed on the x and y axes, respectively;

$V_z$  – is the sum of the rates of gravitational settling of radioactive combustion products and the movement of the smoke cloud in the vertical direction;

$Q$  – is the total activity of  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -radionuclides released into the atmosphere during the fire;

$\Delta W$  – is the volume of radioactive products of combustion released into the environment during a fire;

$\Delta h_{ef}$  – is the effective height of the smoke cloud relative to the earth's surface.

The expression for calculating the concentration of radioactive combustion products in the air, formed by the action of such a fire cell, in accordance with the properties of the Green's function is written:

$$C(x, y, z, t) = \int_0^T P(\tau) \cdot G(x, y, z, t) \partial \tau; \quad (2)$$

$$T = \begin{cases} t_n, & \text{if } t > t_n \\ t, & \text{if } t \leq t_n \end{cases}.$$

The power of the source of release of radioactive combustion products from the fire seat can be determined by dividing their total amount released into the atmosphere by the duration of the source:

$$P_i = Q/t_n. \quad (3)$$

The transfer of radioactive combustion products from a continuously acting release  $P(t)=\text{const}$  can be calculated using formula (2) under the condition  $t_n \rightarrow \infty$  and  $t \rightarrow \infty$ , in this case the integral will be taken analytically. The concentration  $\bar{C}_n$  at any point in space is  $\bar{X}_j = (x^j, y^j, z^j)$ , "created" by the action of  $n$  point fires and the power of the emission source -  $P_j$  each having coordinates  $\bar{L}_j = (l_1^j, l_2^j, l_3^j)$ , will be:

$$\bar{C}_n(\bar{X}_j, \bar{L}_j) = \sum_{j=1}^N C(P_j, \bar{X}_j, \bar{L}_j). \quad (4)$$

This formula can be used to calculate the migration of radioactive combustion products from several fires with complex shapes. It is also possible to calculate the concentration fields of radioactive combustion products in the air, which are formed from fires in an area, linear or volumetric. The formula calculates the height of the smoke cloud:

$$\Delta h_{ef} = \xi_i M^{1/3} X^{2/3} U^{-1}, \quad (5)$$

where  $\xi_i$  – is the transition coefficient for the  $i$ -th stability of the atmosphere;

$M$  – is the power of the heat source;

$X$  – is the vertical width of the smoke plume;

$U$  – is the wind speed at the height of the smoke cloud mixing.

The distance from the point of emission of the smoke cloud to the place of the fallout of radioactive combustion products was calculated by the formula

$$L = \varepsilon_1 M^{3/5} U^{-1}, \quad (6)$$

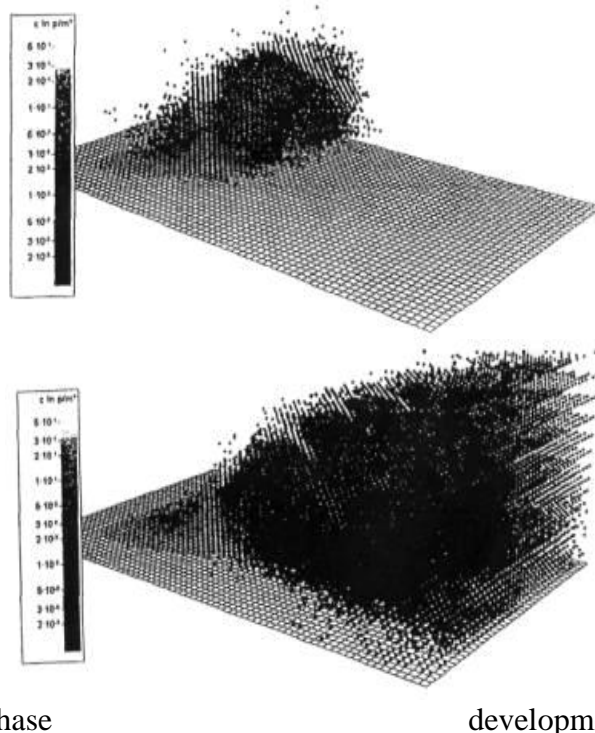
$\varepsilon_1$  – is the transition coefficient for the  $i$ -th stability of the atmosphere.

### **Computer modelling**

To describe the formation and propagation of a smoke plume and the fallout of particles of radioactive combustion products from it, a three-dimensional model was developed using the momentum levels, mass and energy of the airflow, and the number of particles in the smoke plume [10]. A system of ordinary differential equations was numerically solved for the velocity of the airflow along the axis of the jet, its overheating with respect to the surrounding air, the radius of the smoke jet, and the concentration of radioactive combustion products in the smoke jet. Each layer was considered as a separate independent source of radioactive combustion products, for which their concentration in the atmosphere was calculated at different distances from the release site. Real wind and temperature fields obtained from radio-sounding data were used as input to the simulation. It was assumed that the forest fire occupied a circular area in the Chernobyl zone with a radius of 100 meters with a duration of the convective stage of the fire of 1 hour. The minimum jet rise height varied from 2000 to 2500 m depending on the stratification of the boundary layer and the wind velocity profile in it.

The concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  were calculated at a forest pollution density of up to  $37 \text{ kBq/m}^2$  and a relative amount of activity rising into the atmospheric air equal to 7%. In fig. 2 shows the dynamics of the formation and movement of a smoke cloud during a forest fire.

In computer simulation, a heated smoke cloud of radioactive combustion products was considered, which, due to the Archimedean force, rose into the atmosphere at a speed of no more than 10 m/s. Volatile particles of radioactive combustion products had a complex morphological and chemical composition with a density of  $(3\text{--}10) \text{ mg/cm}^3$ , and their spectrum varied in a wide size range  $(0.1\text{--}100) \mu\text{m}$  with an aerodynamic diameter of 30 to 50  $\mu\text{m}$ .



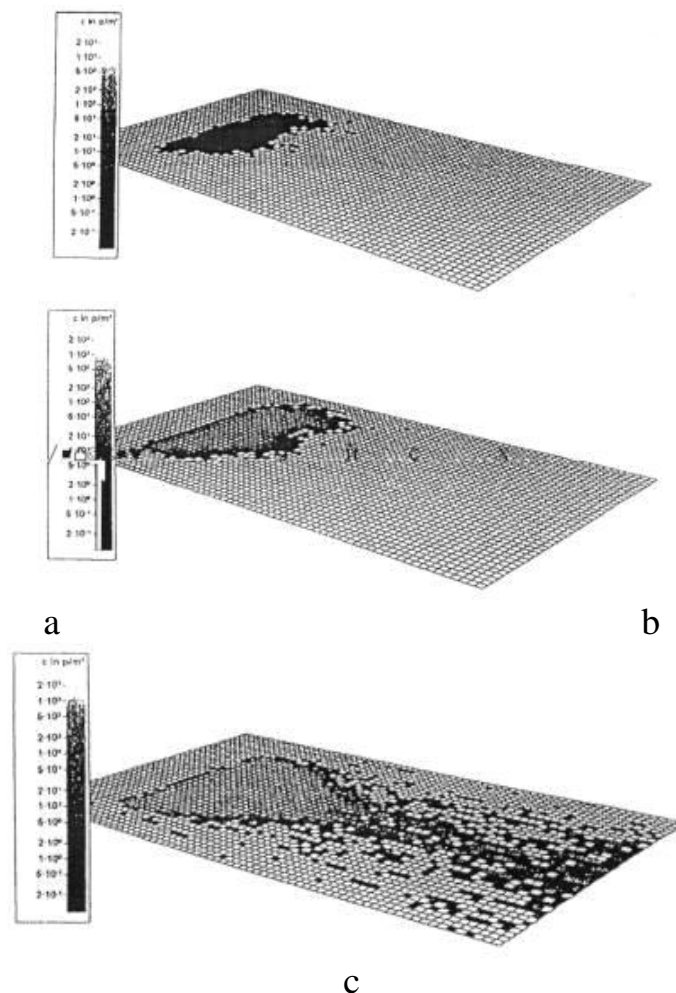
**Figure 2.** Dynamics of formation and movement of a smoke cloud in space

The final picture of radioactive contamination of the area was formed in a time that depended on the distance to the point of the forest fire and meteorological parameters.

A numerical experiment was carried out in the field of modeling - migration of volatile particles of radioactive combustion products - a paralepiped with a size of  $(10 \times 10 \times 5) \text{ km}^3$ , the lower boundary - a function  $z = \delta(x, y)$  - describing the terrain, the value of which is equal to the absolute marks of the height of the river of the zone alienation, in the nodes of a uniform grid, specified with a step  $\Delta x = \Delta y = 100 \text{ m}$ . The dimensions of the grid area are  $45 \times 40 \times 30$  nodes. An uneven step was used vertically. The time step was  $\Delta \tau = 30 \text{ s}$ . The temperature of the underlying surface was calculated taking into account the terrain point's relative height and the background atmosphere's stratification. The calculation of the dynamics of formation, movement and fallout of volatile particles of

radioactive combustion products during a forest fire of the middle category took about 2.5 hours on a personal electronic computer system.

On fig. 3 shows the dynamics of changes in the density of fallout of volatile particles of radioactive combustion products along the trail of a smoke plume.



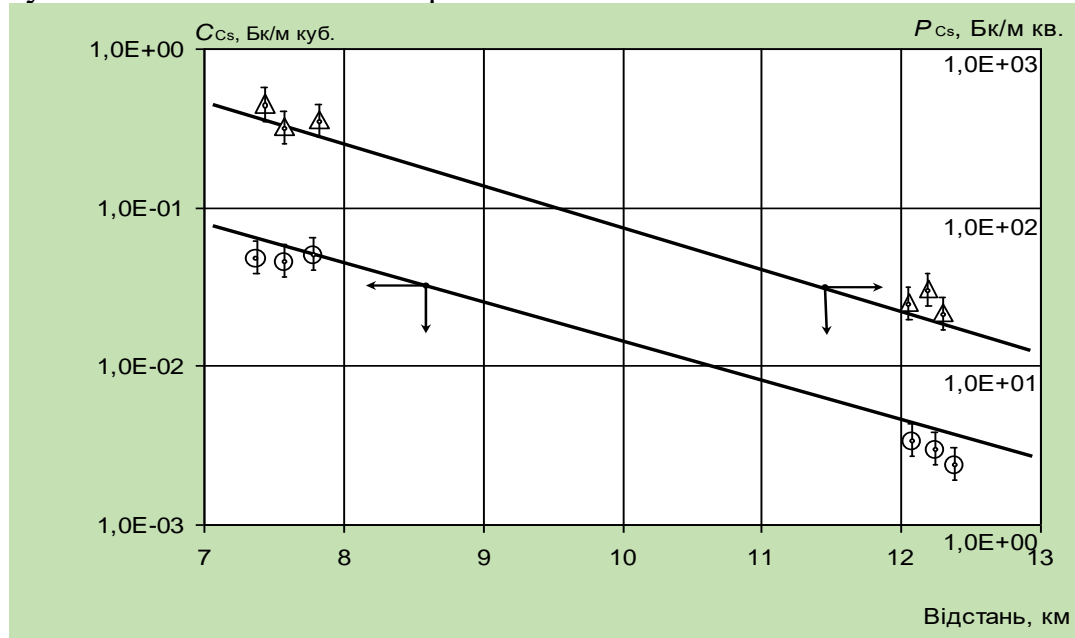
**Figure 3.** Dynamics of change in the density of fallout of volatile particles of radioactive combustion products on the trace of a smoke plume:  
*a* –  $t_1=30$  min.; *b* –  $t_2=120$  min.; *c* –  $t_3=210$  min.

### Discussion

As an illustration, fig. 4 shows the results of a comparison of data obtained by modeling and experimental measurements of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in the air of the density of precipitation on the soil surface P during a forest fire in the summer of 1992 in the Exclusion Zone.

The adaptation of the developed algorithm and program, as well as the verification of the reliability of the calculated data, were carried out by comparison with experimental data obtained in the field. A comparative analysis of the results of modeling and numerical calculations, as well as experimental data obtained in the field, showed (see Fig. 3) that the error in the spatial and temporal

distribution of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in the atmospheric air and the density of its deposition on the earth's surface does not exceed 30%. Such a discrepancy in the data obtained can be explained by the fact that smoke particles had a complex morphological and physicochemical composition of density from 3 to 10 mg/cm<sup>3</sup>, and their spectrum varied in a wide range from 0.1 to 100 μm with different aerodynamic diameters from 50 μm.



**Figure 4.** Comparison results of numerical simulation data and experimentally measured concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  radioisotope fallout

### Conclusion

Models of the formation of a radioactive smoke cloud and its migration in the atmospheric air are presented.

Using the presented approach, a study was made of the propagation processes of radioactive aerosols and gas components, taking into account convection, turbulent exchange, humidity, strength, and wind direction over the combustion zone.

A computer simulation of the formation and propagation of a smoke plume and the fallout of particles of radioactive combustion products from it was performed; a three-dimensional model was developed using impulse levels

The conditions for the entry of radioactive combustion products into the atmosphere depend on personal factors: the height of the rise of the smoke cloud may differ by two times, the duration of formation by 1.5 times, the nuclide composition of the release by 10%, and also from the constant change in meteorological over time data (wind speed and direction, temperature and humidity, etc.)

### References

1. Natsionalna dopovid pro stan tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini // MNS Ukrainy. Ofitsiyni sait. <http://www.mns.gov.ua>.
2. Odnolko A.A. Yssledovanye vtorychnoi opasnosti pry pozharakh obiektov s povyshennym zahriaznnyem radyonuklydamy: avtoref. dys. kand. tekhn. nauk. – VYPTSh MVD RF. – M., 1995. – 18 s.
3. Molodykh V.T. Radyoekolohycheskye posledstvyia lesnykh pozharov. – Mynsk, 1993. – 17 s.
4. Distribution and influence of forest fires on the ecological and radiation situation in radioactively contaminated areas / V Sydorenko, S Yeremenko, V Vambol, S Vambol, L Poberezhna / Procedia Structural Integrity 36, 318-325
5. Forest fires in radioactively contaminated territory: the consequences of the chernobyl disaster today [Техт] / Viola Vambol, Sergij Vambol, Sergiy Yeremenko, Roman Shevchenko // "Сборник доклади от научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят” 17-19-11-2021 г Велико Търново, 2021 г. Издателски комплекс на Национален военен университет „Васил Левски” ISSN 2738-7607 Print ISSN 2603-4689 CD
7. Azarov S.Y. Metodyka rascheta perenosa radyonuklydov v rezultate pozharov v Chernobylskoi zone / S.Y. Azarov // Radyatsyonnaia byolohyia. Radyoekolohyia. – 1997. – . № 1.– pp. 102–109.
8. Azarov S.Y. Metodyka analiza radyatsyonnoho ryska pry tushenyu pozhara na terrytoryakh, zahriaznennykh radyonuklydamy / S.Y. Azarov // Pozharo-vzryvobezpasnost. – 2001. – Т. 10. – № 1. – С. 40–43.
9. Azarov S.Y. Zahriaznenye atmosfery  $^{137}\text{Cs}$  pry lesnykh pozharakh v Chernobylskoi zone // Radyatsyonnaia byolohyia. Radyoekolohyia. – 1998. – Т. 36. –№ 4. – С. 474–483.
10. Azarov S.I. Doslidzhennia nadkhodzhennia  $^{137}\text{Cs}$  v povitria pry lisovykh pozhezhakh v Chornobylskii zoni /S.I.Azarov, V.L.Sydorenko, O.V.Rudenko, A.V.Pruskyi // Pozhezhna bezpeka: teoriia i praktyka. – 2011, – № 9. – С. 5–10.

DOI: 10.34660/INF.2023.51.49.024

## ПСИХО-ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ВОЕННОСЛУЖАЩИХ К ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ СИТУАЦИЯМ ПРИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ

Ахмаджонова Наргизахон Адилжановна

## ПСИХОФИЗИЧЕСКА ПОДГОТОВКА НА ВОЕННОСЛУЖЕЩИТЕ ЗА ЕКСТРЕМНИ СИТУАЦИИ С РАДИАЦИОННА ОПАСНОСТ

## PSYCHOPHYSICAL PREPARATION OF MILITARY PERSONNEL FOR EXTREME SITUATIONS WITH RADIATION HAZARD

Ahmadjonova Nargizaxon Adiljanovna

**Резюме:** В данной статье представлены результаты проведения психофизической тренировки прохождения установки для симуляции условий радиационной опасности при подготовке военнослужащих. Дан анализ проведённых испытаний.

**Резюме:** Тази статия предоставя резултатите от психофизическото обучение за преминаване на симулационната настройка на условията на радиационна опасност по време на обучението на военнослужещите. Анализ на проведените тестове.

**Resume:** This article presents the results of the psychophysical training of passing the simulation installation of radiation safety conditions in the training of military personnel. The analysis of the conducted tests is given.

**Ключевые слова:** Психо-физическая подготовка, военнослужащие, личный состав, симуляция радиационной опасности.

**Ключови думи:** Психо-физическа подготовка, военнослужещи, персонал, симуляция на радиационна опасност.

**Keywords:** Psycho-physical training, military personnel, personnel, simulation of radiation hazard.

Актуальность психо-физической подготовки военнослужащих подтверждает анализ современных войн и военных конфликтов, указывающий на тенденцию к возрастанию требований к психологической подготовке военнослужащих.

При равном соотношении сил и средств, одинаковой технической оснащённости войск рассчитывать на успех может только та армия, личный



состав которой в морально-психологическом отношении превосходит противника, способна сохранять психологическую устойчивость и волю к победе в любой обстановке [1, с. 41].

Ни для кого не секрет, что в профессиональную деятельность военнослужащих входят различные психогенные факторы: утомление, психическая напряженность, тревожность, неожиданность предстоящих действий. Успешность выполнения поставленной задачи будет зависеть в первую очередь от того, насколько успешно военнослужащие будут справляться с воздействием перечисленных негативных факторов при радиационной опасности.

Передовой опыт показывает, что психо-физическая модель современного боя создается путем использования различных средств имитаторов и инициаторов:

1. Средств имитации: учебные ВВ, имитаторы ядерного взрыва, учебные рецептуры ОВ, имитационные гранаты и фугасы, взрывпакеты, дымовые шашки, сигнальные ракеты огнесмеси, холостые патроны.

2. Трансляции записей шумовых эффектов боя: выстрелы танков, орудий, разрывы снарядов, мин, звуков низколетящих самолетов.

3. Создание пожаров, макетов поврежденной техники, всевозможных инженерных заграждений и препятствий: имитационные минные поля, проволочные и мало заметные ограждения, рвы, ловушки, завалы, баррикады, разрушенные участки дорог и мостов.

4. Организация реального противодействия противника: подготовленная группа личного состава, двухсторонняя игра силами двух взводов и др.

Что же скрывается под понятием психо-физическая подготовка военнослужащих? По определению Караяни, психо-физическая подготовка – это система целенаправленных воздействий, имеющая целью формирование и закрепление у воинов психологической готовности и устойчивости, преимущественно на основе самосовершенствования личностных и развития профессионально важных качеств, приобретения опыта успешных действий в моделируемых экстремальных условиях боевой обстановки [1, с. 32].

Основными задачами психологической подготовки военнослужащих для действий в экстремальных ситуациях при радиационной опасности, являются: формирование у воинов научно- обоснованных знаний о боевых действиях, представлений о будущей войне, навыков поведения в боевой обстановке, готовности к подвигу, совершению самоотверженных поступков.

Военные специалисты, анализируя боевые действия вооруженных сил Великобритании на Фолклендских островах, советских войск в Афганистане, США во Вьетнаме, Афганистане и в Персидском заливе,

твёрдо убедились в необходимости целенаправленной закалки психики солдат и офицеров в обстановке, максимально приближенной к боевой, поэтому психо-физическая подготовка личного состава в процессе повседневной боевой учебы осуществляется посредством отработки на каждом занятии определенных элементов психологической закалки воинов.

Военный психолог А.Маклаков отмечает, что эффективность проводимой в войсках психологической работы будет во многом зависеть от того, насколько пунктуально будут соблюдаться принципы психологического моделирования противоборства с противником; профессионально-тактической обусловленности, содержания психологической подготовки, решаемым задачам в различных видах Вооруженных Сил и родах войск, обеспечения безопасности действий в ходе выполнения упражнений и тренировок. Кроме того, очень важно соблюдать психологическое соответствие учебных и боевых задач, создавать учебно-боевые ситуации, моделирующие адекватность психических состояний в бою. [2, с. 175].

Наиболее эффективным средством психологической подготовки к выполнению боевой задачи, я бы выделила адаптацию солдата «формирование психологической устойчивости» к травмирующему воздействию боевого стресса и выработку навыков поведения в экстремальных ситуациях, а этого можно достичь только тренировками, которые должны при симуляции условий радиационной опасности, максимально приближенным к реальным, и быть основанными на специфических механизмах функционирования человеческой психики при радиационной опасности. Результаты проведения симуляции условий радиационной опасности показывает нижеприведенная таблица.

*Таблица 1: Результаты проведения симуляции радиационной опасности*

Условия сложной ситуации для подразделения	Преодоление зоны с высоким инфракрасным излучением	
	Без установки	С установкой*
При симуляции условий радиационной опасности (80 метров время в минутах)		
Без звукового сопровождения	16	11
Без видео сопровождения	20	19
Звуковое сопровождение с стороны на	18	12

неизвестном языке (тревожность).		
Выстрелы + со стороны на неизвестном языке	41	21
С мелькающими надписями «Радиационная опасность»	20	31

\* Специальная установка для симулирования условий радиационной опасности.

В процессе повседневной боевой учебы психо-физическая подготовка личного состава осуществляется посредством отработки на каждом занятии определенных элементов психологической закалки воинов.

Осуществляя различные композиции вышеперечисленных средств, в зависимости от решаемых задач, вида вооружения и рода войск, психолог, совместно с офицерами органов боевой подготовки, командирами и штабами может осознанно вводить в процесс учебно-боевой деятельности различные психологические факторы, способные вызывать как позитивную активность воина, так и отрицательные психические явления.

Экстремальные ситуации при радиационной опасности сопровождаются воздействием на военнослужащих рядом факторов: так создание угрозы для жизни сопровождается действием фактора опасности, реальное огневое воздействие – фактором внезапности, дефицит информации – фактором неопределенности, осуществление незапланированных действий – новизной обстановки. Умелое продуманное введение в учебный процесс указанных факторов позволяет реально смоделировать отдельные элементы современного боя, а следовательно и решать задачи психологической подготовки. [3]

При воспитании психологической устойчивости перед факторами, вызванными экстремальной ситуацией, главные усилия должны быть направлены на то, чтобы любые неожиданности для военнослужащего стали привычными. Чтобы неожиданность стала правилом, сюрприз – закономерностью, а внезапное изменение ситуации – обычным делом [4, с.120].

В ходе многократного повторения упражнений в постоянно усложняющихся условиях контроль военнослужащего над своими психическими состояниями и действиями улучшается.

Систематическое упражнение приводит к автоматизации определенных способов действий, т.е. к формированию навыков. Навык относится к приемам и способам выполнения действий. Он обеспечивает воину возможность высокоэффективно и качественно проявлять усвоенные знания и реализовывать умения на практике. Навык, по мнению

бихевиористов, – это система реакций, приобретенных на основе немногочисленных врожденных простых реакций, основной путь формирования навыков у человека в определенной сфере деятельности – это, по их утверждению воспитание, образование [2, с. 25].

Формированию навыков поведения в условиях боя достигается систематическими упражнениями в применении знаний и умений, которые приводят к автоматизации определенных способов действий. Навык относится к приемам и способам выполнения действий. Он обеспечивает возможность высокоэффективно и качественно проявлять усвоенные знания и реализовывать умения на практике. По мнению кандидата психологических наук В.Хозиева – опытного специалиста в области психологического обеспечения боевой подготовки воинов к профессиональной деятельности, навык заключается в том, что сознание воина освобождается от необходимости контролировать технические компоненты деятельности в условиях воздействия на психику воина различных стрессовых факторов при радиационной опасности, позволяя сосредоточиваться на задачах, целях и условиях задания [5, с. 15].

Постепенно формируется психологический механизм устойчивого подавления неуверенности и страха. С улучшением эмоционально-волевого контроля у личного состава возрастает уверенность в своих способностях преодолевать трудности и достигать поставленной цели [6, с. 115].

Выработка у военнослужащих определенных навыков является важным инструментом противодействия экстремальной ситуации при радиационной опасности. Навык позволяет частично автоматизировать выполнение и регуляцию целесообразных движений и действий, освобождает, как уже было сказано выше, сознание человека от контроля за «черновой работой», позволяя сосредоточиться на главном. Этим обеспечивается устойчивость действий в неблагоприятной обстановке, их экономичность и рациональность, как поступить в экстремальной ситуации при радиационной опасности и уверенность в том, что действия верны, помогают уменьшить стрессогенное воздействие экстремальной ситуации на личность.

### **Использованная литература**

1. Разведывательная подготовка подразделений воздушно-десантных войск», Москва – Воениздат, 1995 – 208 с
2. Караяни, А.Г Введение в профессию военного психолога : учеб. Пособие / А.Г. Караяни, И.В.Сыромятников; под ред. – Ю.П Зинченко, Москва : Академия, 2007 – 208 с
3. Хорни К Тревожность // . Собр. соч. в 3-х т. Т. 2. — М.: Смысл, 1997. — С. 174—180.

4. Тарас А Подготовка разведчика. Система спецназа ГРУ / Ф.А Заруцкий, А.Г Тарас – Москва : Харвест, 2004 – 608 с.

5. Гнездилов, О.С. Психология боевой подготовки : дис. ... канд. психол. наук : 19.00.05 / О.С. Гнездилов. – Москва, 2003. – 18 л.

6. Шеллинг Т.К Стратегия конфликта / Т.К Шеллинг – Москва.: ИРИСЭН, 2007, – 366 с

*Адресс для кореспонденции:*

*Ахмаджонова Наргизахон Адължановна - Преподаватель цикла «Психологической и профилактической деятельности» Специализированного центра Национальной гвардии Республики Узбекистан. Адрес Ташкент Юнус-Абад кв. 13 дом 50 кв. 4, Телефон +998-90-041-40-19, e-mail – [baxa332@meta.ua](mailto:baxa332@meta.ua)*

DOI: 10.34660/INF.2023.87.25.025

## РАЗРАБОТВАНЕ НА УЕБ БАЗИРАНА БАЗА ДАННИ ЗА ЛАЗЕРНО МАРКИРАНЕ

Деян Недялков, Любомир Линков, Любомир Лазов

### DEVELOPING WEB BASED LASER MARKING DATA BASE

Deyan Nedyalkov, Lyubomir Linkov, Lyubomir Lazov

***Abstract:** Technological tables and their interactivity are a major problem in the construction of different types of Web based information systems, including the creation, maintenance and development of information flows from the technological data needed for production. It is necessary to create an accessible application for the purpose of collecting data in a specific subject area for comparison and preliminary analysis of the desired result to perform a certain work. The records, Next systematic order will lead to correctization of the implementation of the tasks and selection of a system for their realization.*

***Keywords:** laser technologies, laser marking, databases, laser marking parameters, Python*

#### **1. Introduction**

Lasers refer to the most modern and rapidly developing perspectives in science and technology. A number of scientific teams, companies and industries in the world are engaged in the development and production of laser systems and technological devices. Military research institutes also have a particular focus on lasers as a means of communication, targeting, review, etc. Lasers flawlessly cope with tasks of marking, cutting, local alloying, welding and other technological operations. The increased interest in lasers and laser technologies is caused both by the capabilities of laser radiation and by the need to apply highly efficient processing to different types of materials. It can also be said that the processes are without waste or little waste when performing a particular operation. The influence and importance of lasers is progressively increasing, both in scientific developments and in production. A wide range of laser systems and platforms are in operation, designed according to the needs of business and technology. Here comes the problem of selecting a particular system for carrying out a certain job. It is necessary to build a single database that reduces the technological time for

making decisions about the possibilities for interaction of materials with a laser system.

## 1.2. Factors impacting the quality of the laser marking on metal

### 1.2.1. Material Properties

With all laser marking applications, it is important to consider what material is being marked. Materials have different absorption spectra meaning they react differently to different wavelengths. This must be kept in mind when deciding what material to use with what laser source. The melting point and the material's response to heat must also be considered. The hardness of the material should also be taken into consideration. For instance, laser marking aluminum will take less time than laser marking steel since it is a much softer metal with lower melting temperature.

### 1.2.2. Type of the Laser

Both CW lasers and pulsed lasers can be used when laser marking metals. However, pulsed fiber lasers are used more frequently since they can deliver a higher intensity beam without overheating the sample. Common types of lasers used for laser marking include “carbon dioxide, ytterbium-doped fiber, UV, and green and neodymium vanadate lasers” (from How to Laser).

CO<sub>2</sub> lasers are less used for metal and more for woods, glasses, and plastics. Green lasers, again, are less used for metals and more so for plastics and glasses. Fiber lasers are typically used for marking metals, and are suitable for a wide variety of them, ranging from steel to copper. Lasers of >50W power are generally recommended for marking metals. Fiber lasers can be designed to have higher beam quality than lasers of similar average output power. This beam quality controls the beam's spot size, and thus the width or the finesse of the laser marking.

### 1.3.3. The Choice of Laser Marking Method

There are multiple methods for laser marking metals that produce different kind of marks. The durability and time consideration for each method are just some of what needs to be weighed when deciding which method is most desirable for a specific application. Some of these methods are explored below:

#### 1.3.3.1 Laser Engraving

This method sublimates the metal. The heat from the laser vaporizes the metal, causing it to go directly from its solid state to gas. Laser engraving creates very resistant markings, as they create a very deep marking in the context of laser marking methods. For laser engraving, the depth of the cut tends to range from 0.0001” to 0.005”. The permanent marks of laser engraving are very desirable in applications where part traceability is concerned.

#### 1.3.3.2 Laser Etching

Laser etching is a very quick process that melts the metal almost instantaneously. It creates high contrast marks. Laser etching is less permanent than laser engraving, and although they are similar, etching is typically a

shallower mark—less than 0.0001”—than that for engraving. Since the marks created with etching are shallower, they are also suitable for thinner sheets of metal that require less permanency of the marks.

#### 1.3.3.3 Laser Annealing

This process makes it possible to create colored markings for specific metals, namely steel, titanium, and stainless steel. This method does not actually remove material—rather, it creates a chemical change under the material’s surface making it ideal for surfaces that cannot withstand any damage. With annealing, the metal is slowly heated by the laser beam changing the lattice structure of the metal. The metal oxidizes and once cooled, changes color. For annealed metals, when incident light hits the metal’s surface, some of the light is reflected off the oxide layer and some is absorbed. The absorbed light then is either absorbed or reflected off the oxide layer. The thicker the oxide layer, the darker the color the metal appears.

##### 1.3.3.3.1. Material Properties

With all laser marking applications, it is important to consider what material is being marked. Materials have different absorption spectra meaning they react differently to different wavelengths. This must be kept in mind when deciding what material to use with what laser source. The melting point and the material’s response to heat must also be considered. The hardness of the material should also be taken into consideration. For instance, laser marking aluminum will take less time than laser marking steel since it is a much softer metal with lower melting temperature.

##### 1.3.3.3.2. Type of the Laser

Both CW lasers and pulsed lasers can be used when laser marking metals. However, pulsed fiber lasers are used more frequently since they can deliver a higher intensity beam without overheating the sample. Common types of lasers used for laser marking include “carbon dioxide, ytterbium-doped fiber, UV, and green and neodymium vanadate lasers” (from How to Laser).

CO<sub>2</sub> lasers are less used for metal and more for woods, glasses, and plastics. Green lasers, again, are less used for metals and more so for plastics and glasses. Fiber lasers are typically used for marking metals, and are suitable for a wide variety of them, ranging from steel to copper. Lasers of >50W power are generally recommended for marking metals. Fiber lasers can be designed to have higher beam quality than lasers of similar average output power. This beam quality controls the beam’s spot size, and thus the width or the finesse of the laser marking.

##### 1.3.3.3.3 The Choice of Laser Marking Method

There are multiple methods for laser marking metals that produce different kind of marks. The durability and time consideration for each method are just some of what needs to be weighed when deciding which method is most desirable for a specific application. Some of these methods are explored below:



### Laser Engraving

This method sublimes the metal. The heat from the laser vaporizes the metal, causing it to go directly from its solid state to gas. Laser engraving creates very resistant markings, as they create a very deep marking in the context of laser marking methods. For laser engraving, the depth of the cut tends to range from 0.0001” to 0.005”. The permanent marks of laser engraving are very desirable in applications where part traceability is concerned.

### Laser Etching

Laser etching is a very quick process that melts the metal almost instantaneously. It creates high contrast marks. Laser etching is less permanent than laser engraving, and although they are similar, etching is typically a shallower mark—less than 0.0001”—than that for engraving. Since the marks created with etching are shallower, they are also suitable for thinner sheets of metal that require less permanency of the marks.

### Laser Annealing

This process makes it possible to create colored markings for specific metals, namely steel, titanium, and stainless steel. This method does not actually remove material—rather, it creates a chemical change under the material’s surface making it ideal for surfaces that cannot withstand any damage. With annealing, the metal is slowly heated by the laser beam changing the lattice structure of the metal. The metal oxidizes and once cooled, changes color. For annealed metals, when incident light hits the metal’s surface, some of the light is reflected off the oxide layer and some is absorbed. The absorbed light then is either absorbed or reflected off the oxide layer. The thicker the oxide layer, the darker the color the metal appears.

Based on this information we should create a suitable data model. In the next chapter we consider the problems of creating such a relationable database model.





## **2. The problem of building a database**

The single database needs to be built as a gathering element of the accompanying information for results after conducting certain experiments, under certain conditions. Most of the information obtained is organized in technology tables, containing mainly sample results after performing work when setting certain parameters, in order to perform accurate operations to influence different in structure and composition fabrics (or surfaces). To achieve the required result, industrial organizations usually make studies that assign to the relevant technological and production teams, preparing and presenting a theoretical formulation of the processes at work. In this way, the approach to the design, planning and operational management of the production structures and processes themselves is also defined. Ignoring the information from the technology tables would lead to a wrong assessment of the performance, which in turn would lead

to unprofitable and poor quality work. Here the end does not justify the means. The technology tables in fact contain the necessary results and accompanying evaluations to determine the right approach to the final goal. Nor should the mass coefficient, which is a major problem in the construction of production systems, be neglected. The processes of building the technological tables definitely depend on the need of the specific producers, which in turn are actually influenced by the needs, needs and assessment of the end user.

The construction of a single database of technological tables will allow faster and more accurate automatic processing of the necessary valences for a specific implementation, as well as the possibility of supplementing a specific, published electronic technology table from the structure using it in order to further develop. Uploaded to the Internet technology tables, not tied to just one machine or local network, will provide the opportunity for a systematized choice of platform. For example, if you want to make a certain detail from a particular material, the operator will be able to quickly determine what type of laser system he needs, what capacities and what opportunities are available to obtain a product, respectively optimizing the process of selecting the material itself.

Increasingly, lasers are used in carrying out not only cutting and welding operations. A number of studies have also been carried out on laser marking. For example, after a study on the effect of the laser pulse on stainless steel samples

Color visually	Color	Temperature °C
	white yellow	200
	straw yellow	220
	golden yellow	230
	yellow brown	240
	brownish red	250
	red	260
	magenta	270
	violet	280
	dark blue	290
	cornflower blue	300
	light blue	320
	bluegrey	340
	gray	360

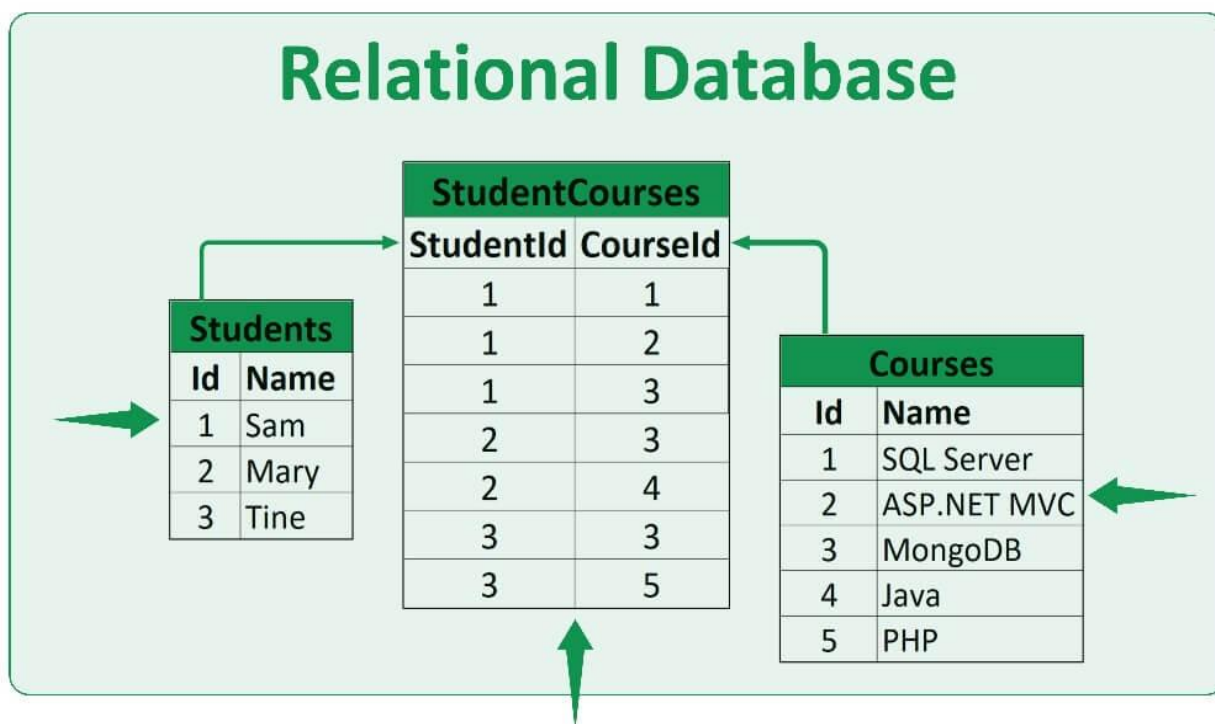
for one nanosecond, it is clear that on the basis of the results obtained, technological tables can be built, with already studied relationships between the

parameters by which it is possible to program the preparation of complex color compositions on the surface of the material. Dependencies of only one parameter can lead to a totally different result. For example, only when changing the temperature, the color range of marking changes completely.[2]

### 3. OPTIMA LM 1.0

The creation and use of a virtual tabular model must conceptually correspond to the actions of the technologist - on the one hand, and on the other, the logical-mathematical design will depend on the algorithmic provision of the computer system for automated design of technological processes, which clearly includes tables with the characteristics of the parameters used in laser processing to achieve color laser marking. For example, for a more operational use of those obtained in the experimental studies with optimal marking data on tools of the different carbon and fast cutting tool steel grades, an OPTIMA LM 1.0 program was set up working in the MATLAB environment. Results obtained in preliminary engineering theoretical and experimental studies are set in technology tables, which in turn build a database of optimal technological parameters in each case. According to the input data, the operator can quickly reach the necessary technological parameters to obtain a quality marking of the currently produced product.

### 4. Design and implementation



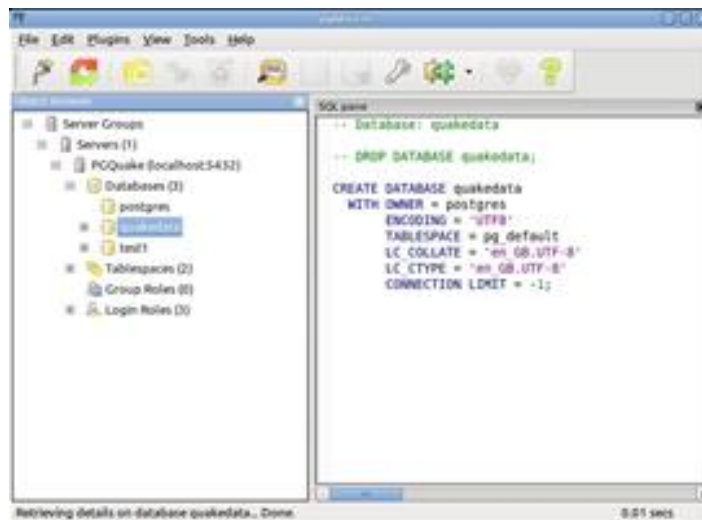
Engineering tends to organize data into technology tables, which are to be integrated into a future application. Its construction combines all content and the

necessary architectural, navigation and interface design. Integration / implementation of the middle level also takes place in this phase.

The implementation on the design is based on the initial requirements defined earlier. The specific requirements for each user are minimal: computer literacy at a basic level and elementary knowledge in working with a web browser. Since the database specification is not specific, its relational tables can be designed and modified according to future needs. Last but not least, it is important to mention that data control will be achieved by authentication (autentification) of the user.

## 5. Confidentiality

Database security is ensured through a set of tools, controls and measures designed to establish and preserve the confidentiality, integrity and accessibility of the same. It is important to focus on confidentiality, as this is the element that is most often compromised. The authentication of the DBMS must be carried out only through a secure channel. Credentials must be properly protected and accessible for use at the same time. Most DBMSs support various communication methods (services, APIs, etc.) - secure (authenticated, encrypted) and insecure (unauthenticated or unencrypted).



## 6. Why Python?

Python is a popular programming language that uses servers to store information about already created web applications and uses software to create workflows to connect to database systems. Python can also read and modify files, quickly create prototypes, or develop using ready-made software. This enables people with no programming experience to learn and contribute to projects like this. This means that prototyping can be very fast and the efficiency can be in a

positive progression. Python can also be treated in a procedural, object-oriented or functional way.[3]

## 7. Django REST Framework

For the needs of laser technology, such a system can be developed using Django REST Framework is used to create a web API very easily and efficiently. It's a Django Framework wrapper. There are three stages before creating the API through the REST framework, convert model data to JSON/XML format (serialization), Rendering this data in the view, creating a URL to map to the set of views. Which allows you to have many graphical applications that are not connected to the Internet and could update their local database.

Serializers in the Django REST Framework convert objects into data types that are understandable by javascript and front-end frames. Serializers also provide deserialization, allowing the analyzed data to be converted back into complex types, after first validating the input data. The two main serializers most popularly used are the Model Serializer and the Hyper Linked Model Serializer.[4]

### 7.1 Experimental Setup:

To create web pages we use HTML, CSS. To validate form, we use PHP. Web Pages in our paper are Log In form, Sign Up form, Insert Page, Attach Page. These form validation is done to authenticate user.

Using Insert Page and Attach Page, we insert data and the data is stored in database. This is done by using DJANGO framework. Later, Required Graph is visualized on browser. Django framework consists of python files like settings.py, urls.py, views.py, models.py templates folder for storing html pages. It also consists of a database and ORM – Object Relational Mapping[5][6][7]

Settings.py – It holds all the database settings, configuration values that web app needs to work. It also deals with static files in the application including media also [1][8].

Urls.py – Django checks the first pattern in this file. This includes “go look for a pattern in that matches”[9][8].

View.py – A view is a python function that takes request and returns a response. This response can be HTML content, redirect, error, image [9][8].

Models.py – Model's are written in python and provide a mapping to underlying database structure. In simpler words, this executes SQL queries [10].

## 8. Conclusion

Modern management of DBMS for educational, business, administrative, scientific, and other organizations is directly related to the storage, updating,

management and use of large amounts of interrelated data. Accurate data is particularly important for effective decision-making or accurate and correct assessment. Quick access to them and their transformation into significant information is a problem that is constantly being improved to be solved.

Sources:

[1] Lazov L., Dolchinkov N. T., Shterev Y., Boganova D., Peneva M., Study of laser cutting and marking on the fil 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 г. Резекне, Латвия, стр. 143-147;

[2] Dolchinkov N. T., Lazov L., Shterev Y., Linkov L., Nediakov D., 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;

[3] <https://wiki.python.org/moin/BeginnersGuide>

[4] <https://docs.djangoproject.com/en/4.1/>

[5] <https://docs.djangoproject.com/en/3.1/>

[6] <https://docs.python.org/3/>

[7] Iliinsky, Noah, and Julie Steele. Designing data visualizations: Representing informational Relationships. " O'Reilly Media, Inc.", 2011.

[8]Embarak, Ossama. Data Analysis and Visualization Using Python: Analyze Data to Create Visualizations for BI Systems. Apress, 2018.

[9]<https://machinelearningmastery.com/data-visualization-methods-inpython/>

[10] <https://numpy.org/doc/>

**Адрес за кореспонденция:**

*Deyan Nedyalkov, Faculty of Engineering, Technological Academy - Rezekne, Latvia, [dnedyalkov396@gmail.com](mailto:dnedyalkov396@gmail.com);*

*Lyubomir Linkov, Faculty of Engineering, Technological Academy - Rezekne, Latvia, [kubratovec@gmail.com](mailto:kubratovec@gmail.com)*

*Lyubomir Lazov, Faculty of Engineering, Technological Academy - Rezekne, Latvia, [llazov.abv.bg](mailto:llazov.abv.bg)*

DOI: 10.34660/INF.2023.95.19.026

## ПРОНИКВАЩА СПОСОБНОСТ НА АМОНЯК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕНА АВАРИЯ

Анатоли Вълков, Николай Пъдарев

## AMMONIA EXCHANGE RATES IN AN INDUSTRIAL ACCIDENT

Anatoli Valov, Nikolay Padarev

***Summary:** Toxic substances release in production is a common situation in industrial accidents. The survey of substances exchange rate through barrier and without protective barriers in production workers are an element of risk assessment in industrial accidents. The proposes is a risk assessment methodology for an ammonia leak accident. The penetration ability of ammonia through a barrier and under direct exposure to personnel was evaluated.*

***Keywords:** toxic industrial chemicals, exchange rates, modeling.*

Амонякът е токсично вещество с широко приложение в промишлеността. Амонякът е безцветен, корозивен, алкален газ, който има много остра миризма. Нивото, при което се усеща мирис варира от 5 ppm до 53 ppm. [1] Амонякът се използва като компресиран газ и във водни разтвори. Авария с изтичане на амоняк възниква в резултат на аварии при транспортиране и в производствени съоръжения. Поради екзотермичните си свойства, амонякът образува амониев хидроксид и произвежда топлина, когато контактува с влажни повърхности като лигавиците. Корозивните и екзотермични свойства на амоняка могат да доведат до незабавно увреждане (силно дразнене и изгаряния) на очите, кожата и лигавиците на устната кухина и дихателните пътища. Амонякът се съхранява и превозва в големи количества, при което съществуват рискове от случайното им изпускане. Това налага да се направят оценки за последиците от тях. [5, 6, 7]

Характерът на дисперсията на веществата във въздуха се влияе предимно от тяхната плътност. Когато газът е по-тежък, образуваният шлейф се нарича облак от „тежък газ“. Облаците с „тежки газове“ могат да включват или газ с по-високо молекулно тегло от въздуха, или може да са резултат от условия, включително освобождаване при ниска температура, реакции на отделяния газ с водни пари или високо налягане и образуване на аерозол (каквото е случаят с амоняка).

Това изследване има за цел да направи оценка на последиците от хипотетичен сценарий при освобождаване на амоняк от индустриален комплекс и да се предложи методика за оценка на риска. По-специално, това проучване идентифицира вероятните зони на заплаха, произтичащи от отделянето на токсични химикали, което от своя страна помага за действие при потенциално опасни ситуации и изготвяне на аварийен план. Аварииите са анализирани при промяна на вертикалната устойчивост за да се сравнят по степента на опасност. [8, 9, 10]

С помощта на софтуера *ALOHA* беше създаден хипотетичен сценарий за случайно освобождаване на амоняк. Промяната на съответните атмосферни фактори е извършена за оценка на връзката с дисперсията на токсични газове. В това изследване за релефност на земната повърхност избрахме „градска или горска”, при това условие опасната зона ще бъде по-малка от „открита местност” и няма да е най-лошият случай за разпространение на токсичните вещества. [11] Въпреки, че има редица ограничения, аварийните служби често използват този инструмент, за да преценят бързо тежестта на опасните ситуации и да предприемат съответните необходими действия. *ALOHA* е подходящ за моделиране на сценарий с токсично освобождаване на единични химикали, за което е използван в това проучване. Нивото на опасност *LOC* е прагова стойност за специфичен вид опасност, произтичаща от токсичност, пожар или експлозия. Например, токсичен *LOC* показва пределната концентрация на токсичен химикал, който е вреден за хора, изложени на него за определена продължителност. За това проучване за определяне на *LOC* е използвана продължителност на експозицията 60 минути. *AEGL* за експозиция на амоняк са дадени в таблица 1.

Сценарият е моделиран в частично облачен ден с температура 20 °C, влажност 50 %, за клас на стабилност *F* и *D* по Паскуил, токсичният химикал се отделя от цилиндричен вертикален резервоар за съхранение през кръгъл отвор 20 cm диаметър и е на височина 1 m от дъното му.

Таблица 1. Зони на токсичност на амоняк

Експозиция	Нива на токсичност		
	<i>AEGL-3</i>	<i>AEGL-2</i>	<i>AEGL-1</i>
10 min	2 700 ppm 1 880mg/m <sup>3</sup>	220 ppm 154mg/m <sup>3</sup>	30 ppm 21mg/m <sup>3</sup>
30 min	1 600 ppm 1 119mg/m <sup>3</sup>	220 ppm 154mg/m <sup>3</sup>	30 ppm 21mg/m <sup>3</sup>
60 min	1 100 ppm 769mg/m <sup>3</sup>	160 ppm 112mg/m <sup>3</sup>	30 ppm 21mg/m <sup>3</sup>
4 h	550 ppm 385mg/m <sup>3</sup>	110ppm 77 mg/m <sup>3</sup>	30 ppm 21mg/m <sup>3</sup>
8 h	390 ppm	110 ppm	30 ppm

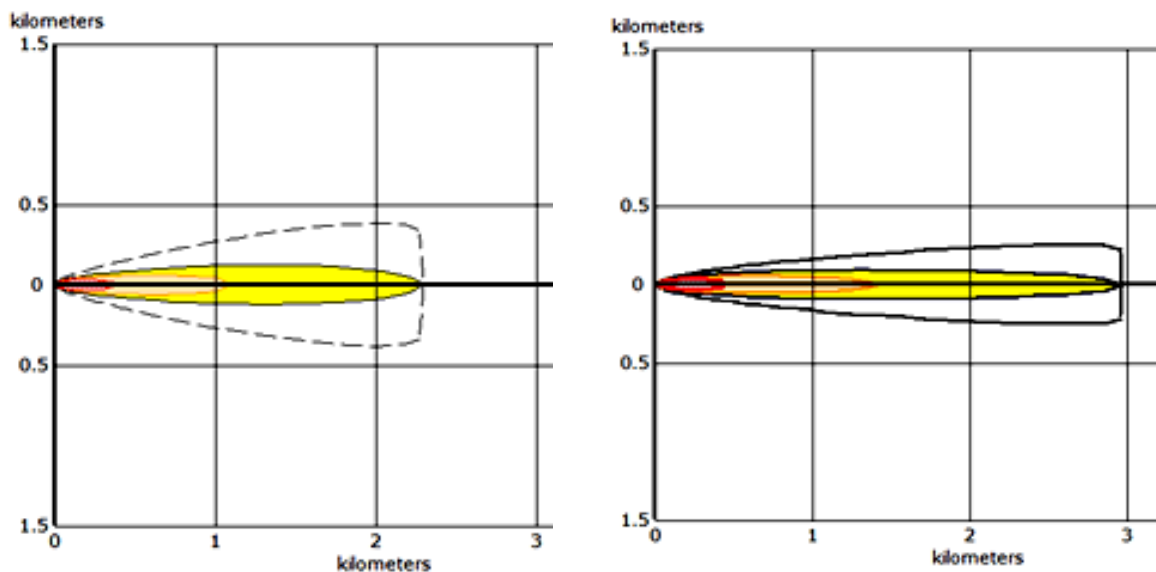


Експозиция	Нива на токсичност		
	<i>AEGL-3</i>	<i>AEGL-2</i>	<i>AEGL-1</i>
	$273\text{mg}/\text{m}^3$	$77\text{mg}/\text{m}^3$	$21\text{mg}/\text{m}^3$

Амонякът е опасен материал, поради което неговото използване и съхранение трябва да се управлява от съображения за безопасност. Амонякът може да образува смес от парите си, течните си капчици и въздуха, когато излезе в атмосферата. Прекомерното излагане на амонячен газ (1600 ppm за 30 минути) може да доведе до смърт при вдишване, тъй като ще увреди дихателната система, особено трахеобронхиалната област и белите дробове. Амонякът може да предизвика белодробен оток, който води до смърт, докато амонячната течност може да причини измръзване поради много ниската си температура (-28 F°). Амонякът в чиста пара и концентрация под 16 % не е запалим, но в концентрация между 16 % и 25 % е запалим дори експлозивен. Такава концентрация е достижима, ако от контейнера изтече огромно количество амоняк. Той изтича под формата на фина аерозолна мъгла и газ които изтичат бързо и едновременно от резервоара. По принцип двуфазните смеси са по-плътни от газовата фаза на веществото и често дисперсията им е от типа „тежък-газ”. На фиг. 1 са означени опасните зони от дисперсията на амоняка, както и концентрацията във всяка една зона.

Разпределението на риска се получава чрез определяне на зоните на заплаха за събития на изтичане на амоняк. Зоните на заплахата се определят чрез изчисляване на концентрацията на експозицията, използвайки модела на „Гаусова дисперсия“ за плаващи частици, в зависимост от силата на източника и метеорологичното състояние на местоположението на събитието и разделени на три зони с различна степен на експозиция въз основа на AEGL (Acute Exposure Guideline Levels) стандарт за токсично освобождаване. Образуваните зони на химическо замърсяване са три за 60 min експозиция 1100 ppm за AEGL-3, 160 ppm за AEGL-2 и 30 ppm за AEGL-1. [12]

Софтуерът изчислява, че вместимостта на съдовете с размери посочени по-горе е 577 l. Температурата на съхранение на съдовете е отново 20 °C. Освобождаването на амоняк от контейнерите ще е 5,11 kg/sec. В таблица 2. са посочени големините на зоните на химическо замърсяване.



а)

б)

**Фигура 1.** Зони на замърсяване с изтичане на амоняк

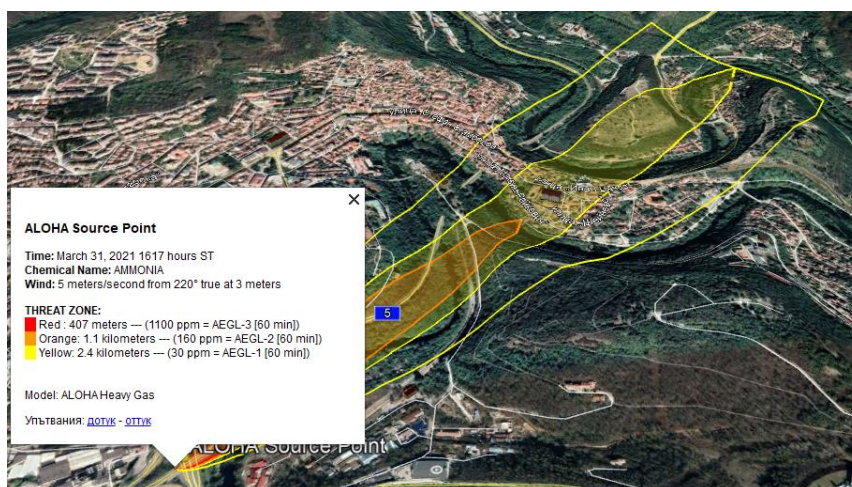
а) при клас на устойчивост *D*, б) при клас на устойчивост *F*

Забележка:

- AEGL-3 [60 min]
- AEGL-2 [60 min]
- AEGL-1 [60 min]

**Таблица 2.** Зони на замърсяване по сценария за симулация на амоняк

Зони на опасност	AEGL (60 min)	Дистанция от източника, km	
		За клас на устойчивост <i>D</i>	За клас на устойчивост <i>F</i>
Зона 1	AEGL-3	0,387	0,436
Зона 2	AEGL-2	1,1	1,4
Зона 3	AEGL-1	2,3	3



**Фигура 2.** Зони на замърсяване с изтичане на амоняк изобразени в Google Earth

При изтичане на амоняк, значителна разлика в големината на зоните се наблюдава при AEGl-1. Моделирането беше настроено и изпълнено с помощта на входните параметри от Таблица 2 и съответните LOC бяха оценени с помощта на ALOHA. След това изходите на зоната на заплахата бяха насложени върху Google Earth за по-добра визуализация (фиг. 2).

Зоните на химическо замърсяване имат различни стойности за светлата и тъмната част на деня поради различната вертикална устойчивост на атмосферата.

Инфилтрацията е описание на естествения обмен на въздух, който прониква в сграда от околната среда, когато изкуствено направените отвори (прозорците и вратите) са затворени. Процесът на инфилтрация се дължи на разликите в налягането между вътрешността на сградата и външния въздух. Разликите в налягането могат да бъдат причинени от движение на въздушната маса или температурни разлики. Инфилтрацията може да се получи от места като пукнатини, отвори в сградата, водопровод, канали и електрически проводни. Инфилтрацията може да се представи и като „въздухо-непроницаемост“ на сграда. Изследвано е, че средната въздухо-непроницаемост е 28,4 m/h при 75 Pa за 201 търговски сгради. [2]

Жилищните сгради са различни от търговските сгради, тъй като обикновено те са по-малки и нямат цялостни системи за отопление и охлаждане, които да вкарват свеж външен въздух. Жилищните сгради разчитат на естествена вентилация. В зависимост от характеристиките на сградата и условията на околната среда, типичните обменни въздушни маси при нормални дейности варират от 0,07 до 4,0 ACH. [3] ACH (Air Changes per Hour) е показател, който ни показва колко пъти средство задвижващо атмосферен въздух може да запълни пълния обем на помещението с въздух. Това е особено полезно при сравняване на различни пречистватели на въздух или климатици. При идеални условия, добре изграден енергийно ефективен дом може да има скорост на въздушния обмен от 0,1 ACH и със силен вятър или висока температурна разлика, обменът на въздух може да достигне 2,4 ACH. [4] От интернет сайта (<https://learnmetrics.com/air-changes-per-hour-calculator-and-formula/>) може да се изчисли пропускливостта на сгради по произволно зададени параметри.

Може да се използва елементарен модел на кутията за представяне на сградата и системата за отопление, вентилация и климатизация (ОВК) за разработване на масовия баланс. Моделът на кутията изразява атмосферата като голям хомогенен обем с изпускания, влизащи в кутия, равномерно и мигновено смесени в обема ѝ. Целта на система „ОВК“ е да осигури отопление, охлаждане и контрол на влажността в сградата. Основната цел на нагнетателния въздух и контрола на въздуха е да смесва пресен външен въздух и да връща въздух в подходящо съотношение, за да позволи ефективно използване на енергията, като същевременно се опитва да

поддържа нивата на замърсители ниски. Масовият баланс предполага запазване на масата и добро смесване в сградата. За да се преодолеят някои от ограниченията на модела на „Кутията“, променливите за степента на невентилационни загуби и ефективността на смесване могат да бъдат добавени към уравненията на масовия баланс.



Моделът „Кутия“ може да се използва за представяне въздухообмена на жилищна сграда, за да се определи масовият баланс. Масовият баланс способства запазване на масата и добро смесване в жилищната сграда. За да се преодолеят някои от ограниченията на модела на „Кутията“, променливите за степента на невентилационни загуби и ефективността на смесване могат да бъдат добавени към уравненията на масовия баланс.  
 Натрупване=Генериране+Инфилтрация-Екфилтрация-Невентилационна загуба

$$V_B \frac{dC_B}{dt} = 0 + (Q_N)(m)(C_{out}) - (C_B) - k(C_B) \quad (1)$$

Където:

- $C_B$ - Концентрация на амоняк в сградата,  $mg/m^3$ ;
- $Q_N$ - обемен на дебит от входящия поток,  $m^3/sec$ ;
- $Q_X$ - обемен на дебит от изходящия поток,  $m^3/sec$ ;
- $k$ - степен на невентилационни загуби,  $m^3$ ;
- $V_B$  обем на сградата,  $m^3$ ;
- $t$ - време,  $min$ ;
- $m$ -смесващ фактор.

След това масовите баланси за инфилтрация и ексфилтрация бяха заменени в получен масов баланс за сградата.

$$Q_X = Q_N \quad (2)$$

Тогава диференциалният масов баланс на сградата е:

$$V_B \frac{dC_B}{dt} = 0 + (Q_N)(m)(C_{out}) - (Q_N)(m)(C_B) - k(C_B) \quad (3)$$

Общото решение на масовия баланс на сградата е дадено в уравнение 4

$$C_B = \left( \frac{m(Q_N)C_{out}}{m(Q_N)+k} \right) \left( 1 - e^{-\left(\frac{m(Q_N)+k}{V_B}\right)t} \right) + C_o e^{-\left(\frac{m(Q_N)+k}{V_B}\right)t} \quad (4)$$

Тъй като външната концентрация е динамична, решението на уравнение 4 по-горе беше решено числено на интервал от една секунда. През тази една секунда се приемаше, че външната концентрация е постоянна и първоначалната концентрация е равна на концентрацията на сградата от последната секунда.

Изводи:

1. Извършените симулации на амоняк показват зависимостта от промените на вертикалната устойчивост върху зоните на замърсяване.

2. Симулацията на бойните и промишлените токсични химически вещества имат методическа насоченост и практико–приложен принос при прогнозиране на химическата обстановка.

3. Получените резултати при симулации на токсични химически вещества могат да се използват при аварийното планиране, за подготовката на ръководните органи, спасителните екипи, персонала и населението в съседни на обекта територии в случай на авария.

4. Програмата ALOHA е полезна при определяне размерите на токсичния облак и концентрацията на токсичното вещество при краткотрайни химически инциденти.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Legters, L., Biological Effects of Short High–Level Exposure to Gases: Ammonia, Phase Report. DAMD 17–79–C–9086. AD A094501. Prepared for U.S. Army Medical Research and Development Command, Fort Detrick, Frederick, MD, by Environ Control, Inc, Rockville, MD. 1980.

2. Steven J., Emmerich and Andrew K. Persily, Airtightness of Commercial Buildings in the U.S., 26th AIVC Conference, Gaitherburg, 2005, pp 6.

3. Engelmann R. J., Effectiveness of Sheltering in Buildings and Vehicles for Plutonium, July 30, 1990.

4. Sorensen J., B. Shumpert, B. Vogt, Planning Protective Action Decision–Making: Evacuate or Shelter–In–Place?, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, 2002.

5. Пъдарев Н. И., Антропогенни аварии и катастрофи, ПИК, В. Т., 2016.
6. Пенева, П., Химична защита при аварии и инциденти. Изд. НВУ, В. Т., 2017.
7. Николов, Н. Х., Комбинирано и комплексно въздействие на токсични химически вещества върху живи организми. Год. на НВУ, 2017, стр. 202.
8. Миневски, И., Риск при транспортиране на опасни товари със сухоземен транспорт. Монография, Изд. НВУ, В. Т., 2018.
9. Маринов, Р., Анализ ефективността на симулатори и симулационни системи за обучение по тактическа подготовка. Годишник на ВА, С., 2012, стр. 18–28.
10. Долчинков Н., М. Хвостова, Б. Караиванова–Долчинкова. Действия при извънредни ситуации от техногенен характер, НВУ, ВТ., 2018.
11. Долчинков Н., Действия на населението при извънредни ситуации. монография, Изд. НВУ, 2020.
12. Пъдарев, Н., Прогнозиране на опасностите за населението и инфраструктурата при ядрени, радиологични и химически опасни събития чрез симулационни модели, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски” ВТ, 2021

**Адрес за кореспонденция:**

Подп. д-р Николай Илиянов Пъдарев, НВУ „В. Левски”, e-mail:  
nikolai\_padarev@abv.bg

Анатоли Вълв, студент в ОКС „Магистър“ anatoli19721972@abv.bg

DOI: 10.34660/INF.2023.58.54.027

## МЕТОДИ ЗА ОБРАБОТКА НА СТОМАНА СК 45 С ЛАЗЕРНО ЗАКАЛЯВАНЕ – ПРЕГЛЕД

Артурс Воркалис

### CK 45 STEEL PROCESSING METHODS USING LASER HARDENING - review

Arturs Vorkalis

***Abstract.** This is a literature review of how various ck 45 steel machining methods are used using laser hardening. Laser hardening is one of the economical techniques used to improve surface properties of target materials. This process is easy to use for improving surface properties of a complex shape component with minimum time requirement. Laser hardening—also referred to as laser case hardening—is a heat treating process used to improve the strength and durability of component surfaces. It employs the use of high-powered diode lasers that apply energy to heat localized areas of the component surface. These methods mostly based on experimental tests, with micro-hardness data used to obtain the hardness profile ck 45.*

***Keywords:** Laser hardening, hardening of steel Ck 45, diode laser, parameters.*

#### **Introduction**

Laser hardening is one of the economical techniques used to improve surface properties of target materials. This process is easy to use for improving surface properties of a complex shape component with minimum time requirement. The important beauty of this process is that only selective surface area properties can be improved without changing the remaining bulk material surface properties.[1-3].

Surface properties and wear resistance can be improved by laser hardening process. There are wide variety of industrial applications of laser hardening process for the mechanical components such as steering gear assemblies, diesel engine cylinder liner, turbine blades and stub axles to achieve maximum microhardness and to increase the wear resistance. Because of the self-quench and easily regulated laser power, laser surface treatment is a very versatile method that has been widely employed in the car and other industrial sectors.[4-5].

One important application is the laser hardening, which involves only a thermal effect on the surface where a new structure with high hardness is obtained on the top surface. In most of these applications, laser does not treat the complete surface of the components but rather small local tracks. With a designed and

delicate movement control system, laser hardening is suitable for some components with complex geometry, i.e. edges, corners and holes.[6].

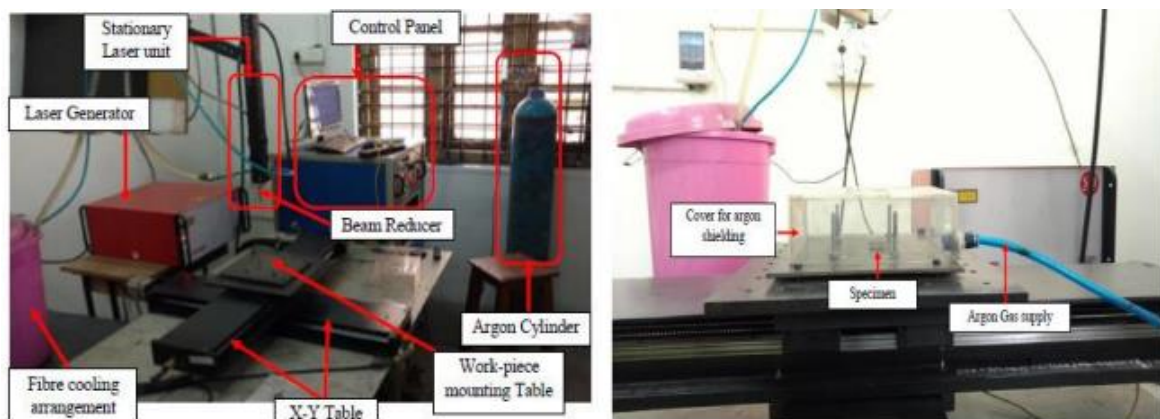
Many parameters that might affect the procedure should be examined in order to execute proper laser hardening for the parts and get the desired outcomes. Many studies have been conducted to determine the impact of the independent parameters of the laser hardening process, such as laser power, processing speed, laser spot size, and the work material's thermal characteristics.[7, 8, 9, 13].

## Methodology and Experimentations

In this part, we will look at 4 different laser hardening methods, which we will explore in more detail. In this chapter we will explore what kind of hardening lasers were used, what were the variable parameters of the laser. Also explore what are the best parameters for laser hardening of ck 45 steel. After laser annealing, the obtained result must be analyzed microstructure of steel ck 45 steel.

### 1 Laser hardening method

Figure 1 shows the image of fiber laser system continuous wave of 400 watt and 1070 nm laser wavelength. The experiments were conducted on the same laser system. The parameters of the laser hardening process used 210, 270 and 330 watt laser beam power, 1.0, 8.5 and 16.0 mm/s laser scanning speed and 200, 250 and 300 mm standoff distance as presented in Table 1. A laser beam diameter of 1.4 mm and argon gas used for creation of protective atmosphere during laser hardening process at a flow rate of 10 liters/min. The specimen's preparations were conducted using acetone. The specimens were cut into 20 mm x 8 mm x 8 mm by a wire electrical discharge machine.[10]



**Figure.1.** Fiber laser system (SPI 400 CW, Laser Science Pvt. Ltd. Mumbai)[9]



**Table 1.** Experimental CK45 steel laser hardness depth matrix Taguchi L9. [10]

Sr. No.	Laser Power (w)	Laser scanning speed (mm/s)	Standoff distance (mm)	Width ( $\mu\text{m}$ ) Ck45	Hardness depth of HAZ( $\mu\text{m}$ )	S/N Ratio
1.	210	1	200	1114.81	308.51	49.7854
2.	210	8.5	250	1088.34	249.10	47.9275
3.	210	16	300	1037.75	220.13	46.8536
4.	270	1	250	1094.68	325.14	50.2414
5.	270	8.5	300	1022.67	264.18	48.4380
6.	270	16	200	1063.68	231.32	47.2843
7.	330	1	300	1090.14	340.25	50.6360
8.	330	8.5	200	1093.22	322.32	50.1657
9.	330	16	250	1027.93	300.34	49.5523

**Table 2.** Signal to noise ratios response table larger is a better option. [10]

Level	Laser scanning speed	Laser beam power	Standoff distance
I	50.22	48.19	49.08
II	48.84	48.65	49.24
III	47.90	50.12	48.64
Delta	2.32	1.93	0.60
Rank	1	2	3

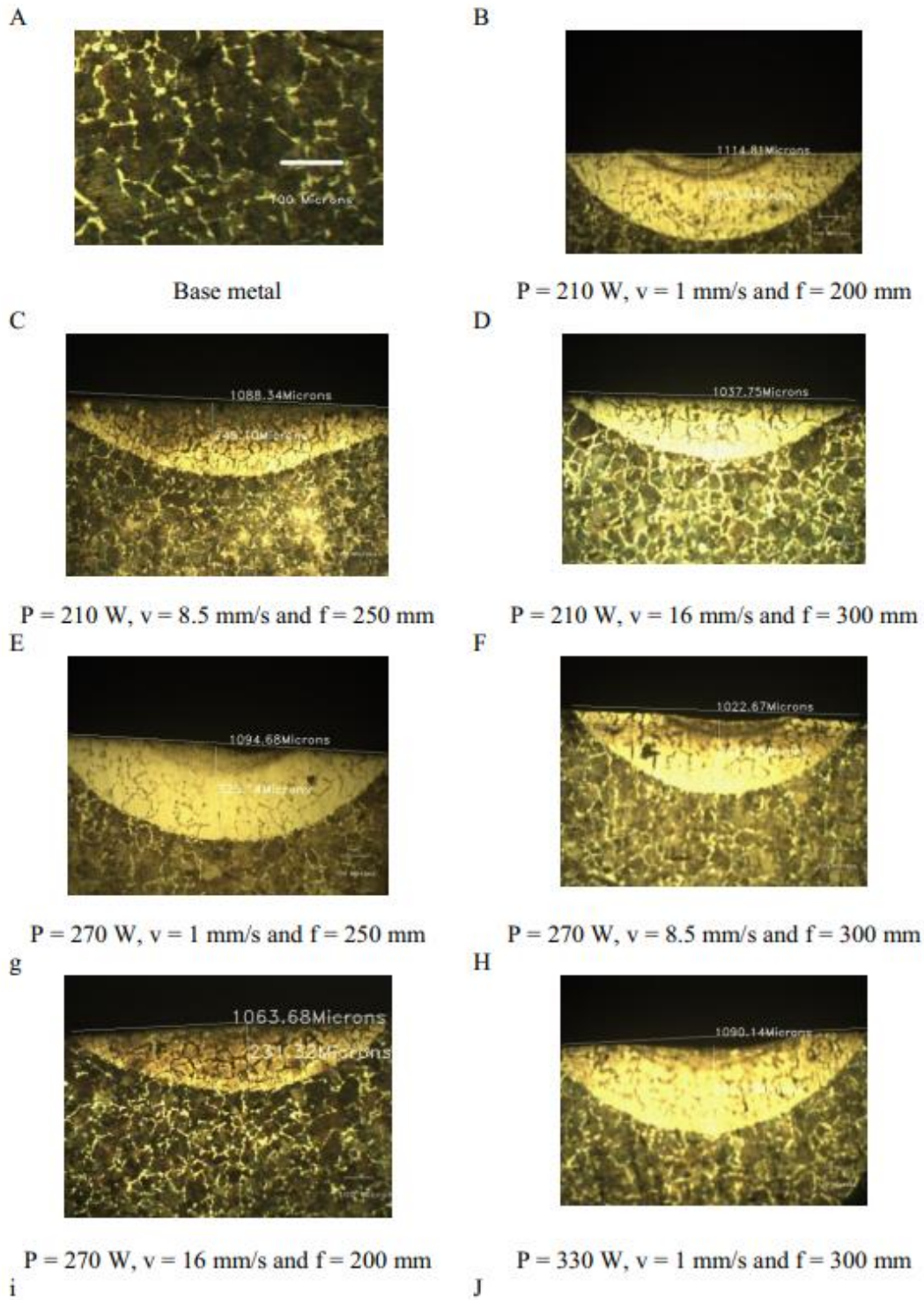


Figure 2. overview of the nine laser hardened specimen's microstructure[10]

$$\text{Hardness depth} = 219 + 0.514(\text{Laser beam power}) - 4.94(\text{Laser scan speed}) - 0.125(\text{Standoff distance}) - [10]$$

**Table 3 . Comparison of the experimental and predictive hardness depth values. [9]**

Expt. No.	Results obtained from the experiments	Results obtained from the predictive equation	Percentage error (%)
1.	308.51	297.00	3.88
2.	249.10	253.70	1.81
3.	220.13	210.40	4.62
4.	325.14	321.59	1.10
5.	264.18	278.29	5.07
6.	231.32	253.74	8.84
7.	340.25	364.18	1.71
8.	322.32	321.63	0.21
9.	300.34	278.33	7.91

## 2 Laser hardening method

CO<sub>2</sub> laser CHANXAN CW-1325 with max. power 150W and laser beam shape - Gauss was used to perform laserhardening for steel C45 and 7 experiments were done to see the effectiveness of laser hardening. There was laser scanning used to run the tests. 3 parameters of laser process were used: power, laser scanning rate and feed rate. The combination of mentioned 3 parameters in every of experiments is given in table 4.[10]

**Table 4. Used parameters. [11]**

Number of experiment	Power, W	Scanning speed, mm/s	Feed rate, mm <sup>2</sup> /s
1.	23	20	0.01
2.	23	40	0.01
3.	23	60	0.01
4.	30	40	0.01
5.	60	40	0.01
6.	30	20	0.01
7.	30	60	0.01

The power of laser was used not fully because using power more then 60 W the engraving process was started what means that surface of workpiece has been destroyed what is not acceptable for production. Experiments were carried out at temperature 20 °C in the room and temperature of workpiece was 19 °C. Measured

temperature in the process time on the workpiece was over 500 °C. The hardness of material of workpiece is 260 HV or 26 HRC.[11]

To examine the results after experiments there was used Microhardness measurer -Qness Q30A. HV 0.1 was used as a method to evaluate microhardness. After the examination of all 7 experiments on microhardness measurer the best results have eksperiments 2; 5 and 7. The results of mentioned three exsperiments give the best results thatsway is also analysed forward. The results of experiment 2 is shown in table 5 .[10]

*Table 5. Results of experiment No 2.[11]*

Nbr	Hardness	Method	X - Position	Y - Position
1	470	HV 0.1	0,02	0,00
2	514	HV 0.1	0,03	0,03
3	300	HV 0.1	0,06	0,00
4	329	HV 0.1	0,08	0,03
5	305	HV 0.1	0,10	0,00

### **3 and 4 Laser hardening methot.**

The experimental material is a roll- ed C45 steel cut into a 100 × 25 × 10 mm matrix by wire cutting. The experi- mental equipment is HGL-6000 cross flow CO<sub>2</sub> laser and 400 Watt Nd: YAG laser. Microstructure was observed using metallographic optical microscopy and scanning electron microscopy. The surface roughness meter is jB5C contour roughness meter. Hardness is measured by microhardness tester. After the matrix is quenched, the cross section of the matrix is cut out, and then ground and polished by the metallographic inlay machine. The experiment uses the laser sing- le channel to scan the sample. The technological parameters of CO<sub>2</sub> laser are power, scanning speed and defocus. It is shown in Table 6. The technological parameters of Nd:YAG laser are input current, pulse width and pulse frequency. It is shown in Table 7. [11]

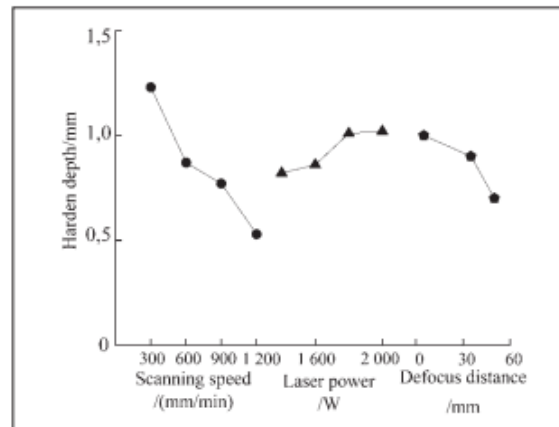
*Table 6. CO<sub>2</sub> laser parameters. [11]*

No.	Laser power	Scanning speed	Defocus distance
1	1 600 W	300 mm/min	35 mm
2	1 600 W	600 mm/min	35 mm
3	1 600 W	900 mm/min	35 mm
4	1 600 W	1200 mm/min	35 mm
5	1 400 W	600 mm/min	35 mm
6	1 600 W	600 mm/min	35 mm
7	1 800 W	600 mm/min	35 mm
8	2 000 W	600 mm/min	35 mm
9	1 600 W	600 mm/min	5 mm
10	1 600 W	600 mm/min	35 mm
11	1 600 W	600 mm/min	50 mm

**Table 7. Nd:YAG laser parameters. [11]**

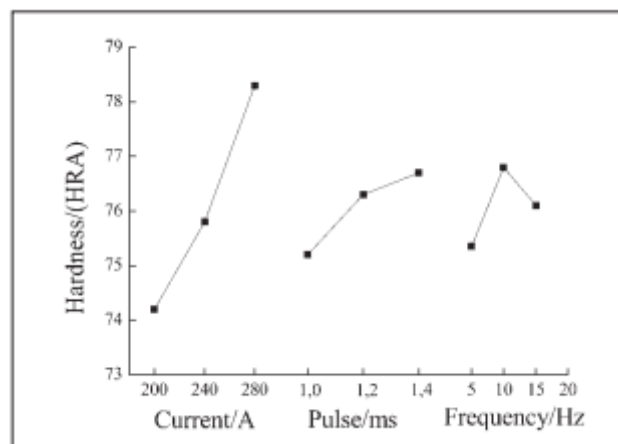
No.	Current/A	Pulse /ms	Frequency /Hz	HRA
1	200	1	5	72,5
2	200	1,2	10	74,8
3	200	1,4	15	75,1
4	240	1	10	76
5	240	1,2	15	76
6	240	1,4	5	75,6
7	280	1	15	77,1
8	280	1,2	5	78
9	280	1,4	10	79,6

In Figure 3, the depth of hardened layer decreases with the increase of scanning speed and defocusing amount, but increases with the increase of laser power.[11]



**Figure 3. Hardening depth of different parameters.[11]**

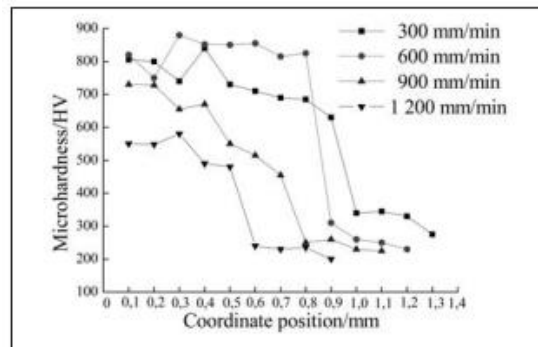
The data in Table 6 were intuitively analyzed by orthogonal method, and the curve effect diagram was drawn, as shown in Figure 4.[11]



**Figure 4. Curve effect diagram.[11]**

The cross section hardness of laser quenched samples was analyzed by microhardness tester. It can be seen from Figure 5 that the hardness distribution is

also relatively clear, the hardness of the hardened layer is the hardest, the hardness of the heat-affected area shows a downward trend, until it drops to the hardness of the matrix itself.[11, 12]



**Figure 5.** Effect of laser parameters on microhardness of hardened layer [11].

## Conclusions

**1.** Laserhardening is widely used in many industries and laserhardening of steel C45 is common occurrence. The experiments show that it is possible to harden the steel C45 with CO<sub>2</sub> laser however results was not continual good but showed that used laser with choosen parameters is suitable to achieve the requirements what are stated in the drawing.

**2.** Using CO<sub>2</sub> laser and process parameters: power 60 W, scanning speed 40 mm/s and feed rate 0.01 mm<sup>2</sup> /s is possible to achieve very good result – hardness 512 HV in depth 0.08 mm.

**3.** Laser quenching can improve the microhardness and surface hardness of the metal. The enhanced microhardness is about 2~5 times that of the matrix, and the surface hardness is about 3~5 times that of the matrix.

**4.** Nd:YAG laser optimum process parameters: current 280 A, pulse width 1,4 ms, frequency 10 Hz. Surface hard- ness HRA 81,5. Best process parameters of CO<sub>2</sub> laser: scanning speed 600 mm/min, power 1 600 W, defocus 35 mm. The maximum quenching depth of CO<sub>2</sub> laser is 1,1 mm and the maximum surface hardness is 1 233 HV.

**5.** From all the three variables, laser scanning speed is the foremost impacting noteworthy calculates of laser hardness depth of Ck45 steel, taken after by the laser beam power and standoff distance separate individually.

**6.** The maximum hardness depth attained is at 330 watt laser beam power, 1.0 mm/s laser scan speed and 300 mm standoff distance of Ck45 steel by laser hardening process.

**7.** Microstructure of laser hardness depth specimens of Ck45 steel highlights two different zones. The first one is the heat affected area and the second one is the base metal area. These are the main characteristics of a laser hardening process.

8. The hardness layer depth range is achieved from 220.13  $\mu\text{m}$  and 340.25  $\mu\text{m}$  for laser treated specimens.

### References

1. Advances in Mechanical Processing and Design 2021, pp 293-304, Santoshkumar V. Wagh Email author Dhananjay V. Bhatt Jyoti V. Menghani Sujit S. Pardeshi.
2. Lazov, L., H. Deneva, P. Narica, Factors influencing the color laser marking, 2015, ENVIRONMENT. TECHNOLOGIES. RESOURCES. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, v. 1, pp. 102-107, <https://doi.org/10.17770/etr2015vol1.223>
3. Lazov, L., T. Karadzhov, "Methods for Measuring Laser Power", Environment. Technology. Resources. Rezekne, Latvia, Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference. Volume 3, 173-180, 2021, Online ISSN 2256-070X, DOI: 10.17770/etr2021vol3.6565,
4. Adel, K. M., (2014). Enhancement of dry sliding wear characteristics of CK45 steel alloy by laser surface hardening processing, Procedia materials science.
5. Lazov, L., E. Teirumnieks, T. Karadzhov, N. Angelov, "Influence of power density and frequency of the process of laser marking of steel products.", Infrared Physics and Technology 116 (2021) 103783, DOI: 10.1016/j.infrared.2021.103783,
6. The influence of different conditions of laser-beam interaction in laser surface hardening of steels, Thin Solid Films, J. Grum, T. Kek, 2004
7. S. Martínez\*, A. Lamikiz, I. Taberner, E. Ukar, "Laser Hardening Process with 2D Scanning Optics", Department of Mechanical Engineering, University of the Basque Country (UPV-EHU), Spain, Physics Procedia 39 (2012) 309 – 317, DOI: 10.1016/j.phpro.2012.10.043
8. H. Pantsar, et al., "Effect of Processing Parameters on the Microstructure and Hardness of Laser Transformation Hardened Tool Steel," Proceedings of the 23rd International Congress on Applications of Laser and Electro- Optics (ICALEO 2004), San Francisco, California, USA
9. Angelov N. , E. Teirumnieks, L. Lazov, "Influence of pulse duration on the process of laser marking of CT80 carbon tool steel products", Laser Physics, v.31, 4 (2021), DOI 10.1088/1555-6611/abe5af
10. Santoshkumar V. Wagh, Dhananjay V. Bhatt, Jyoti V. Menghani and Shivnanda S. Bhavikatti, "Effects of laser hardening process parameters on hardness depth of Ck45 steel using Taguchi's optimization technique", (2020), IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 810 012027, DOI 10.1088/1757-899X/810/1/012027

11. Chen S. Y., Y. X. Chen, S. F. Jiao, L. Zhong, L. Gao, L. Miao, “Study on laser surface quenching structure and hardennessnog C45 steel., Metalurgija, 60 (2021) 3-4, 253-25

12. 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 CO2-laser, 12th International Scienfic and Practical conference Environment. Technology. Resources. ISBN 1691-5402, Vol 3, 20-22.06.2019 г. Резекне, Латвия, стр. 143-147;

13. Dolchinkov N. T., Lazov L., Shterev Y., Linkov L., Nedialkov D., Study of cutting and labeling of polymethylmethacrylate using a CO2 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:***

*Mg.sc.ing. Arturs Vorkalis, e – pasts : av09089@edu.rta.lv, Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne, Latvija*



DOI: 10.34660/INF.2023.66.77.028

## ВЛИЯНИЕ НА НОВИТЕ СТАНДАРТИ ЗА БЕЗЖИЧНА КОМУНИКАЦИЯ ВЪРХУ РАБОТНАТА И ДОМАШНАТА СРЕДА

Милен Симеонов<sup>1</sup>, Пеньо Пенев<sup>2</sup>

### IMPACT OF THE NEW WIRELESS COMMUNICATION STANDARDS ON THE WORK AND HOME ENVIRONMENTS

Milen Simeonov<sup>1</sup>, Penyo Penev<sup>2</sup>

**Abstract:** *The proliferation of wireless communication devices in people daily lives leads to the consideration of several issues related to the influence of electromagnetic radiation. Global standardization organizations impose strict requirements on devices emitting an electromagnetic field that are used in both workplaces and homes. The application of standards providing wireless communication must comply with these restrictions and at the same time not harm human health. The report examines the requirements of the international standardization organizations for electromagnetic radiation, and in particular – the requirements for wireless devices. An analysis of the impact of electromagnetic radiation on humans and animals is made, focusing on the devices using the Wi-Fi standard in both work and home environments.*

**Keywords:** *Wi-Fi, Internet standards, wireless communications, Wi-Fi safety*

#### 1. Въведение.

През последните няколко десетилетия хората все по-често са изложени на въздействието на електромагнитни полета (ЕМП) с различна честота и интензитет. Количеството електромагнитна енергия, погълната от човешкото тяло, също се е увеличило значително, като основна роля имат лични безжични източници на електромагнитни полета. Пример за такива са мобилните телефони, новите стандарти за безжична комуникация (Wi-Fi) и нарастващата им употреба както в домашни условия, така и в офисите [5, 12].

В съвременната авиация също значително нараства приложението на безжични устройства на борда на летателните апарати и в кулите за ръководство на полетите. Внедряване на нови системи за подпомагане на работата на ръководителите на полети и системи, увеличаващи радиолокационното покритие, като MLAT системите, внасят в работната среда ЕМП [3, 9]. По-конкретно, наблюдава се увеличение на нивото на електромагнитни излъчвания в диапазона от 10 kHz до 300 GHz от

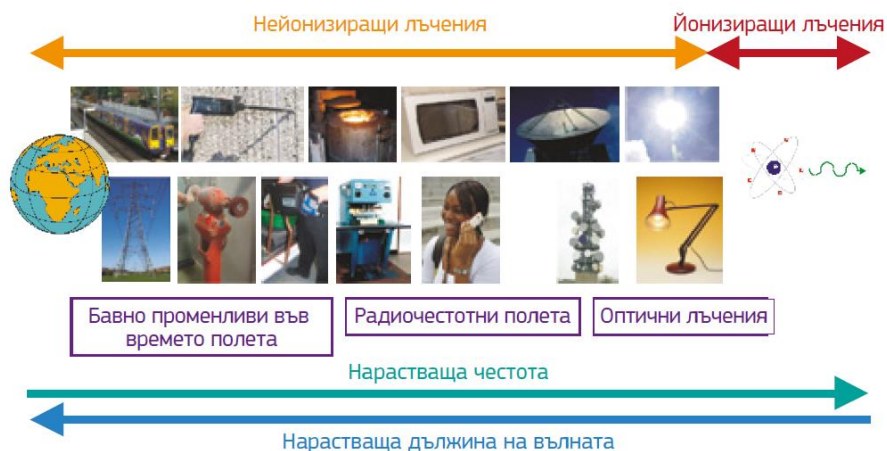
електромагнитния спектър, и още по-специално диапазонът около 1–3 GHz. Бързото нарастване на устройствата, работещи в този конкретен диапазон, води със себе си и увеличение на научните изследвания за въздействието му върху живите организми.

Към сегашния момент се представят малко данни за въздействието и ефектите при работа с безжични устройства, работещи в този диапазон. Разбира се, в световен мащаб продължават изследванията на въздействието на безжичните мрежи върху когнитивната функция или основната мозъчна физиология при хората [7, 8, 11].

Важното е, че всички тези ефекти имат праг, под който няма риск и получените дози облъчване под него не се натрупват в човешкия организъм. Ефектите, предизвикани от електромагнитните излъчвания, са преходни, като се ограничават до продължителността на излъчванията и спират или намаляват с прекратяването им. Това означава, че не може да има допълнителен риск за здравето, след като електромагнитното излъчване е преустановено. Поради тази причина е необходимо разглеждането на типовете и видовете източници на ЕМП, последиците и рисковете върху човешкото здраве и граничните допустими стойности на облъчване при въздействие на ЕМП.

## 2. Източници на електромагнитни полета.

В нашето ежедневие всеки човек бива изложен на различни видове електрически и магнитни излъчвания. Тези полета се генерират от източници, които се използват в бита и работното място, като електрическо оборудване, излъчвани радио и телевизионни предавания и съобщителни устройства. С бурното развитие на безжичните мрежи, те представляват основният източник на електромагнитни полета. На *Фигура 1* са показани някои от основните йонизиращи и нейонизиращи лъчения спрямо честотния диапазон [2, 6, 8].



**Фигура 1.** Схематично представяне на електромагнитния спектър и някои обичайни източници на ЕМП.

Степента на въздействие и големината на генерираните ЕМП ще зависи от големината на напреженията, токовете и честотата, с които работи оборудването, или които то генерира, както и от неговата конструкция. Някои видове типове оборудване може да бъдат проектирани целенасочено по такъв начин, че да генерират външни ЕМП [6, 8].

В този случай, оборудване с малки размери и ниска мощност може да създаде значителни външни ЕМП. Като цяло, ще се изисква допълнителна оценка за оборудване, което използва големи токове и високи напрежения или което е проектирано да излъчва електромагнитни лъчения.

Електромагнитните полета са онези познати явления, които възникват в природата. Смята се, че магнитното поле на Земята, което може да се открие на земната повърхност, се поражда от електрически токове, генерирани дълбоко в разтопеното желязно ядро на планетата Земя. Въпреки че произходът на това магнитно поле не е напълно изяснен, начините, по които то взаимодейства с магнитните материали, използвани в компасите, се прилагат в навигацията от векове. По същия начин електрическият заряд, генериран в буреносните облаци, създава много високи напрежения между самите тях и земната повърхност. Тези напрежения съответстват на електрически полета между облаци и земята и могат да доведат до големи бързи разряди на електрически ток между облака и Земята (мълнии).

Други източници на ЕМП са тези, създадени от хората. Те имат голям дял в ежедневието и тяхното въздействие представлява голям интерес за учените. Най-голям дял в тези ЕМП имат безжичните мрежи и GSM (Groupe Spécial Mobile; Global System for Mobile Communications) системите. Новите стандарти за Wi-Fi комуникация вече имат голям дял в офисите и домовете. Това поражда необходимост от изследване на тяхното влияние върху хората. Нарастващият брой подобни безжични устройства предполага съсредоточаване на изследванията върху тях като потенциален основен източник на ЕМП.

### **3. Последници за здравето и рискове за безопасността, произтичащи от електромагнитните полета.**

Въпросът какво влияние върху човешкото здраве оказват ЕМП, е вече изследван. Известно е, че ЕМП оказват влияние върху човека посредством честотата и интензитета. В някои случаи влияние оказва и видът на сигналите. Някои ЕМП предизвикват стимулиране на сетивните органи, нервите и мускулите, докато други причиняват нагряване. Ефектите, причинени от нагряване, се наричат топлинни, докато всички други ефекти са нетоплинни.

Влиянието на тези ефекти има праг, под който рискът за човешкото здраве е много малък и облъчвания под този праг не се натрупват по никакъв

начин. Ефектите, предизвикани от облъчване, са преходни, като се ограничават до продължителността на действието на ЕМП и спират или намаляват с прекратяването на облъчването. Това означава, че не може да има допълнителен риск за здравето, след като ЕМП изчезне. Поради тази причина, последиците върху човешкото здраве би трябвало да се отчитат само при въздействието на ЕМП, което се проявява чрез следните ефекти:

- Преки ефекти – представляват промени, които настъпват у човека в резултат на излагане на електромагнитно поле. В Директивата за ЕМП се разглеждат само добре изучени ефекти, които се основават на известни механизми. В нея се прави разлика между ефекти върху сетивните органи и последици за здравето, които се смятат за по-сериозни. Проявлението на тези ефекти върху човека се свеждат до световъртеж и гадене от статични магнитни полета (обикновено свързани с движение, но могат да възникнат и при неподвижно състояние); ефекти върху сетивните органи, нервите и мускулите, предизвикани от нискочестотни полета (до 100 kHz); нагряване на цялото тяло или части от него от високочестотни полета (10 MHz и повече); над само няколко GHz нагряването се ограничава предимно в повърхността на тялото, ефекти върху нервите и мускулите и нагряване от средновисоки честоти (100 kHz – 10 MHz).

- Дългосрочни ефекти – за разлика от облъчванията от радиация при ЕМП, особено в диапазона на безжичните мрежи няма утвърдени научни доказателства за присъствието на такива към сегашния момент.

- Непреки ефекти – този вид ефекти могат да бъдат предизвикани от наличието на обект в електромагнитното поле, което може да предизвика опасност за здравето или безопасността. Тяхното проявление се заключава в смущения на медицинско електронно оборудване и други изделия; смущения на активни имплантирани медицински изделия или оборудване, като например сърдечни стимулатори или дефибрилатори; смущения на медицински изделия, които се поставят върху тялото, като например инсулинови помпи; смущения на пасивни импланти (изкуствени стави, пирони, анкери, тел или пластини, изработени от метал); ефекти от шрапнел, метални украшения по тялото, татуировки и изкуство по украсяване на тялото; опасност от попадане на феромагнитни предмети в статични магнитни полета; неумишлено задействане на детонатори; пожари и взривове, възникнали от запалването на запалими или избухливи материали; поражения от електрически ток или изгаряния от електрически токове при допир, когато човек докосне проводящ предмет в електромагнитно поле, и той, или предметът, е заземен.

Необходимо е да се направи анализ на проявлението на тези ефекти в различните честотни диапазони, и по-конкретно в честотния диапазон, в който работят безжичните устройства.

На *Фигура 2* са показани честотните диапазони, над които са приложими различни стойности за предприемане на действия (СПД).



*Фигура 2.* Стойности за предприемане на действия в различните честотни диапазони.

Сините стълбове на фигурата показват нетоплинните ефекти, а червените – топлинните ефекти. Когато честотният диапазон е подчертан в зелено, тогава се изисква спазване както на нетоплинните ефекти (електрическо поле, магнитно поле и допирни токове), така и на топлинните ефекти (електрическо и магнитно поле).

*Таблица 1.* Изисквания за специфични оценки на ЕМП по отношение на общи дейности, оборудване и места, където има ЕМП.

Вид оборудване, работно място	Оценка се изисква за:		
	Хора, които не са изложени на специфичен риск	Хора, изложени на специфичен риск (без активни импланти)	Хора с активни импланти
<b>Безжични комуникации</b>			
Телефони, безжични (включително базови станции за цифрови безжични далекосъобщителни телефони) – при употреба	Не	Не	Да
Телефони, безжични (включително базови станции за цифрови безжични далекосъобщителни телефони) – намиращи се на работното място	Не	Не	Не
Телефони, мобилни – при употреба	Не	Не	Да
Телефони, мобилни – намиращи се на работното място	Не	Не	Не
Безжични комуникационни устройства (Wi-Fi или Bluetooth), включително точки за достъп за локални мрежи (WLAN) – при употреба	Не	Не	Да
Безжични комуникационни устройства (Wi-Fi или Bluetooth), включително точки за достъп за локални мрежи (WLAN) – намиращи се на работното място	Не	Не	Не
<b>Офис</b>			
Аудио-визуално оборудване (напр. телевизори, възпроизвеждащи устройства за DVD)	Не	Не	Не

Аудио-визуално оборудване, съдържащо радиочестотни предаватели	Не	Не	Да
Комуникационно оборудване и мрежи, жични	Не	Не	Не
Компютърно и ИТ оборудване	Не	Не	Не
Вентилаторни отоплителни уреди, електрически	Не	Не	Не
Вентилатори, електрически	Не	Не	Не
Офис оборудване (напр. фотокопирни машини, машини за унищожаване на документи чрез нарязване, електрически шивачки за телбод)	Не	Не	Не
Стационарни телефони и факсмашини	Не	Не	Не

Граничните стойности на нивата на въздействие на ЕМП и свързаните с тях СПД се базират на насоките, публикувани от Международната комисия за защита от нейонизиращи лъчения (International Commission on Non-ionizing Radiation Protect – IONICNIRP). В Директивата за ЕМП от държавите членки се изисква да включат граничните стойности в своето национално законодателство. Директивата за ЕМП съдържа разпоредби, които допускат преразглеждане на СПД от страна на Комисията, ако възникне такава необходимост.

За хора, които не са изложени на специфичен риск, се изисква оценка на приетото ЕМП само за приложимите СПД или граничните стойности. За хората, изложени на специфичен риск, се прави оценка спрямо базовите нива, дадени в препоръката на Съвета на Европейския съюз. В резюме, оценката за хора, изложени на специфичен риск, е значително по-сложна. Стойностите за предприемане на действия, по отношение на преките ефекти, може да не осигуряват подходяща защита за тези хора и трябва да се извърши отделна оценка.

При хората, притежаващи активни импланти и при оценката на риска за персонално облъчване от ЕМП, трябва да се вземе под внимание информацията, която е предоставена от здравния екип, отговорен за имплантирането на конкретното медицинско изделие.

#### **4. Гранични стойности на облъчване от електромагнитни полета.**

Широкото използване на устройства, излъчващи ЕМП, най-вече безжичните мрежи, както в домашни условия и офиси, така и на борда на летателните апарати, кулите за ръководство на полетите и летищата, налага въвеждането на строги регулации и гранични стойности на електромагнитно облъчване на човека. Европейската комисия е въвела такива изисквания и гранични стойности с Директива 2013/35/ЕС на Европейския парламент и на Съвета [2, 4]. Целта на Директивата за ЕМП е да се въведат минимални изисквания за здраве и безопасност по отношение на работата с ЕМП. В съответствие с Договора за функционирането на Европейския съюз, отделните държави членки могат да изберат да запазят съществуващото

законодателство или да въведат ново законодателство с изисквания, които са обосновано по-строги от съдържащите се в Директивата за ЕМП, в която са представени изискванията, граничните стойности на ЕМП и оценката на риска.

Описаните гранични стойности в Директивата са разделени в следните основни групи, в зависимост от честотния диапазон на електромагнитното излъчване [1, 2, 10]:

- Нетоплинни ефекти – тези ефекти възникват в честотния диапазон от 0 Hz до 10 MHz. В Таблицы 2, 3 и 4 са показани стойностите за този честотен диапазон.

**Таблица 2.** Гранични стойности на нивата на въздействие на ЕМП за външна магнитна индукция в честотния диапазон от 0 Hz до 1 Hz.

Граничните стойности на нивата на въздействие на ЕМП за външна магнитна индукция в честотния диапазон от 0 Hz до 1 Hz	
	по отношение на ефектите за чувствителност
Нормални условия на работа	2 T
Локално облъчване на крайниците	8 T
	по отношение на последиците за здравето
Контролирани условия на работа	8 T

**Таблица 3.** Гранични стойности на нивата на въздействие на ЕМП по отношение на последиците за здравето за интензитет на вътрешно електрическо поле в честотния диапазон от 1 Hz до 10 MHz.

Гранични стойности на нивата на въздействие на ЕМП по отношение на последиците за здравето за интензитет на вътрешно електрическо поле в честотния диапазон от 1 Hz до 10 MHz	
Честотен обхват	Гранични стойности по отношение на последиците за здравето
$1 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$1,1 \text{ Vm}^{-1}$ (върхова стойност)
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$3,8 \cdot 10^{-4} f \text{ Vm}^{-1}$ (върхова стойност)

**Таблица 4.** Стойности за предприемане на действия при облъчване от електрически полета в честотния диапазон от 1 Hz до 10 MHz.

СПД при облъчване от електрически полета в честотния диапазон от 1 Hz до 10 MHz		
Честотен диапазон	Интензитет на електрическото поле Ниски СПД (E) [ $\text{Vm}^{-1}$ ] (СКВ)	Интензитет на електрическото поле Високи СПД (E) [ $\text{Vm}^{-1}$ ] (СКВ)
$1 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \text{ Hz} \leq f < 50 \text{ Hz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$1,0 \times 10^6 / f$
$1,64 \text{ kHz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f < 10 \text{ MHz}$	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

- Термични ефекти – влиянието на тези ефекти е в честотния диапазон от 100 kHz до 300 GHz. Именно в него попадат и безжичните Wi-Fi мрежи и мобилните оператори. Последици за здравето за честоти от 100 kHz до 6 GHz (Таблица 5) са гранични стойности за енергията и

мощността, погълнати от единица тъканна маса в тялото, в резултат на облъчване на електрически и магнитни полета.

**Таблица 5.** *Гранични стойности на нивата на въздействие на ЕМП по отношение на последиците за здравето в честотния диапазон от 100 kHz до 6 GHz.*

Гранични стойности на нивата на въздействие на ЕМП по отношение на последиците за здравето в честотния диапазон от 100 kHz до 6 GHz	
Гранични стойности по отношение на последиците за здравето	Стойности на СПМ, усреднени за произволен интервал от шест минути
Гранични стойности, свързани с термичен стрес в цялото тяло, изразени като усреднени СПМ в тялото	0,4 Wkg <sup>-1</sup>
Гранични стойности, свързани с локален термичен стрес в главата и трупа, изразени като локални СПМ в тялото	10 Wkg <sup>-1</sup>
Гранични стойности, свързани с локален термичен стрес в крайниците, изразени като локални СПМ в крайниците	20 Wkg <sup>-1</sup>

**Таблица 6.** *Гранични стойности на нивата на въздействие на ЕМП по отношение на ефектите за чувствителността в честотния диапазон от 0,3 Hz до 6 GHz.*

Гранични стойности на нивата на въздействие на ЕМП по отношение на ефектите за чувствителността в честотния диапазон от 0,3 Hz до 6 GHz	
Честотен обхват	Локално специфично поглъщане на енергия (СП)
0,3 Hz ≤ f ≤ 6 GHz	10 mJkg <sup>-1</sup>

Стойностите, показани в Таблица 6, са изчислени спрямо средното локално СП на единица маса 10 g човешка тъкан.

**Таблица 7.** *Гранични стойности на нивата на въздействие на ЕМП по отношение на последиците за здравето в честотния диапазон от 6 GHz до 300 GHz.*

Гранични стойности на нивата на въздействие на ЕМП по отношение на последиците за здравето в честотния диапазон от 6 GHz до 300 GHz	
Честотен обхват	Гранични стойности по отношение на последиците за здравето, свързани с плътността на мощността
6 GHz ≤ f ≤ 300 GHz	50 Wm <sup>-2</sup>

Плътността на мощността се осреднява за всеки 20 cm<sup>2</sup> изложена на облъчване площ. Средната стойност на максималната пространствена плътност на мощността, изчислена за 1 cm<sup>2</sup>, не би трябвало да надвишава повече от 20 пъти показаната в Таблица 7 стойност. Плътността на мощността в честотния диапазон от 6 GHz до 10 GHz се осреднява за произволен интервал от шест минути. Над 10 GHz плътността на мощността се осреднява за произволен интервал от 68/f<sup>1,05</sup> минути (където f е честотата,



изразена в GHz), за да се компенсира намаляването на дълбочината на проникване при увеличаването на честотата.

Показаните гранични таблични стойности на нивата на въздействие на ЕМП трябва да се отчитат при работата с безжичните устройства, особено в работна среда, където се предполага, че има голям брой подобни устройства.

## 5. Заключение.

По-голямата част от източниците на електромагнитни полета в дома и на работното място генерират изключително ниски нива на облъчване и има малка вероятност тези най-обичайни трудови дейности да доведат до нива на облъчване, които да надвишават стойностите за предприемане на действие или граничните стойности на облъчване, приети в Директивите за електромагнитните полета на Европейския съюз. Към днешна дата има малко налични данни за ефектите от остро излагане на Wi-Fi върху когнитивната функция или основната мозъчна физиология при хората. Нарастването на броя на използваните безжични устройства и въвеждането на новите стандарти, използващи насочени и/или остро насочени антени, налага допълнителни изследвания за тяхното влияние върху здравето на хората.

## Литература:

1. Директива 2013/35/ЕС на Европейския парламент и на Съвета. 26 юни, 2013, L 179 / ISSN 1977-0618.
2. Европейска комисия. Незадължително ръководство за добри практики при прилагане на Директива 2013/35/ЕС за електромагнитните полета. *Практическо ръководство*. Люксембург, 2015, том 1, ISBN 978-92-79-45888-0.
3. Пенева В. Приложение на MLAT системите за подобряване на радиолокационното покритие, *Chief Information Officer, Ай Си Ту Медиа*. Гр. София, 2019, ISSN 13112-5605.
4. Arribas E., Ramirez-Vazquez R., et al. Comment on Wi-Fi is an Important Threat to Human Health, *Environmental Research*. 2018, p. 639–639, DOI <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.08.029>.
5. Bektas, H., Dasdag, S., et al. Comparison of Effects of 2.4 GHz Wi-Fi and Mobile Phone Exposure on Human Placenta and Cord Blood, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 2020, vol. 34 (1), p. 154–162, DOI <https://doi.org/10.1080/13102818.2020.1725639>.
6. Heinrich, H. Assessment of Non-sinusoidal, Pulsed or Intermittent Exposure to Low Frequency Electric and Magnetic Fields, *Health Phys.* 2007, vol. 92, No 6, p. 541-546.
7. ICNIRP. ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields from 100 kHz to 300 GHz, *Health Phys.* 2020, vol. 118

(5),

p. 483–524, DOI 10.1097/HP.0000000000001210.

8. ICNIRP. ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Electric Fields Induced by Movement of the Human Body in a Static Magnetic Field and by Time-varying Magnetic Fields Below 1 Hz, *Health Phys.* 2014, vol. 106, No 3, p. 418-425.

9. Marinov M. S., V. P. Peneva. An Algorithm Optimizing the Geometric Distribution of the Stations in Aeronautical Multilateration Systems, *Aeronautical Research and Development*. Dolna Mitropoliya, 2022, vol. 1, p. 58-69, ISSN 2815-2948.

10. NRPB. Review of the Scientific Evidence for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields from 0 GHz to 300 GHz, *Documents of the NRPB*. 2004, vol. 15, No 3.

11. Pall, M. L. Wi-Fi is an Important Threat to Human Health, *Environmental Research*. 2018, vol. 164, p. 405–416, DOI <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.035>.

12. Zhao Xia. IP Network eBook Series – Wi-Fi 6, *Copyright Huawei Technologies Co., Ltd.* 2021.

**Адреси за кореспонденция:**

1. Милен Даниелов Симеонов, асистент инж., Висше военновъздушно училище „Георги Бенковски“, гр. Долна Митрополия, факултет „Авиационен“; гр. Плевен, ул. „Никола Петков“ № 7 +359 88 411 82 87, Email: [msimeonov@af-acad.bg](mailto:msimeonov@af-acad.bg)

2. Пеньо Господинов Пенев, главен асистент д-р инж., Висше военновъздушно училище „Георги Бенковски“, гр. Долна Митрополия, факултет „Авиационен“; гр. Плевен, ж.к. „Дружба III“, бл. 319, вх. Д, ап. 5, +359 88 559 72 99, Email: [ppenev@af-acad.bg](mailto:ppenev@af-acad.bg)

DOI: 10.34660/INF.2023.90.80.029

## ГЛОБАЛНОТО ЗАТОПЛЯНЕ – ПРИЧИНИ ЗА ИЗМЕНЕНИЕТО НА КЛИМАТА

Анелия Владиславова Близнакова

## GLOBAL WARMING – CAUSES OF CLIMATE CHANGE

Aneliya Vladislavova Bliznakova

**Abstract:** *Global warming is the increase in the average temperature of the Earth's atmosphere and global oceans that has been observed since the 1950s. Evidence of a warming climate system includes observed increases in global average air and ocean temperatures, widespread melting of snow, and ice sheets and global mean sea level rise. Temperature changes in different parts of the world are not the same. Climate responds to several types of external factors, such as radiative forcing due to changes in atmospheric composition, changes in solar luminosity, volcanic eruptions, and variations in Earth's orbit. Analysis of the causes of changes in temperatures in recent decades concentrates on the first three of these factors. A rise in temperature can in turn lead to other changes, such as retreating glaciers, rising global ocean levels, and changes in the quantitative and geographic distribution of precipitation. The consequences of global warming on the environment and man are numerous and varied. The fact that there is global warming does not exclude the possibility of lowering the temperature locally. One hypothesis states that global warming will cause the Gulf Stream to significantly weaken or even stop due to the release of too much fresh water from melting ice in the North Atlantic Ocean, which would lead to a significant cooling of all of northern and western Europe. Some scientists believe that the consequences of global warming are actually much more serious than reported in the press and reports.*

**Keywords:** *global warming, climate, radiative forcing, environment*

### 1. Въведение.

Глобално затопляне е повишаването на средната температура на атмосферата и световния океан на Земята. Често като синоним на глобалното затопляне се използва изменение на климата. За периода 1906–2005 г. е установено повишаване на средната глобална температура в близост до земната повърхност средно с  $0,74 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ . Официалното становище на Рамковата конвенция на ООН за изменението на климата е, че „основната част от наблюдаваното от средата на 20-ти век увеличение на

глобалните средни температури, вероятно се дължи на наблюдаваното нарастване на концентрациите на антропогенни парникови газове“.

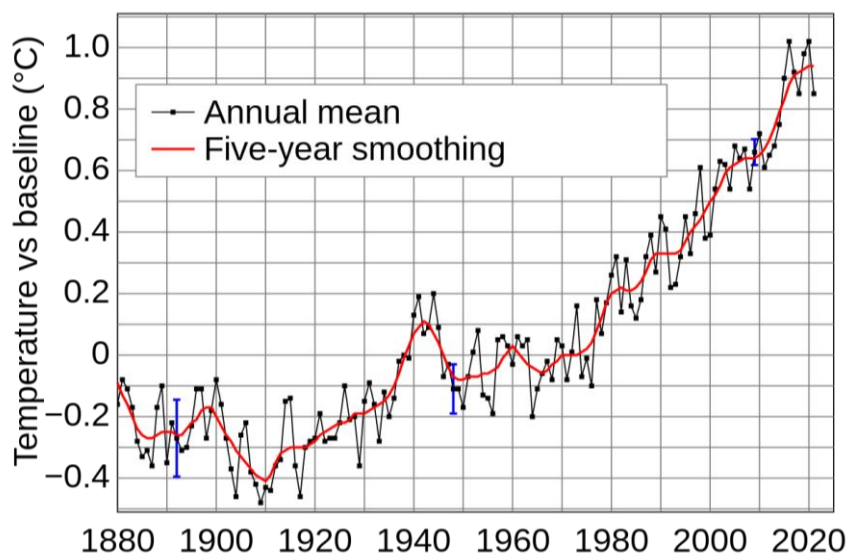
## **2. Наблюдавани промени в температурите.**

Свидетелствата за затопляне на климатичната система включват наблюдаваното увеличение на глобалните средни температури на въздуха и океанските води, широко разпространеното топене на снегове и ледове и повишаването на глобалното средно морско равнище. Линеино интерполираната глобална средна повърхностна температура нараства с  $0,74 \pm 0,18^\circ\text{C}$  за периода 1906–2005 година, като скоростта на затопляне през втората половина на този период е почти два пъти по-голяма от средната за периода.

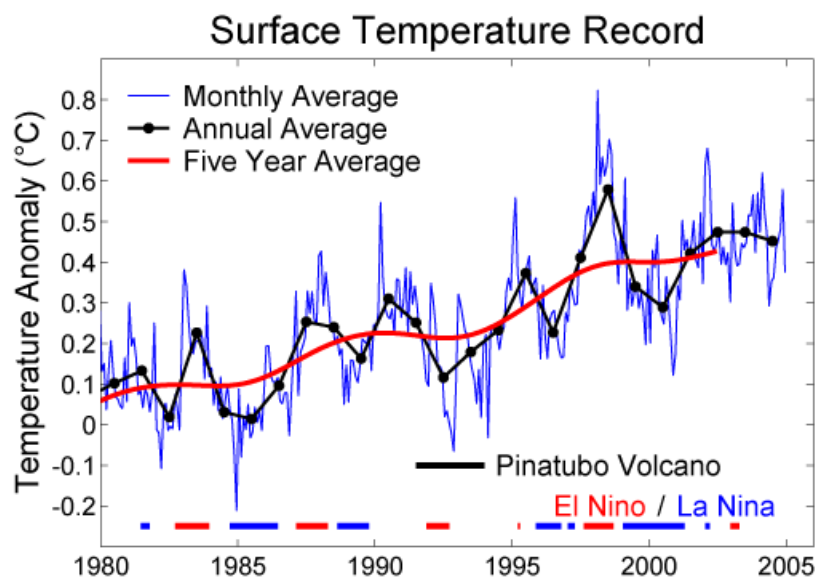
Според спътникови температурни измервания, след 1979 година температурата на долната тропосфера се увеличава с между  $0,13$  и  $0,22^\circ\text{C}$  на десетилетие. Оценки на Института за космически изследвания „Годард“ и Националният център за климатични данни показват, че 2005 г. и 2010 г. са най-топлите години от началото на надеждни масови измервания. В същото време, според оценки на Центъра за климатични изследвания, 2005 г. е втората най-топла година след 1998 г. и пред 2003 г. и 2010 г., които остават на трето място, макар че „оценката на грешката за отделните години... е поне десет пъти по-голяма от разликите между тези три години“.

Според Световната метеорологична организация, номиналната стойност за 2010 година е  $+0,53^\circ\text{C}$ , по-голяма от тези за 2005г ( $+0,52^\circ\text{C}$ ) и 1998 ( $+0,51^\circ\text{C}$ ) година, макар че „разликите между тях не са статистически значими“. Температурните промени в различните части на света не са еднакви. След 1979 година, температурите на сушата се увеличават около два пъти по-бързо от тези в океана – с  $0,25^\circ\text{C}$  на десетилетие срещу  $0,13^\circ\text{C}$  на десетилетие. Причина за това е голямата ефективна топлоемкост на океаните и по-бързото им охлаждане в резултат на изпарението.

Северното полукълбо се затопля по-бързо, отколкото Южното, защото там делът на сушата е по-голям и заради по-големите площи на сезонна снежна и ледена покривка, подложена на обратната връзка лед-алbedo. Макар че в Северното полукълбо се отделят повече парникови газове, отколкото в Южното, това не допринася за разликата, тъй като основните парникови газове съществуват достатъчно дълго, за да се смесят в двете полукълба.



Фигура 1. Средна глобална повърхностна температура от 1856 до 2020 г.



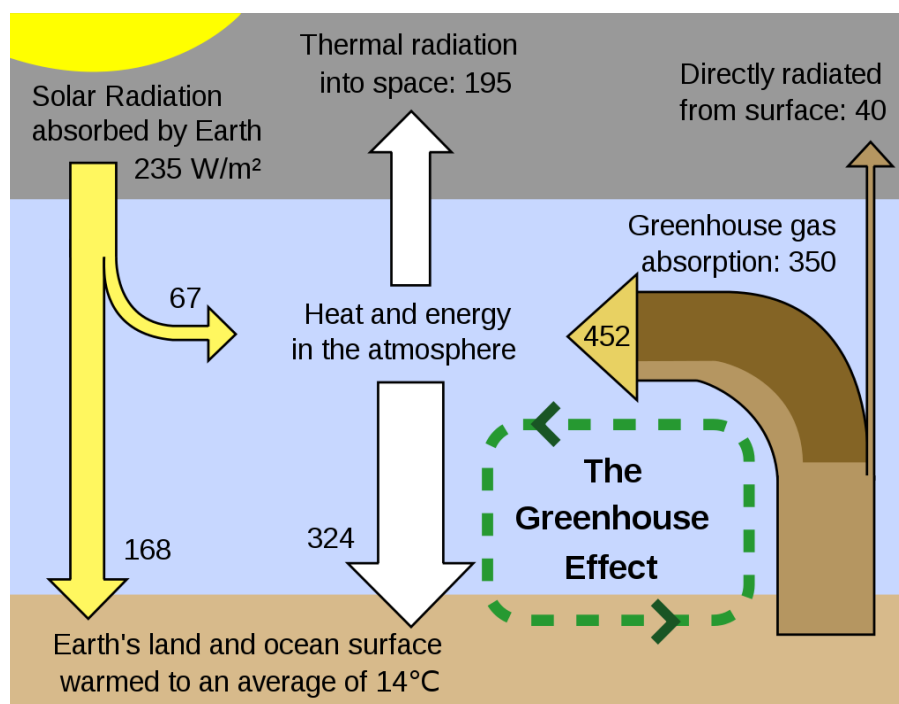
Фигура 2. Средна температура на повърхността на Земята от 1980 до 2005 г.

### 3. Първични причини.

Това са процесите, външни за климатичната система, макар и незадължително външни за Земята, които оказват влияние върху климата. Климатът реагира на няколко вида външни фактори, като радиационните фактори, дължащи се на промените в състава на атмосферата (най-вече на концентрациите на парникови газове), промените в слънчевата светимост, вулканичните изригвания и вариациите на орбитата на Земята. Анализът на причините за промените в температурите през последните десетилетия се концентрира върху първите три от тези фактори, тъй като орбиталните цикли имат период от десетки хиляди години и ефектът от тях е охлаждащ.

### 3.1. Парникови газове.

Парниковият ефект е процес, при който абсорбцията и емисията на инфрачервени лъчи от газове в атмосферата водят до затопляне на ниските слоеве на атмосферата и на земната повърхност. Парниковият ефект е естествен процес, като предизвиканото от него затопляне се оценява на около 33°C. Основните парникови газове са водната пара, на която се дължи 36–70% от парниковия ефект, въглеродният диоксид 9–26%, метанът 4–9% и озонът 3–7%. Парниковите газове са въглеродният диоксид, метанът, тропосферният озон, фреонът и диазотният оксид, като от 1750 година насам, концентрациите на въглероден диоксид и метан са нараснали съответно с 36% и 148%. Според данни от сондиране на ледниците, тяхната концентрация днес е значително по-висока, в сравнение с всеки друг период от последните 800 хиляди години. Според други косвени геоложки данни, концентрациите на въглероден диоксид са достигали по-високи стойности преди около 20 милиона години. През последните 20 години, увеличението на въглеродния диоксид, в резултат на човешката дейност се дължи на изгарянето на изкопаеми горива и главно на промените в използването на земите [1].



Фигура 3. Схема на парниковия ефект, показваща обмена на енергия между космоса, атмосферата и земната повърхност.

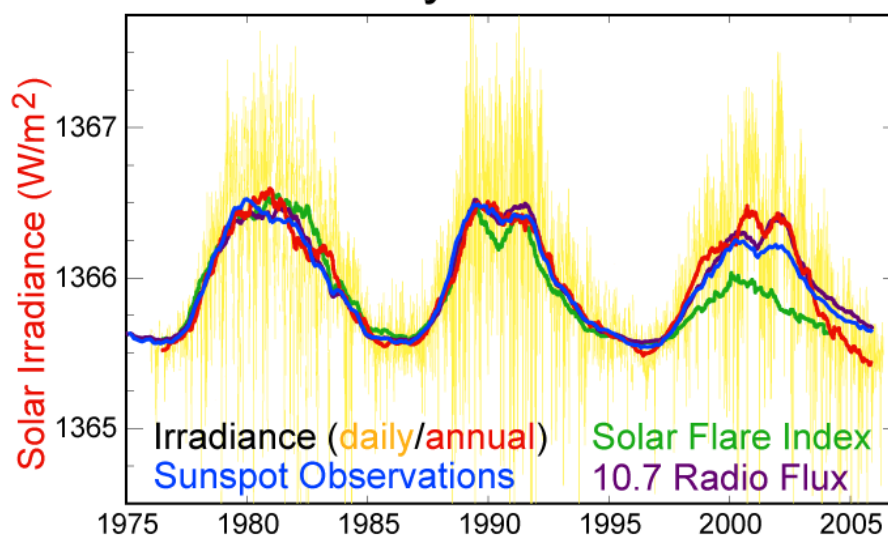
### 3.2. Слънчева активност.

Под слънчева активност се разбират измененията на количеството слънчева радиация под формата на енергия. Някои от тези промени в активността са периодични, но други промени не следват никаква закономерност. Съществуват различни и противоречиви хипотези за

връзката между слънчевата активност и глобалното затопляне. Група учени от Университета „Дюк“ са установили, че Слънцето вероятно е допринесло около 45–50% към увеличаването на средните температури на повърхността на земята в периода 1900 г. – 2000 г. Те предполагат, че в компютърните модели, ролята на парниковия ефект е завишена, а тази на слънчевата активност занижена. Но въпреки всичко това, те потвърждават хипотезата, че по-голямата част на затоплянето от средата на 20-ти век се дължи на увеличението на парниковите газове.

Увеличаването на слънчевата активност би затоплило по-голямата част от стратосферата, докато парниковият ефект предвижда охлаждане на тази част от атмосферата. Експерименталните наблюдения от 1960 година насам показват охлаждане на долната част на стратосферата.

### Solar Cycle Variations



Фигура 4. Цикли на слънчевата активност за периода 1975 - 2005 г.

### 3.3. Вулканична дейност.

Към природните източници, допринасящи за затоплянето спадат изригванията на вулканите и изветряването на варовиковите скали. Изветряването на варовиковите скали е бавен процес и отнема десетки столетия. Изригването на вулканите от друга страна е бърз, често непредсказуем и хаотичен процес, като при едно изригване на голям вулкан за няколко дни в атмосферата се изхвърля повече газове, отколкото може да създаде цялата човешка дейност за няколко месеца. При изригването се образуват водни пари, въглероден диоксид, серен диоксид, хлороводород, флороводород и сажди, които се изхвърлят в стратосферата до 30 километра височина.

Голяма част от хлороводорода и флороводорода се разтварят във водните пари и след това падат на земята като киселинен дъжд, което прави вулканите естествен източник на киселинен дъжд. Някои химични реакции

в атмосферата водят до образуване на СО<sub>2</sub>, който руши озоновия слой. Съществуват и подводни вулкани, които затоплят водата на океаните. Тяхната засилена дейност може да доведе до топене на ледниците с катастрофални последици. Много често изригването на вулканите е съпроводено със земетресения, гейзери и образуване на горещи извори.

#### **4. Какви могат да бъдат последствията?**

Въпреки че, не винаги наблюдаваните ефекти могат да се свържат стопроцентово с глобалното затопляне, съществува вероятност за връзка между тях, потвърдена и от сложните компютърни модели, които учените използват, за да правят прогнози. Повишаването на температурата може да доведе от своя страна до други промени, като отдръпване на ледниците, повишаване нивото на световния океан и промени в количественото и географското разпределение на валежите. Като следствие от това, вторичните ефекти са: повишаване броя и честотата на наводненията, сушите, ураганите и други природни бедствия. Учените са на мнение, че изненадите в климата ще са често явление. Повечето ефекти ще са следствие на 3-те основни фактора: повишаване нивото на световния океан, увеличаване на температурите и промени в количеството и честотата на валежите. До края на ХХI-ви век се очаква нивото на океаните да се повиши със средно от 18 до 59 см.

Последствията от глобалното затопляне върху околната среда и човека са многобройни и различни, а дългосрочните прогнози понякога са противоречиви и комплексни. Фактът, че съществува глобално затопляне, не изключва възможността от понижаване на температурата локално. Една от хипотезите гласи, че глобалното затопляне ще доведе до значително отслабване или дори спиране на течението „Гълфстрийм“ поради отделяне на твърде много сладка вода от топенето на ледовете в северния Атлантическия океан, което би довело до значително охлаждане на цяла северна и западна Европа. Отделни учени считат, че последствията от глобалното затопляне всъщност са много по-сериозни отколкото се съобщава в пресата и докладите.

#### **5. Заключение.**

Съществуват различни спорове и противоречия относно естеството, причините и последствията на глобалното затопляне. Спорните въпроси включват причините за повишената глобална температура на въздуха, особено след средата на 20 век, дали хората са допринесли значително за него и дали повишението напълно или частично е продукт на неточни измервания. Допълнителни спорове съществуват за климата, прогнозите за допълнително затопляне и какви ще бъдат последствията от глобалното затопляне.



Смекчаването на изменението на климата включват действия, целящи намаляване на емисиите на парниковите газове или подобряване на капацитета на въглеродните оттоци за абсорбиране парниковите газове от атмосферата. Адаптацията е особена важна в развиващите се страни, тъй като те най-вероятно ще носят най-голямата тежест от въздействието на глобалното затопляне. Тя може да е планирана, като реакция или очакване на глобалното затопляне, или да е спонтанна, тоест без намеса на правителството.

**Литература:**

1. [https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change\\_bg](https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_bg) (accessed 29 October, 2022, 22:14).
2. Уикипедия

**Адреси за кореспонденция:**

1. Анелия Владиславова Близнакова, курсант-сержант, Висше военновъздушно училище „Георги Бенковски“, гр. Долна Митрополия, факултет „Авиационен“; +359 88 400 67 36, Email: [anelka.2001@abv.bg](mailto:anelka.2001@abv.bg)

DOI: 10.34660/INF.2023.30.85.030

## ГЛОБАЛНОТО ЗАТОПЛЯНЕ – ФАКТ ИЛИ ЧОВЕШКА ГРЕШКА

Кристияна Иванова Николова

### GLOBAL WARMING – FACT OR HUMAN FAULT

Kristiyana Ivanova Nikolova

**Abstract:** *Extreme heat waves, melting glaciers, large-scale droughts, devastating forest fires and rising carbon dioxide levels are just some of the serious side effects of a distressed planet. In a vast and interconnected ecosystem like Earth, where humans, animals, plants and weather work together to sustain life, any radical changes in climate cause a ripple effect of damage to all forms of life. Burning fossil fuels, cutting down forests and raising livestock are increasingly affecting the Earth's climate and temperature. This adds huge amounts of greenhouse gases to those released naturally into the atmosphere, increasing the greenhouse effect and global warming. The globe has already warmed 1 degree above pre-industrial levels, resulting in the climate disasters we have witnessed recently. According to UN calculations, to keep warming below 1.5 degrees, countries must reach "net zero" gas emissions by 2050. But decarbonisation efforts have failed miserably since the Paris Agreement. While mitigating climate change by reducing greenhouse gas emissions to zero has long been the goal of scientists, the reality is now inescapable - humans will have to learn to live with the consequences of a changing Earth. Global warming is here to stay for the foreseeable future, and humans will have to learn to cope with it. Efforts to protect societies against the increasing intensity and frequency of extreme weather events are now underway around the world. These include minimizing the effects of sea level rise, ocean acidification, changing rainfall patterns and rising temperatures.*

**Keywords:** *Earth, global, climate, temperature, world, weather*

#### 1. Въведение.

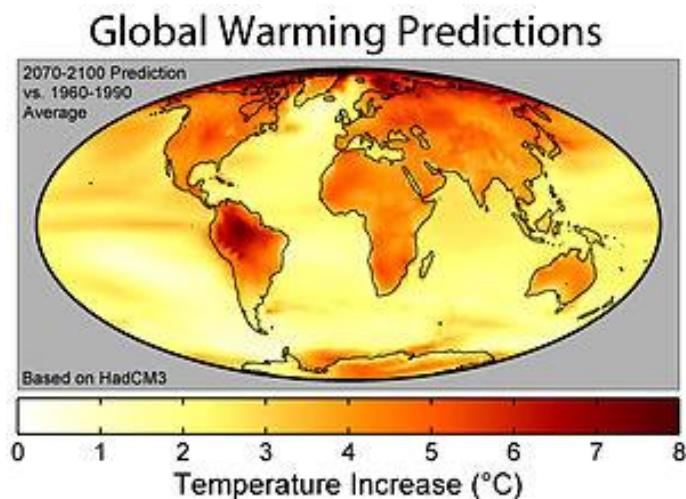
Човешката грешка е често споменавана като причина за злополуки, когато всички други фактори са елиминирани. Това не означава, че човешката грешка не може да бъде разследвана чрез научните принципи. В днешни дни, има значителен интерес към проучването на човешките грешки.

Промяната на климата е следствие на дългосрочното изменение на метеорологичните условия – от няколко десетилетия до милиони години. Когато говорим за промяна на климата за хиляди или милиони години, причината за глобалното затопляне или изстиването на планетата се дължи

на променящата се орбита на Слънцето. То се движи според така наречените Цикли на Миланкович, които в историята са предизвикали ледникови периоди и свръх горещи глобални затопляния. Необичайното в нашия случай обаче е, че през относително кратък период от последните 150 години на климата на Земята се е променил доста чувствително. Поради тази причина е много важно да разберем добре, защо за така бързо се стигна до драстичното натрупване на причини за глобалното затопляне.

## 2. Температурата като променлива величина.

Немалко проучвания еднозначно доказват, че глобалната средна температура се е покачила сериозно от средата на ХХ-ти век. Този феномен се нарича глобално затопляне и е причинено от човешката дейност. Животът на нашата планета Земя е възможен единствено, когато естествения парников ефект поддържа температурата в естествени граници. Когато слънчевите лъчи достигнат нашата атмосфера, част от тях се отразяват и връщат обратно във вселената. Други проникват през нея и се абсорбират от земната повърхност. По този начин тя се загрява. Част от топлината се отделя навън и поема от така наречените парникови газове. Този процес възпрепятства топлината да изчезне в Космоса и в крайна сметка е причината, средната температура на нашата планета да бъде около  $+15^{\circ}\text{C}$  вместо  $-19^{\circ}\text{C}$ .



Фигура 1. Предсказания за глобално затопляне.

Глобално затопляне е повишаването на средната температура на атмосферата и световния океан на Земята, което се наблюдава от 1950-те години насам. Често като синоним на глобалното затопляне се използва изменение на климата. За периода 1906-2005 г. е установено повишаване на средната глобална температура в близост до земната повърхност средно с  $0,74 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ . Официалното становище на Рамковата конвенция на ООН за изменението на климата (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) е, че „основната част от наблюдаваното от средата на 20 век увеличение на

глобалните средни температури много вероятно се дължи на наблюдаваното нарастване на концентрациите на антропогенни парникови газове“. Според официалната информация от същата организация голямото мнозинство от учените, работещи върху промените на климата, са съгласни с основните изводи.

### **3. Влияния и последствия от причиненото от човека глобално затопляне.**

Годините от 2011 до 2020 са най-топлото регистрирано в историята десетилетие, като средната температура в световен мащаб достига  $1,1^{\circ}\text{C}$  над равнищата от прединдустриалния период през 2019 г.. Повишение би довело до сериозни отрицателни въздействия върху природната среда и човешкото здраве и благосъстояние, включително много по-висок риск от възникване на опасни и потенциално катастрофални промени в околната среда. Поради тази причина международната общност призна необходимостта да се задържи повишаването на температурите под  $2^{\circ}\text{C}$  и да се полагат усилия за ограничаването му до  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

Екстремни горещи вълни, топящи се ледници, мащабни засушавания, разрушителни горски пожари и повишаване на нивата на въглероден диоксид са само някои от сериозните странични ефекти на бедстващата планета. В огромна и взаимосвързана екосистема като тази на Земята, в която хората, животните, растенията и времето работят заедно, за да поддържат живота, всякакви радикални промени в климата предизвикват вълнообразен ефект на увреждане на всички форми на живот. Изгарянето на изкопаеми горива, изсичането на горите и отглеждането на добитък оказват все по-голямо влияние върху климата и температурата на Земята. Това добавя огромни количества парникови газове към тези, които се отделят по естествен път в атмосферата, засилвайки парниковия ефект и глобалното затопляне.

Изсичането на гори, пресушаването на блатата и застрояването на тревни площи катализира процесите на глобално затопляне, защото зелената природа е естествен склад за въглероден двуокис. Съществуват данни, според които всеки ден се унищожават 432 квадратни километра тропически гори, най-вече за освобождаване на площи за селското стопанство или производството на целулоза.

Последствията от причиненото от човека глобално затопляне, които се случват сега, са необратими във времето на хората, които живеят днес, и ще се влошат през следващите десетилетия", заяви американската космическа агенция НАСА [1].

Парниковите газове като въглероден диоксид, метан и азотен оксид улавят топлината близо до повърхността на Земята, а когато концентрацията им стане твърде голяма, се стига до глобално затопляне. Знаковото Парижко споразумение за климата през 2015 г. доведе до това, че

нациите по света се съгласиха да ограничат затоплянето до 1,5 градуса по Целзий в сравнение с периода преди началото на индустриалната революция през 1760 г. в Европа и Съединените щати.

Земното кълбо вече се затопли с 1 градус над предииндустриалните нива, а в резултат на това са климатичните бедствия, на които станахме свидетели напоследък. Според изчисленията на ООН, за да запазят затоплянето под 1,5 градуса, страните трябва да достигнат "нетни нулеви" газови емисии до 2050 г. Но усилията за декарбонизация силно се провалиха след Парижкото споразумение. Докато смекчаването на изменението на климата чрез намаляване на емисиите на парникови газове до нула отдавна е целта на учените, реалността вече е неизбежна - хората ще трябва да се научат да живеят с последиците от променящата се Земя. Планетарното затопляне е тук, за да остане в обозримо бъдеще и хората ще трябва се научат да се справят с него. Усилията за защита на обществата срещу нарастващата интензивност и честота на екстремни метеорологични явления сега са в ход по целия свят. Те включват минимизиране на ефектите от повишаването на морското равнище, подкиселяването на океана, промяната на моделите на валежите и повишаването на температурите.

Температури над 39°C могат да убият. Но дори и да не се стигне до смъртни случаи, такива градуси могат да направят много хора неработоспособни или да понижат темповете им на работа. Още при 24 – 26°C производителността на труда започва да намалява. В Европа, например, селскостопанските и строителните работници губят около 15% от ефективното работно време, когато температурата надхвърли 30°C, което достига до почти един работен ден на седмица, отбелязва проф. Нибо, позовавайки се на анализи на HEAT-SHIELD. При 33 – 34°C човек, работещ с умерена интензивност на работа, губи 50% от работоспособността си. При високи температури на въздуха, извършването дори на основни задачи в офис среда става трудно, тъй като настъпва умствена умора. Някои групи работници са по-уязвими от други, защото изпитват топлинен стрес при по-ниски температурни прагове. Възрастните работници имат по-ниска физиологична устойчивост на високи температури, а те представляват нарастващ дял на служителите – естествена последица от застаряването на населението.

В бъдеще се очаква земеделските работници, заедно със заетите в сектор строителство, да бъдат най-засегнатите от повишението на летните температури – 83% от загубените работни часове поради топлинен стрес през 1995 г. са били в сектор селско стопанство, и се очаква той да представлява 60% от тези загуби през 2030 г. Докато строителството представлява само 6% от загубените работни часове поради топлинен стрес през 1995 г., се очаква този дял да нарасне до 19% до 2030 г. Повечето от работните часове, загубени от топлинен стрес в Северна Америка, Западна

Европа, Северна и Южна Европа и в арабските държави, са в строителния сектор. Строителните работници заемат най-голям дял (36%) и в трудовите злополуки с летален изход, свързани с топлината.

Другите засегнати сектори са текстилна промишленост (много от заетите в нея работят във фабрики и работилници без климатици), горска промишленост, сметосъбиране, ремонтни дейности, транспорт, туризъм, сектор услуги, спорт и др. Определени професии, които включват повече физическо усилие и/или по-плътнo облекло (напр. пожарникари), са високорискови. Същото се отнася за професии, свързани с работа до допълнителен източник на топлина, напр. пещи, печки и др. Според професора по физиология Ларс Нибо от университета в Копенхаген, Дания, който работи по проект, наречен HEAT-SHIELD, предназначен да изследва ефектите от излагането на топлина върху производителността на работниците в промишлените сектори, дори в Европа работещите в производството, строителството, транспорта, туризма и селското стопанство заемат половината от работната сила.

#### **4. Заключение.**

Последствия от глобалното затопляне са катастрофални. Например покачането на нивото на световните океани в следствие на топенето на ледниците и физическото разширение на водата при затоплянето ѝ. Следва по-честа поява на екстремни метеорологични явления като бури, безводие, наводнения и урагани. Засилващият се недостиг на вода в някои региони на планетата води до силно ограничени реколти и застрашава животински и растителни видове. В следствие грозят локални конфликти и сериозни напрежения сред населението. Непредвидимите и все по-рискови метеорологични условия правят все по-трудно прогнозирането на човешките дейности и застрашават подсигурияването на достатъчно храна. Повишената киселинност в нашите океани и морета ограничават улова на риба и разрушават коралните рифове. И не на последно място в следствие на промяната в климата се застрашават всички екосистеми и биологичното разнообразие на нашата планета Земя.

#### **Литература:**

1. [https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change\\_bg](https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_bg) (accessed 18 October, 2022, 00:11).

*Адреси за кореспонденция:*

1. *Кристияна Иванова Николова, курсант-сержант, Висше военновъздушно училище „Георги Бенковски“, гр. Долна Митрополия, факултет „Авиационен“; +359 88 264 59 19, Email: [kobrieta123@abv.bg](mailto:kobrieta123@abv.bg)*

DOI: 10.34660/INF.2023.86.33.031

## ПРОМЯНАТА НА КЛИМАТА – ПОСЛЕДИЦИ, ВЕЧЕ ОКАЗАЛИ ВЛИЯНИЕ НА БЪЛГАРИЯ

Стефани Маринова Димитрова

### CLIMATE CHANGE – CONSEQUENCES HAVE ALREADY HAD AN IMPACT ON BULGARIA

Stefani Marinova Dimitrova

**Abstract:** *Climate change affects all regions around the world. Polar ice shields are melting and the sea is rising. In some regions, extreme weather events and rainfall are becoming more common while others are experiencing more extreme heat waves and droughts. We need climate action now, or these impacts will only intensify. Climate change is a very serious threat and its consequences affect many different aspects of our lives.*

**Keywords:** *climate, climate change, solar activity, high temperatures*

#### 1. Въведение.

Климатът на Земята винаги се е променял поради многообразни фактори, но промените през последните два века се дължат основно на увеличението на нивата на парникови газове в атмосферата в резултат от човешката дейност. Последствията от промените в климата включват повишение на средната температура на Земята, промени в режимите на валежите, увеличение на честотата на екстремните метеорологични явления, стопяване на морските и континенталните ледове, покачване на морското равнище и много други.



Фигура 1. Температура и слънчева активност.

Нито един от тези фактори обаче не може да обясни изцяло наблюдаваните в съвременната епоха промени. На първо място, няма съществена промяна в енергията на слънчевите лъчи, която достига до Земята през последните 150 години (*Фигура 1*). Промените, които биха били причинени от цикли в земната орбита, се очакват да се случат в рамките на хиляди и десетки хиляди години.

Средната температура на Земята (в червено) и количеството слънчева енергия, която планетата ни получава (в жълто) от 1880 г. насам. Тънките графики показват годишните стойности, докато удебелените представляват 11-годишни средни стойности (използват се с цел филтриране на междугодишните естествени колебания при визуализация).

## **2. Последици от изменението на климата.**

Измененията на климата оказват влияние върху почти всички сфери от неживата и живата природа, както и обществото и икономиката. Тук ще се разгледа част от тези природни промени, които директно характеризират климата.

### **2.1. Последици за природата.**

#### **2.1.1. Високи температури.**

Поради климатичната криза се увеличава средната глобална температура, тези промени не са подминали територията на България. В резултат на това наблюдаваме явления, свързани с екстремни температури, като например горещи вълни. По-високите температури могат да доведат до по-голяма смъртност, по-ниска производителност и щети за инфраструктурата. Най-уязвимите хора, като например възрастните хора и малките деца, ще бъдат засегнати най-тежко. Междувременно добивите и жизнеспособността на земеделието и животновъдството или способността на екосистемите да предоставят важни услуги и стоки, например снабдяване с чиста вода или хладен и чист въздух, могат да намалеят. В резултат от по-високите температури се изпарява повече вода, което заедно с липсата на валежи увеличава риска от тежки суши. Явленията, свързани с екстремно ниски температури, студове, слани, могат да станат по-редки в Европа и по-точно в България. Глобалното затопляне обаче засяга предвидимостта на явленията, а оттам и нашата способност да реагираме ефективно [2].

#### **2.1.2. Суши и горски пожари.**

Поради променящия се климат редица европейски региони вече са изправени пред по-чести, тежки и по-продължителни суши. Сушата е необичаен и временен дефицит на вода, причинен от липса на валежи и по-



голямо изпаряване (поради високи температури). Тя се различава от недостига на вода, който представлява целогодишна структурна липса на прясна вода, дължаща се на прекомерното потребление на вода.

Сушите често имат верижен ефект, например по отношение на транспортната инфраструктура, селското и горското стопанство, водите и биоразнообразието. В резултат от сушите намаляват нивата на водата в реките и подпочвените води, забавя се растежът на дърветата и културите, увеличават се нападенията от вредители и възникват горски пожари.

### **2.1.3. Наличие на прясна вода.**

Със затоплянето на климата режимът на валежите се променя, изпаряването се увеличава, ледниците се топят и морското равнище се покачва. Всички тези фактори оказват влияние върху наличието на прясна вода.

Очаква се по-честите и тежки суши и покачващите се температури на водата да доведат до влошаване на качеството на водата. Такива условия благоприятстват растежа на токсични водорасли и бактерии, което ще влоши проблема с недостига на вода, причинен до голяма степен от човешката дейност.

Увеличаването на внезапните проливни дъждове вероятно също ще оказва влияние върху качеството и количеството на наличната прясна вода, защото валежните води могат да доведат до навлизане на непречистени отпадъчни води в повърхностните води.

Промените в речния отток, дължащи се на суши, могат също така да засегнат корабоплаването по вътрешните водни пътища и производството на водноелектрическа енергия.

### **2.1.4. Влияние и върху водното равнище.**

С преминаването на етапите на суша, се забелязва рязък скок във валежите и рязко повишаване на нивата на реките, тяхното преливане и наводнения. Някои от тези наводнения засягат населени места, градове и села. Като най-скорошният случай на наводнение за България е този в Карлово през 2022 г.

Морското равнище се е повишило през 20-ти век, а тенденцията се ускорява през последните десетилетия.

Повишението се дължи най-вече на топлинното разширение на океаните поради затоплянето. Топенето на ледниците и на ледената покривка в Антарктика също допринасят за това. Според прогнозите, до края на века в Европа ще се наблюдава покачване на морското равнище средно с 60-80 см в зависимост предимно от темпото на топене на антарктическата ледена покривка.

Очаква се изменението на климата да доведе до големи промени не само в България но и в наличието на вода в цяла Европа поради по-непредвидимия режим на валежите и по-интензивните бури. В резултат ще има по-голям недостиг на вода, особено в Южна и Югоизточна Европа, и ще се повиши рискът от наводнения в по-голямата част от континента. Произтичащите от това промени ще засегнат много сухоземни и морски региони, както и множество различни видове природна среда и растения и животни.

Температурата на водата е един от основните параметри, които определят цялостното състояние на водните екосистеми, тъй като водните организми могат да живеят в определен температурен диапазон. Изменението на климата води до повишаване на температурата на водата в реките и езерата и до намаляване на ледената покривка, което се отразява неблагоприятно на качеството на водата и сладководните екосистеми.

## **2.2. Социални заплахи.**

### **2.2.1. Здраве.**

Изменението на климата е значителна заплаха не само за човешкото здраве, но и за здравето на животните и растенията. Дори променящият се климат да не създаде много нови или неизвестни заплахи за здравето, съществуващите проблеми ще се изострят и ще бъдат по-силно изразени, отколкото в момента.

Според прогнозите сред най-значимите последствия за здравето в резултат на бъдещите климатични промени ще са:

1. Увеличаване на смъртността (смъртните случаи) и заболяемостта (болестите), свързани с летните горещини.
2. Намаляване на смъртността (смъртните случаи) и заболяемостта (болестите), свързани със зимните студове.
3. Увеличаване на риска от злополуки и неблагоприятните последиците за общото благополучие вследствие на екстремни метеорологични явления (наводнения, пожари и бури).
4. Промени във въздействието на различни болести, напр. векторно преносими заболявания, болести, пренасяни от гризачи или предавани чрез водата, или хранителни заболявания.
5. Промени в сезонното разпространение на някои алергенни видове Polen, както и в обхвата на разпространението на вируси, вредители и болести.
6. Новопоявяващи се и отново появяващи се болести по животните, които увеличават предизвикателствата по отношение на здравето на животните и хората в Европа, свързани със зоонозни и векторно преносими заболявания.

7. Новопопявяващи се и отново появяващи се вредители по растенията (насекоми, патогени и други вредители) и болести, засягащи горските системи и системите за отглеждане на култури.

8. Рискове, свързани с промени в качеството на въздуха и в озона.

### **2.2.2. Заетост.**

Изменението на климата може да засегне наличността на работна сила поради влошаване на здравните условия за населението и допълнителни ограничения по отношение на професионалното здраве (по-висока температура на работното място, по-чести и интензивни природни бедствия, които не позволяват на хората да достигнат работното си място).

Освен това няколко икономически сектора са силно уязвими поради зависимостта си от стабилни климатични условия. Вследствие на изменението на климата се очакват промени в производството в различни сектори – например в селското стопанство и туризма.

Големи инвестиции в мерки за адаптиране биха могли да предложат възможности за заетост и доходи от дейности като укрепване на брегове, сгради и (екологосъобразна) инфраструктура, управление на водите и преместване на застрашени селища. Все още обаче не е сигурно какви ще са нетните ефекти от такива инвестиции по отношение на създаването на работни места. За да се използват тези възможности, ще трябва да се развият необходимите трудовите умения.

### **2.3. Заплахи за икономиката.**

#### **2.3.1. Инфраструктура и сгради.**

Последиците от изменението на климата са особено важни за инфраструктурата и сградите, като се имат предвид дългият им жизнен цикъл и високите първоначални разходи, както и съществената им роля за функционирането на нашите общества и икономики [1].

Сградите и инфраструктурата могат да са уязвими по отношение на изменението на климата поради своето проектиране (ниска устойчивост на бури) или местоположение (например в райони, застрашени от наводнения, свлачища или лавини). Те могат да бъдат повредени или да станат негодни за употреба поради най-различни променящи се климатични условия или екстремни метеорологични явления: покачване на морското равнище, поройни дъждове и наводнения, периоди на изключително ниски или високи температури, силни снеговалежи, силни ветрове и т.н.

Последиците от изменението на климата за сградите и инфраструктурата ще се различават в отделните региони.

### **2.3.2. Селско и горско стопанство.**

Очаква се изменението и променливостта на климата да окажат значително въздействие върху селскостопанското производство, както по отношение на добивите, така и по отношение на местата, където могат да се отглеждат различни култури. Селскостопанският сезон вече е по-дълъг и се очаква да продължи да се удължава поради по-ранното начало на растежа през пролетта и по-дългия вегетационен сезон през есента. Това ще позволи отглеждането на култури по на север, отколкото е било възможно преди. Южните региони ще бъдат най-силно засегнати, което ще окаже цялостно отрицателно въздействие върху селското стопанство. Високите температури, недостигът на вода и екстремните метеорологични явления могат да доведат до по-ниски и по-променливи добиви, а в дългосрочен план – до намаляване на площите, подходящи за отглеждане на култури. Последиците ще зависят от режима на валежите и вида на културите. Сред последиците за горското стопанство, дължащи се на изменението на климата, са повишаване на риска от суши, бури и пожари (абиотични) и вредители и болести (биотични) – всички те водят до влошаване на състоянието на горите. Очаква се поради ограниченото разнообразие на дървесни видове в бореалните гори да се увеличи рискът от значителни последици, свързани с вредители и болести.

### **2.4. Очаквания.**

Очаква се по-високите температури да предизвикат промяна в географското разпределение на климатичните зони. Това се отразява на разпространението и числеността на много растителни и животински видове, които вече са подложени на натиск поради загубата на местообитания и замърсяването. По-честите и тежки суши ще доведат до увеличаване на продължителността и интензивността на сезона на горските пожари, особено в Средиземноморския регион. Освен това поради изменението на климата се увеличават площите, изложен на риск от горски пожари. Региони, за които в момента не са характерни пожари, могат да се превърнат в рискови региони.

## **4. Заключение.**

В заключение, според съвременната наука ключовата причина за затоплянето на климата на нашата планета в днешно време е увеличението на концентрацията на парниковите газове в атмосферата през последните 2 века в следствие на човешката дейност, докато ролята на естествени фактори като слънчева активност, изменения в земната орбита и изригвания на вулкани е твърде несъществена. Климатичните промени имат широк кръг от последиствия, както върху природата, така и върху хората. Сред най-

съществените от тях са повишаването на температурата на атмосферата и океаните, топенето на ледовете, покачването на морското равнище, нарастването на честотата на екстремните метеорологични явления и окисляването на морските води – процеси, които наблюдаваме и днес.

**Литература:**

1. Lindsey R. How do we know the build-up of carbon dioxide in the atmosphere is caused by humans? , *Science & Information for a Climate Smart Nation*. 12 October, 2022.

2. [https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change\\_bg](https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_bg) (accessed 15 October, 2022, 10:46).

**Адреси за кореспонденция:**

1. Стефани Маринова Димитрова, Курсант-сержант, Висше военновъздушно училище „Георги Бенковски“, гр. Долна Митрополия, факултет „Авиационен“; +359 89 472 40 21, Email: [stefidimitrova96@abv.bg](mailto:stefidimitrova96@abv.bg)

DOI: 10.34660/INF.2023.18.67.032

## ЗДРАВЕ И БЕЗОПАСНОСТ ПРИ ДОБИВА И ОБРАБОТКАТА НА РЕДКИТЕ РЕСУРСИ НА РЕДКОЗЕМНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ

Георги Петров, Даниела Панчева,  
Кристиан Толев, Деси Бельова

## HEALTH AND SAFETY IN THE MINING AND PROCESSING OF RARE EARTH RESOURCES

Georgi Petrov, Daniela Pancheva,  
Christian Tolev, Desi Belova

***Abstract:** The need to create a plan for the sustainable exploitation of the ore resources of rare earth elements (RE) in Europe, requires the development of procedures for each stage of the production process, including exploration, mining, ore beneficiation, extraction of rare earth elements from ore concentrates, isolation their individual elements and production of metals and alloys of the same composition. This document on health and safety concerns in the mining and processing of rare earth ores is intended to raise the issue of protecting the health and safety of all those involved in the aforementioned process according to their job description.*

***Key words:** rare, ore, elements, health, safety*

### Увод

В световен мащаб редкоземните елементи (REE) започват да разширяват все повече приложението си. Те са основни суровини за широк спектър от приложения, включително металургията (рафиниране на метали и метални сплави), катализатори в автомобилната и нефтохимическата промишленост, оцветяване на стъкло/керамика и редица други. Именно поради тази причина е необходимо да се разработят методи във всички части на производствената верига, т.е. проучване, добив, обогатяване на руда, извличане на REEs от рудни концентрати, изолиране на отделните REEs и производство на REE метали и сплави.

Настоящият доклад ще разгледа въпросите за здравето и безопасността при добива и преработката на руди на REE.

### 1. Редкоземните елементи

Редкоземните елементи (също редкоземни метали) са група от 17 химични елемента в периодичната система, обхващаща 15-те лантаноида

плюс скандий и итрий. Скандият и итрият се считат за редкоземни елементи, тъй като по принцип се срещат сред същите рудни находища като лантанидите и проявяват сходни химични свойства, макар да имат различни електронни и магнитни свойства.

Седемнадесетте редкоземни елемента са: церий (Ce), диспросий (Dy), ербий (Er), европий (Eu), гадолиний (Gd), холмий (Ho), лантан (La), лутеций (Lu), неодим (Nd), празеодим (Pr), прометий (Pm), самарий (Sm), скандий (Sc), тербий (Tb), тулий (Tm), итербий (Yb) и итрий (Y). Те често съпътстват минералите на тория (Th), а понякога и тези на урана (U).

Въпреки името си, редкоземните елементи са относително изобилни в земната кора (с изключение на радиоактивния прометий), като церият е 25-ият най-често срещан елемент, по-изобилен и от медта. Все пак, поради своите геохимични свойства, редкоземните елементи обикновено са разпръснати и не се срещат концентрирани в минерали. В резултат на това, икономически изгодните рудни находища са малко. Първият минерал на редкоземен елемент е открит през 1787 г. – гадолинит, който е съставен от церий, итрий, желязо, силиций и други елементи.

Първият открит редкоземен елемент е намерен под формата на черен минерал – итербит, преименуван на гадолинит през 1800 г. Той е открит от Карл Аксел Арениус през 1787 г. в кариера близо до селото Итербю в Швеция. Минералът достига Йохан Гадолин, чийто анализ показва неизвестен оксид, който нарича итрия.

## **2. Употреба на редкоземните елементи**

Употребата и приложенията на редкоземните елементи са се увеличи през годините. В световен мащаб повечето редкоземни елементи се използват за катализатори и магнити. Други важни приложения на редкоземните елементи се намират в производството на сплави, стъкла и електроника. Церият и лантанът са важни катализатори и се използват за рафиниране на петрол и като дизелова добавка. Неодимът е важен при производството на магнити при традиционните нисковъглеродни технологии. Редкоземни елементи се използват и при електромоторите на хибридни и електрически автомобили, генератори във вятърни турбини, твърди дискове, преносима електроника, микрофони и говорители.

Церият, лантанът и неодимът са важни при направата на сплави и горивни клетки. Церият, неодимът и гадолиният са важни елементи в електрониката и се използват за направата на LCD плазмени дисплеи, оптични влакна, лазери и медицински изображения. Използват се също в торове и за пречистване на вода. Като торове, те спомагат растежа на растенията и ги правят устойчиви, без да имат отрицателно въздействие върху човешкия или животинския организъм [1, 3].

### **Церий**

Церият е елемент, който се използва в производството на каталични конвертори за автомобили по-известни като катализатори, а също и за направата на LCD и плазмени екрани, батерии, смартфони и т.н. През 2019 година Китай е добил общо 9104 тона церий, а над 50% от него е бил за износ за Япония, а 20% - за САЩ.

### **Лантан**

Подобно на церия и лантанът се използва в производството на катализатори, а още и в това на хибридни автомобили, в рафинирането на петрол и други. През разглеждания период добивът на метала е достигнал 19 397 тона, а близо 57% от износа на Китай е бил за САЩ. Почти 17% е бил експортът за Япония, а още близо 13 на сто - за Нидерландия.

### **Итрий**

Итрият е елемент, необходим в производството на икономични лампи, лазери, LCD и плазмени екрани. През 2019 година добивът на Китай на итрий възлиза на 3153 тона, като 45,3% от тях са изнесени за Япония, 24,2% - за САЩ, а 13,3% - за Италия.

### **Неодим**

Този метал се ползва за производството на катализатори, компютърни хард дискове, системи за насочване на ракети, магнити, смартфони и вятърни турбини. За разглеждания период добивът на неодим на Китай възлиза на 835 тона, а над 67% от него е бил за износ за Япония.

## **3. Екологични и здравни проблеми при добива и преработката на редкоземни елементи в различни страни**

### *3.1 Бразилия*

Химическата преработка на монацитов пясък за производство на редкоземни елементи се извършва в мелницата USAM Santo Amaro (USAM), която работи от 50-те години на миналия век. Мелницата е разположена в гъсто населен жилищен район на град Сао Пауло. Разрастването на градските райони около обекта води до решението за извеждане на съоръжението от експлоатация.

При преработката на монацит се генерира голямо количество радиоактивни остатъци, които се съхраняват в заровени бетонни резервоари и варели, във временни сгради за съхранение и в запечатани траншеи. В миналото не е имало разпоредби относно радиационната защита и съхранението на радиоактивни остатъци. Радиоактивните остатъци се



използват като депа за отпадъци, а остатъците от химическите процеси замърсяват подовете и сградите. Процесът на извеждане от експлоатация генерира тонове отпадъци, които се добавят към вече образуваните отпадъци.

### *3.2 Китай*

Голямото производство на редкоземни елементи в Китай, съчетано с ограничени екологични разпоредби, е довело до значителни екологични щети в районите около минните и преработвателните дейности. Операциите варират от големи държавни дейности и преработвателни съоръжения до малки незаконни начинания. Често в по-малките предприятия контролът върху околната среда е слаб или липсва, а по-големите предприятия едва наскоро започнаха да прилагат такива мерки.

Само през 2008 г. Китай е произвел над 130 000 тона редкоземни елементи. Екстраполирането на оценките за генериране на отпадъци върху цялото производство води до големи количества отпадъци. При слаба регулация на околната среда в районите, намиращи се в близост до китайските предприятия за производство на редкоземни елементи, все още често се срещат случаи на замърсяване на околната среда и заболявания на хора.

Излагането на гама-радиация е значително само в минните райони. Общото ниво на външна гама експозиция е умерено във всички работни зони на мината (МААЕ, 2011 г.).

### *3.3 Индия*

В Индия съединенията на редките метали се произвеждат от минерала монацит от плажния пясък. Методът, използван за отделяне на композитната редкоземна фракция, е разлагане на минерала с каустик, последвано от селективна киселинна екстракция. Композитният редкоземен хлорид съдържа ниски нива на естествени радионуклиди и е изходният материал за отделни редкоземни съединения, които имат широко приложение.

### *3.4 Малайзия*

Последната рафинерия за редкоземни метали в Малайзия в северната част на щата Перак е затворена през 1992 г. след протести и твърдения, че тя е източник на радионуклиди, които са идентифицирани като причина за вродени дефекти и левкемия сред жителите на околността. Рафинерията е едно от най-големите места за почистване на радиоактивни отпадъци в Азия (Американска агенция за опазване на околната среда, 2012 г.).

### *3.5 Съединени щати*

Находището Mountain Pass в Калифорния е открито от търсач на уран през 1949 г. и Американската молибденова корпорация купува претенциите за добив. Мината и рафинерията в Маунтин Пас започват работа през 1952 г. Производството се разширява значително през 60-те години на миналия век, за да задоволи търсенето на европий, използван в цветните телевизионни екрани. Находището се разработва в по-големи мащаби между 1965 и 1995 г. По това време мината осигурява по-голямата част от световното потребление на редкоземни метали.

#### *South Maybe Canyon*

Находищата на минерали, съдържащи REE, са добити в мината South Maybe Canyon в подбасейна на река Blackfoot в югоизточната част на щата Айдахо. Основната причина за издаването на заповедта е изпускането на опасни вещества, включително селен, от обекта в подпочвените и повърхностните води над стандартите за качество на водата в щата Айдахо. Следва да се отбележи, че редкоземните метали не са идентифицирани като опасни вещества, които са били изпуснати от площадката. Мината South Maybe Canyon е разработена за производство на фосфати, а REE се извличат като страничен продукт. Тази мина е идентифицирана като възможен източник на REEs за бъдещо разработване.

## **4. Потенциални рискове за здравето, свързани с редкоземните елементи**

Редкоземните елементи традиционно се подразделят на "тежки редки земни елементи" (HREEs) и "леки редки земни елементи". Итрият също е включен в групата на REE, тъй като има сходни химични и физични свойства с лантанидите. Скандият се среща в повечето находища на REE и понякога се класифицира като редкоземен елемент. Въпреки, че итрият е най-лекият REE, той обикновено се включва в групата на HREE, тъй като има сходни химични и физични свойства с тези на HREE [2, 6].

### *4.1 Оценка на риска за околната среда*

Геоложката среда на металните мини обикновено е подобна на геоложката среда на находищата на REE. Процесите на добив и обогатяване на REEs също са подобни на други мини за твърди скали и следователно характеристиката на риска от металните мини вероятно е подходяща за тази от добива на REEs. Всички дейности в минните процеси могат да създадат риск за човешкото здраве или околната среда. Оценката на риска за околната среда (ОРОС) изследва процесите, емисиите, разпространението на замърсителите и експозицията на хората и флората и фауната [1, 7].

#### *4.2 Експозиция на околната среда*

Експозицията се определя като контакт с вещество чрез поглъщане, дишане или докосване на кожата или очите. Експозицията може да бъде краткосрочна (остра експозиция), с междинна продължителност или дългосрочна (хронична експозиция). Пътят на експозиция е начинът, по който човек може да влезе в контакт с даден материал, например в почвата, водата или въздуха [5, 6]. Пътят на експозиция описва начина, по който материалът попада в организма (ядене, пиене, дишане или докосване).

По-долу са обобщени токсикологичните данни за REEs.

#### **Скандий**

Елементарният скандий се счита за нетоксичен и са правени малко тестове на скандиеви съединения върху животни. Нивата на полусмъртоносна доза (LD50) за скандиев (III) хлорид за плъхове са определени на 4 mg kg<sup>-1</sup> за интраперитонеално и 755 mg kg<sup>-1</sup> за перорално приложение (Rim et al. 2013). Средният дневен прием на Sc от човека е по-малко от 0,1 микрограма и поради това в хранителната верига обикновено попадат само следи от него. Скандият няма биологична роля (Lenntech 2013).

#### **Итрий**

Водоразтворимите съединения на итрия се считат за слабо токсични, докато неразтворимите му съединения са нетоксични. При експерименти с животни итрият и неговите съединения причиняват увреждане на белите дробове и черния дроб. При плъхове вдишването на итриев цитрат предизвиква белодробен оток, а вдишването на итриев хлорид - оток на черния дроб. Вдишването на итриеви газове в работна среда може да представлява опасност за здравето. Итрият може да причини рак и на хората, тъй като увеличава вероятността от рак на белия дроб, когато се вдишва (Lenntech 2013).

#### **Церий**

Церият е силен редуктор и се запалва спонтанно на въздух при температура от 65°C до 80°C. Изпаренията от цериеви пожари са токсични. Животни, на които са инжектирани големи дози церий, умират вследствие на сърдечносъдов колапс. Цериевият (IV) оксид е мощен окислител при високи температури и реагира с горими органични материали.

## 5. Проблеми с професионалното здраве, свързани с редкоземните елементи

Рисковете за здравето и безопасността на работното място в редкоземната промишленост могат да бъдат свързани с етапа на добив, транспортиране, преработка или депониране на отпадъци и могат да включват физични, химични и радиологични рискове. Специфичните проблеми, свързани със здравето и безопасността на работното място, свързани със самите REEs, както са идентифицирани от Rim et al. (2013), са дадени в таблица 1.

## 6. Предпазни мерки за безопасност

Специално внимание трябва да се обърне на достатъчната вентилация на запрашените работни зони, подходящата хигиена от страна на

Z	Symbol	Name	CAS No.	Occupational health and safety issues*
21	Sc	Scandium	7440-20-2	It is mostly dangerous in the working environment, due to the fact that damps and gasses can be inhaled with air.
39	Y	Yttrium	7440-65-5	Workers exposed to yttrium compounds can cause shortness of breath, coughing, chest pain, and cyanosis. NIOSH recommends a time-weighted average limit of 1 mg/m <sup>3</sup> , and an IDLH of 500 mg/m <sup>3</sup> . Yttrium dust is flammable.
57	La	Lanthanum	7439-91-0	The application in carbon arc light led to the exposure of people to RE oxides and fluorides, sometimes leading to pneumoconiosis [38].
58	Ce	Cerium	7440-45-1	Workers exposed to cerium have experienced itching, sensitivity to heat, and skin lesions. OEL (Russia) of ceric oxide (1306-38-3) is 5 mg/m <sup>3</sup> [14,15].
59	Pr	Praseodymium	7440-10-0	Praseodymium compounds are controversial subjects with their biological roles [29].
60	Nd	Neodymium	7440-00-8	Breathing the dust can cause lung embolisms, and accumulated exposure damages the liver. Neodymium also acts as an anticoagulant, especially when given intravenously. Neodymium magnets have been tested for medical uses, such as magnetic braces and bone repair, but biocompatibility issues have prevented widespread application. If not handled carefully, they come together very quickly and forcefully, causing injuries. For example, there is at least one documented case of a person losing a fingertip, when two magnets he was using snapped together from 50 cm away [28].
61	Pm	Promethium	7440-12-2	The element, like other lanthanides, has no biological role. In general, gloves, footwear covers, safety glasses, and an outer layer or easily removed protective clothing should be used. Sealed promethium-147 is not dangerous. However, if the packaging is damaged, then promethium becomes dangerous to the environment and humans.
62	Sm	Samarium	7440-19-9	Samarium metal compounds are controversial subjects regarding their biological roles in human body.
63	Eu	Europium	7440-53-1	Dust of its metal compounds present fire and explosion hazard [2].
64	Gd	Gadolinium	7440-54-2	Gadolinium has little information on its native biological roles, but its compounds are used as research tools in biomedicine. Gd <sup>3+</sup> compounds are components of magnetic resonance imaging contrast agents [40].
65	Tb	Terbium	7440-27-9	Terbium compounds are controversial subjects regarding their biological roles [13,34].
66	Dy	Dysprosium	7429-91-6	Like many powders, dysprosium powder may present an explosion hazard when mixed with air and when an ignition source is present. Thin foils of the substance can also be ignited by sparks or by static electricity. Dysprosium fires cannot be put out by water. It can react with water to produce flammable hydrogen gas [80].
67	Ho	Holmium	7440-60-0	Holmium compounds are controversial subjects regarding their biological roles in humans, but may be able to stimulate metabolism [79].
68	Er	Erbium	7440-52-0	Metallic erbium in dust form presents a fire and explosion hazard [2].
69	Tm	Thulium	7440-30-4	Thulium compounds are controversial subjects with their biological roles, although it has been noted that it stimulates metabolism.
70	Yb	Ytterbium	7440-64-4	Although ytterbium is fairly stable chemically, it should be stored in air-tight containers and in an inert atmosphere, to protect the metal from air and moisture. Metallic ytterbium dust poses a fire and explosion hazard [13].
71	Lu	Lutetium	7439-94-3	Lutetium nitrate may be dangerous as it may explode and burn once heated. Lutetium has no known biological role, but it is found even in the highest known organism, the humans, concentrating in bones, and to a lesser extent in the liver and kidneys [13].

работниците и правилното използване на лични предпазни средства (като респиратори); това намалява експозицията и намалява риска от заболявания, свързани с белите дробове). По принцип REE трябва да се съхраняват в херметически затворени контейнери и в инертна атмосфера, така че да бъдат защитени от въздух и влага. Тези елементи трябва да се държат далеч от източници на искри и статично електричество. Трябва да се използват ръкавици, обувки, покривала, предпазни очила и външен слой или лесно свалящо се защитно облекло [4].

Като цяло са необходими допълнителни изследвания, за да се оценят опасностите или рисковете за персонала, работещ с REE, включително концентрациите на REE в организма, при които възникват здравословни проблеми. Екологичните и професионалните токсикологични изпитвания на REEs изискват разработването на съгласувани протоколи и насоки за изпитване

#### **Използвана литература:**

1. <http://www.eurare.org/RareEarthElements.html>
2. [https://www.dmp.wa.gov.au/Safety/Guidance-about-radiation-safety-6950.aspx?fbclid=IwAR0b\\_BySSa0rbTSbFsEVQ\\_-dxWzpWBK6BHF\\_vkwOkuEANBQBHJW9sU8B05I](https://www.dmp.wa.gov.au/Safety/Guidance-about-radiation-safety-6950.aspx?fbclid=IwAR0b_BySSa0rbTSbFsEVQ_-dxWzpWBK6BHF_vkwOkuEANBQBHJW9sU8B05I)
3. [https://crmining.com/mine-safety-solutions/?fbclid=IwAR3A61b3pcjDvw\\_Pvv06iacMY21QdJeljkndEKeqvbcl7-15gxZc41li1E](https://crmining.com/mine-safety-solutions/?fbclid=IwAR3A61b3pcjDvw_Pvv06iacMY21QdJeljkndEKeqvbcl7-15gxZc41li1E)
4. <https://www.meteorologiaenred.com/bg/tierras-raras.html>
5. <https://pubs.usgs.gov/fs/2014/3078/pdf/fs2014-3078.pdf>
6. Долчинков Н. Т., Н. Озерова, Влияние на тежките метали върху околната среда, Сборник доклади от научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“, НВУ „В. Левски“- гр. В. Търново – 22 ноември 2019 г ISBN 2603-4689;
7. Долчинков Н., Действия на населението при извънредни ситуации, монография, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, ISBN 978-954-753-306-6, стр.186, 2020 г.

#### **Адрес за кореспонденция:**

Георги Станиславов Петров, Даниела Стоилова Панчева, Кристиан Игрил Толев, Деси Валентинова Бельова, НВУ „Васил Левски“, E-mail: [gpetrov129@abv.bg](mailto:gpetrov129@abv.bg)

DOI: 10.34660/INF.2023.18.45.033

## СЪЩНОСТ И ПРИЛОЖЕНИЕ НА РЕНТГЕНОВИТЕ ЛЪЧИ

Анатоли Вълв

### ESSENCE AND APPLICATION OF X-RAY RADIATION

Anatoli Valov

*Annotation: The purpose of studying the essence and application of X-rays is to gain knowledge about their wide-ranging use in medical technology, industry, inspection of goods and luggage, use for scientific purposes, the protection of people from their harmful effects on the body, and the possibility to recognize them as participant in the multiverse of radiations.*

Целта за изучаване на същността и приложението на рентгеновите лъчения е придобиване на знания за широкообхватното им използване в медицинската техника, промишлеността, проверка на стоки и багажи, използване с научни цели, защитата на хората от вредното им влияние върху организма и възможността да ги опознаем като участник в мултивселената на лъченията.

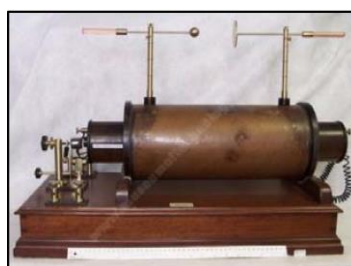
#### **Исторически бележки по откритието и приложението на рентгеновите лъчи.**

Историята започва през късната есен на далечната 1895 година, когато преподавателят от Вюрцбургския университет - Вилхелм Конрад Рентген (*Wilhelm Conrad Rontgen*) - решава да изследва феномените, свързани с катодните лъчи [5, 10]. Макар интересите на проф. Рентген да били доста далеч, главно свързани с топлинните, пиезоелектричните и оптичните свойства на кристалите и влиянието на налягането във флуиди, той все пак се интересувал от новостите във всички области на физиката. По това време изключително актуални стават изследванията на катодните лъчи, получавани като придружаващо явление при преминаването на електрически ток през силно разреден газ (под изключително ниско налягане), при прилагането на много високо напрежение. Повлиян от

авторитета и постиженията на известните по това време учени, занимаващи се с този вид лъчение, такива като Плъкер (*J. Plucker, 1801-1868*), Хиторф (*J. W. Hittorf, 1824-1914*), Варли (*C. F. Varley, 1828-1883*), Голдщайн (*E. Goldstein, 1850-1931*), сър Крукс (*Sir W. Crookes, 1832-1919*), Херц (*H. Hertz, 1857-1894*) и Ленард (*Ph. von Lenard, 1862-1947*), Рентген решава да повтори някои направени от тях експерименти. Така през ноември 1895 година, той сглобява апарат, състоящ се от индукционна намотка на Румкорф (*H. D. Ruhmkorff, 1803 - 1877*) (Фиг.1.б), с помощта на която се получавало необходимото високо напрежение и евакуирана тръба на Хиторф (Фиг.1.а), съдържаща електрически пластинки, поставени при ниско налягане (почти вакуум) [1, 8]. Рентген покрива тръбата с дебел черен картон, за да изследва проникващата способност на генерираните катодни лъчи. Това което наблюдава след включването на установката го поразява . В тъмната стая, стоящият на около 2 метра от установката бариер-платиноцианиден екран (*barium-latinum-cyanide*) (Фиг.1.в) флуоресцирал. До този момент учените считали, че катодните лъчи могат да се разпространят само на няколко сантиметра от тръбата и то благодарение на прозрачния стъклен балон. Ученият, известен със своята прилежност, изненадан от получените резултати, заключва лабораторията си и остава в нея 6 седмици, посвещавайки времето си в повторение на експериментите и извършване на опити с различни материали, дебелини и форми. Той искал да се убеди, че наблюдаваното не е фикция, а се получава от правилно планирания експеримент. Рентген престанал да разговаря дори с научния си асистент и съпругата си, които нямали право да влизат в лабораторията. Но усилията и усамотението си заслужавали - количеството свършена работа за този кратък период е изключително впечатляваща [7, 8]. Резултатите от направените наблюдения са публикувани в научното списание към университета.



а)



б)



в)

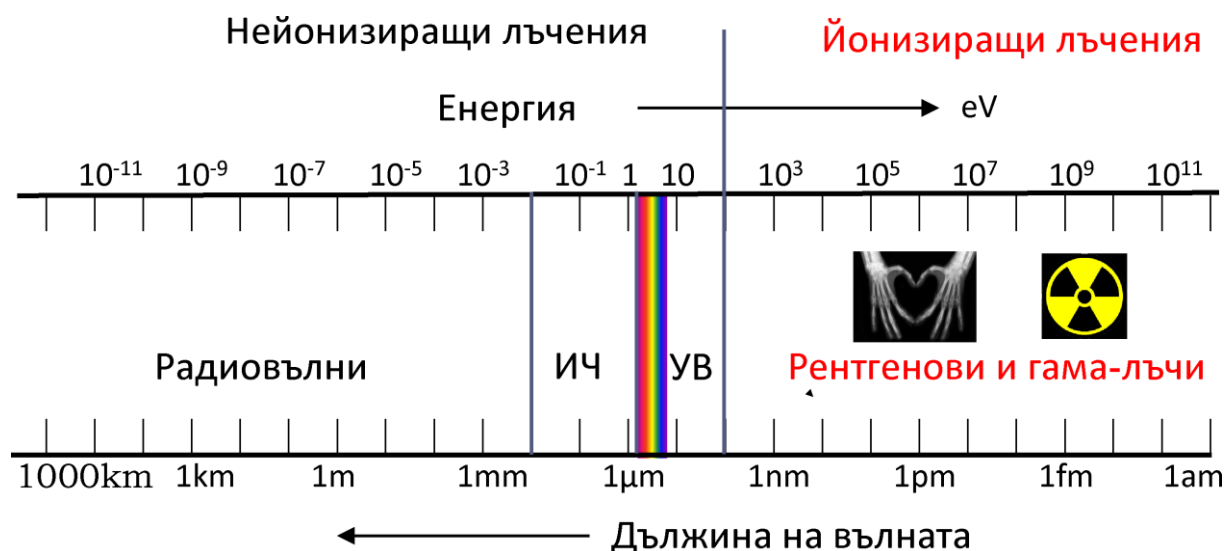
**Фигура 1.** а) Тръба на Хиторф ; б) Голяма 18 инча индуктивна Румкорф намотка от 1900 година; в) Флуроскопски екран

Рентген неусетно „кръщава“ наблюдаваните от него лъчи, наричайки ги Х-лъчи. Той решава да използва думата лъчи, поради способността им да преминават дори и през непрозрачни за човешкото око материали, а за по-

кратко и за да подчертае, че тези лъчи са различни от другите наблюдавани дотогава, решава да използва буквата „X“ - от математическото означение за нещо неизвестно. *Макар на български език лъчите да се наричат рентгенови, носейки името на своя откривател, на английски език се използва терминът x-лъчи (X-rays).*

### Свойства на рентгеновите лъчи

Рентгеновото лъчение по същество е невидимо [2, 4]. Но тъкмо тези невидими лъчи имат изключително активно приложение в медицината, научните изследвания, в практиката - особено в машиностроенето. За да се прилагат обаче е било необходимо да се изследват техните свойства. Ето до какво познание е достигнало човечеството в тази посока след дълги проучвания:



Фиг.2 Електромагнитен спектър на дългите вълни в метри

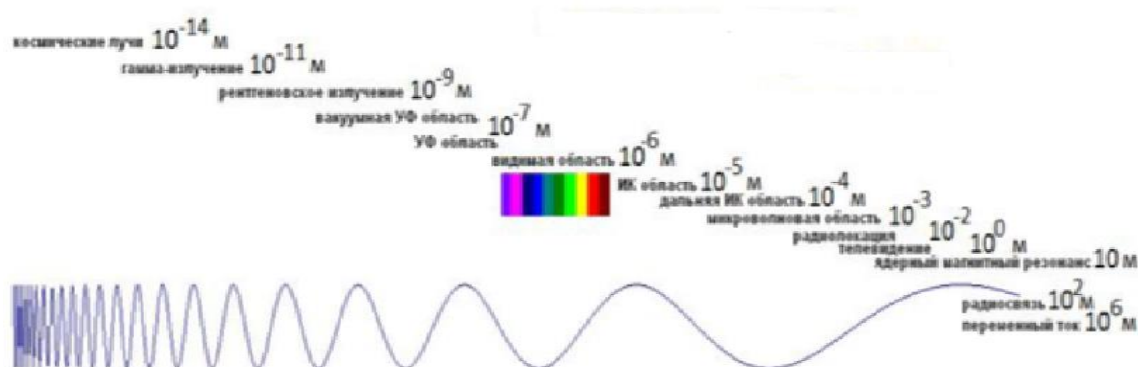
### Електромагнитни вълни

В електромагнитния спектър рентгеновите лъчи се намират между UV и гама лъчите те се характеризират с дължина на вълната от в обхвата от 0,03 до 3 нанометра, което отговаря на честота от 30 до 30 000 PHz ( $1 \text{ PHz} = 10^{15} \text{ Hz}$ ) [6, 9].

Установено било, че това не са заредени частици. Те не се отклонявали в електрично или магнитно поле. Вълновата природа на тези лъчи е установена чак през 1912 г., когато е наблюдавана дифракция на рентгенови лъчи от тънка кристална пластинка. Така е установено, че рентгеновите лъчи са късовълново електромагнитно лъчение с дължина на вълната от 100 nm до към 0.0001 nm. В електромагнитния спектър R $\ddot{o}$ -лъчите се намират между ултравиолетовите лъчи и  $\gamma$ -лъчите, като частично ги препокриват. Те интерферират и дифрактират, имат голяма прониквателна



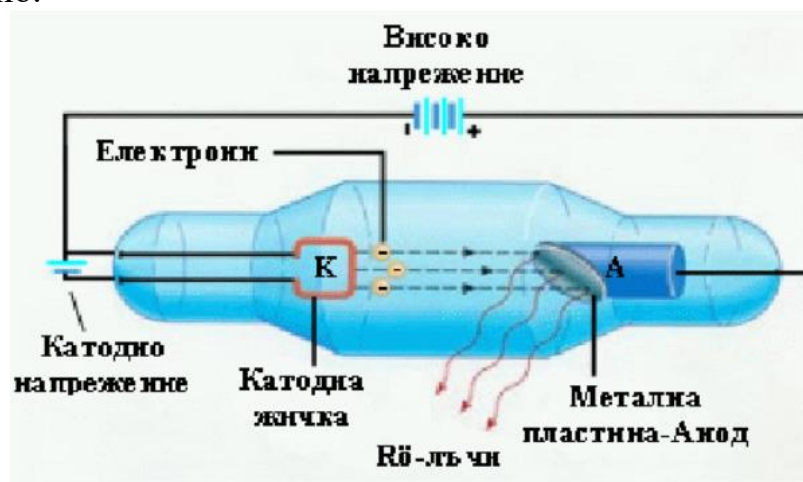
способност, силно фотохимично действие, предизвикват луминесценция и йонизират веществата, през което преминават.



Фиг.3 Електромагнитен спектър на дългите вълни

## 2. Механизъм за получаване на рентгеновите лъчи. Рентгенова тръба. Спирачно и характеристично лъчение.

Рентгеновото излъчване се получава, когато метална мишена се бомбардира от електрони с голяма кинетична енергия. За тази цел се използват устройства, наречени рентгенови тръби (Фиг. 4 и 5). Във вакуумна тръба се разполагат един срещу друг катод с електродонагреваема жичка и анод, който представлява масивна метална пластина, между които се подава високо напрежение (няколко десетки или стотици киловолта). От нагрятата жичка, която е свързана към отрицателния полюс на източника на високо напрежение, чрез термоелектронна емисия се отделят електрони [3, 7]. Те се ускоряват от електричното поле и се насочват към анода, който служи за мишена. При взаимодействието на електронния сноп с мишената възникват два вида рентгеново лъчение – спирачно и характеристично.



Фиг. 4. Схема на рентгенова тръба.



Фиг.5. Съвременна рентгенова тръба.

Условия за получаване на рентгеновото лъчение

- наличие на свободни електрони
- ускоряване на свободните електрони
- свободен път за движение на електроните
- твърда метална повърхност за рязко спиране на ускорените електрони

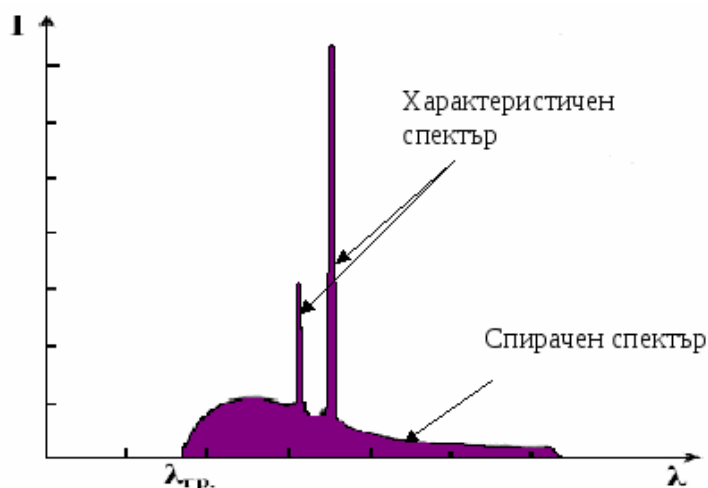
Спирачното рентгеново излъчване се получава от забавящите се електрони, когато срещат атомите на мишената (анода). Този спектър не зависи от вида на атомите на мишената, а се определя от кинетичната енергия на електроните. Спектърът на това излъчване е непрекъснат с рязка късовълнова граница. Максималната енергия, която получава един електрон при ускоряването си в електричното поле между катода и анода с напрежение  $U$  е  $E = eU$ , където  $e$  е заряда на електрона. Ако при удара с анода електронът отдаде цялата си енергия, получения квант ще има дължина на вълната, която се определя от формулата:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = eU \quad (\text{ф.1})$$

Тогава

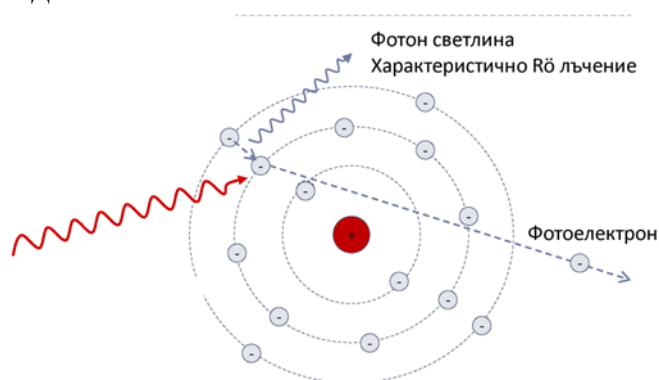
$$\lambda = \frac{hc}{eU} \quad (\text{ф.2})$$

където  $h$  е константата на Планк, а  $c$  е скоростта на светлината. Следователно минималната дължина на вълната на спирачното рентгеново лъчение е обратно пропорционална на приложеното напрежение.



Фиг.6 Спектър на рентгеново лъчение.

Характеристичното рентгеново излъчване се получава при по-големи ускоряващи напрежения в рентгеновата тръба. Спектърът на това излъчване е линеен, като отделните линии са тесни, с голям интензитет и се наслагват върху непрекъснатия спектър на спиращото излъчване (фиг. 5). То зависи от веществото на анода.



Фиг.7 Характеристично лъчение

Характеристичните рентгенови спектри имат много проста структура. За всеки елемент те се състоят от групи линии, наречени серии. За разлика от оптичните спектри, рентгеновите не се променят ако атома, от който се излъчват, е включен в някакво химическо съединение.

**Интензитет и прониквателна способност на рентгеновите лъчи.** Интензитетът на рентгеновото лъчение зависи от анодното напрежение  $U$ , анодния ток  $i$  и поредния номер  $Z$  на веществото на анода

$$I = kU^2 i Z \quad (\text{ф.3})$$

Прониквателната способност на рентгеновото лъчение зависи от енергията на фотона, т.е. от дължината на вълната. Тя расте с намаляване на

дължината на вълната (увеличаване на честотата). Лъчение с голяма дължина на вълната и малка прониквателна способност се нарича „меко“, а с малка дължина на вълната и с голяма прониквателна способност се нарича „твърдо“. Лъчения с дължина на вълната над 0,1 nm се наричат „меки“ рентгенови лъчи, а при дължина на вълната под 0,1 nm се наричат „твърди“ рентгенови лъчи. Твърдостта на рентгеновото лъчение може да се регулира чрез изменение на напрежението между катода и анода на рентгеновата тръба.

**Взаимодействие на рентгеновото лъчение с веществото. Кохерентно разсейване. Некохерентно разсейване (ефект на Комптон). Фотоефект. Закон за отслабване на рентгеновото лъчение при преминаване през веществото. Коефициент на отслабване.**

При попадане на рентгеновото лъчение във веществото настъпва отражение, разсейване и поглъщане. Кой процес ще се осъществи зависи от енергията на рентгеновия фотон и енергията на йонизация на веществото.

- **Кохерентно разсейване** - Това е разсейване на дълговълново рентгеново лъчение, при което енергията на фотона не се променя, а се променя само посоката му. Получава се когато рентгеновия фотон има енергия по-малка от енергията за възбуждане или за йонизация на веществото. Тъй като енергията на фотона и атома не се променя, то това не предизвиква биологично действие.

- **Фотоефект** - Това е взаимодействие на рентгеново лъчение с веществото, при което то се поглъща от атомите на веществото и те се йонизират – т.е. от тях се отделят електрони. Това се получава когато енергията на рентгеновия фотон е по-голяма от енергията за йонизация на веществото.

(ф.4)

$$E = h\nu \geq A_{omd}$$

- **Некохерентно разсейване (Ефект на Комптон)** - Това е взаимодействие на високоенергетично рентгеново лъчение с веществото, при което то се поглъща от атомите му. Веществото се йонизира, като освен електрон се отделя и вторичен рентгенов фотон. Това се получава когато енергията на рентгеновия фотон е по-голяма от енергията за йонизация на веществото. Една част от енергията на фотона се изразходва за образуване на нов вторичен фотон, друга част за йонизация, и трета част за кинетична енергия на електрона.

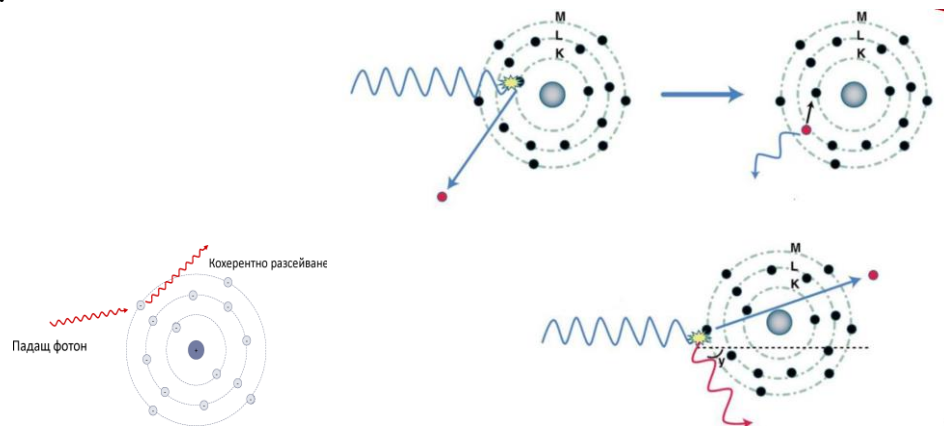
(ф.5)

$$E = h\nu = h\nu_1 + A_{omd} + E_k$$

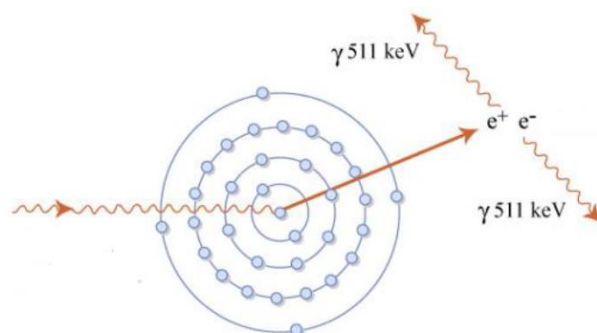
Енергията на вторичния фотон е по-малка от тази на първичния и следователно дължината на вълната му е по-голяма от тази на първичния.

Тези три процеса са първичните процеси. Те от своя страна водят до последващи вторични процеси като например рентгенолуминесценция, фотохимични явления, образуване на прекиси, увеличение на проводимостта и др.

Биологичен ефект се получава при фотоефект и некохерентно разсейване.



Фиг.8 Кохерентно разсейване; Фотоелектрично поглъщане; Комптънов ефект



Фиг.9 Образуване на двойка електрон позитрон

## Приложение на рентгеновите лъчи

Най-честата употреба на рентгеновите лъчи се дължи на свойството им да преминават през материята. Основните области на приложение са:

- в медицината
- промишлеността
- проверка на стоки и багажи
- използване с научна цел

### • Проверка на стоки и багажи

Рентгеновите лъчи се използват в летищата за проверка на ръчния багаж на пътниците за наличието на оръжия или бомби. Специални рентгенови скенери се използват от митническите органи за проверка на

превозваните стоки и товари. Проверява се дали декларираните стоки съвпадат с реално съществуващите.

- **Промислено приложение**

Рентгенови лъчи се използват за проверка на структурата на материалите. Благодарение на лъчите се анализират готовите детайли и се оценява качеството им. Правят се изследва за наличие на шупли и пукнатини в метални предмети, тъй като много често тези промени в структурата са незабележими за човешкото око. Могат да се снимат размери от недостъпни места по машинните детайли. Също така с помощта на рентгеновото лъчение може да се оцени състоянието на градивните елементи в конструкциите на мостове, самолети и други съоръжения.

При промишленото приложение на рентгеновите лъчи се използват същите методи за получаване на изображение както в медицината - скопия, графия, компютърна томография. За разлика от компютърната томография за медицински цели тук се върти обектът, а не източникът на лъчи. Така се получава по-евтина конструкция.

- **Медицински цели**

Това вероятно е най-познатото приложение на рентгеновите лъчи за широката публика. X-лъчите се използват в медицината за извършване на различни графични и скопични изследвания с цел получаване на диагностичен образ. Друго приложение на рентгеновите лъчи в медицината е за лъчелечение.

- **Научни изследвания**

Рентгеновите лъчи се използват по най-разнообразен начин за научни дейности. Използват се в биологията, геологията, материалознанието, физиката, химията, електрониката и други. Понякога се налага разработването на рентгенова апаратура заради един единствен експеримент.

### **Защита от рентгеново лъчение**

Тъй като превишените дози на рентгеново излъчване нарушават функциите на епителните клетки и вредят на тъканите на вътрешните органи, трябва да се спазват специални правила и мерки за защита от йонизиращи лъчения.

Правила за защита:

- Метален тубус – фиксира се за вакуумната тръба, за да има контрол върху сноповете рентгенови лъчи и за да се предотврати хаотична йонизация;
- Оловно стъкло – разполага се на предната повърхност на екрана, за да предпази тялото от наднормено количество йонизиращо лъчение;

- Подвижен параван с вградени оловни пластини, който се използва като мобилна бариера срещу излишните лъчения; размерите му по стандарт са метър и половина височина и метър – ширина.

- Филтър-пластина: поставя се на изхода на вакуумната тръба, за да погълне т.н. меки лъчи, които са вредни за кожата.

Предпазна манта, , изработена от гума и оловни пластинки – те не пропускат йонизиращото лъчение. Защитното облекло е предназначено за оператора на апарата , лаборант, лекар, учен и др. С подобно покривало може да се покрият частите от тялото на пациент , когато те не са обект на изследване или лечение.

Използването на горепосочените защитни средства е задължително за съхранението на здравето на човека. Допустимата дневна норма на облъчване без лоши последици за здравето е 0,03 рентгена.

### **Заключение:**

Рентгеновите лъчи се доказват като силен инструмент за изследване на кристали и молекули, такива като протеините, като през 1953 дават възможност за демонстриране на двойната спирална структура на ДНК. Следователно рентгеновите лъчи и радиоактивността дават началото и са причината за революцията във физиката и науките за нашите представи за природата. Недоловимите, но много мощни лъчи, показват несъвършенствата на нашите сетива (зрение). Математичните единици и инструментите трябва да допълват нашите сетива. Фокусирани върху изследвания, провокирани от рентгеновите лъчи учените не само разкриват природата на новото лъчение, но довеждат и до редица открития в множество области. Прогресът в науката, основан на тези лъчи, е признат от световната общественост.

### **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, р. 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. Пъдарев, Н., Прогнозиране на опасностите за населението и инфраструктурата при ядрени, радиологични и химически опасни събития чрез симулационни модели, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски” ВТ, 2021;

6. 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

7. Dolchinkov N., Oleg A Loktionov, Иля V Korolev, Bonka E Karaivanova-Dolchinkova, Influence of Electromagnetic Waves on the Human Body, 2021 Sixth Junior Conference on Lighting (Lighting), 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/Lighting49406.2021.9599072, Electronic ISBN:978-1-6654-3792-9 CD:978-1-6654-3791-2;

8. Dolchinkov N., Bonka E Karaivanova-Dolchinkova, Bulgaria's energy independence and the "green" plan for the development of electricity generation worldwide, II Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Довкілля. Енергозбереження», 2-3 грудня 2021 р Полтава, ISBN 978-617-7915-44-6, стр. 25-29

9. Dolchinkov, N., B. Karaivanova-Dolchinkova, Radiation effect on human and living nature. International scientific journal: Science. Business. Society 5. 2016. стр. 59-61;

10. Dolchinkov, N., State of the population disclosure systems in the changing radiation situation in Bulgaria, 12th International Scientific and Practical conference Environment. Technology. Resources. ISBN 1691-5402, Vol 1, 20-22.06.2019 г. Резекне, Латвия, стр. 54-58;

***Адрес за кореспонденция:***

*Анатоли Вълв, студент в ОКС „Магистър“ anatoli19721972@abv.bg, GSM 0885618786*



DOI: 10.34660/INF.2023.24.54.034

## ИНФРАЧЕРВЕНИ ЛЪЧИ – СВОЙСТВА И ПРИЛОЖЕНИЕ

Венцислав Антонов

### INFRARED – PROPERTIES AND APPLICATION

Ventsislav Antonov

*Annotation: Infrared radiation is used in industrial, scientific, military, commercial, and medical applications. Night-vision devices using active near-infrared illumination allow people or animals to be observed without the observer being detected. Infrared astronomy uses sensor-equipped telescopes to penetrate dusty regions of space such as molecular clouds, to detect objects such as planets, and to view highly red-shifted objects from the early days of the universe. Infrared thermal-imaging cameras are used to detect heat loss in insulated systems, to observe changing blood flow in the skin, and to detect the overheating of electrical components.*

#### **Въведение.**

Често инфрачервените лъчи носят наименованието топлинни лъчи, поради силно изразения топлинен ефект върху човешката кожа при доближаване до силно нагрети тела, които са основните източници на инфрачервено излъчване. При това дължината на вълната на излъчването от нагрятото тяло зависи обратно пропорционално от температурата му: колкото температурата е по-висока, толкова по-къса е дължината на вълната и по-висок интензитетът на излъчването. Спектърът на излъчване на абсолютно черно тяло при относително невисоки температури (до няколко хиляди келвина) се намира именно основно в този диапазон. Инфрачервеното излъчване се дължи на изпускането на фотони от възбудени атоми или йони при преминаването им на по-ниски енергийни нива [1, 6, 7, 10, 16].

### **Какво представляват инфрачервените вълни?**

Инфрачервените вълни или инфрачервената светлина са част от електромагнитния спектър. Хората се сблъскват с инфрачервени вълни всеки ден; човешкото око не може да го види, но хората могат да го открият като топлина [3, 4, 13, 15].

Дистанционното управление използва светлинни вълни точно отвъд видимия спектър на светлината - инфрачервени светлинни вълни—за да променя каналите на вашия телевизор. Този регион на спектъра е разделен на близък, среден и далечен инфрачервен спектър. Районът от 8 до 15 микрона ( $\mu$ ) се нарича от земните учени термична инфрачервена светлина, тъй като тези дължини на вълните са най-добри за изучаване на топлинната енергия на дългите вълни, излъчвана от нашата планета [5, 6, 11].

### **Термография**

Термографията или термичното изображение са вид инфрачервено изображение на обекти. Тъй като всички тела излъчват в инфрачервения диапазон и интензивността на радиацията се увеличава с температурата, могат да се използват специализирани камери с инфрачервени сензори за откриване и заснемане на изображения. В случай на много горещи обекти в близката инфрачервена или видима област, този метод се нарича пирометрия. Термографията е независима от видимата светлина. Следователно, възможно е да се „види“ околната среда дори в тъмното. В частност, топли предмети, включително хора и топлокръвни животни, се открояват добре по-студено. Инфрачервената фотография на пейзажа подобрява изобразяването на обектите в зависимост от техния топлопредаване: синьото небе и водата изглеждат почти черни, а зелената листа и кожата са ярко проявени.

### **Определение и връзка с електромагнитния спектър**

Няма универсално прието определение за обхвата на инфрачервеното лъчение. Обикновено се приема, че се простира от номиналния червен ръб на видимия спектър при 700 нанометра (nm) до 1 милиметър (mm). Този диапазон от дължини на вълните съответства на честотен диапазон от приблизително 430 THz до 300 GHz. Отвъд инфрачервената е микровълновата част от електромагнитния спектър [2, 12, 17]. Все по-често терагерцовото излъчване се брои като част от микровълновата лента, а не инфрачервена, като премества ръба на инфрачервената лента на 0,1 мм (3 THz).

### **Слънчева радиация - естествено инфрачервено лъчение**

Най-известният и значим естествен инфрачервен нагревател е слънцето. Всъщност това е естественият и най-усъвършенстван метод за

отопление, познат на човечеството. В слънчевата система слънцето е най-мощният източник на топлинна радиация, която причинява живот на Земята. При температура на слънчевата повърхност от порядъка 6000K пада максимална радиация 0,47  $\mu\text{m}$  (съответства на жълтеникаво-бяло). Както мощността на слънчевата радиация в близост до земната повърхност, така и нейният спектрален състав зависят най-съществено от височината на Слънцето над хоризонта [1, 8]. Различните компоненти на слънчевия спектър преминават през земната атмосфера по различни начини. Въпреки това, естеството на слънчевата лъчиста енергия е много различно от лъчистата енергия, отделяна от инфрачервените нагреватели, използвани за отопление на помещения. Енергията на слънчевата радиация се състои от електромагнитни вълни, чиито физични и биологични свойства се различават значително от свойствата на електромагнитните вълни, излъчвани от конвенционалните инфрачервени нагреватели, по-специално бактерицидните и терапевтични (хелиотерапевтични) свойства на слънчевата радиация напълно липсват от радиацията източници с ниски температури. И все пак инфрачервените нагреватели дават същото термичен ефект като Слънцето, като е най-удобният и икономичен от всички възможни източници на топлина [9, 14].

### **Основните конвенционални инфрачервени региони**

Нека дадем примери за условно разделяне на инфрачервената област ( $\lambda \approx 0,78 - 1000 \mu\text{m}$ ) да се отделят области (информацията е взета само от техническата литература на руски и чуждестранни учени). Горната фигура показва колко разнообразно е това разделение, така че не трябва да се привързвате към нито едно от тях [5]. Просто трябва да знаете, че инфрачервеният спектър може условно да бъде разделен на няколко секции, от 2 до 5. Областта, която е по-близо във видимия спектър, обикновено се нарича: близка, близка, къса вълна и др. Областта, която е по-близо до микровълновото лъчение - далечна, далечна, дълги вълни и др. Близкия регион (Близко инфрачервена, NIR), Късовълнов регион (Инфрачервена връзка с къса дължина на вълната, SWIR), Регион със средна вълна (Инфрачервена светлина със средна дължина на вълната, MWIR), Регион с дълги вълни (Инфрачервена с дължина на вълната, LWIR), Далечен регион (Далечно инфрачервено, FIR).

### **Мониторинг на земята.**

За астрофизиците, изучаващи Вселената, инфрачервените източници като планетите са относително хладни в сравнение с енергията, излъчвана от горещи звезди и други небесни обекти. Земните учени изучават инфрачервената светлина като топлинно излъчване (или топлина) от нашата планета. Когато слънчевата радиация удари земята, част от тази енергия се

абсорбира от атмосферата и повърхността, като по този начин затопля планетата. Тази топлина се излъчва от земята под формата на инфрачервено лъчение. Инструментите на борда на сателитите за наблюдение на Земята могат да усетят това излъчвано инфрачервено лъчение и да използват получените измервания за изследване на промените в температурите на земната и морската повърхност. Има и други източници на топлина на земната повърхност, като потоци от лава и горски пожари. Инструментът за Спектрорадиометър с умерена резолюция на борда на сателитите аква и Тера използва инфрачервени данни за наблюдение на дима и определяне на източниците на горски пожари [2, 14, 16]. Тази информация може да бъде от съществено значение за противопожарните усилия, когато противопожарните разузнавателни самолети не могат да летят през гъстия дим. Инфрачервените данни също могат да позволят на учените да разграничат пламтящите пожари от все още тлеещите белези от изгаряне. Защо да използваме инфрачервени лъчи, за да изобразим Земята? Въпреки че е по-лесно да се разграничат облаците от земята във видимия диапазон, има повече подробности в облаците в инфрачервения диапазон. Това е чудесно за изучаване на структурата на облака. Например, имайте предвид, че по-тъмните облаци са по-топли, докато по-светлите облаци са по-хладни. Югоизточно от Галапагос, на запад от брега на Южна Америка, има място, където можете ясно да видите няколко слоя облаци, с по-топли облаци на по-ниски височини, по-близо до океана, който ги затопля.

### **Астрономия.**

Много обекти във Вселената са твърде хладни и бледи, за да бъдат открити във видимата светлина, но могат да бъдат открити в инфрачервения спектър. Учените започват да разкриват мистериите на по-хладните обекти във Вселената като планети, студени звезди, мъглявини и много други, като изучават инфрачервените вълни, които излъчват.

Космическият апарат Касини засне това изображение на сиянието на Сатурн, използвайки инфрачервени вълни. Сиянието е показано в синьо, а облаците под него са показани в червено. Тези аврори са уникални, защото могат да покрият целия полюс, докато аврорите около Земята и Юпитер обикновено са ограничени от магнитни полета до пръстени около магнитните полюси. Големият и променлив характер на тези аврори показва, че заредените частици, идващи от слънцето, изпитват някакъв вид магнетизъм над Сатурн, който преди това беше неочакван.

Инфрачервените вълни имат по-дълги дължини на вълните от видимата светлина и могат да преминават през плътни области на газ и прах в космоса с по-малко разсейване и абсорбция. По този начин инфрачервената енергия може да разкрие и обекти във Вселената, които не

могат да се видят във видимата светлина с помощта на оптични телескопи. Космическият телескоп Джеймс Уеб разполага с три инфрачервени инструмента за изучаване на произхода на Вселената и образуването на галактики, звезди и планети.

### **Пренос на данни чрез инфрачервени лъчи.**

Широко разпространено е използването на инфрачервеното лъчение за пренос на данни между компютри, мобилни апарати, преносими устройства и други подобни, които са в непосредствена близост едно до друго. Устройствата за дистанционно управление имат в състава си специални лещи, които насочват излъчваното инфрачервено лъчение от диода към приемника на климатик, телевизор, различни плеъри и всякакви устройства управлявани дистанционно. Приемникът на отделния уред е прецизно настроен да приема и разпознава само инфрачервения сигнал излъчван от дистанционното. По този начин се пренебрегва и елиминира действието на други инфрачервени лъчи произведени от близки обекти или Слънцето. Дистанционното управление и приемника се настройват на еднаква честота.

### **Инфрачервени приложения.**

Тъй като инфрачервените лъчи разширяват кръвоносните съдове и ускоряват притока на кръв, те се използват за подобряване и стимулиране на кръвообращението. Когато инфрачервените лъчи с дълги вълни са насочени към кожата, нейните рецептори се дразнят, което предизвиква реакция от хипоталамуса, който изпраща сигнал за "отпускане" на гладката мускулатура на кръвоносните съдове. В резултат на това капилярите, вените и артериите се разширяват и притокът на кръв се ускорява.

Не само стените на кръвоносните съдове реагират на инфрачервеното лъчение, на клетъчно ниво се наблюдава ускоряване на метаболизма, както и подобряване на хода на неврорегулаторните процеси.

Инфрачервените лъчи играят безценна роля за подобряване на имунитета. Поради увеличеното производство на макрофагоцити, фагоцитозата се ускорява и имунитетът се засилва на течено и клетъчно ниво при хората. Успоредно с това има стимулиране на синтеза на аминокиселини, както и повишено производство на ензими и хранителни вещества.

Също така се отбелязва дезинфекционен ефект, редица бактерии умират от инфрачервени лъчи в човешкото тяло, ефектът на някои вредни вещества се неутрализира.

**Използвана литература:**

1. Долчинков Н., Коронавирусната пандемия и мерки за ограничаване на разпространението ѝ, Годишна научна конференция на НВУ "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 НВУ "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. Славчева М., Използване на ултравиолетова светлина за борбата с вирусите, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“, НВУ „В. Левски“ - гр. В. Търново – 20 ноември 2020 ISSN 2738-7607 Print, ISSN 2603-4689 CD;
5. Харалампиев М., Екологични проблеми, породени от химическо оръжие, Екология и бъдеще. № 1-2р 2011, стр. 37-42, ISSN - 1312-0751;
6. 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;
7. 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;
8. Васильев А., Ультрафиолетовые светодиоды для борьбы с вирусами, журнал «Электротехнический рынок» №2 2020;
9. 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;
10. 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;
11. Харалампиев М., Влияние на ултразвук върху щатни дегазиращи разтвори, Сборник доклади годишна университетска научна конференция. НВУ „ Васил Левски", Велико Търново, 2018, Електронно издание, ISSN 2367-7481;
12. 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;

13. 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;

14. Долчинков Н., Действия на населението при извънредни ситуации, монография, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, ISBN 978-954-753-306-6, стр.186, 2020 г.;

15. [www.pomagalo.com](http://www.pomagalo.com);

16. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org);

17. [www.google.bg](http://www.google.bg).

*Адрес за кореспонденция:*

Венцислав Антонов, НВУ „Васил Левски“, E-mail: [hariban@abv.bg](mailto:hariban@abv.bg), GSM 0878186644

DOI: 10.34660/INF.2023.67.15.035

## УЛТРАВИОЛЕТОВИТЕ ЛЪЧИ

Владислав Павлов

ULTRAVIOLET (UV)

Vladislav Pavlov

***Abstract:** Ultraviolet (UV) is a form of electromagnetic radiation with wavelength from 10 nm[1] (with a corresponding frequency around 30 PHz) to 400 nm (750 THz), shorter than that of visible light, but longer than X-rays. UV radiation is present in sunlight, and constitutes about 10% of the total electromagnetic radiation output from the Sun. It is also produced by electric arcs and specialized lights, such as mercury-vapor lamps, tanning lamps, and black lights.*

Наименованието на ултравиолетовите лъчи идва от факта, че тази част от спектъра включва честотите, непосредствено след тези, които хората сме идентифицирали като виолетов цвят, както личи от името [1, 6, 10, 14]. Ултравиолетовите лъчи са невидими за човешкото око. Ултравиолетовото излъчване е част от спектъра на слънчевата светлина, и може да бъде произведено от електрически дъги или от предназначени за тази цел лампи за черна светлина. Класифицирано като нейонизиращо излъчване, то може да предизвика някои химически реакции, а при някои вещества - и флуоресценция. Ултравиолетовата част от спектъра се простира от 400nm до около 0,6nm. Важен източник на ултравиолетовото излъчване е Слънцето. Ултравиолетовото лъчение има специфично биологично действие. Някои животни, включително птици, влечуги и насекоми (нап. пчели) виждат в близката ултравиолетова част от спектъра. Много плодове, цветя и семена се различават по-ярко в ултравиолетово, отколкото в обхвата на човешкото зрение [2, 7, 13]. Скорпионите светят или приемат жълта или зелена окраска под действието на ултравиолетовите лъчи. В малки дози то е полезно за организма, тъй като спомага за образуването на витамин D и помага за влияние върху развитието на костната система на децата. Любопитни факти са, че снегът отразява до 80 % ултравиолетовата радиация 60% от дневната UV радиация достига земната повърхност в периода от 11 ч. до 16ч. UV лъчите проникват дори през облаците, когато денят е сив и слънцето не се вижда в небето. Чадърът на плажа пропуска над 50% от



ултравиолетовите лъчи, които достигат до земната повърхност, а пясъкът на плажа отразява до 25 % от UV радиацията.

**Откриване на ултравиолетовите лъчи** - През 1801г. Йохан Ритер, независимо от англичанина У. Х. Уоластън открива невидими за човешкото око лъчи, намиращи се непосредствено до виолетовата част на видимия спектър, които подобно на останалите познати видими лъчения се отразяват и пречупват. По-късно се изяснява, че тези лъчи, наречени ултравиолетови, заемат една твърде обширна зона от оптичната част на спектъра на електромагнитните вълни, граничеща с рентгеновите лъчи [4, 8, 9, 10, 11]. Ултравиолетовото лъчение е разновидност на лъчистата енергия, което има дължина на вълната от 9 до 400 nm.

### **Приложение на ултравиолетовите лъчи**

Ултравиолетовите лъчи намират приложение в много сфери – фотографията, астрономията, медицината и най-широко приложение в фототерапията. Най-мощен естествен източник на ултравиолетовото лъчение е Слънцето.

### **Приложение на ултравиолетовите лъчи медицината**

Светлолечението е раздел на физикалната терапия, който обхваща приложението на инфрачервените (ИЧ), видимите (ВЛ) и ултравиолетовите лъчи (УВЛ) от светлинния спектър за лечебни и профилактични цели. Носителите на по-голяма квант енергия – УВЛ – водят до по-значително нарушаване на енергийното равновесие на молекулата, която изпада в електронно-възбудено състояние на по-високо енергийно ниво, респ. до избиване на електрон, т.е. предизвиква се фотоелектричен ефект. В това състояние на възбуда органичната молекула влиза по-лесно във фотохимични реакции. Докато при въздействие с ИЧ и ВЛ се образува топлина под въздействието на УВЛ се отключват фотохимични реакции, които са начални звена за редица биохимични и биологични процеси в живия организъм [3, 5, 8]. Биологично действие оказва само погълнатата енергия. Дълбочината на проникване на светлинната енергия зависи от дължината на вълната и оптичните свойства на средата. UV лъчи проникват, в зависимост от дължината на вълната, от 0,1 до 0,6 mm. Независимо от вида му, всеки фотобиологичен процес може да се представи със следната схема: поглъщане на квант светлина → фотохимична реакция → физиологичен акт.

### **Защита от вредното въздействие на UV**

Необходимо е също очите да се пазят от облъчване, за да се избягнат сериозни увреждания от яркостта на ксеноновата лампа, която е твърде голяма (яркостта на лампа с мощност 20 kW достига 1010 cd/m<sup>2</sup>).

Спектърът на UV светлина от изкуствените източници се различава от спектъра на слънчевото UV лъчение. Атмосферата пропуска най-много UV лъчи с по-голяма дължина на вълната, докато спектърът на UV лампи съдържа лъчение и от трите зони. Зотова лечението и профилактиката с изкуствена UV светлина изисква по-голяма предпазливост. Преоблъчването е свързано с риск от увреждания на кожата (изгаряния, рак), на роговицата и лещата на очите (катаракта) и на имунната система. UV светлина се поглъща главно в роговицата и лещата и не достига до ретината - Лъчите от ултравиолетовия диапазон притежават изразена биологична активност и могат да имат вредно въздействие, но в зависимост от продължителността и интензивността на облъчването [3, 12, 14].

В последните години се говори все повече за вредата от слънчевите лъчи. Това е продиктувано от напредването на научните изследвания в тази област (особено проучванията върху рака на кожата), а също така от все по-разрастващият се екологичен проблем, свързан с намаляването на озоновия слой естествен мощен филтър на вредните слънчеви лъчения. Доскоро се считаше, че UVЛ (именно те се използват при солариумите) са напълно безвредни, но тези лъчи, именно поради по-дълбокото си проникване в кожата, допринасят за т.нар. хронично слънчево увреждане, по-бързото стареене на кожата, появата на бръчки. Те са отговорни и за остро слънчево увреждане на кожата, известно като слънчево изгаряне.

Носителите на по-голяма квант енергия – UVЛ – водят до по-значително нарушаване на енергийното равновесие на молекулата, която изпада в електронно-възбудено състояние на по-високо енергийно ниво, респ. до избиване на електрон, т.е. предизвиква се фотоелектричен ефект. В това състояние на възбуда органичната молекула влиза по-лесно във фотохимични реакции. физиологичен акт. Ултравиолетовите лъчи, приложени върху телесен участък, отключват първата реакция от страна на кожата, наречена – erythema fotoelectrica. Основните кожни реакции не са еднакво интензивни за всички части на тялото. Карциногенезата, т.е. образуването на рак (в случая на кожата), се свързва със способността на UVB-лъчите да нарушават строежа на ДНК-структурите (носеци генетичния материал отговорен за правилното възпроизводство на клетките) в клетките на кожата.

При попадането си върху кожата UV-лъчите се абсорбират в зависимост от дължината на вълната си от различни молекули ДНК, белтъчни, мастни, водни и др., които имат фоточувствителност към съответната дължина на вълната. При абсорбиране на UV-лъчите от биологичните молекули започва каскада от фотохимични реакции, водеща до продукцията на вторични биологично активни вещества, някои от които имат пряк токсичен за клетката ефект. Такива са например свободните радикали, а други са фактори на възпалителния процес и предизвикват

реакция на мястото на поражението. Прекомерното излагане на въздействието на слънчевите UV-лъчи води и до промени в имунната функция на кожата. Известно е, че кожата на някои е по-чувствителна към слънчевите лъчи, по-трудно почернява и е по-податлива на слънчево изгаряне. Това обикновено са хората с по-светла кожа. Тези с по-тъмна кожа по-трудно изгарят и по-лесно почерняват. На съвременните слънцезащитни продукти винаги трябва да бъде отбелязан коефициентът на слънцезащитния фактор SPF Т.е., ако вашата кожа обикновено изгаря при излагане на интензивно слънце за 10 мин., то, при прилагане на продукт с SPF 15, ще можете да останете на слънце без риск от изгаряне 150 мин.

Ползата от тези лъчи е свързана с образуването на витамин D (Разтворим в мазнини. Идва от слънчевата светлина или от храната. Ултравioletовите лъчи оказват въздействие върху мазнините на кожата, произвеждащи този витамин, който след това се поема в тялото. При перорален прием витамин D се абсорбира заедно с мазнините през чревните стени. Смогът пречи на продуциращите витамин D слънчеви лъчи. Слънчевият загар спира производството на витамин D чрез кожата. Допринася за правилното оползотворяване на калция и фосфора. Необходим е за здравината на костите и зъбите. В комбинация с витамин А и С може да помогне за предпазване от настинки. Болестите при недостиг са Рахит, тежки форми на загиване на зъбите, остеомаляция (размекване на костната тъкан). При някои хора съществува вродена неспособност за изработване на меланин. Те се наричат албиноси. Кожата им лесно се възпалява дори и ако за съвсем кратко време са изложени на слънце.

### **Фотозащита**

Естественият тен на кожата съвсем минимално я предпазва от изгаряне, много повече го правят фотозащитните средства. През лятото е добре да се ползват мазни кремове, които да задържат течностите в кожата. Най-важното е тези кремове да са възможно най-чисти от допълнителни вещества като билки, консерванти, аромати, съветва проф. Странски. Допълнителните съставки често причиняват алергии и екземи. Дали ще се появи алергия, зависи и от концентрацията на веществата в крема, от честотата на използването му, от чувствителността на кожата. Билките не могат да окажат лечебно действие, приложени отвън на кожата, защото тя има много защитни слоеве и е трудно да се проникне в дълбочина, казва още лекарят. Има фотозащитни кремове, подходящи за различните типове кожа. Загарът, получен в солариум, предпазва от изгаряне на плажа. Но и с двете не трябва да се прекалява.

<i>Материал</i>	<i>Дължина на вълната, nm</i>
Обикновено стъкло	300 – 320
Оптическо стъкло	320 – 350
Канадски балсам (0,1 mm)	320
Целулоид (0,2 mm)	295
Кинофилм (0,1 mm)	260
Целофан тънък	260
Парафин (0,2 mm)	220
Желатин	200
Вода слой (1 mm)	175
Гипс (1 mm)	170
Кварц кристален (1 mm)	160
Флуорит (1 mm)	125

### **Свойства на ултравиолетовите лъчи**

Голяма част от веществата, които са прозрачни за видимата светлина, не са прозрачни за ултравиолетовите лъчи. Дължината на вълната на лъчението влияе силно върху отражението, поглъщането и преминаването на ултравиолетовите лъчи. Например обикновеното стъкло с дебелина 7mm различно пропуска ултравиолетовите лъчи с дължина на вълната 366 nm – 90%; с дължина на вълната 314 nm – 14% и с дължина на вълната 313 nm – по – малко от 1% . Областта от спектъра на ултравиолетовите лъчи между 400 и 120 nm условно се разделя на три части. Най-близката област от ултравиолетовото лъчение в граници с дължина на вълната от 320 до 400 nm е лъчение, което широко се използва за луминесцентен анализ, а също и за възбуждане на луминесценция при някои вещества.

Средната област за ултравиолетовата радиация – в граници с дължина на вълната от 275 до 320 nm, се характеризира със способността да предизвиква пигментиране на човешката кожа и благотворно действие в определени дози върху растежа и развитието на животните и растенията. Още по-късовълновата област от ултравиолетовото лъчение – в граници с дължина на вълната от 120 до 275 nm, се характеризира със свойството си да озонира въздуха и с това да убива микроорганизмите. Тази област от ултравиолетовото лъчение се използва за получаване на видима светлина при луминисцентните лампи. Делението на спектъра на ултравиолетовите лъчи на такива области е твърде условно, защото свойствата на ултравиолетовото лъчение, които се приписват на дадена област, са присъщи в по-малка степен и на съседните зони.

Като сравнение можем да кажем, че спектърът на UV светлина от изкуствените източници се различава от спектъра на слънчевото UV лъчение. Атмосферата пропуска най-много UV лъчи с по-голяма дължина

на вълната, докато спектърът на UV лампи съдържа лъчение и от трите зони. Зотова лечението и профилактиката с изкуствена UV светлина изисква по-голяма предпазливост. Преоблъчването е свързано с риск от увреждания на кожата (изгаряния, рак), на роговицата и лещата на очите (катаракта) и на имунната система. UV светлина се поглъща главно в роговицата и лещата и не достига до ретината.

Ултравioletовата светлина от заобикалащите ни източници, вкл. Слънцето, не йонизира въздуха. Причина за това е, че енергията на фотоните UV е по-ниска от необходимата за образуване на една йонна двойка във въздуха  $\dot{w} = 33,85 \text{ eV}$ . Енергия  $\dot{w}$  имат UV лъчи с дължина на вълната  $\lambda \approx 37 \text{ nm}$ , каквито около нас няма. Зотова границата между рентгеновите и UV лъчи ( $\lambda = 10 \text{ nm}$  и съответната енергия  $h\nu = 124 \text{ eV}$ ) е приета за граница между йонизиращите и нейонизиращите електромагнитни лъчения.

Като влияние върху обмена на веществата UVЛ влияят върху обменните процеси по много сложен механизъм. Върху окислително-редукционните процеси в организма UVЛ влияят в два аспекта. По време на erythema fotoelectrica преобладават окислителните процеси. Когато отзвучи възпалителният стадий, в кожата преобладават редукционните процеси. Увеличава се числеността на сулфхидрилните групи (Sh), с което се увеличава енергийният резерв, рест. Нарастват възстановителните способности на организма. Стимулирането на редукционните свойства на кожата при облъчване с UV лъчи стои в соновата на профилактиката при някои професионални заболявания, като интоксикации с тежки метали – живак, арсен, злато и др. Техните отровни съединения при слънчева експозиция се отлагат в кожата в неразтворимо състояние.

Под влияние на UVЛ алкално-киселинното равновесие в организма претърпява промени. Във възпалителния стадий се установява ацидоза, свързана с белтъчния разпад. След отзвучаване на възпалителната реакция, в кожата се установява алкалоза, която се обяснява с включването на интензивни компенсаторни механизми за изравняване на рН.

След въздействие с UVЛ се променя и йонният състав в тъканните течности (повишава се Са за сметка на К), което повлиява ферментативните и обменни процеси, както и тонуса на вегетативната нервна система.

С особена практическа стойност е повлияването на колциево-фосфорната обмяна при ултравioletова експозиция, което се използва за профилактика и терапия на рахит в детска възраст, както и на остеопороза или остеомаляцията при възрастни.

При въздействие с UVЛ настъпват промени и във въглехидратната обмяна. Установено е по експериментален път, че в ранната фаза 8 – 14 часа след експозицията в базалния слой на епидермиса се увеличава гликогенът. Максимумът му достига до 24 – 30 часа и може да се запази до 2 – 3 седмици. Този ефект се използва като елемент в комплексното лечение на леките и

средно тежки форми на захарния диабет. Обяснява се с потискане на оксидацията на глюкозата, понижените кислородни нужди на организма и оптимизирания енергетичен разход.

Влиянието на УВЛ върху ликвидната обмяна е свързано с увеличаването на холестерола в кожата, още повече, че дехидрохолестеролът е изходният продукт за синтеза на Vit Д3 в организма. Това е базата, върху която стъпва съвременната терапия и профилактика на хиперлипидемиите с УВЛ.

Върху органи и системи УВЛ, намесвайки се в най-интимните механизми на обмяната, светлината може да промени по характерен начин дейността на различни органи и системи в човешкия организъм.

УВЛ въздействат по много по-сложен механизъм, понякога предизвикват противоположни ефекти в зависимост от дозата. Така например, суберитемните дози стимулират регенерацията и подобряват провеждането при заболявания от възпалителен или травматичен характер на периферните нерви. По-големите дози (еритемните) подтискат възбудимостта на периферните нерви, което намира практическо приложение за обезболяване.

Върху ендокринната система светлината (ИЧ, В, УВ) има стимулиращо действие. Особено характерно е стимулирането на продукцията на тироксин под въздействие на УВЛ. Както беше изяснено вече в настоящото изложение, УВЛ стимулират надбъбречната жлеза.

По отношение на дихателната система, УВЛ повишават очистителната функция на белите дробове, в резултат на забавяне и задълбочаване на дишането.

Върху храносмилателната система се установява ясно изразена двупосочност в действието им, в зависимост от дозата. Така например, при хипацидитет суберитемните дози ултравиолет подобряват моториката на стомаха и стомашната секреция.

Върху имунната система. Механизмите за стимулиране на имунната система при въздействие с УВЛ могат да бъдат систематизирани в три основни аспекта:

- Чрез дразнене на имунния апарат от продуктите на белтъчния разпад;
- Чрез стимулиране на белтъчния синтез на кръвообращението;
- Чрез нервно-хуморална регулация, чрез оста хипоталамус – хипофиза – надбъбрек.

Трябва изрично да подчертаем, че тези ефекти се отнасят за малките, постепенно нарастващи суберитемни дози от порядъка от 1/3 до 2 биодози. При големи дози (5 и над 5 биодози) ефектът е обратен, имуногенезата се подтиска и отслабва неспецифичната защита.

## Заклучение

Ултравиолетовата светлина принадлежи към електромагнитните вълни, които имат къс диапазон на дължина на вълната (10 nm-400 nm). И така, при късата дължина на вълната честотата трябва да е висока, при високата честота енергията на ултравиолетовата светлина също е висока, за да може да даде енергия за химическа реакция и да разруши структурата на ДНК. Поради това UV светлината е толкова полезна в много сектори като медицина, анализи, системи за пречистване и други.

## Използвана литература:

1. В. Е. Кичка Инфрачервените лъчи във военното дело Категория: Военно дело и сигурност Издателство: Военно издателство София 1959
2. Даниела Борисова Уреди за нощно виждане Моделиране и оптимално проектиране София 2015 ИЗДАТЕЛСТВО НА БАН „Проф. МАРИН ДРИНОВ“
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. Славчева М., Използване на ултравиолетова светлина за борбата с вирусите, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“, НВУ „В. Левски“- гр. В. Търново – 20 ноември 2020 ISSN 2738-7607 Print, ISSN 2603-4689 CD;
5. Долчинков Н. Т., Оптически прибори, използвани при обучението в НВУ „Васил Левски“, 43 национална конференция по физика – гр. Благоевград – април 2015 г. ISBN 978-954-580-354-3 стр. 100-106;
6. 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;
7. 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;
8. . Lazov L., Dolchinkov N. T., Kondratieva O., About the possible effects of laser radiation on the soldiers' eyes in the army, Scientific Research Of The Sco Countries: Synergy And Integration Beijing, China 2019, Part 2, 28.09.2019 г. ISBN 978-5-905695-62-9, стр. 155-164;
9. Lazov L., Dolchinkov N. T., Kondratieva O., Laser and his impact on the people's eyes, International scientific journal: Security@future 2/2019, ISSN 2535-0668 стр.66-68;

10. 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;

11. Долчинков Н., Действия на населението при извънредни ситуации, монография, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, ISBN 978-954-753-306-6, стр.186, 2020 г.;

12. [www.pomagalo.com](http://www.pomagalo.com);

13. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org);

14. [www.google.bg](http://www.google.bg).

**Адрес за кореспонденция:**

*Владислав Павлов, Национален военен университет „Васил Левски“, E-mail: jara\_pln@abv.bg, GSM 0876520715*



DOI: 10.34660/INF.2023.14.96.036

## ГАМА ЛЪЧЕНИЕ ВИДОВЕ, ОБРАЗУВАНЕ, БИОЛОГИЧНА ОПАСНОСТ И ЗАЩИТА

Илиян Любчов Иванов

## GAMMA RAY SPECIES, FORMATION, BIOHAZARD AND PROTECTION

Iliyan Lyubchov Ivanov

**Annotation:** *Gamma rays are a form of electromagnetic radiation with a very small wavelength – on the order of 10-11 aposematic reactions, such as radioactive decay. They have a strong penetrating ability, a high frequency – 10<sup>19</sup>, and a strong ionizing action, which is why they are dangerous to living beings.*

*Their energy is in the range of 105-109. Gamma rays, unlike Apostille particles and Apostille particles, do not deviate in an electromagnetic field.*

*Usually they reach us as photons with energy over 100. In the electromagnetic spectrum, they are located in the region of high frequencies and are correspondingly small wavelengths. Radioactive materials can emit gamma rays. They penetrate deep into living tissues and can cause cancer. Like light, gamma rays are composed of photons, but in gamma rays, these photons have extremely high energy.*

Гама-лъчението (гама-лъчи,  $\gamma$ -лъчи) е вид електромагнитно излъчване. Характеризиращо се с изключително къса дължина на вълната - по-малко от  $2 \cdot 10^{-10}$  m - и в резултат на това изразени корпускулярни и слабо изразени вълнови свойства [1, 2, 10].

Гама лъчение (гама лъчи,  $\gamma$ -лъчи) и неговите видове:

Гама-лъчението (гама-лъчи,  $\gamma$ -лъчи) е вид електромагнитно излъчване, характеризиращо се с изключително къса дължина на вълната, по-малко от  $2 \cdot 10^{-10}$  m, и в резултат на това изразени корпускулярни и слабо изразени вълнови свойства.

Гама-лъчението се отнася до йонизиращо лъчение, тоест до лъчение, чието взаимодействие с веществото може да доведе до образуването на йони с различни знаци [3, 4, 10].

Гама-лъчението (в тесния смисъл на думата) е проникващо електромагнитно излъчване, което възниква при спонтанни трансформации („разпадане“) на атомни ядра на много естествени или изкуствено създадени радиоактивни елементи (радионуклиди) [8, 9, 10].

В по-широк смисъл гама лъчение е всяко електромагнитно лъчение с квантова енергия от няколкостотин килоелектронволта или повече, независимо от естеството на тяхното възникване [5, 6, 10].

Името на гама лъчите идва от разделянето на йонизиращото лъчение на алфа лъчение, бета лъчение и гама лъчение в съответствие с нарастващата им способност да проникват през материята. Алфа и бета лъчите са съставени от заредени частици и следователно взаимодействат с материята много по-силно от незаредените фотони или квантите на гама лъчение. Съответно последните имат значително по-висока проникваща способност.

Алфа радиацията ( $\alpha$ -лъчи) е поток от ядра на атоми на хелий-4, които имат положителен заряд. Ядрото на атома хелий-4 ( $\alpha$ -частица) -  ${}^4_2\text{He}^{2+}$  се образува от два протона и два неутрона.

Бета лъчението ( $\beta$ -лъчи) е поток от електрони -  $e^-$  (частици с отрицателен заряд) или позитрони -  $p^+$  (съответно частици с положителен заряд).

Гама лъчение ( $\gamma$ -лъчи) е поток от високоенергийни фотони (гама лъчи). Енергията на гама лъчите може да варира от няколкостотин килоелектронволта (keV) до няколкостотин гигаелектронволта (GeV) и повече. Последното (свръхвисоките енергии на гама лъчите) е характерно за космическите лъчи. По този начин гама-лъчи с много висока енергия в диапазона от 100-1000 тераелектронволта (TeV) са наблюдавани от източници като микроквизара Cygnus X-3.

Разграничаване:

- меко гама лъчение (с енергия на фотоните от няколкостотин килоелектронволта до няколко мегаелектронволта),
- средноенергийно гама-лъчение (с енергия на фотоните от няколко мегаелектронволта до десетки мегаелектронволта),
- високоенергийно гама лъчение (с фотонни енергии от няколко десетки мегаелектронволта до  $10^{11}$  електронволта),
- свръхвисокоенергийно гама-лъчение (с енергия на фотоните над  $10^{11}$  електронволта).

В мащаба на електромагнитните вълни гама-лъчението граничи с твърдите рентгенови лъчи. В същото време не е определена ясна граница между гама лъчение и твърдо рентгеново лъчение [7, 8].

Гама радиацията е открита от френския физик Пол Вилард през 1900 г., докато изучава радиацията от радий. Той постави радий-226 (смесен с неговите дъщерни радионуклиди) в магнитно поле. В резултат на това радиационните компоненти бяха разделени на три компонента по посока на отклонението на частиците в магнитно поле: излъчване с положителен електрически заряд беше наречено  $\alpha$ -лъчи, с отрицателен заряд -  $\beta$ -лъчи и електрически неутрално излъчване, което направи не се отклоняват в

магнитно поле, се наричат  $\gamma$ -лъчи. За първи път такава терминология на употреба е предложена от Е. Ръдърфорд в началото на 1903 г.

### **Възникване и образуване на гама лъчение:**

Гама лъчение възниква:

- по време на преходи между възбудени състояния на атомни ядра към стабилно състояние (с така наречения изомерен преход);
- по време на ядрени реакции,
- при взаимодействия и разпадане на елементарни частици (например при анихилация на електрон и позитрон, разпадане на неутрален пион и др.),
- при отклоняване на енергетично заредени частици в магнитни и електрически полета.

Естествените източници на гама радиация, които се срещат на Земята, са главно резултат от радиоактивен разпад и вторична радиация от атмосферните взаимодействия с частиците на космическите лъчи. Съществуват и други редки природни източници, като например земни гама-изблици (изблици на гама-лъчи, възникващи в земната атмосфера).

Гама лъчение (гама лъчи,  $\gamma$  лъчи), видове, образуване, биологична опасност и защита.

Гама-лъчението (гама-лъчи,  $\gamma$ -лъчи) е вид електромагнитно излъчване, характеризиращо се с изключително къса дължина на вълната - по-малко от  $2 \cdot 10^{-10}$  m - и в резултат на това изразени корпускуларни и слабо изразени вълнови свойства.

### **Гама лъчение (гама лъчи, $\gamma$ -лъчи) и неговите видове:**

Гама-лъчението (гама-лъчи,  $\gamma$ -лъчи) е вид електромагнитно излъчване, характеризиращо се с изключително къса дължина на вълната - по-малко от  $2 \cdot 10^{-10}$  m - и в резултат на това изразени корпускуларни и слабо изразени вълнови свойства.

Гама-лъчението се отнася до йонизиращо лъчение, тоест до лъчение, чието взаимодействие с веществото може да доведе до образуването на йони с различни знаци [1, 5, 9].

Гама-лъчението (в тесния смисъл на думата) е проникващо електромагнитно излъчване, което възниква при спонтанни трансформации („разпадане“) на атомни ядра на много естествени или изкуствено създадени радиоактивни елементи (радионуклиди).

В по-широк смисъл гама лъчение е всяко електромагнитно лъчение с квантова енергия от няколкостотин килоелектронволта или повече, независимо от естеството на тяхното възникване.

Името на гама лъчите идва от разделянето на йонизиращото лъчение на алфа лъчение, бета лъчение и гама лъчение в съответствие с нарастващата им способност да проникват през материята. Алфа и бета лъчите са

съставени от заредени частици и следователно взаимодействат с материята много по-силно от незаредените фотони или квантите на гама лъчение. Съответно последните имат значително по-висока проникваща способност.

Алфа радиацията ( $\alpha$ -лъчи) е поток от ядра на атоми на хелий-4, които имат положителен заряд. Ядрото на атома хелий-4 ( $\alpha$ -частица) -  ${}^4_2\text{He}^{2+}$  се образува от два протона и два неутрона.

Бета лъчението ( $\beta$ -лъчи) е поток от електрони -  $e^-$  (частици с отрицателен заряд) или позитрони -  $p^+$  (съответно частици с положителен заряд).

Гама лъчение ( $\gamma$ -лъчи) е поток от високоенергийни фотони (гама лъчи). Енергията на гама лъчите може да варира от няколкостотин килоелектронволта (keV) до няколкостотин гигаелектронволта (GeV) и повече. Последното (свръхвисоките енергии на гама лъчите) е характерно за космическите лъчи. По този начин гама-лъчи с много висока енергия в диапазона от 100-1000 тераелектронволта (TeV) са наблюдавани от източници като микроквизара Cygnus X-3.

Разграничаване:

- меко гама лъчение (с енергия на фотоните от няколкостотин килоелектронволта до няколко мегаелектронволта),
- средноенергийно гама-лъчение (с енергия на фотоните от няколко мегаелектронволта до десетки мегаелектронволта),
- високоенергийно гама лъчение (с фотонни енергии от няколко десетки мегаелектронволта до  $10^{11}$  електронволта),
- свръхвисокоенергийно гама-лъчение (с енергия на фотоните над  $10^{11}$  електронволта).

В мащаба на електромагнитните вълни гама-лъчението граничи с твърдите рентгенови лъчи. В същото време не е определена ясна граница между гама лъчение и твърдо рентгеново лъчение [4, 6, 9].

Гама радиацията е открита от френския физик Пол Вилард през 1900 г., докато изучава радиацията от радий. Той постави радий-226 (смесен с неговите дъщерни радионуклиди) в магнитно поле. В резултат на това радиационните компоненти бяха разделени на три компонента по посока на отклонението на частиците в магнитно поле: излъчване с положителен електрически заряд беше наречено  $\alpha$ -лъчи, с отрицателен заряд -  $\beta$ -лъчи и електрически неутрално излъчване, което направи не се отклоняват в магнитно поле, се наричат  $\gamma$ -лъчи. За първи път такава терминология на употреба е предложена от Е. Ръдърфорд в началото на 1903 г.

### **Възникване и образуване на гама лъчение:**

Гама лъчение възниква:

- по време на преходи между възбудени състояния на атомни ядра към стабилно състояние (с така наречения изомерен преход);

- по време на ядрени реакции,
- при взаимодействия и разпадане на елементарни частици (например при аниhilация на електрон и позитрон, разпадане на неутрален пион и др.),
- при отклоняване на енергетично заредени частици в магнитни и електрически полета.

Естествените източници на гама радиация , които се срещат на Земята, са главно резултат от радиоактивен разпад и вторична радиация от атмосферните взаимодействия с частиците на космическите лъчи. Съществуват и други редки природни източници, като например земни гама-изблици (изблици на гама-лъчи, възникващи в земната атмосфера ).

Гама-лъчението се среща и в открития космос.

### **Биологичен ефект и опасност от гама лъчение:**

Гама радиацията е опасна за живота и здравето. Облъчването с гама лъчи, в зависимост от дозата и продължителността, може да причини хронична и остра лъчева болест, а в някои случаи и смърт.

Гама радиацията е мутагенен и тератогенен фактор. Той атакува ДНК на човешките клетки.

### **Свойства на гама лъчение:**

- гама-лъчите, за разлика от  $\alpha$ -лъчите и  $\beta$ -лъчите, не съдържат заредени частици и следователно не се отклоняват от електрически и магнитни полета;

- гама лъчите се характеризират с по-голяма проникваща способност (в сравнение с  $\alpha$ - и  $\beta$ -лъчите) при равни енергии и при равни други условия;

- гама лъчението при преминаване през вещество предизвиква йонизация на атомите на веществото;

- гама-лъчението при преминаване през вещество предизвиква различни физични ефекти: фотоелектричен ефект, ефект на Комптън, ефект на образуване на двойки, ядрен фотоелектричен ефект;

- гама-лъчението, засягайки живия организъм, причинява хронична и остра лъчева болест, както и смърт.

Фотоелектричният ефект или фотоелектричният ефект е явление на взаимодействие на светлина или друго електромагнитно лъчение (например гама лъчение) с вещество, при което енергията на фотона се прехвърля към електроните на веществото (енергията на фотона се поглъща от електронът на атомната обвивка). В кондензирани (твърди и течни) вещества има външен (поглъщането на фотони се придружава от излъчване на електрони извън тялото) и вътрешен (електроните, останали в тялото, променят енергийното си състояние в него, преминават от свързано състояние в свободен, без да избяга навън) фотоелектричен ефект. С вътрешния фотоелектричен ефект, като следствие от поглъщането на фотон, се

образува двойка носители на заряд: електрон в зоната на проводимост и дупка във валентната зона. Концентрацията на носители на заряд води до появата на фотопроводимост (увеличаване на електрическата проводимост полупроводник или диелектрик) или появата на електродвижеща сила. Фотоелектричният ефект в газовете се състои в йонизация на атоми или молекули под действието на радиация.

Когато гама квантът взаимодейства с материята, енергията на гама кванта се абсорбира от електрона на атомната обвивка и електронът, изпълнявайки работата, напуска атома (който става положително йонизиран).

Вероятността за фотоелектричния ефект е право пропорционална на 5-та степен на атомния номер на химичния елемент и обратно пропорционална на 3-та степен на енергията на гама-лъчението. Фотоелектричният ефект, като правило, преобладава при гама-квантови енергии от няколко до десетки килоелектронволта или по-малко.

Ефектът на Комптън е явление на некохерентно разсейване на електромагнитно излъчване (например фотони, гама кванти) върху свободни електрони, придружено от намаляване на честотата на електромагнитното излъчване (увеличаване на дължината на вълната). Част от енергията на фотоните и гама лъчите след разсейване се предава на електрони.

Когато гама квантът взаимодейства с електрон, се образува нов гама квант с по-ниска енергия, което също е придружено от освобождаване на електрон и йонизация на атом.

Ефектът от образуването (раждането) на двойки е явление, при което възникват двойки частица-античастица. Ефектът от образуването (раждането) на двойки е обратен на процеса на аниhilация,

Гама-квантът, взаимодействайки с електромагнитното поле на атомното ядро, се превръща в електрон и позитрон.

Производството на двойки електрон-позитрон по време на взаимодействието на гама-квант с енергия над 3 MeV с електромагнитното поле на ядрото е преобладаващият процес на взаимодействие на гама-квантите с материята. При по-ниски енергии на гама-квантите действат главно Комптоново разсейване и фотоелектричният ефект. А при гама-квантови енергии под 1,022 MeV, ефектът от производството на двойки отсъства напълно.

Ядреният фотоелектричен ефект е явлението на излъчване на нуклони (протони и неутрони) от ядрата на атомите по време на ядрени реакции, които възникват, когато гама лъчите се абсорбират от ядрата на атомите.

Ядреният фотоелектричен ефект действа при гама-квантови енергии над няколко десетки MeV.

### Приложения на гама радиация:

- в гама дефектоскопията: контрол на качеството на продуктите чрез транслюминация с  $\gamma$ -лъчи;
- в хранително-вкусовата промишленост при консервиране на хранителни продукти: гама стерилизация за увеличаване срока на годност;
- в медицината;
- в уреди за измерване на разстояния: нивомери, гама висотомери на космически кораби;
- при гама-каротажи в геофизиката;
- в гама-астрономията.

### Защита от гама лъчение:

Слой от вещество (материал) служи като защита срещу гама лъчение. Ефективността на защитата зависи от естеството на веществото и дебелината на неговия слой.

Таблицата по-долу изброява дебелината на слоя за полузатихване на гама 1 MeV за различни материали.

Защитен материал	Плътност, g/cm <sup>3</sup> .	Дебелината на слоя на половин затихване, cm.	Тегло 1 см <sup>2</sup> . половин затихващ слой, g
Вода	11,3415	0,8	9,0732
Бетон	1,5-3,5	3,8-6,9	5.7-24.15
Стомана	7.5-8.05	1.27	9.53-10.22
Желязо	7,874	1.5	11,811
Алуминий	2,6989	4.3	11.60527
Волфрам	19.25 ч	0,33	6,3525
вода	1,00	~10	~10
обеднен уран	19.5	0,28	5.46
Въздух , при нормално атмосферно налягане (101,325 Pa или 1 atm.) и температура 20 °C	0,0012041	~8500	~10.23

### Използвана 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., Караиванова-Долчинкова Б., Ролята на ядрената енергетика в световната икономика, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“, НВУ „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 НВУ „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 НВУ „Васил Левски“ ВТ, Том 4, 2018, с. 168 – 175, Издателски комплекс на НВУ „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. Долчинков Н., Действия на населението при извънредни ситуации, монография, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, ISBN 978-954-753-306-6, стр.186, 2020 г.

9. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

10. [www.google.bg](http://www.google.bg)

**Адрес за кореспонденция:**

Илиян Любчов Иванов, Национален военен университет „Васил Левски“, E-mail: [ilianivanov1995@gmail.com](mailto:ilianivanov1995@gmail.com), тел. 0897684603



DOI: 10.34660/INF.2023.45.24.037

## ЛАЗЕРНИ ЛЪЧЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОТО ИМ ПРИЛОЖЕНИЕ В ДНЕСНО ВРЕМЕ

Йордан Григоров

## LASER RADIATION AND IT'S PRACTICAL USE TODAY

Yordan Grigorov

*Summary: When laser radiation is applied for a certain time to the surface of a material, part of it's absorbed by the conduction electrons in a surface region a few nanometers thick and rapidly converted into heat through collisions between the electrons and the lattice ions.*

*Keywords: radiation, electrons, laser, heat, conversion, material*

### 1. Въведение

Лазерните лъчения имат много свойства и когато учените са ги разкрили, общността е получила шанс да се възползва от предимствата на лазерните технологии дали за производствена цел или медицинска цел. Но както всяко нещо, когато се прекали с него може да е много вредно и с летален изход. Така е и с лазерните лъчения. Учените разполагат с достатъчно точни методи за определяне на дължините на светлинните вълни на лъчите. Източниците на светлинните вълни не са ярки или корехентни до нужната степен, когато измервателното рамо е 50см или по - малко. Нещата се променят, когато става възможно използването на по – прецизна лазерна радиация. Лазерните лъчения могат да се използват за рязане, измервания, медицински цели и други. Все по – често се използват за извършване на медицински операции [1, 5, 9, 10].

Лазерът е изграден от три компонента:

- активна среда
- външен източник на енергия
- резонатор(състои се от две огледала)

## 2.Теза

Терминът Gemostatiki се използва за кратко означение на свойствата на лазерното лъчение, изразено чрез запояване и заваряване. Поради процеса некроза, свързан с температурното третиране. Коагулационно контролираната некроза, породена от промяната на нивото на топлина, се съпровожда от образуването на ръбест филм от клетъчни елементи и тъкани. Това свързва няколко слоя органа с едно ниво. Работата с лазер винаги е взаимодействие с много високи температури. Поради тази функция, течността, която обикновено е вътре в клетките и между тъканите, се изпарява почти незабавно и сухите компоненти изгарят. Дистрофията се определя от вида на лазерното излъчване, използвани в дадена инсталация. Много зависи и от вида на обработената органична тъкан, от продължителността на контакта. Ако се премести лазера, той предизвиква изпарение, което води до линеен разрез.

Едни от важните качества на лазерното излъчване е монохроматичния спектър, високото ниво на кохерентност, ниска дивергенция и повишена плътност на спектъра. Като цяло, това позволява изграждането на лазерни високо прецизни инструменти, които са надеждни и приложими в различни климатични условия, геоложки и хидроложки фактори. През последните години бяха проектирани високо прецизни инструменти с лазери за геодезисти. Те се основават на свойствата на лазерното лъчение, което вече е известно на човечеството. Използването на лазери в такива инсталации е широко разпространено не само у нас, но и в чужбина. Както се вижда от практиката, за машини за полагане на тръби, машини за земни работи, лазерни системи са необходими като метод за определяне на посоката на движение. Те са важни при създаването на пътища (железопътни линии, автомобили) и много други работи. Използването на лазера се оказва в образуването на траншеи. С помощта на специална настройка се създава лазерен лъч, който определя пистата. Като се ръководи от него, човекът, който управлява багера, може да работи стабилно. Експлоатацията на такива модерни устройства е гаранция за качествено изпълнение на всички фази на работа и създаване на траншеи точно както е определено от проектната документация [2, 3, 11, 13].

Ако в училищен или университетски курс по тестова работа, на студента се дава задачата „Назовете свойствата на лазерното лъчение”, първо се създава кохерентност и яркост. Ако сравним лазера и плазмата, първият превишава няколко пъти параметъра на яркостта, той е приложим за създаване на серийни мигания, а честотата може да достигне 1010 Hz. Един пулс може да продължи за няколко десетки. В този случай, разликата е ниска, можете да регулирате честотата. Оказва се, че тези качества са приложими в инсталации, които позволяват процесите на изследване да протичат с много висока скорост. Благодарение на описаните

характеристики, лазерите станаха незаменими в аналитиката, използвайки технологията на термооптичната спектроскопия.

Основните свойства на лазерното лъчение, идентифицирани от учени (изброени по-горе), позволиха тази технология да се използва при разработването на модерни оръжия и при проектирането на машини за рязане на различни материали. Но това е само диапазонът от възможности не е ограничен. Прилагането на особено точни и технологични методи за изграждане на работна структура, система за изследване на молекули, тяхната структура и свойства могат да бъдат създадени на базата на лазерно излъчване. Получавайки най-новата информация по този начин, учените формират основата за създаване на нови видове лазери. Както се вижда от най-оптимистичните прогнози, в близко бъдеще ще бъде възможно да се разкрие природата на фотосинтезата чрез лазерно излъчване, което означава, че учените ще получат всички ключове за познаване на същността на живота на планетата и механизмите за нейното формиране.

Смята се, че всички основни свойства на лазерното лъчение са изследвани. Учените познават основните принципи на стимулираната радиация и са успели да ги приложат на практика. Особено важни са монохроматичният спектър на излъчване, неговата интензивност, продължителност на импулса и ясна посока. Поради тези характеристики лазерният лъч навлиза в нетипично взаимодействие с веществото. Тъй като физиците допълнително обръщат внимание, посочените свойства на лазерното излъчване не могат да бъдат наречени независими характеристики, описващи всички вариации на споменатото явление без изключение. Между тях има определени връзки. По-специално, кохерентността се определя от насочената радиация, а дължината на импулса е пряко свързана с монохроматичния спектър на лъча. Продължителност, посока определя интензивността на радиацията [4,7].

А) **Романовия ефект** е явление което е едно от най-важните за оценката и разбирането на прилагането на свойствата на лазерното излъчване. Терминът се използва за обозначаване на такова състояние, за чието започване е необходима голяма мощност. Под неговото влияние се наблюдава дисперсия, когато се наблюдава честотно изместване на излъчването. При определянето на спецификата на спектралния състав може да се види оценената мощност, че честотата се регулира в съответствие с доста сложен модел. Ако изкуствено стимулирате ефекта на Роман, можете да създадете метод за корекция на оптиката на кохерентните сигнали. Тъй като проучванията показват свойствата на лазерното лъчение и процесите, които той инициира в материята, картината в много отношения е подобна на наблюдаваната в структурата на феромагнети и свръхпроводници. Ако постигнете по-високо ниво на изпомпване с помощта на резонатор с ниска степен, лъчите, излъчвани от лазера, стават хаотични. В същото време

самият хаос е светло състояние, което е напълно различно от хаоса, създаден от обекти, излъчващи топлина.

**Б) Практическо използване.**

Тъй като лазерното лъчение има следните свойства: монохроматичен спектър, строго определена насоченост, следователно може да се използва като източник на светлина. В момента има активни разработки в областта на работа на тази технология за предаване на сигнали. Известно е, че светлината и материята могат да взаимодействат по такъв начин, че процесът е приложим на практика в различни инсталации, но правилните подходи все още не са разработени. Има и други, високотехнологични, сложни, високотехнологични спешни проблеми, за решаването на които, рано или късно, ще бъде възможно да се приложи мощна лазерна радиация. Свойствата на описаното явление позволяват проектирането на спектрални инструменти. Това до известна степен се обяснява с ниската дивергенция на лъча, придружена от повишена плътност на спектъра [6, 8, 12]. Както учените са открили, за да се създадат най-ефективните и широко използвани съоръжения, разумно е да се използват такива лазери, за които честотата може да бъде настроена по време на работа. Те са приложими предимно за спектрални инструменти с по-високи индекси на разделителна способност. В такива инсталации е възможно да се постигне правилният резултат от изследването, без да се прибегва до разпръскващия елемент. Лазерните системи, честотата на които се регулира по време на работа, в момента се използват в различни области и области на научната дейност, медицината и промишлеността. По много начини, целта на определено устройство се определя от спецификата на лазерното лъчение, което се реализира в него. Линията на генериране определя спектралната разделителна способност, полуширината на функционалността на устройството. Формата зависи от определеното интензивно спектрално разпределение.

Веднага след изобретяването на лазерите, като научна общност, а след това и в целия свят, те бяха оценени като уникално решение на всеки проблем. Това се дължи на свойствата на радиацията. В момента лазерите работят в инженерството, науката, в решаването на многобройни ежедневни задачи: от възпроизвеждане на музика до четене на кодове при продажба на стоки. Промислеността използва такива системи за запояване, рязане, заваряване. Поради възможността за постигане на много висока температура е възможно да се заварят такива материали, които не са податливи на класически методи на свързване. Това направи възможно например създаването на твърди предмети от керамични, метални части. Лазерният лъч, използващ съвременна технология, може да бъде фокусиран така, че диаметърът на получената точка да бъде оценен в микрометри. Това позволява използването на технологии в микроскопични електронни устройства. Понастоящем тази възможност е известна с термина "писане".

Доста активни лазери, поради техните уникални качества, се използват в индустрията за създаване на покрития. Това помага да се увеличи устойчивостта на износване на различни продукти и материали. Лазерното маркиране и гравирането са не по-малко актуални и с помощта на модерна инсталация по този начин могат да се обработват почти всички повърхности. Това до голяма степен се дължи на липсата на механично пряко влияние, т.е. работният процес провокира по-малки деформации, отколкото при всеки друг общ метод. Съвременното ниво на развитие на технологиите и науката е такова, че е възможно напълно да се автоматизират всички етапи на работа с лазер, като същевременно се поддържа високо производително ниво и се повишава точността при изпълнение на задачите. Напоследък широко се използват лазерни инсталации с багрила. Те произвеждат монохроматично излъчване с различни дължини на вълната, импулсите се оценяват на 10–16 s. Мощността на такива растения е много голяма и генерираните импулси се оценяват като гигантски. Тази възможност е особено важна за спектроскопията и изследванията в оптиката по отношение на относително нелинейните ефекти.

Използването на лазера се превърна в основна технология за точна оценка на разстоянието между нашата планета и най-близкото небесно тяло - Луната. Точността на измерване е до сантиметри. Лазерното базиране позволява да се увеличат астрономическите познания, да се усъвършенства навигацията в пространството, да се увеличи базата данни за характеристиките на атмосферата и за това от какво се състоят планетите от нашата система. Модерните лазерни технологии се използват за инициране на химични реакции и проучване на начина на тяхното протичане. Когато се използват такива възможности, е възможно да се определи изключително точно локализацията, дозата, стерилността, за да се осигурят необходимите енергийни характеристики по време на пускането на системата. Учените работят активно върху формирането на лазерни охладителни системи и развиват възможността за използване на такова излъчване за контролиране на термоядрените реакции.

### **В) Характеристики**

Обикновено лазерът се конструира като резонатор, където се създава специфична среда. Неговата ключова характеристика е отрицателна при усвояването на знака на електромагнитната енергия. Такъв резонатор позволява намаляване на радиационните загуби в специализирана среда. Това се дължи на създаването на цикъл за електромагнитна енергия. В този случай честотите се вземат само в тесни ленти. Такъв подход позволява да се попълнят енергийните загуби, предизвикани от факта, че се индуцира радиация. За генериране на електромагнитна енергия, притежаваща характерните черти на лазера, не е необходимо да се използва резонатор.

Резултатът ще бъде все още последователен, характеризиращ се с висока колимация и тесен спектър.

### 3. Заключение

Разгледахме лазерните лъчения и техните свойства и практическото им приложение в наши дни. Без изучаването на лазерните технологии, света би бил съвсем различен от сега. Лазерните лъчения са обширна тема и има много, което може да се каже и анализира.

### 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. Кемерево, 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:***

*И. Йордан Григоров, НВУ "Васил Левски", Велико Търново, Е-mail: yordanyordan@abv.bg - 0882708804*

DOI: 10.34660/INF.2023.94.92.038

## ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ НА АЕЦ КОЗЛОДУЙ. ДИВЕРСИФИКАЦИЯ НА ЯДРЕНОТО ГОРИВО

Ренета Методиева

### HISTORY AND DEVELOPMENT OF KOZLODUY NPP. NUCLEAR FUEL DIVERSIFICATION

Reneta Metodieva

***Abstract:** A historical overview of the development of the Kozloduy NPP from its opening to the present day has been made. It shows what improvements have been made over the years and what the prospects for development are. In view of the complex international situation, the scheme for diversification of nuclear fuel has also been drawn up.*

***Keywords:** NPP, nuclear reactor, nuclear fuel, radioactive waste, diversification*

#### Описание на АЕЦ „Козлодуй“

АЕЦ „Козлодуй“ е електрическа централа с реактори тип ВВЕР (реактори с вода под налягане), руско производство. В състава ѝ има 6 енергийни блока с обща електрическа мощност 3 760 МВт (блокове 1 - 4 са с мощност 440 МВт, а блокове 5 и 6 - с мощност 1000 МВт). Първият от тях е въведен в редовна експлоатация през м. септември 1974 г., а последния – през 1993 г. Във връзка с ангажиментите, поетите от Република България за присъединяването на страната към Европейския съюз, АЕЦ “Козлодуй” прекрати експлоатацията на блокове 1-4 преди изтичане на проектния им ресурс. В края на 2001 г. блокове 1 и 2 са спрени за извеждане от експлоатация. В края на 2006 г. са спрени и блокове 3 и 4. От началото на 2007 година в експлоатация остават само 1000-мегаватовите блокове 5 и 6 на “АЕЦ Козлодуй” ЕАД.

1) *Промени вследствие на Решение на МС № 839 от 20.12.2008 г. относно блокове 1 и 2 на АЕЦ „Козлодуй“*

С Решение на МС № 839/20.12.2008 г. блокове 1 и 2 на АЕЦ „Козлодуй“ са обявени за съоръжения за управление на радиоактивни отпадъци, които подлежат на извеждане от експлоатация и са частна държавна собственост. Със същото решение двата блока са предадени за стопанисване на Държавно предприятие „Радиоактивни отпадъци“ (ДП РАО). В т. 8 на решението е посочено че АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД продължава да експлоатира блокове 1 и 2 в съответствие с условията на действащите



Лицензии за експлоатация на двата блока в експлоатационен режим състояние „Е“ (съхраняване на отработено ядрено гориво в приреакторния басейн) - до издаване на лицензия на ДП РАО за управление на блокове 1 и 2 като съоръжения за управление на радиоактивни отпадъци, които подлежат на извеждане от експлоатация и до сключване на споразумение за прехвърляне на правата и задълженията на ДП РАО [1, 2, 3, 13].

На 18.10.2010 г. на ДП РАО са издадени лицензии за експлоатация на блокове 1 и 2 на АЕЦ „Козлодуй“ (чрез специализирано поделение „Извеждане от експлоатация – Козлодуй“) като съоръжения за управление на радиоактивни отпадъци, които подлежат на извеждане от експлоатация. С издаването на тези лицензии са прекратени лицензиите на АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД за експлоатация на двата блока в експлоатационен режим състояние „Е“.

На 01.11.2010 г. е сключено споразумение № 801000004 между АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД и ДП РАО за регламентиране на взаимоотношенията, с което е изпълнено и второто условие в т. 8 на Решение на МС № 839/20.12.2008 г. и експлоатацията на блокове 1 и 2 е предоставена на ДП РАО, чрез СП „ИЕ – Козлодуй“ [4, 10, 11].

*2) Предаване на блокове 3 и 4 на АЕЦ „Козлодуй“ за стопанисване и управление на ДП РАО*

С Решение на МС № 1038/19.12.2012 г. трети и четвърти блок са обявени за съоръжения за управление на радиоактивни отпадъци, които подлежат на извеждане от експлоатация. Със същото решение двата блока с необходимото движимо и недвижимо имущество бяха предоставени за управление на Държавно предприятие РАО. До получаването на необходимите лицензии от ДП РАО АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД продължава да експлоатира 3 и 4 блок в изпълнение на действащите лицензии за експлоатация в режим „Е“. На 25.02.2013 г. АЯР издаде лицензии на ДП РАО за експлоатация на 3 и 4 блок като съоръжения за управление на радиоактивни отпадъци, които подлежат на извеждане от експлоатация. Във връзка с издаването на новите лицензии на ДП „РАО“ бяха прекратени лицензиите на АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД за експлоатация на 3 и 4 блок в експлоатационен режим – състояние „Е“.

Към настоящия момент в АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД се експлоатират само енергийни блокове 5 и 6. За експлоатацията на двата блока са издадени съответни Лицензии от Председателя на Агенцията за ядрено регулиране на основание на ЗБИЯЕ

АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД е еднолично акционерно дружество, регистрирано по Търговския закон с решение от 28.04.2000 г. по фирмено дело № 582 от описа за 2000 г. на Врачанския окръжен съд. Едноличен собственик на капитала на Дружеството е „Български Енергиен Холдинг“ (БЕХ) ЕАД. Предметът на дейност на дружеството включва:

Използване на ядрена енергия за производство на електрическа и топлинна енергия, с основни и обезпечаващи производството дейности;

Внос на свежо и износ на отработено ядрено гориво за преработване;

Инвестиционна дейност, във връзка с дейността на дружеството, определена в предмета му на дейност;

Строителна, монтажна и ремонтна дейност в областта на електропроизводството и топлопроизводството;

Продажба на електрическа енергия високо и средно напрежение и на топлоенергия;

Други дейности, не забранени от Закона [1, 5, 6].

АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД е Експлоатиращ ядрена инсталация по смисъла на Виенската конвенция за гражданска отговорност при ядрена вреда, която инсталация включва енергийните ядрени реактори и други съоръжения, разположени на площадката на АЕЦ „Козлодуй“. Дружеството е Титуляр на лицензите и разрешенията и носи основната отговорност за безопасността на ядрените съоръжения по смисъла на Конвенцията за ядрена безопасност, Виенската конвенция за гражданска отговорност при ядрена вреда и на Закона за безопасно използване на ядрената енергия.

Основните суровини и материали, използвани в АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД са:

*Ядрено гориво:* уранов диоксид, обогатен с  $^{235}\text{U}$  и поставен във вид на таблетки в циркониеви топлоотделящи елементи, събрани в горивни касети;

*Гориво-смазочни материали:* масла (трансформаторно, компресорно, турбинно, машинно и др.), г्रेसи и смазки, дизелово гориво, бензин;

*Вода* – питейна, артезианска (за охлаждане и санитарни нужди), от р. Дунав (за охлаждане и за производство на химобезсолена вода);

*Промислени и лабораторни химикали:* азотна киселина, солна киселина, сярна киселина, оксалова киселина, натриева основа, калиева основа, амонячна вода, натриев хипохлорид, калиев перманганат, хидратна вар и др.;

*Грундове, бои, лакове, лепила и разтворители;*

*Ионообменни смоли;*

*Метали.*

Персоналът на АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД към 1.11.2022 г. е 3800 души.

### **II.1.1.1 Местоположение на АЕЦ „Козлодуй“**

Площадката на АЕЦ „Козлодуй“ се намира в Северозападна България, на десния бряг на р. Дунав, на километър 694-ти (фиг. 2.2). Разположена е в община Козлодуй, област Враца - на около 2.6 km югоизточно от гр. Козлодуй и 3.5 km северозападно от с. Хърлец. Отстои на 65 km север от областния център гр. Враца и на 120 km от гр.София (по

права линия; разстоянията по шосе са съответно 85 km и 200 km).

Разстоянието до най-близката граница на застроената част от гр. Козлодуй е 2,6 km, а до държавната граница с Република Румъния (минаваща по талвега на р. Дунав) – 3.7 km [7, 8, 14].

Площта на цялата площадката на АЕЦ е около 3.2 km<sup>2</sup>, а заедно с каналите за циркуляционно и техническо водоснабдяване достига 5.2 km<sup>2</sup>.



Фиг. 1. Карта на разположение на АЕЦ „Козлодуй“

Местоположението на площадката на АЕЦ „Козлодуй“ е показано на фигура 1.

### Условия на околната среда

Площадката на АЕЦ е разположена в северната част на първата незаливаема тераса на р. Дунав с абсолютна кота +35.50 m.

Местността е равнинна, със средна надморска височина варираща от +28.0 до +36.0 m по Балтийската височинна система. От р. Дунав низината и площадката са защитени с дига, достигаща абсолютна кота +30.0 m.

На север площадката граничи с крайдунавската низина. На юг от нея склона на водоразделното плато е относително висок (100÷110 m), на запад е около 90 m, а на изток е по-нисък и се понижава до 30 m над морското равнище [9, 12, 13].

Като цяло релефът на района на площадката във физикогеографско отношение е характерен за българското поречие на р. Дунав и Дунавската

хълмиста равнина.

### **Метеорологични условия**

Районът на АЕЦ „Козлодуй“ е разположен в Ломско-Оряховската подобласт на Дунавската хълмиста равнина, намираща се върху Мизийската платформа, която е с добре изразен общ наклон към север и североизток. Долините на реките Лом, Цибрица, Огоста, Скът, Искър и Вит разделят Ломско-Оряховската подобласт на няколко асиметрични междудолинни ридове, с полегати, дълги и плоски източни склонове и къси, стръмно спускащи се западни склонове. В придунавската част се очертават слабо разчленени льосови плата с височина 160 – 180 m. Дълбочината на разчленението на релефа е  $0,75 \text{ m/ km}^2$  с преобладаване  $0 - 25 \text{ m/ km}^2$ . Между реките Цибрица, Огоста и Искър платата са по-слабо засегнати от ерозията, те са плоски и ниски. Разчлененият релеф в района влияе на елементите, които формират климата, като минималните температури и приземния вятър.

Районът на гр. Козлодуй се отнася към умерено континенталната климатична подобласт на Европейско континенталната климатична област. В тази подобласт континенталният характер на климата е най-добре изразен – с абсолютна измерена максимална температура на въздуха  $43,5^\circ\text{C}$ , абсолютна измерена минимална  $-35,5^\circ\text{C}$  и 60 – 70 дни от годината със средноденонощна температура на въздуха по-ниска от  $0^\circ\text{C}$ . Наблюдават се добре изразени летен максимум и зимен минимум на валежите. През зимата преобладават континентални въздушни маси, които причиняват по-студеното време в сравнение с всички останали низини на страната. Лятото е горещо, преобладават субтропични въздушни маси от по-южните широчини или формирани тук.

По-конкретно площадката на АЕЦ „Козлодуй“ се намира в Северния климатичен район на Дунавската равнина. Поради характера и вида на подложната повърхност (орографски особености, топлофизични свойства), без да се изменят основните климатообразуващи фактори (атмосферна циркулация и радиационен фон) могат да се наблюдават редица отклонения от общите климатични условия.

### **Условия на заобикалящата среда**

#### Демографска характеристика

По-долу са представени данни за наблюдаваната 30 km зона около АЕЦ „Козлодуй“. Тя е разделена на пръстеновидни зони с радиуси съответно 3 km, 5 km, 10 km, 20 km и 30 km, като в зоните са разгледани сектори с ъглова ширина  $22,5^\circ$ . Сведенията за числеността на населението са от преброяване на населението и жилищния фонд на България към 2011 г. Цитирани са съгласно Приложение №20 и № 21 от „Национален план за

защита при бедствия – Част 3“ (Външен аварийен план на АЕЦ Козлодуй) от 2012 г., идент. № ДОД.АГ.ПЛ.781.

#### Селища

В 30 km наблюдавана зона около АЕЦ има 45 населени места, от които 4 са градове, а останалите 41 - села.

В тази зона влизат общини с центрове: Козлодуй, Вълчедръм, Хайредин, Мизия (изцяло) и Лом, Бяла Слатина, Оряхово (частично).

#### **Техногенни условия**

##### Промислени предприятия

В 30-километровата зона на АЕЦ „Козлодуй“ са разположени около 90 предприятия, сред които преобладават малките.

Рискови за АЕЦ „Козлодуй“ промишлени предприятия, разположени в 10 km зона около площадката на предприятието са следните:

Държавно предприятие „Радиоактивни отпадъци“ (ДП РАО).

Бензиностанция на „ЛУКОЙЛ“, разположена на 2.6 км от АЕЦ „Козлодуй“.

КЦХ в гр. Мизия (прекратена експлоатация);

Газово находище в с. Бутан (прекратена експлоатация);

##### Електропреносна мрежа

Основната разпределителна мрежа за електрозахранване на населените места в зоната е на средно напрежение 20 kV, свързана с преносната мрежа високо напрежение 110 kV и 220 kV от националния енергиен пръстен. На 220 kV АЕЦ „Козлодуй“ има връзка и с Румъния – електропровод „Турчен“. В региона преминава електропреносна мрежа високо напрежение на 400 kV, чрез която АЕЦ „Козлодуй“ се включва в националния енергиен пръстен 400 kV. Съществува и връзка с Румъния посредством електропровод „Цинцарели“ (400 kV).

#### **Идентифициране на опасностите**

АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД е потенциално опасен и рисков обект за залпово замърсяване на околната среда с опасни химични вещества поради:

Евентуален разлив при товаро-разтоварните операции на опасни химични вещества;

Изтичане на големи количества химикали в резултат загуба на херметичност на оборудването и образуване на токсичен облак

Възникване на пожар при нарушаване на целостта на резервоари или тръбопроводи;

Образуване и емитиране в атмосферата на продукти на непълно горене, при разлив съпроводен с възникване на пожар, някои от които имат висока степен на токсичност, канцерогенност и вредност за околната среда.

Експлозия и разрушения на инфраструктура и смъртни случаи сред

персонала

Имайки предвид високото ниво на техническо поддържане и технологично обслужване на съоръженията в АЕЦ „Козлодуй“, може да се приеме, че факторите, които могат да доведат до голяма авария или да утежнят последствията от нея са:

- земетресение от висока степен или други природни бедствия;
- злоумишлени (терористични) действия;
- човешка грешка или нарушаване на мерките за безопасна експлоатация на съоръженията [1, 3, 7, 8, 10].

Пожари могат да възникнат поради нарушаване на правилата за пожарна безопасност и правилата за експлоатация на техниката и съоръженията. В резултат на това са възможни унищожаване на техниката и съоръжения, обгаряне и обгазяване на хора и създаване на изключително сложна обстановка.

Дейностите, които крият риск от аварии в описаните съоръжения са транспортирането, доставката, съхранението и подаването на петролни деривати към крайни консуматори.

### **Диверсификация на ядреното гориво**

Диверсификация на ядреното гориво означава възможност за алтернативни доставки, така че да бъде намерена най-ефективната, най-икономически изгодната и най-надеждната.

### **Описание на процеса на диверсификация на доставките**

#### **1. Цел**

##### **1.1. Цели на диверсификацията**

В Европейската стратегия за енергийна сигурност (European Energy Security Strategy, COM (2014) 330 final), приета на 28.05.2014 г., се изисква диверсификация на доставките на ядрени материали и услуги в ядрено-горивния цикъл (ЯГЦ) за всички оператори на ядрени централи в Европейския съюз (ЕС). Целта на диверсификацията на доставките на ядрени материали и услуги в ЯГЦ е гарантиране на непрекъснатата и безопасна работа на ядрените мощности и сигурността и надеждността при производство на електрическа енергия за населението и промишлеността на страните членки на ЕС.

Своевременното планиране и осигуряването на достатъчен резерв от гориво на площадката на АЕЦ „Козлодуй“ е съществен компонент на сигурността и надеждността на доставките на свежо ядрено гориво [2, 5].

Наличието на алтернативни доставчици на ядрено гориво (ЯГ) за ВВЕР-1000, в условията на свободна конкуренция ще доведе и до постигане на по-добри финансови и икономически параметри на доставките.

Важна се явява също и диверсификацията на транспортните схеми за доставки на СЯГ, с възможност маршрутите или част от тях да бъдат използвани от алтернативния доставчик.

## 1.2. Цел на дейностите за постигане на диверсификация

Целта на дейностите за постигане на диверсификация е да се уточни и контролира изпълнението на отделните етапи на процеса по диверсификация за да се реализират плановете на АЕЦ „Козлодуй“ за осигуряване на възможност за алтернативни доставки на СЯГ.

Очакван резултат от изпълнението на тези дейности е получаване на разрешение за въвеждане в експлоатация на алтернативно ядрено гориво и служебно изменение на лицензиите за експлоатация на енергоблоковете.

Това от своя страна ще даде възможност за провеждане на търг за доставки на СЯГ за енергоблоковете.

## 2. Обхват

### 2.1. Текущо състояние на ядрено-горивния цикъл в АЕЦ

Към настоящият момент енергоблоковете на АЕЦ „Козлодуй“ се експлоатират с горивни касети ТВСА и ТВСА-12, доставяни от АО „ТВЭЛ“ по договор за комплексна доставка на СЯГ

#### 2.1.1. Блок 5

Към настоящият момент блок 5 се зарежда с касети ТВСА базова конструкция с 15 дистанциращи решетки (ДР), като през пролетта на 2019 г. започна експлоатация на повишена топлинна мощност 3120MW (104%). Горивният цикъл е 4-годишен със зареждане на 48 свежи касети всяка кампания за поддържане на обща продължителност на кампаниите ~325 календарни дни. Планира се зареждането на блок 5 с касети ТВСА да продължи в периода до 2025 г. Зареждането на блок 5 с ТВСА се разглежда като подготовка на АЕЦ „Козлодуй“ за последващата диверсификация на доставките от алтернативен производител на ядрено гориво.

Такъв алтернативен производител и доставчик се явява Уестингхаус, като конструкцията на касетите им RWFA е с 15 дистанциращи решетки и касетите са проектирани за съвместна работа с касети ТВСА. С тях е натрупан значителен опит от експлоатацията им в украинските АЕЦ. Това би подпомогнало ускоряването на процесите по диверсификация, докато преход от ТВСА-12 към RWFA-13 (с 13 ДР) на същия Производител и Доставчик би се осъществил значително по-бавно, поради отсъствието на реален експлоатационен опит, изискван от нормативната уредба на РБ. От

няколко години 6 касети RWFA-13 са в процес на опитно-промишлена експлоатация в АЕЦ Темелин в Чехия, но до натрупване на достатъчен опит от експлоатацията на тези касети още не се е стигнало.

### 2.1.2. Блок 6

Към настоящият момент блок 6 се експлоатира в базов четиригодишен горивен цикъл. Активната зона, е изцяло заредена с касети ТВСА-12 (с 12 ДР). Горивният цикъл е 4-годишен, със зареждане на 42 свежи касети ТВСА-12 и обща продължителност на кампаниите ~330 календарни дни при работа на повишена мощност 3120 MW. Основните технически предимства на ТВСА-12 пред ТВСА са: повишена с 10% маса на UO<sub>2</sub> в касетите; повишено до 4.7% обогатяване по 235U; горивна таблетка без централен отвор и увеличен среден размер на зърната за по-ефективно задържане на газообразните продукти на деленето; повишена с 10% механична здравина на касетата.

Техническите предимства на касетите ТВСА-12 водят до повишаване на ефективността и безопасността на горивния цикъл чрез:

- по-ефективно използване на ресурса на ядреното гориво;
- повишаване на средната дълбочината на изгаряне на изважданото гориво;
- намаляване на годишния разход на свежо ядрено гориво;
- намаляване на броя отработени касети;
- намаляване на неутронния флуенс на ограничителя и корпуса на реактора;
- намаляване на количеството цирконий в активната зона;
- намаляване на разходите за управление на високо-радиоактивни отпадъци.

И за двата енергоблока има издадени разрешения от Регулатора на РБ (АЯР) за преход към експлоатация с усъвършенствани касети ТВСА-12. Проектният срок на експлоатация на блок 5 и блок 6 е удължен с 30 години – до 2047 г. и 2049 г.

Касетите ТВСА-12 са с по-близко хидравлично съпротивление до конструкцията на касети на алтернативния доставчик (RWFA-13 с 13 решетки) и от термо-хидравлична гледна точка са по-подходящи за съвместна експлоатация. Близките хидравлични съпротивления осигуряват по-равномерно охлаждане на горивните елементи и водят до по-безопасна експлоатация на алтернативното гориво в преходните кампании.

От друга страна, с експлоатираните на 5 ЕБ касети ТВСА, прехода на блока към касети (RWFA) с 15 ДР е по-лесен както от техническа гледна точка, така и от гледна точка на процеса по лицензиране на това гориво пред



АЯР, имайки предвид значителния опит, натрупан при прехода и експлоатацията с такова гориво на Украинските енергоблокове.

След няколко години се очаква подобен опит да бъде натрупан след завършване на прехода от касети ТВСА-12 към касети RWFA-13, в АЕЦ Темелин.

## 2.2. Краткосрочна перспектива – до 2025 г

В периода до 2025 г., се планира енергоблок 5 да се експлоатира в 4-годишен горивен цикъл с годишно зареждане на 48 свежи касети ТВСА при топлинна мощност 3120 MW и обща продължителност на кампаниите ~330 календарни дни.

Енергоблок 6 се експлоатира в 4-годишен горивен цикъл с годишно зареждане на 42 свежи касети ТВСА-12 при топлинна мощност 3120MW и обща продължителност на кампаниите ~ 330 календарни дни. Експлоатацията му с касети ТВСА-12 ще продължи и след този период, до изчерпване на количествата ТВСА-12, като междувременно ще се проведе търг за алтернативен доставчик за доставки след този период.

## 2.3. Етапи на диверсификацията

Съгласно изискванията на чл. 58, ал. 2 на „Наредба за осигуряване на безопасността на ядрените централи, ПМС № 245 от 21.09.2016 г., ДВ, бр. 76 от 30.09.2016 г.“ (НОБЯЦ) при всяко изменение в проекта или експлоатацията трябва да бъде изпълнена оценка на безопасността. Съгласно чл. 201, ал. 3 на НОБЯЦ използването на нов тип ядрено гориво се счита за изменение, което съществено променя конфигурацията на ядрената централа, и се предшества от детайлна и задълбочена оценка на безопасността. Затова, процедурата (търга) за доставка на нови (усъвършенствани, алтернативни) горивни касети не може да започне преди да бъде проведена задълбочена оценка на безопасността и преди да бъде получено разрешение от АЯР за въвеждане в експлоатация на алтернативното гориво [6, 8].

В изпълнение на изискванията на АЯР и вътрешните правила на Дружеството, процеса по диверсификация е планиран на три етапа:

Първи етап – разработване на Техничко-икономическа обосновка за лицензиране и внедряване на алтернативен тип ядрено гориво на енергоблоковете с предмет „Разработване на Техничко-икономическа обосновка за лицензиране и внедряване на усъвършенстван тип ядрено гориво на блокове 5 и 6 на Дружеството при работа на мощност 3120 MW“. Изпълнител е компанията Уестингхаус, която към 2019 г. се явява единствен конструктор, производител и доставчик на алтернативни касети за ВВЕР-1000. Предвидено е да бъдат разработени и двата варианта на преход – от ТВСА към RWFA и от ТВСА-12 към RWFA-13.

Срокът на изпълнение на дейностите по първи етап е ~ 11 месеца и вече е приключил като пълния пакет входни данни е предаден и одобрен от Дружеството.

Предаването на данните за геометрията и материалния състав на касетите ТВСА и ТВСА-12 на Изпълнителя е от ключово значение за безопасната експлоатация на енергоблоковете на Дружеството и получаването на разрешение за въвеждане в експлоатация на алтернативните касети, тъй като качеството на анализите на безопасност при смесените зареждания зависи от обема на предоставените входни данни за резидентното гориво. Крайната цел на Етап 1 е на база резултатите от Техничко-икономическата обосновка, на Технически съвет на да бъде избран безопасна и ефективен горивен цикъл и конкретни типове алтернативни касети.

Втори етап – разработване на обосноваваща документация, необходима за изготвяне на Отчет за анализ на безопасността (ОАБ) на енергоблоковете при внедряване на алтернативен тип ядрено гориво.

Изпълнението на Етап 2 следва да започне след завършване на Етап 1, а именно, на база избраният горивен цикъл и типове алтернативни касети трябва да бъдат разработени неутронно-физични, якостни, термо-механични, термо-хидравлични и радиологични анализи на безопасността за смесени и еднородни зареждания. За изпълнение на анализите и оценките от Етап 2 са необходими ~18 месеца като дейностите приключва тогава, когато Техническите отчети бъдат приети от Експертен технически съвет на Дружеството.

Съгласно изискванията на „Наредба за реда на издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия, ПМС № 93 от 4.05.2004 г., ДВ, бр. 37 от 4.05.2018 г.“ на основание приетите обосновки и анализи на безопасността, както и на проектната документация за алтернативния тип ЯГ, за всеки блок се изготвя отделно Техническо решение за реализиране на преход към ново ядрено гориво. Съгласно законодателството на РБ, срокът за издаване на разрешение от АЯР за въвеждане в експлоатация на алтернативните касети е 6 месеца.

При съществени промени на конфигурацията на ядрената централа, какъвто е случая с въвеждането в експлоатация на нов тип ЯГ, практиката на АЯР е да назначава независима експертиза на резултатите като възлага на външни организации или специалисти да извършат проучвания, изследвания и експертизи. Реален срок за изготвяне на независимата експертиза на представените анализи и обосновки на алтернативното ядрено гориво е ~ 8 месеца.

Трети етап – провеждане на търг за изработване и доставка на горивни касети.

Основните принципи, които следва ръководството на Дружеството при въвеждане на алтернативно гориво са:

- повишаване на ядрената и радиационна безопасност;
- повишаване на сигурността на доставките чрез възможност за диверсификация;
- повишаване на икономическата ефективност на енергоблоковете;
- възможност за намаляване на крайната цена на ЯГ.

В съответствие с политиката на ESA и базирайки се на приоритетите на Дружеството за експлоатация на безопасни и ефективни горивни цикли и гарантиране на сигурността и надеждността на доставките на свежо гориво, основни критерии по които ще бъде проведен търга са:

1. Безопасност на ядрено-горивния цикъл;
2. Сигурност и надеждност на доставките на СЯГ;
3. Ефективност на ядрено-горивния цикъл;
4. Цена на доставките на СЯГ.

Най-важното условие за участие в търга е наличие на издадено разрешение от АЯР за въвеждане в експлоатация на типовете касети. Тоест, съответният тип гориво е лицензиран. Поради тази причина, търгът за доставка на касети може да се проведе само след успешното приключване на дейностите по Етап 2. Очакван общ срок за провеждане на търга, изработване и доставка на касетите е ~20 месеца [1, 5, 8, 12].

В резултат от анализите на безопасността по Етап 2 се очаква да бъдат отправени препоръки за изменение в някои от системите и/или транспортно-технологичното оборудване – например, част от компонентите на системата за вътрешно-реакторен контрол, какъвто е опита от Референтен блок. Тъй като техническите мероприятия се провеждат по време на ремонт на блоковете (по време на плановите спирания за презареждане) и са свързани с разрешителен режим по ЗБИЯЕ (реализират се с Технически решения, за които е приложима процедурата по издаване на разрешения от АЯР), това би отнело допълнително време – възможно е от няколко месеца до 1 година. Това допълнително време може да окаже влияние на момента на зареждане на алтернативното гориво, но не и на неговата доставка, нито на процеса на диверсификация като цяло. Алтернативното гориво може да бъде доставено на площадката на Дружеството, но ще бъде заредено при осигуряване на техническа готовност за това

Основно задължение на Дружеството е, докато текат процесите по диверсификация да бъде осигурен достатъчен запас от свежо ядрено гориво, при изгодни финансови и икономически условия, така, че да се гарантират безопасната и надеждна работа на енергоблоковете в периода на въвеждане в експлоатация на алтернативното ядрено гориво.

**Използвана литература:**

1. Закон за безопасно използване на ядрената енергия (обн., ДВ, бр. 63 от 28.06.2002 г.)
2. Закон за енергетиката (обн. ДВ, бр. 107 от 9.12.2003 г.)
3. Закон за опазване на околната среда, (обн., ДВ, бр. 91 от 25.09.2002 г.)
4. Закон за защита от вредното въздействие на химичните вещества и смеси (загл. изм. - ДВ бр. 114 от 2003 г.; обн. ДВ, бр. 63 от 13.08.2010 г.)
5. Закон за управление при кризи (обн., ДВ, бр. 19 / 01.03.2005)
6. Закон за защита при бедствия (обн., ДВ, бр. 102 / 19.12.2006)
7. Закон за здравословни и безопасни условия на труд (обн., ДВ, бр. 124 от 23.12.1997 г.)
8. Наредба за осигуряване безопасността на ядрените централи (приета с ПМС № 172 от 19.07.2004 г., обн., ДВ, бр. 66 от 30.07.2004 г.)
9. “Отчет за анализ на безопасността на АЕЦ “Козлодуй”, блок 5”.
10. European Energy Security Strategy, COM (2014) 330 final, 28.05.2014.
11. Закон за безопасно използване на ядрената енергия (ЗБИЯЕ).
12. Наредба за осигуряване на безопасността на ядрените централи, ПМС № 245 от 21.09.2016 г. ДВ, бр. 76 от 30.09.2016 г.
13. Долчинков Н., Действия на населението при извънредни ситуации, монография, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, ISBN 978-954-753-306-6, стр.186, 2020 г.
14. Долчинков Н. Б. Караиванова-Долчинкова, Съвременните планове за развитие на производство на електрическа енергия в световен мащаб и енергийната независимост на България, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“, НВУ „В. Левски“- гр. В. Търново – 17-19 ноември 2021 ISSN 2738-7607 Print, ISSN 2603-4689 CD, стр 392-399

**Адрес за кореспонденция:**

*Ренета Методиева, НВУ „Васил Левски“, Велико Търново, E-mail: reny1992@gmail.com*

DOI: 10.34660/INF.2023.18.35.039

## ИНТЕГРАЦИЯТА НА DEVSECOPS В ИНФОРМАЦИОННИТЕ СИСТЕМИ НА АТОМНИТЕ ЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ. ЦЕЛИ И ВЪЗМОЖНОСТИ

Димитър Димитров, Любомир Точев

### THE INTEGRATION OF DEVSECOPS INTO THE INFORMATION SYSTEMS OF NUCLEAR POWER PLANTS. OBJECTIVES AND OPPORTUNITIES

Dimitar Dimitrov, Lyubomir Tochev

*Annotation:* This paper discusses the problem of supply chain attacks on software and dependent libraries. The problems this poses for NPPs are presented. The paper focuses on DevSecOps as a way to address this problem.

#### Въведение

Интегрирането на интернет и различните му елементи е революционно за всички индустрии. Операциите, които позволява тази нова свързаност, поражда вълна от нови методи и технологии, които улесняват значително работата на всички инструменти, хора и машини. Това позволява и разширяването на услугите в областта на информационните технологии от всяка точка на света. Големите плюсове на развитието и свързаността носят и своята отговорност. Ако не се обърне внимание на киберзащитата, последиците могат да бъдат катастрофални. През последните две десетилетия станахме свидетели на бурния ръст на киберпрестъпниците, както държавни, така и частни. Успоредно с тяхното развитие се развиват техните цели и арсенал. Докато първоначално кибератаките се използваха само за печалба, те бързо намират приложение в офанзивните аспекти на държавните стратегии. Както всяка стратегия, и тази, включваща използването на кибератаки, включва първоначално саботаж и нарушаване на функционирането на критични инфраструктури. Критичните инфраструктури са всички онези, които са жизненоважни за

нормалното функциониране на обществото. Много важна част от тях е електропреносната мрежа и всички елементи, които осигуряват производството на електроенергия. Това включва и ядрените електроцентрали. С развитието на енергийната криза и нарастването на нуждата от надеждни екологични източници на електроенергия ядрените електроцентрали все по-често влизат в плановете за развитие на държавите. Атомните електроцентрали са надежден източник на енергия и отдавна се смята, че са сред най-надеждните и невъзможни за пробив чрез кибератака. С развитието на методите и възможностите на злонамерените хакери обаче това мнение се промени. Една от най-големите повърхности за атака в ИКТ системите на АЕЦ е достъпът чрез компании от трети страни. Компаниите от трети страни се предназначени да извършват междинна поддръжка на системите, различни актуализации и анализ на ИКТ инфраструктурата на АЕЦ. Проблемът идва от факта, че компаниите от трети страни често изпълняват задачите си дистанционно. Изпълнението на задачите от разстояние може да бъде компрометирано и да бъдат извършени различни атаки, най-често атаки тип "човек в средата". Когато връзката между компаниите от трети страни и АЕЦ е компрометирана, може да се инжектира зловреден код в легитимна актуализация или софтуер, който да бъде инсталиран. Това би позволило контрол, шпионаж и дори саботаж на системите на централата. Основните цели на тези атаки са системи за управление (ICS). С помощта на тъмната мрежа, непроследими криптовалути и различни форуми вече има достатъчно методи и средства, които биха позволили създаването на опасен зловреден софтуер, чиято мисия би била пълното саботиране на охладителната система на реакторите. Това би приличало на Кибер-Чернобил.

### **1. Supply chain кибератаки.**

Supply chain[1] кибератаките са стратегически атаки. Обикновено те са насочени към масови потребители и организации. Често това става възможно благодарение на експлойти, които ги позволяват. Това е опасно и поради факта, че компанията от трета страна, която е атакувана по метода на Supply chain, често има достъп до класифицирана информация, която ѝ е необходима за интегриране на софтуера и актуализациите с вътрешните системи. Обикновено има три вида атаки с подправяне - софтуерни, хардуерни и фърмуерни. Тази, която най-често засяга атомните електроцентрали, е софтуерната подмяна на информация. Атаките по веригата за доставка на софтуер са насочени към изходния код, механизма за актуализация или процесите на изграждане на софтуера на доставчика. АЕЦ могат да бъдат акомпрометирани чрез някой от следните вектори: софтуерни актуализации на трети страни и инсталатори на приложения. След като бъде инжектиран в екосистемата на доставчика, злонамереният

код трябва да се вгради в цифрово подписан процес на неговия хост. Цифровият подпис удостоверява, че даден софтуер е автентичен за доставчика, което позволява софтуерът да бъде предаден на всички страни в мрежата. Скривайки се зад този цифров подпис, зловредният код може да се движи свободно в постоянния поток от трафик на софтуерни актуализации между компрометиран доставчик и мрежата на неговите клиенти.

Пример за такъв тип атаки е атаката над SolarWinds[2]. Там биват инжектирани Dynamic Link Library (.dll файл) във файлове на SolarWinds. Този файл е цифрово подписан актив на софтуера SolarWinds Orion - маскировката, което е точно това, от което държавно спонсорираните хакери са се нуждаели, за да получат достъп до клиентската база на SolarWind. Компрометираните доставчици са неосъзнати и разпространяват зловреден софтуер в цялата си клиентска мрежа е резултат от това. Слабостите на софтуерите също улесняват зловредния код, съдържащ задна врата, която комуникира с всички сървъри на злонамерените хакери, това е точката на разпространение на зловредния софтуер.

Това е типичен пример за това как може да се приложи същата атак в атомните електроцентрали. Заразяването на доставчик на услуги може да зарази хиляди предприятия с една актуализация, което помага на участниците в заплахите да постигнат по-голям мащаб на въздействие с много по-малко усилия. След като бъде инсталиран, обикновено се активира троянски кон за отдалечен достъп (RAT), който дава на киберпрестъпниците достъп до всеки заразен хост, за да експлоатират чувствителни данни.

## **2. DevSecOps ката метод за защита от Supply chain кибератаки.**

Част от проблема със сигурността на софтуера и защитата на данните на потребителите и организациите е нарастващият в мащаб и сложност код на софтуерните приложения и решения. Традиционните инструменти за сигурност често вече не са достатъчни, тъй като все повече фирми възприемат модела DevOps[3], който автоматизира и комбинира процесите между екипите за разработка на софтуер и ИТ. Днешните разработчици трябва да включат контрол на сигурността във всяка фаза на процеса на разработка. Този метод е известен като DevSecOps, когато става въпрос за сигурност за работните процеси на DevOps.

Интегрирането на сигурността в конвейера за непрекъсната интеграция, непрекъсната доставка и непрекъснато внедряване е известно като DevSecOps. Софтуерната сигурност може да стане по-активна и да се включи в процеса на разработка, като се възприемат ценностите на DevOps. Подобно на DevOps, DevSecOps е техническа и организационна парадигма, която съчетава автоматизирани ИТ технологии с работни процеси за

управление на проекти. Гъвкавата разработка включва активните одити и тестове за сигурност на DevSecOps. Отличителна черта на DevOps тръбопровода е непрекъснатата работа. Това включва непрекъснати операции, непрекъснатата обратна връзка и непрекъснатата доставка/разполагане (CI/CD). Всяка функция работи непрекъснато, за разлика от еднократните тестове или планираните внедрявания.

### **2.1. Планиране.**

Етапът на планиране в DevSecOps включва сътрудничество, обсъждане, оценка и стратегия за сигурност на системата и е най-малко автоматизираният етап. Екипите трябва да направят анализ на сигурността и да разработят план, който определя местата, процедурите и времето за провеждане на тестовете за сигурност. Инструменти, които намират приложение в тази фаза са Slack, Trello, Jira Software. След като разработчиците внесат код в хранилището за изходни данни, започва етапът на изграждане. Автоматизираният анализ на сигурността спрямо изходния артефакт на компилацията е основният акцент на инструментите за компилация на DevSecOps. Анализът на софтуерните компоненти, статичното тестване на софтуерни приложения (SAST)[4] и тестването на единици (Unit testing) са ключови процедури за сигурност. За да се автоматизират тези тестове, инструментите могат да бъдат вмъкнати в съществуващ CI/CD конвейер. Анализаторите на код на SAST откриват пропуски в сигурността на нашите програми, както и на импортираните библиотеки. Тъй като тези инструменти са специфични за езиците за програмиране, е необходимо да се избере SAST скенер, който е съвместим с избора от вас език за програмиране. Едно предупреждение: SAST може да докладва и за фалшиви положителни резултати и затова се планира устойчивост на слоя, който помага на конвейерите да "помнят". Фалшивите положителни резултати могат да раздразнят екипа до такава степен, че той да спре да реагира на известието за нарушен конвейер, което е рисковано. Настройва се тръбопровода така, че да отбелязва често фалшивото известие, след като екипът го открие със задоволително за присъствието му обяснение. Инсталирането и разширяването на зависимостите от код на трети страни, които може да идват от неидентифициран или подозрителен източник, е често срещана практика за разработчиците. Уязвимостите и експлоитите могат да се съдържат в зависимостите на външния код неволно или злонамерено. Изключително важно е тези зависимости да се преглеждат и проверяват за потенциални пропуски в сигурността по време на фазата на разработка. За извършване на анализ на фазата на изграждане някои добре познати инструменти, които намират широка употреба, са OWASP Dependency-Check, SonarQube, SourceClear, Retire.js, Checkmarx и Snyk. Статичният анализ на кода, прегледите на кода и кукичките за



предварителна компилация са ключови процедури за сигурност във фазата на кода. Всяко предаване и сливане автоматично стартира тест за сигурност или преглед, когато технологиите за сигурност са директно интегрирани в съществуващия работен процес на разработчиците в Git. Тези технологии поддържат различни езици за програмиране и интегрирани среди за разработка. По-известните инструменти за сигурност на кода са Find Security Bugs (Намиране на грешки в сигурността), Gerrit, Phabricator, SpotBugs, PMD и CheckStyle.

## **2.2. Тест и изпитания.**

Артефактът за изграждане се създава и успешно се разпространява в средите за стартиране или тестване, преди да започне фазата на тестване. Изпълнението на цялостен набор от тестове изисква много време. За да се запазят по-скъпите тестови задачи за края, в тази фаза трябва да се фиксира евентуалния провал бързо и навременно. Технологиите за динамично тестване на сигурността на приложенията (DAST) се използват по време на целия процес на тестване, за да се идентифицират реалните потоци на приложенията, включително удостоверяване на потребителите, оторизация, SQL инжектиране и крайни точки, свързани с API. Насоченият към сигурността DAST оценява програмата спрямо списък с известни, сериозни проблеми, като например OWASP Top 10. За разлика от сигурността чрез статичен анализ (SAST), DAST проверява приложението в неговото работно състояние отвън, както би направил атакуващият. Скенерите DAST (Dynamic Program Security Testing) не изискват специализирани езици, тъй като комуникират с външно приложение. Интегрираме и двата начина в нашия конвейер, така че да получавате ранно предупреждение за евентуални пропуски в сигурността. Налични са различни решения за тестване с отворен код и платени тестове, включително BDD Automated Security Tests (автоматизирани тестове за сигурност), JBroFuzz, Woofuzz, OWASP ZAP, Arachi, IBM AppScan, GAUNTLT и SecApp Suite, които предоставят разнообразни възможности и поддръжка на езикови екосистеми

## **2.3. Внедряване.**

Ако предишните фази преминат успешно, идва моментът да се разположи артефакта за изграждане в производствената среда. Проблемите със сигурността, които засягат само живата производствена система, трябва да бъдат разгледани по време на фазата на внедряване. Например, важно е внимателно да се проучат всички промени в конфигурацията между текущата производствена среда и предходните настройки за стартиране и разработка. Необходимо е валидиране и оценка на оперативните TLS и DRM сертификати за предстоящо подновяване. Технологиите за проверка по

време на работа като Osquery, Falco и Tripwire, които извличат данни от работеща система, за да установят дали тя работи според прогнозите, се използват най-добре по време на процеса на внедряване. Организацията могат също така да прилагат идеите на хаос инженеринга, като тестват дадена система, за да увеличат увереността си в устойчивостта на системата на сътресения. Възможно е да се възпроизведат реални събития като срив на твърдия диск, загуба на мрежова връзка и срив на сървър. Инструментът Chaotic Monkey, който прилага концепциите на хаос инженеринга, е добре познат на компанията Netflix. Освен това Netflix използва програмата Security Monkey, която сканира сървърите за нарушения или слабости в неправилно конфигурирани групи за сигурност на инфраструктурата и изключва всички уязвими такива. Кодът на приложението и изпълнимият файл трябва вече да са преминали през задълбочено тестване, докато цикълът DevSecOps достигне фазата на пускане. Чрез преглед на конфигурационните настройки на средата, включително контрол на потребителския достъп, достъп до мрежовата защитна стена и управление на секретните данни, фазата се фокусира върху защитата на архитектурата на средата за изпълнение. Един от основните въпроси на фазата на пускане е принципът на най-малките привилегии (PoLP). PoLP означава, че всеки потребител, програма и процес се нуждае само от минимален достъп, за да изпълни задачата си. За да се гарантира, че само собствениците имат достъп, това води до одитиране на API ключовете и токените за достъп. Без този одит хакерът може да открие ключ, който му дава достъп до части от системата, до които не е трябвало да има достъп. Тъй като дават представа за статичната конфигурация на динамичната инфраструктура, решенията за управление на конфигурацията са ключов компонент на сигурността по време на целия процес на пускане в експлоатация. Тогава е възможно да се извърши одит и преглед на конфигурацията на системата. В резултат на това за промяна на конфигурацията могат да се използват само промени в хранилището за управление на конфигурацията, което става неизменно. Ansible, Puppet, Chef, HashiCorp Terraform, Docker са инструментите и технологиите, които се прилагат на този етап. Бенчмарковете на Центъра за интернет сигурност (CIS) и контролните списъци за конфигурация на NIST са само два примера за най-добрите практики на общността по сигурността за осигуряване на работещата инфраструктура.

#### **2.4. Наблюдение.**

Необходими са допълнителни предпазни мерки за сигурност, след като приложението е внедрено и стабилизирано в реална производствена среда. Компаниите трябва да използват автоматизирани проверки за сигурност и цикли за наблюдение на сигурността, за да наблюдават приложението в реална среда за евентуални атаки или изтичане на

информация. RASP (runtime application self-protection - самозащита на приложението по време на изпълнение) открива и спира входящите заплахи за сигурността в реално време. RASP функционира като обратен прокси сървър, който наблюдава входящите заплахи и позволява на приложението да се променя автоматично в отговор на посочените обстоятелства. Чрез целенасочено компрометиране на дадена система специализиран вътрешен или външен екип може да направи тестване за проникване, за да открие експлойти или уязвимости. Друга стратегия за сигурност е създаването на програма за награждаване на грешки, която възнагражда тези, които разкриват експлойти и уязвимости в сигурността. Без достатъчно добре обезпечена информационна сигурност нашият технологичен начин на живот би бил застрашен, поради което е изключително важно тя да намира място още в началото на жизнения цикъл на разработката на софтуер (SDLC). Нарушенията на сигурността се очертават като едно от най-сериозните предизвикателства пред правителствата и предприятията днес. През последните години няколко фирми имаха нарушения на сигурността, което накара потребителите да загубят доверие и доведе до огромни финансови загуби всяка година. DevSecOps дава решение на много от проблемите, които доскоро улесняваха хакерите в техните операции.

### **Заклучение**

Защитата на атомните електроцентрали е от решаващо значение за националната сигурност и интереси. Потребността от тях за осигуряване на електроенергия за нуждите на страната ги прави критична инфраструктура. Като такива те са обект на киберпрестъпници, чиито цели могат да варират от атака с цел печалба до атака с цел саботаж и шпионаж. Зависимостта от компании, които обслужват софтуерни и хардуерни актуализации, т.е. компании от трети страни, отваря повърхност за атаки в системите на атомните електроцентрали. Методите на DevSecOps могат да бъдат приложени като начин за адресиране на този проблем. Тези методи включват използването на различен софтуер, тактики за управление на софтуерната интеграция и етапи на тактически анализ. По този начин биха могли да се решат основните проблеми, които компаниите от трети страни създават за атомните електроцентрали.

### **Литература**

1. Kost, E.; What is a Supply Chain Attack? Examples & Prevention Strategies, <https://www.upguard.com/blog/supply-chain-attack#toc-0>
2. Williams, J.; What You Need to Know About the SolarWinds Supply-Chain Attack, <https://www.sans.org/blog/what-you-need-to-know-about-the-solarwinds-supply-chain-attack/>

3. Kim, G., Debois, P., Humble, J. The DevOps Handbook: How to Create World-Class Agility, Reliability, and Security in Technology Organizations (2016)

4. Hermeling, M.; The Role of Static Application Security Tools (SAST) in DevSecOps, <https://blogs.grammatech.com/the-role-of-static-application-security-tools-sast-in-devsecops>

*Адреси за кореспонденция:*

*Димитър Димитров, студент, специалност „Киберсигурност“, ВВМУ „Никола Й. Вапцаров“. Email: dimitar@gmx.us*

*Любомир Точев, студент, специалност „Киберсигурност“, ВВМУ „Никола Вапцаров“, email: lyubomir.tochev@dxc.com*

DOI: 10.34660/INF.2023.43.56.040

## АКТУАЛНИ ПРОБЛЕМИ ПРЕД КИБЕРСИГУРНОСТТА В ICS НА АТОМНИТЕ ЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ

Димитър Димитров, Димитър Николов

### CURRENT CYBERSECURITY ISSUES IN THE INDUSTRIAL CONTROL SYSTEMS OF NUCLEAR POWER PLANTS

**Dimitar Dimitrov, Dimitar Nikolov**

***Annotation:** This paper discusses industrial control systems and their importance to the operation of NPP. Some of the most important attacks on industrial systems are described. This allows to see their vulnerability to cyber attacks. The methodology of Lockheed Martin and the SANS Institute for conducting cyber attacks is explored.*

#### **Въведение**

Атомните електроцентрали се превръщат в едно от най-надеждните средства за борба с нарастващата световна енергийна криза. Въпреки това съществуват някои проблеми, които трябва да адресирани преди масовото им внедряване. Един от тях е въпросът за тяхната киберустойчивост в новия опасен интернет свят. Последните две десетилетия ни показаха колко опасно може да бъде киберпространството. Във връзка с военните действия, които се водят в Украйна от началото на годината, се забелязва и тенденция за използване на кибероръжия като част от тактиката на държавите. Това показва ключова роля, която ще играят кибератаките в бъдещите военни конфликти. Кибератаки се случват и в мирно време. И в двата случая тези атаки могат да бъдат изключително опасни. Развитието на спонсорирани от държавата хакерски групи, групи с цел изнудване (ransomware) и хактивизма прави киберпространството все по-опасно. Атаките с цел печалба са най-често срещани, тъй като те се възползват от важността на атакуваната институция, система или корпорация. Те криптират важни файлове и системи на жертвата и изискват високи цени в непроследими криптовалути, за да бъдат възстановени. Макар че съветът на агенциите е да

третира тези групи като терористични и да не им плащат, често жертвите плащат. Това мотивира други злонамерени хакери да практикуват този вид престъпна дейност. От другата страна на киберпрестъпността са спонсорираните от държавата хакерски групи, които изпълняват поръчките на своите държавни шефове. Техните цели са не само изнудване, но шпионаж и саботаж. За разлика от другите злонамерени хакери, спонсорираните от държавата хакери имат способността да създават оръжия, които могат да извадят от строя системите на атомните електроцентрали и да ги направят неизползваеми, дори да предизвикат аварии. Те често атакуват промишлени системи за управление, които действат като основни системи не само в промишлеността, критичните инфраструктури, но и в атомните електроцентрали.

## **1. Експлоатиране на ICS**

Една от най – известните атаки чрез експлоатиране на ICS е Stuxnet[1]. Stuxnet е първият тежък удар, нанесен от хакерска атака от една страна към друга. През 2010г., благодарение на съвместно сътрудничество между американската Агенция за национална сигурност и Израелското правителство е създадено ново поколение оръжие – кибероръжието, което завинаги ще промени представите за водене на военни действия. Вирусът е създаден с цел забавяне на иранската ядрена програма. Stuxnet унищожават голяма част от алуминиевите центрофуги, намиращи се в иранското подземно съоръжение за обогатяване на ядрено гориво в Натанз. Зловредният софтуер експлоатира слабост в логическите контролери на Сименс, което му дава възможност за контрол над налягането - увеличава и намалява налягането в центрофугите до такава степен, че те не издържат и се разкъсват. В резултат на това ядрената програма е забавена и е поставено началото на нов етап от развитието на ICS и SCADA системите.

В резултат на работата на агенциите за информационна сигурност и учените, които се занимават със сигурност, са открити стотици експлоити за много видовете ICS и SCADA системи. Те дават възможност за бъдещи атаки от високо ниво и са потенциални за ниво саботаж. Някой от критичните примерите[2] за такива са:

### **1.1. Siemens - TIA Portal**

CVE-2019-10915 - нападател може да изпълнява администраторски команди отдалечено.

### **1.2. Fuji Electric - TELLUS и V-Server**

CVE-2019-3946 - Нападателят с достъп до файловата система може да възстанови идентификационните данни на базата данни.

CVE-2019-3947 - Неупълномощен нападател може да срине процеса на V-Server, причинявайки отказ на услуга.

### **1.3. Schneider Electric — InduSoft Web Studio, Modicon Quantum PLC**

CVE-2018-8840 - нападател може да изпълнява администраторски команди отдалечено.

CVE-2018-10620 - нападател може да изпълнява администраторски команди отдалечено.

CVE-2018-17914 - нападател може да изпълнява администраторски команди отдалечено.

CVE-2018-17916 - нападател може да изпълнява администраторски команди отдалечено.

CVE-2019-6545 - нападател може да изпълнява администраторски команди отдалечено.

CVE-2019-6543 - нападател може да изпълнява администраторски команди отдалечено.

CVE-2018-7811 - нападател може да изпълнява администраторски команди отдалечено и да промени паролата на всеки потребител.

CVE-2018-7809 - нападател може да изпълнява администраторски команди отдалечено и може да получи достъп до уеб интерфейса, като възстанови данните по подразбиране.

### **1.4. Rockwell Automation RSLinx**

CVE-2019-6553 - нападател може да изпълнява администраторски команди отдалечено.

CVE-2018-14821 - нападател може да изпълнява администраторски команди отдалечено.

CVE-2018-14829 Отдалечен неавтентифициран нападател може да изпълни произволен код.

## **2. Класически Kill Chain в контекста на атаките срещу ICS на атомните електроцентрали**

При анализа на кибератаките е необходимо да се определят фазите, през които преминава самата атака. В помощ на този анализ са етапите на Cyber Kill Chain[3]. Тези етапи за първи път са описани и дефинирани от Lockheed Martin[4]. Във всяка от тези фази хакерите предприемат конкретни

действия, за да постигнат целите си, а използването на този модел е итеративно. Основните му стъпки са:

➤ Разузнаването е първият етап от Cyber Kill Chain. В този процес се събира информация, идентифицират се потенциални цели и се откриват уязвимости. Това позволява да се разкрие повърхност за атака, върху която да се извърши самата хакерска атака.

➤ Милитаризирането на информацията е вторият етап от организацията на атаката. По време на този етап нападателят създава вектори за атака. Това може да включва различни зловредни програми за отдалечен достъп, вируси и експлойти. По време на тази фаза се реализират и начините, по които той ще установи и присъствие в системите.

➤ Доставка и експлоатацията е фаза 3 от Cyber Kill Chain. В тази фаза се извършва самата атака. Начините за изпращане и получаване на зловредния код варират в зависимост от вида на атаката. Често тази фаза се комбинира с методи на социално инженерство, което повишава ефективността на кампанията.

➤ Инсталирането е може би най-критичната точка за атаката при този модел. Зловредният товар се изпълнява в системата на жертвата и трябва да избегне откриване. Откриването от антивирусната програма се избягва благодарение на фази 1 и 2, в които се търсят експлойти и слабости в системата на жертвата.

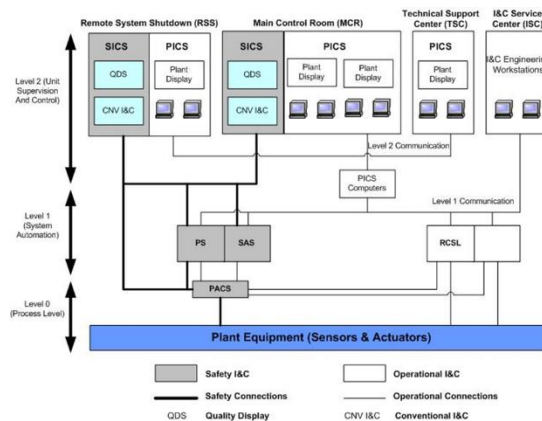
➤ Командване и контрол. Тази фаза позволява на атакуващата страна да поеме контрола или да извършва операции в системата на жертвата.

➤ Атака по цел. В последния етап на атаката нападателят изпълнява основните си цели - компрометиране на целостта, кражба на данни, унищожаване, шпионаж и др.

Разглеждайки този модел в контекста на ICS (Industrial Control Systems), които са в основата на работата на повечето атомни електроцентрали, Институтът SANS дефинира следния вариант на оригиналната Kill Chain. ICS Cyber Kill Chain се разглежда в две итерации. Първата итерация е по-близка до "стандартната" итерация, тъй като е свързана главно със събиране на информация и първоначално проникване в мрежата и установяване на присъствие в нея, т.нар. initial foothold. Тук присъстват повечето от елементите на класическата Kill Chain, като пасивно и активно разузнаване, разработване на вектор на атака и подготовка на необходимите инструменти и експлойти, използване на уязвимости, установяване и засилване на присъствието, вътрешно разузнаване и събиране на данни, както и изпълнение на целите, определени при

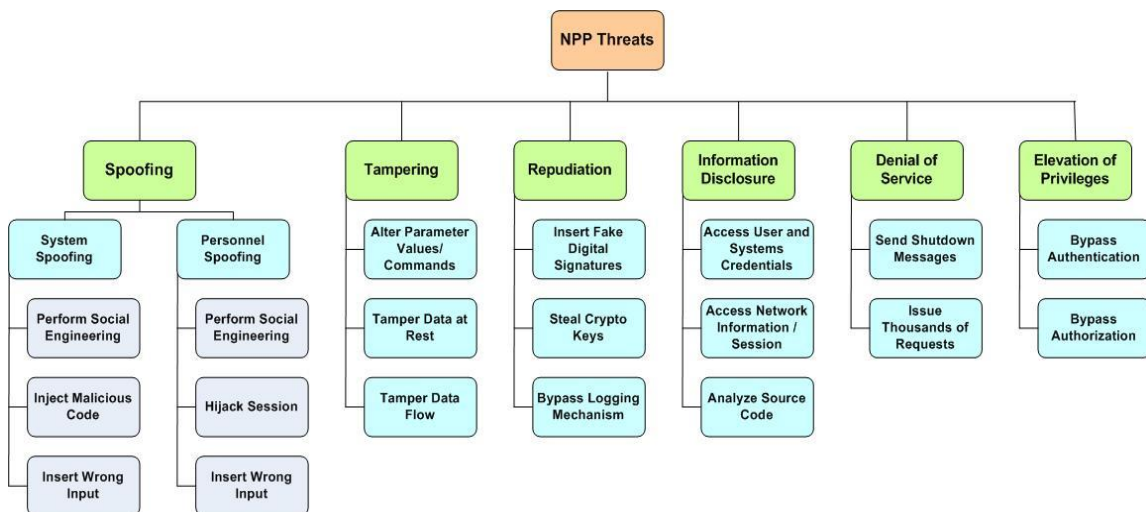


планирането. Тук трябва да се обърне внимание на извършителите на такива атаки, най-вече на техните възможности и методи. Обикновено такива хакери са част от АРТ (Advanced Persistent Threats) групи. Групи от висококвалифицирани хакери, често финансирани и подкрепяни от правителства, организирана престъпност или големи корпорации. Тези видове групи са висококвалифицирани в разработването и тактическото използване на зловреден софтуер. Втората итерация е свързана с атакуването на специфични или често срещани при ICS елементи и протоколи, като PLC, RTU, EMS, DNP3, ModBus, OPC, DCS, IEC 60870-5-104, RPC, ICCP, TASE-2, HMI/MMI, Fieldbus, Solaris RS-232 и др. Тук акцентът е върху изпълнение на конкретно поставените цели и тяхната трудност, от гледна точка на достъп до вътрешната мрежа и в много специфична среда, която е и показана на фигура 1.



Фиг.1. Вътрешна мрежа на АЕЦ.[5]

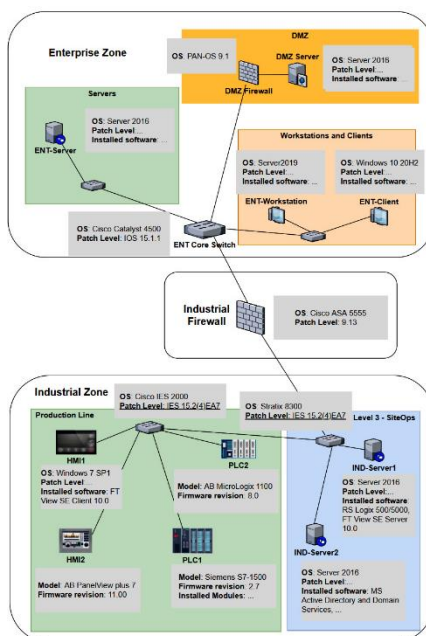
При втория вариант ръчно създаденият зловреден софтуер, който е специфичен за конкретен случай, има широко приложение.



Фиг 2. Възможни заплахи срещу атомна електроцентрала.[6]

На фигура 2 са показани някои от задачите, които може да има такава поредица от атаки, декомпозирани чрез рамката за анализ на риска STRIDE.

Широко разпространено е грешната представа, особено сред управленските нива е, че документацията отговаря напълно на реалното състояние, и че т.н. intranet е тотално изолиран от интернет т.н. airgap. На практика, доста често системите са изградени по принципа, които е показан на фигура 3.



Фиг.3. Типична ICS архитектура.[5]

Съществуват редица наследени технологии OT, SCADA, ICS, свързани с естеството на експлоатационния цикъл и технологиите, използвани в ядрените централи. На фиг. 3 може да се види самата връзка между двете мрежи. Връзката позволява комуникация, която често се налага по една или друга причина. Това може да бъде инсталиране на актуализации, извличане на текущи експлоатационни данни или продажба на квоти. Улесняване на процеса на получаване на необходимите данни от централата.

Типичен инцидент, който може да се разгледа през призмата на ICS Kill Chain е атаката на АЕЦ „Куданкулам“. В началото на Септември 2019г. най – мощният АЕЦ на Индия "Куданкулам" е бива хакнат. По-късно се установява, че голяма част от конфиденциалната информация са изтекли. Компрометирането идва от заразен персонален компютър на един от работниците, който е бил инфектиран с модификация на севернокорейският вирус DTRACK. 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. Основно се характеризира Поетапни данни - Откриване на файлове и директории. Поток на изпълнение на отвличане.; Премахване на индикатор - Изтриване на файлове, Прехвърляне на инструменти за навлизане; Улавяне на входни данни - Keylogging, Masquerading; Маскиране - съвпадение с легитимно име или местоположение, замаскирани файлове или информация - Вградени полезни товари, Откриване на процес; Впръскване на процес - Откриване на системна информация, Откриване на мрежова конфигурация на системата, Откриване на мрежови връзки на системата, Валидни акаунти. Зловредният софтуер е бил наличен в продължение на поне 3 месеца, преди да бъде открит. Той е изпълнил задачи в първата итерация на веригата ICS Kill Chain. Но е бил написан с изключителна специфичност, т.е. по-скоро е бил втора или трета итерация на първата итерация, а хакерите на Lazarus (АРТ, свързана със Северна Корея) са познавали мрежата доста добре. 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. В заключение целите на атаката са били шпионаж и разузнаване.

### **Заключение**

В условията на енергийна криза, пред която е изправен светът, един от вариантите за справяне с проблема е широкото използване на ядрената енергия като основен източник на електроснабдяване. Плановете на държавите да интегрират в експлоатация все повече атомни електроцентрали повдигат и въпроса за тяхната киберзащита. Свидетели сме на експоненциално нарастване на използването на кибероръжия във всеки аспект на социално-икономическия живот, дори в отбранителния и правителствения сектори. Това поставя под съмнение киберспособностите на повечето инфраструктури, включително и на атомните електроцентрали. За да разберем как всъщност трябва да бъдат защитени самите централи, трябва да разгледаме методологията, по която те се атакуват, и какво всъщност се атакува. Този модел може да се използва, за да се разбере към какво точно трябва да се пренасочат ресурсите за защита.

### **Литература**

1. Alvarez, J.; Stuxnet: The world's first cyber weapon (2015), <https://cisac.fsi.stanford.edu/news/stuxnet>

2. Bingham, J.; Nuclear Meltdown with Critical ICS Vulnerabilities (2019), <https://medium.com/tenable-techblog/nuclear-meltdown-with-critical-ics-vulnerabilities-8af3a1a13e6a>
3. Lockheed Martin; Cyber Kill Chain, <https://www.lockheedmartin.com/en-us/capabilities/cyber/cyber-kill-chain.html>
4. Hospelhorn, S.; What is The Cyber Kill Chain and How to Use it Effectively, <https://www.varonis.com/blog/cyber-kill-chain>
5. Ackerman, P.; How to Pentest ICS Environments; <https://security.packt.com/how-to-pentest-ics-environments/>
6. Masood, R.; Assessment of Cyber Security Challenges in Nuclear Power Plants Security Incidents , Threats , and Initiatives

***Адреси за кореспонденция:***

*Димитър Димитров, студент, специалност „Киберсигурност“, ВВМУ „Никола Й. Вапцаров“. Email: dimitar@gmx.us*

*Димитър Николов, асистент в катедра „Информационни технологии“, факултет „Инженерен“, ВВМУ „Никола Й. Вапцаров“. Email: d.nikolov@naval-acad.bg*

DOI: 10.34660/INF.2023.20.75.041

**ВРЕДНИ ХИМИЧЕСКИ ВЕЩЕСТВА И ЕМИСИИ  
ОТДЕЛЯНИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВОТО НА  
ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ И ОПАЗВАНЕ НА  
ОКОЛНАТА СРЕДА**

**Александра Димитрова и Радослав Коев, ученици 11 клас,  
специалност Автоматизация на непрекъснати производства,  
ПГЯЕ Мария Скл.-Кюри, гр. Белене  
Ръководител: инж. Мариана Кънчева**

**HARMFUL CHEMICAL SUBSTANCES AND EMISSIONS  
FROM ELECTRICITY GENERATION AND  
ENVIRONMENTAL PROTECTION**

**Alexandra Dimitrova and Radoslav Koev, students 11th grade,  
specialty Automation of continuous production, Vocational school  
of nuclear energy Maria Skl.-Curie, Belene  
Leader: Eng. Mariana Kancheva**

*Summary: Harmful emissions are very diverse, as are their causes. In this report we look at the traditional sources of hydroelectric, thermal power plants and nuclear power plants, considering them to be the main polluters of our environment. Some time ago, they were essential because we did not know any other kind of resource. Today, however, as technology advances, we can afford to use so-called 'renewable sources of energy', which are cleaner and more environmentally friendly. Since all human activity has an impact on the environment, the question is how we should best protect the environment in which we live.*

*Резюме: Вредните емисии биват много разнообразни, също както и причинителите им. В доклада разглеждаме традиционните източници на ВЕЦ, ТЕЦ и АЕЦ, като ги смятаме за основни вредители на околната ни среда. Преди време са били изключително необходими, защото не сме познавали друг вид ресурси. Към днешна дата обаче с напредване на технологиите, можем да си позволим да използваме така наречените „възобновяеми източници на енергия“, които са по-чисти и щадят околната среда. Тъй като цялата човешка дейност оказва влияние върху околната среда, въпросът е как най-добре трябва да защитим околната среда, в която живеем.*

Въздухът, който дишаме, е замърсен от емисии от вредни частици от моторни превозни средства и промишлеността, както и от горивата в

домакинството. Това намалява средната продължителност на живота средно с почти година. Пониженото качество на въздуха нарушава правото ни на живот и здраве.

Изгарянето на изкопаеми горива е основната човешка дейност, която допринася за промяната в климата. Когато горивата изгарят, те отделят въглероден диоксид, водни пари, метан и азотен оксид в земната атмосфера. Това води до затопляне - процес наречен „парников ефект“. Ефектът е сериозен.

**Ниско емисионната енергетика** е едно от съвременните предизвикателства на съвременната икономика. Електроенергетиката е основен клон на енергетиката и играе важна роля във всички останали системи.

Проблемите са свързани с все по-голямото замърсяване на въздуха и с вредните за човешкото здраве съединения и субстанции. Главните замърсители са:

- водороден моноксид;
- азотни оксиди;
- серен диоксид;
- летливи органични съединения;

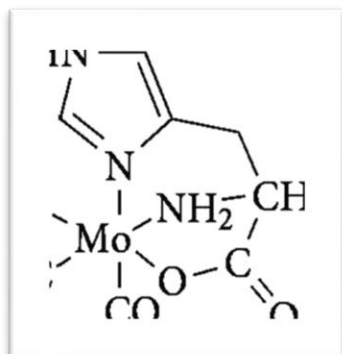
**Водородният моноксид**, при висока концентрация нива, е опасен за хората. Отравяне с въглероден оксид настъпва при вдишване на достатъчно голямо количество от токсичния за човешкия организъм газ. Наличието на въглероден оксид във въздуха е трудно доловимо от човек, тъй като газът няма цвят и миризма. Източници на въглероден оксид могат да бъдат всякакви отоплителни уреди, поставени на непроветриво място: газови уреди, камини, печки на дърва, също изгорелите газове от автомобил; цигареният дим също може да съдържа високи концентрации на СО.

**Азотните оксиди** са химични съединения на азота с кислород. Спрямо кислорода азотът проявява +1 до +5 степен на окисление.

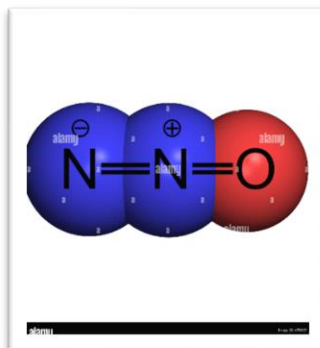
**Серния диоксид** е безцветен газ с остра, задушлива миризма. Той е един от най-опасните замърсители, тъй като е сред основните причинители на смърт и заболявания. Картата на горещите зони в света показва, че индустрията трябва възможно най-бързо да направи прехода отвъд въглищата.

**Летливите органични съединения (ЛОС)** се отделят като газове от някои твърди вещества или течности. Те включват разнообразие от химикали, някои, от които може да имат краткосрочни или дългосрочни неблагоприятни последици за здравето. Концентрациите на ЛОС са логично по-високи на закрито (до десет пъти), отколкото на открито. ЛОС се отделят от внушителен брой продукти, наброяващи хиляди. Примерите включват: бои и лакове, почистващи консумативи, пестициди, строителни материали, офис оборудване, като копирни машини и принтери, коригиращи течности,

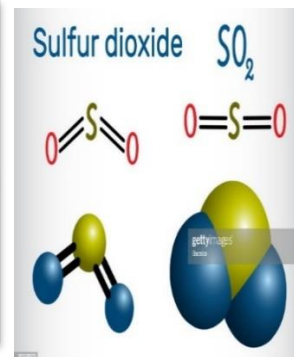
графични и занаятчийски материали, включително лепила и слепващи вещества, трайни маркери, както и разтвори за снимки.



Водороден моноксид



Азотни оксиди



Серен диоксид

Това са веществата отделяни в природата. Те обаче биват произвеждани от дадени предприятия, фабрики, цехове, заводи и централи. Всички тези пунктове са главни виновници за отделянето на вредните емисии и следователно за замърсяването на околната среда. Познаваме три основни вида електрически централи: ВЕЦ, ТЕЦ и АЕЦ.

**Водноелектрическа централа**, използваща енергията на водна маса за произвеждане на електричество. Водноелектрическите централи използват движението на водна маса под действието на гравитацията, като турбина превръща кинетичната енергия на падащата вода в механична. След това генератор превръща механичната енергия от турбината в електрическа. В много от случаите, строителството на ВЕЦ е свързано и с негативни социални последици, като се засягат стопански и рекреационни функции на реките и се отнема ресурс на местните общности.

**Топлоелектрическа централа** или топлоелектроцентрала (съкратено ТЕЦ) е електрическа централа, при която чрез водна пара под налягане се задвижват турбини и се произвежда електричество. Понякога също се произвежда и гореща вода или пара за домашна или индустриална употреба. Водната пара в ТЕЦ се произвежда чрез изгаряне на въглища, природен газ или друго изкопаемо минерално гориво. Сред основните източници на замърсяване в България са - битовото отопление на твърди горива (въглища и дърва), горенето на въглища за производството на електро- и топлоенергия от ТЕЦ, автомобилният транспорт, промишлеността, строителните и ремонтни дейности. Разпределението на дела на различните източници на замърсяване варира в различните населени места. Например градовете в близост до въглищни ТЕЦ имат по-високи нива на серен диоксид (SO<sub>2</sub>) от местата, които са по-отдалечени от индустриалните центрове. Освен замърсяване на въздуха и непоправими щети върху околната среда

(замърсяване на води и унищожаване на плодородни земи) и върху човешкото здраве, горенето на въглища причинява и промени в климата. Въглищните централи за производство на енергия са източник и на една трета от въглеродния диоксид, резултат от човешка дейност в света.

**Атомна електрическа централа** - това е съоръжение за производство на електричество с използване на енергия, отделяна при разпад на атомното ядро, при условията на контролирана верижна реакция. Вредите от нея биват многобройни, като отделянето на радиоактивни субстанции във въздуха и във водата, увеличаването броя на раковите заболявания в близост до централите и други.

Има и други замърсители - като автомобилите например, които използваме ежедневно, а дори и крушките в домовете ни биват замърсители особено, ако не са енерго спестяващи. Ние отчитаме обаче като виновници само по горе посочените централи и е факт, че те имат огромен принос за замърсяването. До ден днешен обаче няма ясна обосновка колко точно вредят АЕЦ и ТЕЦ и дали АЕЦ е по-безвреден от ТЕЦ и ги обвиняват несправедливо за единствени замърсители? Има тези, в които се твърди, че АЕЦ са доста по-щадящи природата в сравнение с ТЕЦ и затова има доста критики относно производството на електрическа енергия от атомните централи. Част от причините за това са - ядрени аварии, риск от разработка на ядрени оръжия и неразрешения проблем с радиоактивните отпадъци.

В крайна сметка няма как да се затворят централите у нас, тъй като много хора биха останали без работа, семейства без покрив, а не и необходимо. Необходимо е да бъдат родени идеи за възможности за по-малко замърсяване, за по-екологично чисти заместители на енергия например като слънчевата енергия. Тя е възобновяем източник на енергия и е екологично чиста, т.е. не произвежда вредни отпадъци по време на активната фаза на експлоатация. Добива се чрез все още развиващи се технологии, които са категоризирани като- пасивни, активни и вятърни. Вятърната е възобновяем вид енергия и представлява кинетичната енергия на въздушните маси в атмосферата. Тя се превръща в полезна форма на енергия, най-често в електрическа или механична. Вижда се, че има и по-леки и безвредни начини за производство на така необходимата на всички човешки същества електрическа енергия, към които всеки един от нас и най-вече държавата може да се насочи. Защото, ако ние днес не помислим за собствената си планета, утре може да бъде късно.

Тъй като цялата човешка дейност оказва влияние върху околната среда, въпросът е как най-добре трябва да защитим околната среда, в която живеем.

Защитата на околната среда и информираността по този проблеми е важен въпрос за нас - младежите в България и в Европа.



**Използвана литература:**

1. Уикипедия
2. Кан Академия
3. Actualno.com
4. Greenspace
5. Drik news
6. Bulatom

**Адрес за кореспонденция:**

*Александра Димитрова и Радослав Коев, ученици 11 клас, специалност Автоматизация на непрекъснати производства, ПГЯЕ „Мария Скл.-Кюри“, гр. Белене, rgbelene@abv.bg*

DOI: 10.34660/INF.2023.53.56.042

**ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА ОТ ВРЕДНИ  
ХИМИЧЕСКИ ВЕЩЕСТВА И ЕМИСИИ ОТДЕЛЯНИ ПРИ  
ПРОИЗВОДСТВОТО НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ ЧРЕЗ  
ИЗПОЛЗВАНЕ НА ВЪЗОБНОВЯЕМИ ИЗТОЧНИЦИ**

**Виктория Ивайлова Цветанова и Мартин Мариянов  
Първанов - Ха клас, специалност Автоматизирани системи,  
Професионална гимназия по ядрена енергетика Мария  
Склодовка Кюри-град Белене**

**PROTECTION OF THE ENVIRONMENT FROM HARMFUL  
CHEMICAL SUBSTANCES AND EMISSIONS FROM THE  
PRODUCTION OF ELECTRICITY BY USING RENEWABLE  
SOURCES**

**Viktoriya Ivaylova Tsvetanova and Martin Mariyanov Parvanov students  
11th grade, specialty Automated systems, Vocational school of nuclear  
energy Maria Skl.-Curie, Belene  
Leader: Eng. Mariana Kancheva**

***Summary:** Harmful emissions are very diverse, as are their causes. In this report, we point to the traditional sources of hydroelectric, thermal and nuclear power plants, considering them to be the main polluters of our environment. Today, we can afford to use so-called 'renewable energy sources', which are cleaner and more environmentally friendly. These are what we are looking at in this report. It seems that, by using the practically unlimited and "free" energy of renewable sources, we can protect the environment in which we live.*

***Резюме:** Вредните емисии биват много разнообразни, също както и причинителите им. В доклада посочваме традиционните източници на ВЕЦ, ТЕЦ и АЕЦ, като ги смятаме за основни вредители на околната ни среда. Днес може да си позволим да използваме така наречените „възобновяеми източници на енергия“, които са по-чисти и щадят околната среда. Именно тях разглеждаме в доклада. Изглежда, че използвайки практически неограничената и “безплатна” енергия на възобновяемите източници можем да защитим околната среда, в която живеем.*

Опазването на околната среда е осигуряване на потребностите и безопасността на човека. Да се опазва природата, означава да не се допускат в околната среда вредни за здравето вещества или те да се ограничават.

Преминването към нискоемисионна енергетика е едно от предизвикателствата за световната икономика. Трябва да отбележим, че преходът към нискоемисионна енергетика трябва да спазва основните цели на електроенергийната система (ЕЕС), а именно:

- Сигурно и качествено енергоснабдяване на потребителите;
- Надеждна и качествена работа на ЕЕС.

На този етап производството на електроенергия в България се крепи на традиционните източници на енергия – въглищата, ядрената енергия и водните ресурси.

Водоелектрическите централи(ВЕЦ) не произвеждат зелена енергия, защото за построяването им, водното течение се препречва с язовирни стени, а дори и малки прегради нарушават всички най-важни функции на реките и те престават да действат като биокоридори. Поради тази причина енергията, произведена от ВЕЦ, не може да се нарече „зелена“, защото се добива за сметка на растителните и животинските видове, чиито местообитания биват унищожени. Също така оказва сериозно влияние върху водните организми, които извършват миграции дори може за много кратък срок да унищожи популацията на тези видове.

В процеса на експлоатация на АЕЦ в околната среда се освобождават отпаден въздух и отпадни води, които съдържат радиоактивни вещества. Това освобождаване не се извършва произволно, а организирано и контролирано, при строгото съблюдаване на един от основните принципи на радиационната защита - максимално възможно ограничаване на постъпването на радиоактивни вещества в околната среда. По тази причина, още на етапа на проектиране, а след това и при експлоатацията на АЕЦ, се вземат мерки за защита на здравето на персонала и населението в околностите на централата.

Всяка АЕЦ има изпускателни комини и отводнителни тръби за радиоактивни частици, като тритий, въглерод, стронций, йод, цезий, плутоний, криптон, аргон и ксенон, които се разпространяват във въздуха и замърсяват както водата, така и почвата

**Сравнение на изхвърлянията от АЕЦ с изхвърлянията от ТЕЦ.** Централите, които работят с изкопаеми горива, също изхвърлят радиоактивни вещества, тъй като естествени радионуклиди присъстват в големи количества в изкопаемите горива. Количеството радиоактивни вещества, изхвърлени от една топлоелектроцентрала и от една атомна електроцентрала, е почти едно и също. И в двата случая изхвърлените количества не са големи, по-точно те са толкова незначителни, че изобщо не влияят на природата. Истината е, че когато става въпрос за

топлоелектроцентрали, радиоактивните изхвърляния са последния им проблем. Радиоактивните изхвърляния са нищо в сравнение с производството на въглероден двуокис, серни съединения, азотни окиси, тежки метали и други частици.

Възобновяема енергия е енергията, получена от източници, които се приемат за естествено възстановяващи се или за практически неизчерпаеми, т.нар. възобновяеми ресурси – слънчевата светлина, вятърът, дъждът, приливите, геотермалната енергия.

В развиващото се съвременно индустриално общество, въпреки постиженията в прилагането на спестяващи енергия технологии, потреблението на енергия постоянно нараства. В основата на производството на електрическа енергия лежи процесът на изгаряне на изкопаеми енергоресурси: въглища, нефт, газ; деленето на ядрата на атомите на урана и плутония; използване енергията на водата и други, чийто дял в производството на електроенергия е по-малък. Следвайки тази логика, нека да се “откажем” от използването на електроенергията, произведена от АЕЦ и да я “заменим” с енергия, произведена от другите източници.

Ще разгледаме подробно алтернативните източници за производство на енергия, като едновременно с това ще посочим предимствата и недостатъците при увеличаване на техния дял както в Република България, така и световен мащаб. В основата на производството на електрическа енергия от топлинен източник лежи процесът на изгаряне на изкопаеми горива:

- въглища;
- нефт;
- газ.

Мащабът на добиване и изразходване на изкопаемите енергоресурси, потреблението на вода и въздух за производството на необходимото ни количество енергия, е огромен, а запасите са, уви, ограничени. Особено остро стои проблемът на бързото изчерпване на запасите от органични природни енергоресурси.

Опазването на околната среда е осигуряване на потребностите и безопасността на човека. Да се опазва природата, означава да не се допускат в околната среда вредни за здравето вещества или те да се ограничават.

ВЕЦ като възобновяем източник на енергия- Водната енергия е най-икономичният и в голяма степен освоен енергиен източник. В основата му лежи използването на потенциалната енергия на водата в реките, възобновяема вследствие кръговрата на водата в природата. Типично за големите хидроелектроенергийни системи е изграждането на язовири, за да се съхрани речната вода. Впоследствие водата се използва за електропроизводство.

**СЛЪНЧЕВА ЕНЕРГИЯ** Слънчевите (соларните) технологии използват слънчевата енергия за производство на топлина, светлина, гореща вода, електричество дори за охлаждане. Независимо, че слънчевата енергия е безплатна, за използването ѝ са необходими значителни капиталовложения. Специалистите доказват, че разходите за изграждане на този тип станции са 6 пъти по-големи от разходите, необходими за АЕЦ със същата мощност. Но по-големият недостатък е, че невинаги има възможност да се използва слънчевата енергия, когато потребностите от енергия са най-големи. Въпреки този "малък" проблем, смята се, че най-южните райони на България са подходящи за построяване на слънчеви електроцентрали.

**ВЯТЪРНА ЕНЕРГИЯ** Както водната енергия, енергията на вятъра също има слънчев произход и се получава от циркулацията на въздушните маси в атмосферата. В края на XX век вятърните устройства са били използвани за получаване на електроенергия. Вятърът, като чист и възобновяем източник на енергия, широко се използва в Холандия. Вятърни турбини се използват в страни като Германия, Дания, Индия, Китай и САЩ, за да допълнят по-традиционните източници на енергия. Ветровете, които духат на Земята, имат голяма мощност, но само 25% от тях са в приземния слой. Сериозен проблем при усвояването на вятърната енергия представлява непостоянството на ветровете.

**ГЕОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЯ** Над 20 страни в света произвеждат енергия пряко от парата на геотермални източници. У нас геотермалната енергия е във вид на топли води с температура 20-100°C. При тази ниска температура е невъзможно използването на класически турбини, задвижвани с водна пара. Налага се да се използват турбини с друг топлоносител, което оскъпява произведената електроенергия. Топлите води се използват за битови и отоплителни нужди (предимно за оранжерии, парници, бани).

**ЕНЕРГИЯ НА ОКЕАНСКИТЕ ВЪЛНИ И ПРИЛИВИ** Концентрацията на енергия във вълните е доста голяма. Мощността на вълните, разбиващи се на световните брегови линии, е оценена на 2-3 милиона мегавата. В благоприятните райони, например по североизточното крайбрежие на Англия, средната годишна мощност, падаща се на 1 метър дължина на вълновия фронт, е около 80 киловата. България граничи само с Черно море, а характерът на неговите вълни, приливи и отливи не е подходящ за изграждане на централи от подобен тип.

**БИОМАСИ** Интересен източник на енергия е и изгарянето на газа, отделян от биомасите. Това са главно органични отпадъци от промишлеността, земеделието, животновъдството, отпадни води от битовите канализации и др. Съоръженията са сложни и скъпи, но с доказана ефективност. Въпреки голямото количество отпадъци, мощностите на тези

установки са малки и зависят от обема на изхвърляните органични отпадъци.

На пръв поглед изглежда, че, използвайки практически неограничената и „безплатна“ енергия на възобновяемите източници, можем да се откажем от традиционните начини.

Всяка страна определя мащабите и пътищата за развитие на енергетиката (включително и атомната), в зависимост от своите потребности и възможности. Очевидно е, че ядрената енергетика е с повишени изисквания към безопасност и трябва да поеме голяма част от нарастващите световни потребности от енергия. Затова можем да кажем „Алтернативата на АЕЦ е безопасната АЕЦ“!

Добре е да помним, че голям ущърб на здравето на хората нанасят изхвърлянията от предприятията на химическата, металургичната и рудодобивната промишленост, а също топлоелектрическите централи и различните видове транспорт.

Тъй като цялата човешка дейност оказва влияние върху околната среда, въпросът е как най-добре трябва да защитим околната среда, в която живеем.

Защитата на околната среда и информираността по този проблем е важен въпрос за множество младежки организации и движения в Европа.

### **Използвана литература:**

1. Уикипедия
2. Vulatom

### ***Адрес за кореспонденция:***

*Виктория Ивайлова Цветанова и Мартин Мариянов Първанов, ученици 11 клас, специалност Автоматизация на непрекъснати производства, ПГЯЕ „Мария Скл.-Кюри“, гр. Белене, [rgbelene@abv.bg](mailto:rgbelene@abv.bg)*

DOI: 10.34660/INF.2023.46.57.043

## АНАЛИЗ НА РАДИОПРОТЕКТОРИТЕ ПРИ РАДИАЦИОННИ ИНЦИДЕНТИ

Ренета Методиева

## ANALYSIS OF RADIOPROTECTORS IN RADIATION INCIDENTS

Reneta Metodieva

***Summary:** The report describes the applicability of radioprotectors in critical radiological situations, as well as for scientific purposes before a nuclear event occurs. It is a very convenient medicals for survivals of the people in radiological incidents for various radioactive substances.*

***Keywords:** radiological incidents, radioprotectors.*

В контекста на новите геополитически реалности, Република България и другите страни от Алианса и Европейския съюз трябва да се справят с рискове като терористични актове, разпространение на ядрени и конвенционални оръжия, технологични и кибер-атаки насочени към съвременните комуникационни и информационни системи, множество заплахи за околната среда, за живота и здравето на хората. [1] Обективността налага да се отбележи, че йонизиращите лъчения не са нито единствения, нито най-неблагоприятния агент за човека. Но също така е важно да се знае, че оценките за въздействието на йонизиращите лъчения върху човека се правят въз основа на много песимистични и консервативни теории и модели. Никой друг неблагоприятен фактор не е ограничаван и нормиран с такива коефициенти на сигурност, както йонизиращите лъчения. [3] При оценка на биологичния ефект освен дозата и вида на лъчението, значение имат и условията на средата. При повишено съдържание на  $O_2$  и  $H_2O$  в средата на биологичния обект, ефекта на йонизиращото лъчение е по-голям. При по ниска температура или добавяне на химични съединения (радиопротектори), биологичната ефективност на йонизиращите лъчения намалява. [2]

Важен дял от радиационната защита е радиопротекцията. Тя е свързана с разработване на средства за увеличаване на резистентността на

организма при повишени облъчвания. 2001 г. 21 век поднася една от първите си изненади – международен тероризъм и то с най-различни средства – удар на самолети в Международния търговски център в Ню Йорк, атака с „Антракс” в САЩ и възможен ядрен тероризъм при войната в Украйна. Не е без значение и експлоатацията на много атомни централи в света и вероятността за възникване на ядрени инциденти и аварии. [4]

Поради тези и други причини темата за разработване на средства за стимулиране на имунната защита на организма става особено актуална.

Радиопротекторите са фармакологични средства, които намаляват вредното действие на йонизиращите лъчения. Причисляват се към медицинските средства за индивидуална защита и намират приложение при радиационни аварии и инциденти.

Откриването им датира от края на 1940 г. и началото на 1950 г. За разлика от другите радиозащитни средства противолъчевият ефект на радиопротекторите се явява основен. Той се развива в първите минути и часове след облъчването, съхранява се в продължение на 2—6 часа. Действието на радиопротекторите е насочено преди всичко към защита на костния мозък и хемопоетичната тъкан.

Много екстремни фактори като физическо натоварване, безсъние, повишена или понижена температура на околната среда, психо-емоционално напрежение, токсични вещества и др. могат съществено да намалят ефекта на радиопротекторите. [5]

За пръв път радиозащитни ефекти са открити при аминотиолите – цистеин, глутатион, цистеамин, дисулфид цистамин и вазоактивни амини – серотонин, норадреналин, хистамин.

Последващите изследвания показват, че най-ефективни са радиопротекторите, които се отнасят към два класа химически съединения:

- Аминотиоли / съдържат в молекулата си тиолна и аминогрупа/;
- Антагонисти на биологично активни амини, които са способни чрез специфични клетъчни рецептори да предизвикват остра хипоксия и подтискане на метаболизма в радиочувствителни тъкани.

Други радиопротектори:

- Индолалкиламин – серотонин;
- Цианиди, азиди;
- Хелатообразуващи агенти;
- Глицин метиламин и вазоактивни вещества – серотонин, адреналин, хистамин, ацетилхолин;
- Хидроксилни съединения – алкохоли, феноли.

Цистаминът отнася се към сяро-съдържащите радиопротектори. Препаратът се приема в доза 6 таблетки по 0,2 g с вода за 30—60 min. В рамките на първото денонощие при нова заплаха от облъчване е възможен повторен прием на препарата в доза 1,2 g 4—6 часа след първия прием.



Препаратът е ефективен при заплахата от кратковременно облъчване в дози, предизвикващи костномозъчна форма на остра лъчева болест. Страничните действия на препарата са свързани със стомашно-чревния тракт – гадене, диспептични прояви и сърдечно-съдовата система – хипотония.

Важна роля в механизма на противолъчевото действие на сяросъдържащите радиопротектори е способността им временно да инхибират митотичната активност на клетките в радиочувствителните тъкани. В резултат на това се създават благоприятни условия за пострадиационни репарации в повредените от облъчването молекули на ДНК.

Индралинът е хетероциклично съединение, което се отнася към радиопротекторите с екстремно действие. Най-бързо действащ е с доза – 3 пъти по 1 таблетка от 0,15 g. Оптимален срок на прием 15 min преди предполагаемото облъчване. Препаратът обезпечаваша защита в рамките на 1 час. Допуска се повторен прием след 1 час.

Радиозащитният ефект на индралина се проявява при кратковременни въздействия на йонизиращи лъчения от различен вид – гама-лъчение, високоенергийни неутрони, протони, електрони – с голяма мощност на дозата. „Индралин съхранява противолъчевото си действие в екстремални условия, а също и при прием на други лекарствени средства. Препаратът не оказва отрицателно действие при операторски дейности.

Разработен е нов противолъчев препарат – „Индометафен”, предназначен за защита на персонала от нискоинтензивно гама-лъчение, преди всичко при лъчево увреждане на хемопоетичната система.

При вътрешно облъчване е необходимо инкорпорация на радионуклидите. Постъпването става през устата или инхалационно. За ускорено извеждане на радионуклидите от стомашно-чревния тракт и предотвратяване на преминаването им в кръвта, се използват адсорбенти. За съжаление адсорбентите не притежават поливалентно действие.

За извеждане на изотопите на stronция и бария се приема „Полисурмин”, „Алгисорб”, „Адсорбар”. При инкорпорация на плутон – инхалации с „Пентацин”. При попадане на радиоактивен йод – препарати на стабилен йод. При попадане на изотопи на цезий – „Фероцин”, „Берлинско синьо”.

Може да се приемат и йонообменни смоли, антиеметици, промивка на стомаха, отхрачващи средства, препарати, ускоряващи извеждането на радионуклидите от организма – соли на млечната, лимонената киселина. Наред с това за извеждане от организма на соли на урана и полония се използва „Унитиол”.

Много от лекарствените средства се явяват не само средства за медицинска защита, но в голяма степен средства за оказване на медицинска помощ и лечение на радиационните поражения. Това са:

- Стимулатори на кръвотворене – пентоксил, хемостимулин;
- Стимулатори на ЦНС – невролептици, транквилизатори, антидепресанти, психотропни препарати;
- Антихеморагични средства – серотонин, цистамин;
- Адаптогени – повишават съпротивителните сили на организма. „Жен-шен”, „пчелна отрова”, „змийска отрова”.

Средства при отслабена първична обща реакция на организма на облъчените – обща слабост, гадене, повръщане. Към тях основно се отнасят седативни средства – „Етаперазин”, „Церукал”, „Аерон”, „Диксафен”, „Латран”.

Първичната реакция на облъчване се отнася към най-честите клинични прояви на радиационни увреждания на организма. В резултат на развитието ѝ пострадалите излизат от строя в най-ранни срокове след въздействието на йонизиращите лъчения. Особено опасни са проявите на първичната реакция на облъчване в ситуациите, когато от състоянието на работоспособността на хората зависят ефективните действия по завършване на работата в зоната на радиационното въздействие и по-бързия изход от нея. В тези условия профилактиката на ПРО способства не само за поддържане на работоспособността, но и косвено – чрез снижение на дозата на облъчване на организма. [6,10]

За профилактика на ПРО могат да се използват препарати, лекарствените форми на които позволяват да се приемат в порядъка на само-и взаимопомощ. Доказано е, че най-голям ефект притежават препаратите от групата на невролептиците, в частност етаперазин и метоклопрамид.

„Етаперазин” се отнася към невролептиците. Механизмът на антиеметичното му действие е свързан с подтискане на центъра на повръщане. За профилактика медикаментът се приема по 1-2 таблетки 1-2 пъти в денонощие, но не повече от 6 таблетки в денонощие.

„Церукал” – с антиеметично действие, регулира двигателната активност на стомашно-чревния тракт. Антиеметичният му ефект продължава до 12 часа. За профилактика на повръщането препаратът се приема 3 по 1 табл. в денонощие.

„Диметкарб” – действието му е насочено към пострадиационната адинамиа. Приема се по 1 табл. 30-60 min. до предполагаемото облъчване.

Повторен прием на препарата е възможен след 4-6 часа. Дневната доза не бива да превишава 6 табл.

В практиката не се използват много от радиопротекторите поради токсичност и неефективност при високи дози на облъчване. Като средства за индивидуална профилактика те могат да се прилагат при аварии в АЕЦ, при изпълняване на срочни ремонтни дейности в условия на повишена радиация, при лъчетерапия и при космически полети. [7, 8, 9]

В последните години във връзка с опасностите от радиоекологични критични ситуации се търсят пътища за защита от действието на хронично облъчване с йонизиращи лъчения с ниска интензивност в природни условия. За тази цел е най-подходящо използването на природни биологично активни вещества. Те не са токсични, добре поносими са и могат да се използват като хранителни добавки, стимулирайки защитните сили на организма – фитопрепарати, естрогени, имуномодулатори, стимулатори за образуване на кръвни клетки и др.

Радиомодифициращият ефект на редица природни продукти е предмет на изследване от много автори. Тези препарати влизат в съображение за масова профилактика на хора, работещи в йонизираща среда. Примери за такива продукти са: „Герисан” /екстракт от кръвен здравец/, полимерен комплекс с радиационно-защитни свойства/ Виолета Митова, Кольо Троев – Институт по полимери – БАН/, екстракт от спинулина.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Пъдарев, Н.И., Прогнозиране на опасностите за населението и инфраструктурата при ядрени, радиологични и химически опасни събития чрез симулационни модели, Монография, Изд. НВУ „В. Левски” ВТ, 2021.

2. Пъдарев, Н. И., Б. К. Димитров, Аспекти на защитата от оръжията за масово унищожение в съвременния свят. Монография, Изд. НВУ, ВТ, 2020.

3. Horowitz, M.C., Artificial Intelligence, International Competition, and the Balance of Power, Texas National Security Review, Vol.1, Issue3, 2018.

4. 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.

5. 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.

6. Dolchinkov, N. T., History and development of nuclear weapons, International scientific journal: Security@future 1/2018, June 2018, pp. 32-35.

7. Долчинков, Н. Мерки за радиационна защита при аварии с възможни радиационни последствия за населението, Научна конференция „Актуални проблеми на сигурността”, НВУ, Велико Търново, 2017

8. 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;

9. Dolchinkov, N. (2018). Sources of natural background radiation, Security and Defence Quarterly 3 (2017) (2017: 3 (18)).

10. Dolchinkov, N. (2017). Radiation Background of the Atmosphere, Soil and Water in Bulgaria and Its Monitoring in the Contemporary Political Conditions. Conference: Technics, technologies, education, safety 2017, Veliko Tarnovo, Bulgaria, Volume: 1.

***Адрес за кореспонденция:***

*Ренета Методиева, студент, НВУ „Васил Левски”*

*катедра „Защита на населението и инфраструктурата”*

*E-mail: reny1992@gmail.com*

DOI: 10.34660/INF.2023.32.12.044

## РЕАКТОРИ ВВЕР. УСТРОЙСТВО И ПРИЛОЖЕНИЕ

Иван Иванов

### VVER REACTORS. DEVICE AND APPLICATION

Ivan Ivanov

***Abstract:** The main types of nuclear reactors that are used in modern nuclear energy and in more detail those of the VVER type are examined. Their main characteristics are shown and what measures should be taken to prevent accidents during their operation.*

***Key words:** atom, nuclear reactor, nuclear energy, management, safety*

#### 1. Увод

ВВЕР, съкратено от Водо-воден енергиен реактор е наименованието на серия ядрени реактори, разработени в Съветския съюз. Към 2009 г. ВВЕР се експлоатират в Армения, България, Индия, Иран, Китай, Русия, Словакия, Украйна, Унгария, Финландия и Чехия. Общото международно наименование на реакторите от този тип е PWR (реактор с вода под налягане), те са основа на световната мирна ядрена енергетика. Първата станция с такъв реактор е пусната в САЩ през 1957 г. в АЕЦ Шипингпорт.

Първите ВВЕР са изградени преди 1970 г. Най-масово използваният модел е ВВЕР-440 В-230, който има мощност 440 MW и шест водоравни парогенератора. Моделът ВВЕР-440 В-213 се основава на предишния, но със значителни подобрения в системите за сигурност. По-големите реактори ВВЕР-1000 са разработени след 1975 г. и имат мощност 1000 MW. Умалени модификации на ВВЕР са използвани в съветския и руския военноморски флот.

Атомна електрическа централа (съкратено АЕЦ) 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 [5, 6, 12].

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 [1, 2, 8, 13].



Фиг. 1. Атомни централи по света

## 2. Същност

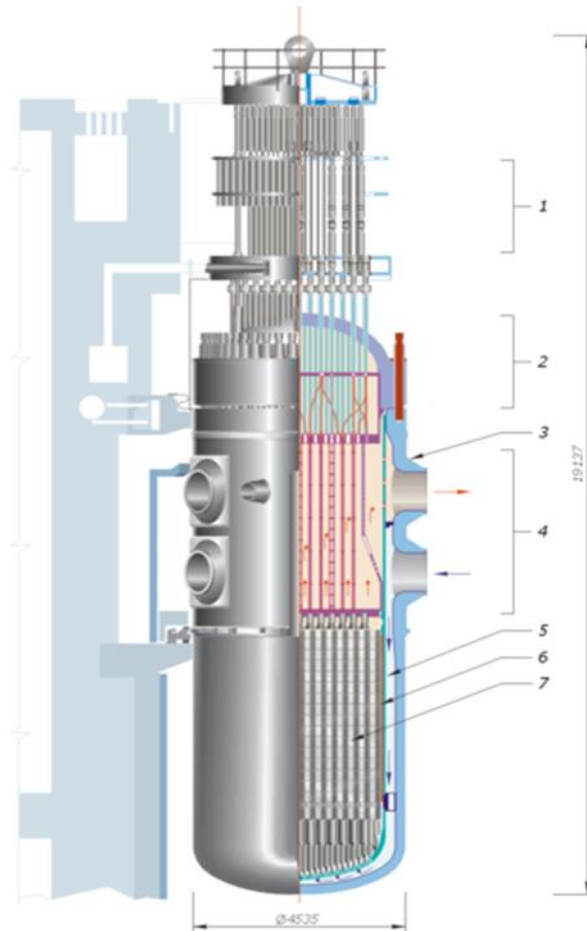
ВВЕР са реактори с вода под налягане. Горивните пръти на реактора са напълно потопени във вода, която е подложена на налягане от 15 MPa, така че температурата ѝ на кипене е по-висока от нормалните температури на работа (220 до над 300 °C). Целият реактор е обвит в масивен стоманен кожух. Горивото е слабо обогатен (около 2,4 – 4,4%<sup>235</sup>U) уранов диоксид (UO<sub>2</sub>) или подобно.

В най-общия си вид ядреният реактор ВВЕР-1000 е изграден от следните съставни части:

- корпус;
- вътрекорпусни устройства;
- шахта (защитава корпуса от гама и неутронни лъчения, обезпечава железноводния отразител, отделя различните топлоносителни потоци);
- блок на защитните тръби (БЗТ);
- активна зона;
- топлоотделящи елементи (ТОЕ);
- снопи поглъщащи пръти към системата за управление и защита (СУЗ);
- снопи горивни пръти;
- горен блок;
- канали за вътрешнореакторни измервания;
- електрически блок.

Топлоотделящ елемент (съкр. ТОЕ) е главният конструктивен елемент на активната зона на хетерогенен ядрен реактор, съдържащ ядрено гориво. В топлоотделящия елемент се извършва деленето на тежките ядра на <sup>235</sup>U, <sup>239</sup>Pu или <sup>233</sup>U, съпроводено от отделянето на топлинна енергия, която после

се предава на топлоносителя. Елементите се състоят от топлинен сърдечник, обвивка и странични детайли. Типът на елементите се определя от типа и предназначението на ядрения реактор, и параметрите на топлоносителя. Теплоотделящите елементи имат за задача да осигурят надеждното отвеждане на топлината от горивото към топлоносителя [4, 11, 13].



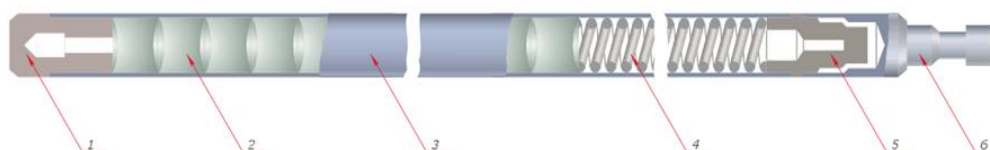
*Фиг.2. Схема на реактор ВВЕР-1000*

На фигура 2 е показана схемата на реактор ВВЕР, където:

1. Прибори СУЗ
2. Капак на реактора
3. Корпус на реактора
4. Блок на защитните тръби
5. Шахта
6. Активна зона
7. Теплоотделящи елементи, поглъщащи пръти

Теплоотделящият елемент представлява тънкостенна метална тръба, в която е разположено ядреното гориво. ТОЕ се групират в теплоотделящи касети. Касетите с теплоотделящите елементи се поставят в кошницата на

реактора. ТОЕ са направени от ядрено чист материал. Това е материал, който има понижено поглъщане на неутрони. В същото време материала на ТОЕ трябва да бъде достатъчно механично устойчив. Днес топлоотделящите елементи са направени предимно от сплави на цирконий. В повечето съвременни реактори (ВВЕР, РБМК), елементите представляват стержен с диаметър 9.1 – 13,5 мм. Дължината им варира, в зависимост от типа реактор, за който са изработени. Обикновено е между 2 до 4 метра. На фигура 2 е показано устройството на ТОЕ за реактор от типа РБМК, каквито бяха реакторите в АЕЦ Чернобил и които вече не са в експлоатация [3, 8, 9].



Фиг. 2. Устройство на ТОЕ на реактор РБМК

На фигура 2 са показани следните елементи:

1. Заглушалка
2. Таблетки диоксид уран
3. Циркониева обвивка
4. Пружина
5. Втулка
6. Накрайник

Интензивността на ядрената реакция се контролира от забавителни пръти, които се вмъкват в реактора от горната му страна. Те са изработени от поглъщащи неутрони материали и забавят верижната реакция според това до каква степен са вмъкнати в реактора. В случай на нужда той може да бъде спрял с пълното вкарване на забавителните пръти в корпуса му.

Мощността на ядрения реактор се контролира чрез промяна интензивността на ядрената реакция. Това може да бъде представено чрез следното опростено уравнение:

$$N=V*N_{235}*\sigma_{f,235}*\Phi*200 \text{ MeV}, \text{ където:}$$

- $N$  – мощност на реактора в MeV/s (Мегаелектронволта за секунда);
- $V$  – обем на ядреното гориво в активната зона на реактора,  $\text{cm}^3$ ;
- $N_{235}$  – ядрена концентрация на  $^{235}\text{U}$  в ядреното гориво,  $1/\text{cm}^3$ ;
- $\sigma_{f,235}$  – микроскопично ефективно сечение на взаимодействие на делене за  $^{235}\text{U}$ , barn ( $1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2$ );
- $\Phi$  – неутронният поток в активната зона,  $1/\text{cm}^2*\text{s}$ ;



за да се преобразува тази мощност във ватове се умножава резултата със  $1,60217733e^{-13}$ .

Промяната на интензивността на ядрената реакция означава промяна в коефициента на размножение на средата или с други думи промяна на броя на неутроните в активната зона. За да се промени броя на неутроните, е необходимо да се регулира тяхното поглъщане и тяхното генериране. Това се изразява с техническия коефициент **реактивност**. Реактивността се означава с гръцката буква  $\rho$ . Тя е функция на коефициента на размножение  $K$ :

$$\rho = K - 1/K$$

Реактивността може да приема следните стойности, като всяка от тях определя дадено състояние на мощността на реактора:

- $\rho < 0$  – реакторът намалява мощността си;
- $\rho = 0$  – реакторът работи при постоянно ниво на мощността;
- $\rho > 0$  – реакторът увеличава мощността си.

### Управление на реакцията и охлаждане

Самото управление на реакцията на делене – или мощността – се осъществява с т. нар. СУЗ – Система за управление и защита. За реакторите ВВЕР 1000 тя се състои от 61 поглъщащи пръта, разпределени в 10 групи. Всички пръти са еднотипни и се използват едновременно за управление и защита. Тези пръти са изградени от елементи (като бор, кадмий, хафний), поглъщащи потока от неутрони, възпирайки ускоряването на верижната реакция. Практически, управлението се осъществява само с 10-а група. В началото на кампанията на реактора, всичките групи се намират в крайно горно положение, а 10 група е на 80% (това означава, че само 20% от дължината на поглъщащите пръти са потопени в активната зона). При промяна на мощността в условията на нормална експлоатация 10 група се придвижва, съответно, надолу – за намаляване на мощността, и нагоре – за повишаване на мощността. В края на кампанията на реактора 10 група е напълно извадена [1, 7, 10].

По време на работа на реактора при смяна на мощността се получават т. нар. ксенонови колебания, т.е. йод-135 ( $t_{1/2} = 6,57$  часа), продукт от разпада на урана след бета разпад дава ксенон-135 ( $t_{1/2} = 9,14$  часа), който много добре поглъща неутрони. Това предизвиква неравномерно разпределение на неутронния поток в активната зона, което е много неблагоприятен ефект, затрудняващ стабилизирането на мощността и влошаващ режима на работа на вътрешнокорпусните устройства и на топлоотделящите елементи. За да се прекратят ксеноновите колебания се използват и другите групи пръти за управление.

Всички групи поглъщащи пръти се използват за защита на реактора. За по-ефективно управление, реакторът разполага с аварийна защита АЗ и няколко степени предупредителни защиты ПЗ. Аварийната защита се използва само в краен случай, когато системите за управление и защита не съумеят да овладеят произтичащо неуправляемо увеличение на мощността. Това е изключително рядко събитие. Обикновено АЗ се задейства поради лъжлив сигнал от повреден датчик. При задействане на аварийната защита всичките 61 поглъщащи пръти падат под действието на собствената си тежест в активната зона. Това става за около 5 секунди.

Предупредителните защиты имат за цел да намалят равнището на мощността при рискови или извънредни ситуации, но без да спират реактора, за да може при бързо отстраняване на проблема, реакторът да бъде върнат своевременно в процес на производителност. Това е необходимо, защото при вкарването на поглъщащите пръти в активната зона възниква т. нар. „отравяне на реактора“ (ксенонова / йодна яма), т.е. забавяне на верижната реакция, заради натрупания ксенон-135, който много добре поглъща неутроните, предизвикващи верижната реакция. При вкарването едновременно на всички групи забавянето е толкова силно, че реакторът не може да бъде пуснат без изчакване до спадането на нивата на ксенон-135 ( $t_{1/2} = 9,14$  часа) след това, поради значителна подреактивност. За това в зависимост от тежестта на предупредителната защита има възможност да се вкара само 1 група – мощността пада веднага с 50% и след това се задържа, да се продължи понижаването на мощността под 50% при вкарана вече 1 група или най-леката предупредителна защита – забрана за движение на поглъщащите пръти нагоре.

### **Първи контур (контур на топлоносителя)**

Водата в първи контур се поддържа под постоянно налягане, за да се предотврати кипене. Тъй като тя поема топлината от активната зона, поглъщайки радиацията, запазването на целостта на контура е от изключително значение. Контур на топлоносителя се състои от следните основни компоненти:

- **Реактор** – водата обтича горивните пръти и се нагрява;
- **Компенсатор на налягане** – за да се поддържа водата под постоянно и контролирано налягане, компенсаторът управлява налягането чрез автоматични действия;
- **Парогенератор** – топлината от първи контур се използва за нагряване на водата във втори контур и генериране на пара;
- **Помпа** – подsigурява циркулацията на топлоносителя в първи контур.

## Втори контур

Водата във втори контур не е радиоактивна. Втори контур включва изброените по-долу компоненти:

- **Парогенератор** – компонентът е общ за първи и втори контур, разделяйки физически топлоносителя на първи и водата на втори контур, която вследствие на отнетата топлина се изпарява и постъпва в турбината;
- **Турбина** – разширяващата се пара задвижва турбина, свързана с електрогенератор. Турбината е разделена на отсеци с високо и ниско налягане. За да се избегне кондензацията (при висока скорост водните капки повреждат турбинните перки), парата се преподгрива между двата отсека. Реакторите от поколение ВВЕР 1000 имат мощност до 1 GW;
- **Кондензатор** – парата се охлажда, като се оставя да кондензира, изпращайки остатъчната топлина в охладителната верига;
- **Деаератор** – премахва газовете от охладенето;
- **Помпи** – осигуряват циркулацията на водата във втори контур.

## Защитни мерки при аварии с възможни радиационни последствия за населението

Мерките за защита на населението и околната среда в случай на ядрена или радиационна авария са предварително определени в плановете за защита при бедствия на общинско, областно и национално ниво. При възникване на авария с възможни радиационни последствия за населението и околната среда, защитните мерки се прилагат с отчитане на прогнозните оценки за потенциални изхвърляния на радиоактивни вещества и наличните данни от извършени измервания.

Основните мерки за защита на населението при авария са:

- укриване;
- йодна профилактика;
- евакуация.

В зависимост от конкретната ситуация, допълнително се прилагат и следните мерки:

- ограничаване и контрол на достъпа в областите, засегнати от аварията;
- използване на средства за предпазване от вдишването на радиоактивни вещества;
- деконтаминация на хора, помещения, сгради и участъци, замърсени с радиоактивни вещества;
- ограничаване консумацията на определени хранителни продукти (свежи плодове и зеленчуци от района на аварията, вода от открити водоизточници, фабрично неупаковано мляко от тревопасни животни, непакетирани храни и др.);

- ограничаване на сухопътен, въздухоплавателен, речен/морски трафик;
- медицинско проследяване;
- временно или постоянно преселване.

#### Топлинни емисии от АЕЦ

Топлинните изхвърляния са характерни за всички етапи на ЯГЦ. В следващата таблица се съдържат данни за топлинната мощност на съоръженията, необходима за поддържането на един представителен реактор (1GW<sub>e.a</sub>).

*Таблица 1. Консумирана енергия в реактора*

Стадий	Консумирана топлинна мощност [GW]
Добив на уранова руда	0.0032
Преработка на рудата, получаване на U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	0.012
Конверсия на U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> в газообразен UF <sub>6</sub>	0.0014
Изотопно обогатяване до 4% <sup>235</sup> U	0.097
Производство на свежо гориво	0.00045
Работа на АЕЦ	3.0

Ясно е, че всички топлинни изхвърляния в отделните етапи от ЯГЦ са само части от процента в сравнение с топлинните емисии при експлоатацията на АЕЦ. Коефициентът на полезно действие (КПД) на АЕЦ е около 33%, т.е. на всеки 1GW електрическа мощност топлинните изхвърляния са около 2GW.

Такова топлинно въздействие върху околната среда оказват, разбира се, и обикновените ТЕЦ, основани на ОГЦ. Съществуват обаче две съществени различия между топлинните емисии на ТЕЦ и АЕЦ.

Първото от тях се състои в това, че КПД на ТЕЦ е по-голям от този на АЕЦ (40% срещу 33%). Това се дължи на по-добрите в термодинамично отношение характеристики на парата, произвеждана от ТЕЦ (по-точно на по-високата температура на парата). Сравнително ниската температура на парата при АЕЦ на леководни реактори под налягане (около 300 °C) е технологично обусловена от работната температура на топлоносителя в този тип ядрени реактори. При реакторите на бързи неутрони и при високотемпературните газоохладяеми реактори КПД на АЕЦ може също да достигне 40%.

Второто различие между топлинните изхвърляния на АЕЦ и ТЕЦ се дължи на принципни различия в технологичните им схеми. При АЕЦ всички топлинни изхвърляния стават само през кондензационната система, която се охлажда с вода. При ТЕЦ обаче значителна част (около 15% от цялата топлинна мощност) постъпва в атмосферата директно през димоотводната тръба заедно с газообразните продукти на изгарянето на органичните горива. Поради това ТЕЦ замърсяват топлинно както хидросферата, така и атмосферата.

### **Реактори от различните поколения - 2, 3, 3+**

Проектите от второ поколение включват редица елементи за повишаване на безопасността на реактора и намаляване на рисковете, свързани с аварии. Елементите от поколение II обаче се считат за „системи за активна безопасност“; т. е. те трябва да бъдат активирани от човешки контролери и не могат да работят при електрическа енергия системите са изключени. В опит да подобри още повече безопасността, в средата на 90-те години е проектирано ново поколение „усъвършенствани реактори с лека вода“. Тези проекти от поколение III включват в структурата на реактора така наречените системи за пасивна безопасност. Пасивните системи са предназначени да повишат безопасността на реактора, като работят без човешка намеса или електрическа мощност. Две изтъкнати конструкции от поколение III са Европейският реактор под налягане (EPR) и Westinghouse Advanced Plant 1000 (AP1000) воден реактор под налягане. В конструкцията на AP1000, в случай на пълна загуба на електрическа мощност (включително аварийни резервни генератори), управляващите щанги ще паднат в активната зона на реактора, незабавно спиране на ядрената верижна реакция и продължаващата топлина на разпадане ще се прехвърли извън контейнера на реактора чрез система от гравитационни охладителни резервоари. Един резервоар, разположен вътре в запечатаната херметична конструкция, би запазил вода до сърцевината; тази вода ще кипи и ще се издига като пара до върха на херметичната конструкция, където ще се кондензира и ще потече обратно към вътрешната охладителна система. Топлината от конденз от своя страна ще се прехвърли върху структурата на задържане, която ще се охлажда от вода, течаща под действието на гравитацията от външен резервоар, разположен на върха на заграждението. Водата, изпаряваща се от външната страна на резервоара, ще завърши пренасянето на топлината на реактора в атмосферата, където ще се разсее.

От гледна точка на безопасността основната характеристика на реакторите ВВЕР 3+ е уникална комбинация от активни и пасивни системи за безопасност, които увеличават максимално надеждността на АЕЦ и нейната устойчивост към външни и вътрешни рискове. За работата си активните системи изискват електроенергия, а в основата им са помпи с

електродвигател, които осигуряват постоянно охлаждане на реактора и предотвратяват неконтролираното му нагряване. Активните системи за безопасност включват и дизелови генератори, които трябва да осигуряват електроенергия в случай на изключване на външни енергийни източници.

Пасивните системи са проектирани така, че да предотвратяват изтичането на радиоактивност от реактора в случай на тежка авария, вероятността за която е  $10^{-6}$ , т.е. статистически тя може да се случи веднъж на милион години [4, 7, 12].

Реакторът ВВЕР от поколение 3+ е с двойна обвивка (containment), която издържа на удари от торнадо, падане на самолет с тегло до 200 тона, земетресение с магнитуд 8 по скалата на Медведев-Шпонхоер-Карник, наводнения и експлозии със сила до 30 kPa.

Пасивните системи за безопасност не изискват електрозахранване или намеса на обслужващия персонал за тяхната работа. Благодарение на тези системи АЕЦ може да бъде в безопасно състояние най-малко 72 часа от момента на извънредната ситуация, без човешка намеса. По този начин персоналят на АЕЦ разполага с достатъчно време, за да отстрани последиците от авария в случай например на силно земетресение или наводнение и да възстанови функциите на активните системи.

## Характеристики

Таблица 2. Основни характеристики на реактори от типа ВВЕР

Характеристика	ВВЕР-210	ВВЕР-365	ВВЕР-440	ВВЕР-1000	ВВЕР-1200
Топлинна мощност на реактора, MW	760	1325	1375	3000	3200
КПД, %	27,6	27,6	32,0	33,0	>35,0
Налягане на парата пред турбините, kg/cm <sup>2</sup>	29,0	29,0	44,0	60,0	70,0
Налягане в първия контур, kg/cm <sup>2</sup>	100	105	125	160,0	165,1

Температура на водата, °C					
на входа на реактора	250	250	269	289	298,6
на изхода на реактора	269	275	300	319	329,7
Диаметър на активната зона, m	2,88	2,88	2,88	3,12	—
Височина на активната зона, m	2,50	2,50	2,50	3,50	—
Диаметър на топлоотделящите елементи, mm	10,2	9,1	9,1	9,1	—
Брой на топлоотделящите елементи в касетата	90	126	126	312	—
Зареждане с уран, t	38	40	42	66	—
Средно обогатяване на урана, %	2,0	3,0	3,5	3,3 – 4,4	4,71 – 4,85
Средно изгаряне на гориво, MW·ден/kg	13,0	27,0	28,6	40	>50

### Предимства

- Естествена наличност на модератора и охлаждащата течност (вода);
- По-голяма безопасност поради байпас в сравнение с RBMK и BWR. Четири предпазни бариери: горивни пелети, облицовка на TVEL , граници на първи контур, херметичен корпус на реакторното отделение. Отрицателен коефициент на реактивност на парите (когато водата кипи или изтича, реакцията се забавя).

- Зрялост на технологията VVER. Реакторите са добре проучени. Съвременната технология дава възможност да се гарантира безопасната работа на реактора за минимум 60-80 години, с последващо удължаване на експлоатационния живот;
- Малък размер в сравнение с други типове реактори с подобна мощност, характерен за всички PWR реактори ;
- По-малък брой персонал в сравнение с RBMK (ако сравним АЕЦ Калинин (VVER) с Курск , се оказва, че в Курск работят 900 души повече и е генерирано по-малко електроенергия);
- Евтино гориво. Възможно е да имате няколко доставчици от различни страни. Средно 1 горивна каска се използва за 5-6 години. Веднъж годишно се подменят 15-20% от "изгорялото" гориво.
- Лесно съхранение на отработено гориво;
- Относителна лекота на пречистване на водата в първи контур по време на извеждане от експлоатация (с помощта на изпаряване количеството на радиоактивните отпадъци може да бъде намалено 50-70 пъти) [1, 6, 12]

### Недостатъци

- Невъзможност за презареждане без изключване на реактора в сравнение с каналните реактори RBMK и CANDU ;
- Корозивност на водата и необходимостта от поддържане на нейните химични параметри (химичен състав, рН ). Необходимостта от отстраняване на водорода в първи контур, който се образува в резултат на радиолиза на водата ;
- Необходимостта от регулиране на бора;
- Необходимостта от поддържане на високо налягане за предотвратяване на кипене при  $T = 300-360$  °C и в резултат на това по-голяма опасност при аварии в сравнение с други реактори (течни метали) с по-ниско налягане;
- Наличието на 2 кръга и необходимостта от парогенератори , в сравнение с реакторите за кипяща вода (BWR) , обаче, наличието на 2-ра верига е 3-та бариера за разпространението на радиоактивни вещества по време на работа и аварии. Например по време на аварията в атомната електроцентрала Три Майл Айлънд ;
- По-ниска равномерност на изгаряне в сравнение с реакторите тип RBMK ;
- Използването на обогатен уран и в резултат на това необходимостта от обогатителна инсталация в сравнение с реакторите с тежка вода и естествен уран.



## Заклучение

Очакванията са първите завършени решения за ядрени реактори от четвърто поколение да се появят не по-рано от 2030 година, като засега развитието им е на ниво идейни проекти, казаха в предаването „Зелени алтернативи“ по Дарик експерти, които охарактеризираха и разказаха подробности за ядрените реактори от първо, второ, трето и четвърто поколение.

Тенденцията към увеличаване на дела на ядрената енергетика е продиктувана от стремежа за намаляване на емисиите от въглероден диоксид, а от там и на ефектите на глобалното затопляне, коментират специалистите и посочват, че в енергийно отношение един грам уран се равнява на близо 3 тона въглища със средна калоричност.

Бъдещето на ядрената енергетика е насочено към преодоляването на нейния най-голям недостатък, който не е в ядрената безопасност, където вече е достигнато на едно много високо ниво, а радиоактивните отпадъци.

## Използвана литература

1. <https://www.bnra.bg/avarien-tsentar/informatsiya-za-ijl-otkriti-na-teritoriyata-na-stranata/>
2. <https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%92%D0%95%D0%A0>
3. <https://delphipages.live/bg/%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82/history-of-reactor-development>
4. <https://dariknews.bg/novini/biznes/pyrvite-qdreni-reaktori-ot-iv-to-pokolenie-sled-2030-godina-1353776>
5. <http://ntne.phys.uni-sofia.bg/BG/Manuals/ENFC/XIV.htm>
6. Dolchinkov, N. (2018). Sources of natural background radiation, Security and Defence Quarterly 3 (2017) (2017: 3 (18)).
7. Dolchinkov, N. (2017). Radiation Background of the Atmosphere, Soil and Water in Bulgaria and Its Monitoring in the Contemporary Political Conditions. Conference: Technics, technologies, education, safety 2017, Veliko Tarnovo, Bulgaria, Volume: 1.
8. Долчинков Н., Б. Караиванова-Долчинкова, Съвременните планове за развитие на производство на електрическа енергия в световен мащаб и енергийната независимост на България, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“, НВУ „В. Левски“- гр. В. Търново – 17-19 ноември 2021 ISSN 2738-7607 Print, ISSN 2603-4689 CD, стр 392-399;

9. Padarev, N., 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, ISSN PRINT 2535-0668;

10. Пъдарев, Н., Планиране управлението на отпадъци съдържащи ЯХБ агенти, Годишник на НВУ 2019, с. 104- 110, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски” ВТ, 2019, ISSN 1312-6148

11. Павлов М., М. Харалампиев, Развитие на атомната енергетика и ядрените арсенали, Сборник доклади от научна конференция „Актуални проблеми на сигурността“ на НВУ "В. Левски"- гр. В. Търново – октомври 2020 г. ISBN 2367-7465 т.6 стр. 123-133;

12. Павлов М., М. Харалампиев, Кратък анализ на основните инциденти и аварии в атомните електроцентрали, Сборник доклади от годишна университетска научна конференция 27-28 май 2021 г., том 4 , стр. 159-171, ISSN 1314-1937;

13. 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 ISSN 2738-7607 Print, ISSN 2603-4689 CD, стр. 250-259

***Адрес за кореспонденция:***

*Иван Георгиев Иванов, студент, НВУ „Васил Левски”  
катедра „Защита на населението и инфраструктурата”  
E-mail: Vankou70@abv.bg*

DOI: 10.34660/INF.2023.38.22.045

## ИЗПОЛЗВАНЕ НА ДЕТЕКТОРИ ПРИ КОНТРОЛ НА ДЪРЖАВНАТА ГРАНИЦА НА ГКПП

Николай Згуров

## USE OF DETECTORS DURING STATE BORDER CONTROL AT THE POINT OF POINT

Nikolay Zgurov

*Abstract:* Basic instruments are presented that are used in border control to check people, luggage and cargo arriving and leaving our country.

*Keywords:* checkpoint, control, instrument, dosimetry, detector

### Увод:

България разполага с повече от 30 гранични контролно-пропускателни пункта. Държавата ни граничи с Румъния, Сърбия, Република Северна Македония, Гърция и Турция. На територията на България има изградени 5 летища на които се осъществява граничен контрол в градовете София, Пловдив, Варна, Бургас и Горна Оряховица. Ние като крайна държава на ЕС граничните ни пунктове са оборудвани с детектори за радиация и други типове детектори. Детекторът представлява устройство, на входа на което постъпват частици, а на изхода се появяват сигнали. Сигналите в различните детектори са различни: токов импулс, сцинтилация, мехурчета пара, течни капки, следи и др. Методите за регистриране и измерване на сигналите също са разнообразни. Всеки детектор притежава следните основни характеристики: функция на отклик; временни характеристики; енергично разрешение и ефективност на регистриране [1, 6, 8, 12]. Детекторът на йонизиращо лъчение е устройство, предназначено за преобразуване на енергията на йонизиращите лъчи в друг вид енергия, удобен за по-нататъшна обработка и регистриране. Прилагането на сигурността все повече разчита на полупроводникови детектори.

### Основна част:

Една от основните задачи от дейността на Главна дирекция „Гранична полиция“, съгласно закона за Министерство на вътрешните работи е контрола за спазване на граничния режим в зоните на граничните контролно-пропускателни пунктове, международните летища и пристанища и извършване проверка за оръжие, взривни вещества и други общоопасни средства на лица и транспортни средства при преминаване на държавната граница и при полети на гражданската авиация. Граничната проверка представлява система от последователни действия и организационни мерки по отношение на преминаващите през държавната граница лица с цел установяване на тяхната самоличност, наличието на необходимите условия за преминаване през държавната границата и липсата на мерки, ограничаващи движението на лицата през границата на Република България [2, 11].

Граничният контрол е от интерес не само за държавата членка, на чиято външна граница той се извършва, но така също за всички държави членки, които са премахнали вътрешния граничен контрол. Граничният контрол трябва да помогне в борбата с незаконната имиграция и трафика на хора и да предотврати всяка заплаха за вътрешната сигурност на държавите членки, техния обществен ред, здравеопазване и международни отношения. Всички лица подлежат на минимална проверка за установяване на самоличността въз основа на представяне или показване на пътните им документи. Тази минимална проверка се състои от бърза и целенасочена проверка, когато е необходимо, чрез използване на технически устройства и справка в съответните бази данни за откраднати, незаконно присвоени, загубени или невалидни документи, на валидността на документа, с който се разрешава на законния му притежател да премине границата, и на наличието на признаци за фалшификация или подправяне.

През 2001 г. в охраната на границата бяха внедрени преносими периметровите сигнално-охранителни системи, които позволяват използване на различни по принцип на действие детектори (инфрачервени, микровълнови, механични, сеизмични и други). Системите са компактни, с автономно захранване и позволяват бързо разставяне и маскиране на местността от граничните екипи. За осъществяване на радиолокационното наблюдение на отделни направления на сухоземната граница в Национална служба “Гранична полиция” се използват и наземни радары за откриване на подвижни цели. Според статистическите данни на Гранична полиция намаляването на броя на нарушенията на „зелена граница” рефлектира върху интензитета на нарушенията на ГКПП [3, 7, 10].

Гранично контролните-пропускателни пунктове разполагат с различни детектори. Технически средства за контрол са рентгени за проверка на посетители и техния багаж, входяща кореспонденция,

пощенски пратки и превозни средства (металдетекторни рамки, ръчни металдетектори, детектори за откриване на експлозиви).

При проверките на превозните средства и вещите във владение на лицата, които пресичат границата през ГКПП, могат да се използват следните технически средства:

1. детектори за въглероден диоксид (газоанализатори);
2. детектори на сърдечен ритъм;
3. детектори за взривни вещества и наркотици;
4. ендоскопи с инфрачервени и нормални камери;
5. мобилни/стационарни рентгенови апарати;

6. стационарни детектори на радиоактивно излъчване, мобилни детектори на радиоактивно излъчване, персонални радиационни пейджъри и идентификатори на източници на радиоактивност.

На ГКПП на българо-турската граница се констатират множество случаи на укрити лица в специално пригодени тайници в туристически автобуси и ТИР – камиони. За ограничаване броя на тези нарушения са увеличени проверките на принципа „анализ на риска”. Основната техника, която се използва в тези случаи са газоанализатори и детектори на сърдечната дейност. Доставка на допълнителна техника за проверка ще доведе до повишаване качеството на граничния контрол и превенция на тези нарушения.

Високата ефективност на проверките на граничните контролно-пропускателни пунктове, е свързана с прилагането на слоест подход на използване на различни технически решения, които взаимно се допълват и понякога дори отчасти са взаимно припокриващи се. Не при всички проверки се налага или е възможно да се използват всички налични ресурси, затова прилагането на такъв подход ще осигури гъвкавост и по-бърза приспособимост, за да се отговори на бъдещите промени в заплахите и трафика. Към настоящият момент основното техническо средство за проверка на превозните средства за укрити лица е газоанализатора, който в определени ситуации е невъзможно да бъде използван, поради спецификата на транспортните средства [1, 4, 13].

Географското разположение на Черно море определя ключовата му позиция като център на основни морски транспортни комуникации. През този регион преминават основни пътища, свързващи Европа с Азия, Близкия и Средния Изток. Те се характеризират с висока интензивност на пътничко и товаро-потока и се явяват едно от направленията на трансграничната престъпност. Морските пространства на Р. България (вътрешни морски води, териториално море, прилежаща зона и изключителна икономическа зона) са разположени в западната и югозападната част на Черно море. Активността на корабния трафик е около 30 000 кораба на година и се осъществява в следните основни линии: от и към пристанища Бургас и

Варна; крайбрежно плаване в близост до брега между пристанищата на страната и мирно преминаване през териториалното море; корабоплаване в териториалното море и част от прилежащата зона за риболов, спорт, туризъм и развлечения; транзитно преминаващи кораби [5, 9, 12].

На лицата, превозните средства и стоките, които преминават през външните граници, се извършва проверка за взривни вещества, огнестрелни оръжия, боеприпаси, ядрени материали и други радиоактивни източници. В много обществени сгради на входовете също има изградени контролно-пропускателни пунктове оборудвани с детектори за метал, за следи от взривни вещества и други. При преминаване през такъв детектор, трябва да се оставят всички метални и лични вещи преди преминаването. Според това какво се проверява се използват различни видове детектори. Например за търсене на оръжия се използват метал детектори, те могат да бъдат ръчни и стационарни (металдетекторни рамки). На граничните пунктове много превозни средства се проверяват на случаен принцип, но има и които се проверяват целенасочено за превоз на забранени субстанции скрити в товарния отсек на автомобила или за нелегално преминаване на хора и животни. В летищата, багажите на пътниците се проверяват обстойно за наличие на взривни вещества, незаконни за пренасяне предмети и химични вещества чрез рентгени за багаж използващи различни видове лъчи.

### **Химични детектори.**

Индикаторните хартийки са най-простото средство за индикация и се използват за определяне на течни отровни вещества. При контакт на капки от отровното вещество с хартиятата се променя цвета в зависимост от отровното вещество, което е индикация за наличието и вида на химически агенти. На базата на цветните реакции са разработени и индикаторни ленти, които се прикрепват към външната повърхност на облеклото и служат като индикатор за наличие на отровни вещества в атмосферата.

Индикаторните тръбички са средство за откриване на различни видове токсични вещества. Принципът на действие на индикаторните тръбички се основава на цветните реакции, които 37 протичат между отровното вещество от въздуха и реактивите в пълнителя. При наличие на токсично вещество пълнителят в тръбичката променя цвета си. В зависимост от цвета, който се сравнява с еталон се определя вида на отровното вещество, а по размера на оцветяването върху пълнителя се съди за приблизителната концентрация (количествено определяне).

### **Принцип на действие и устройство на металдетектора.**

Най-простият метал детектор действа на принципа на „честотно биене“. Той се състои от два генератора, настроени на много близки честоти. Единият от тях е със стабилизирана честота, а честотата на другия се

определя от параметрите на търсачната глава. Ако бобината на търсачната глава се доближи до метален предмет, индуктивността и се променя, поради което се променя и честотата на генератора. Тъй като сигналите на двата осцилатора са с близки честоти, при смесването им се получава сигнал с честотата на биене (в звуковия диапазон), равна на разликата между двете честоти. Този сигнал може да се усилва и подаде към слушалки.

Принципът на действие на рамката за метални детектори се основава на използването на радиовълни. Една стена генерира и изпраща радиосигнал към другата стена. Тя го взема и го изпраща обратно. Ако по пътя на тези вълни има някаква бариера под формата на отразяващ елемент (метал), тогава сигналът не достига друга стена. Също така, сигналът може да бъде отразен от металния обект и да се върне по-бързо, отколкото е необходимо. Във всеки случай, ако се установи препятствие за сигнала, ще се чуе звукова аларма. След като анализира радиовълните, детекторът може да открие обекта и да покаже местоположението му на монитора. Такива съвременни устройства имат цифров контрол, програми, микропроцесори. Тяхната чувствителност може да бъде зададена от оператора според определени параметри. В рамките на металдетектора са специални намотки, създаващи сканиращо електромагнитно поле, чиито параметри могат да бъдат зададени. Има два вида дъгови детектори: пасивни и активни. Първият може да открива само продукти от черни сплави, последните разкриват дори и цветни метали, сплави в багажа, под дрехите, върху телата на хората (и вътре в тях).

### **Принцип на действие и устройство на скенерите за багаж.**

Този тип оборудване за инспекция също се нарича "Интроскопи" (от лат. intro - „отвътре“), което означава визуално наблюдение на непрозрачни тела в непрозрачна среда. По този начин се търсят аномалии, като се анализира изображението в сянка на сканирания обект, възпроизведено на екрана на оператора. Технологиата на ненатрапчива (безконтактна) проверка се основава на физическите свойства на рентгеновите лъчи (X), които позволяват да се генерира изображение на сканирания обект, без да се отваря директно [1].

Рентгеновото лъчение, което е невидимо за хората, е способно да проникне през непрозрачни предмети и вещества; Рентгеновото лъчение се абсорбира от други вещества, чийто атомен номер е по-висок в периодичната таблица; Рентгеновото лъчение кара някои химикали и съединения да светят. От появата на първите модели RTU, качеството на изображението е стъпило далеч напред до голяма степен благодарение на използването на високочувствителни детектори (фотодиоди) и компютърна обработка на данни. Рентгеновите лъчи преминават през сканирания обект, прожектирайки точно върху линията детектори от противоположната

страна на инспекционния тунел. Полученият сигнал се обработва от аналогово-цифров преобразувател (ADC) и се изпраща към компютър за по-нататъшно преобразуване на „срезове“ на обекта в едно изображение. Малко по-късно, за да намалят размера на рентгеновото телевизионно оборудване, те започнаха да използват Г-образно разположение на детекторите.

Съвременни модели на секция за интроскопии използващи материаликомптънов ефект, определящ две енергии на рентгеновите лъчи - висока и ниска. Какво означава това? Когато квантовото рентгеново излъчване се сблъска, енергията се прехвърля към електрона, който той изхвърля под формата на свободен фотон, с по-ниска енергия. Тези, когато рентгеновите лъчи се разпръскват от вещества с по-ниско периодично число (органични вещества), почти всички рентгенови лъчи имат изместена дължина на вълната. Веднъж попаднал на конвейерната лента, багажът се движи по посока на инспекционния тунел. Веднага щом попадне под прицела на фотоелектрическият сензор, до контролния блок се изпраща сигнал и операторът спира чантата за подробна проверка, като правило тази процедура отнема няколко секунди. Съвременните технологии за сканиране са насочени към увеличаване на скоростта и качеството на изображенията до възможността за непрекъснато наблюдение [3, 8].

### **Принцип на действие и устройство на газоанализатора.**

Устройството, функционално изградено на принципите на измерване на газови смеси, ви позволява своевременно да определите излишъка от опасни токсини. Газов анализатор е устройство с малки размери ще предупреди за опасността, свързана с неразрешено отделяне на вредни летливи вещества и появата на течове в тръбопровода. От гледна точка на изпълнението газовите анализатори биват ръчни и автоматични. Ръчните анализатори включват абсорбционни модели, които използват технология за абсорбиране на газообразна среда с реагенти. Устройствата, които работят автоматично, обикновено работят по технологията на конструиране на физикохимичните характеристики на веществото. Почти всички устройства за анализ на газ, поддържащи автоматично измерване, от гледна точка на методологията, са условно разделени на три групи:

- Анализатор на химичните реакции;
- Анализатор на физичните и химичните процеси;
- Анализатор на физически процеси.

Първите подкрепени физически методи за анализ, извършени с помощта на химични реакции. Тук, като правило, обхватът на устройствата е обемно-манометър, както и химически устройства.

Втората група устройства също поддържа физическата методология, но когато е допълнена от физикохимичен процес. Сред тези процеси могат



да бъдат: електрохимия; термична химия и др. Естествено, в зависимост от конкретния процес, резултатът се получава по различен начин. Например концентрацията на газова смес се определя от електрохимията въз основа на нейната електрическа проводимост. Или чрез измерване на топлинния добив на реакцията на каталитично окисляване се получава степен на концентрация на горими газове.

Третата група газови анализатори, изградени единствено върху физическа техника, са представени от магнитни, оптични, денсиметрични и други устройства. Тази група включва например термокондуктометрични устройства за анализ на газови смеси, благодарение на които те получават резултат чрез измерване на степента на топлопроводимост на веществата. Основният принцип на работа и подреждането на газовите анализатори позволява анализ на многокомпонентни смеси, измерване на нивото на концентрация на един компонент, присъстващ в сместа.

### **Използване на дозиметри.**

Тези устройства се използват за установяване на величината на сумата от всички видове радиация или за определяне на мощността на дозата, получена от гама лъчи или рентгенови лъчи. Техните сензори са вътрешни йонизационни камери, които са пълни с газ. Освен това, все още има сцинтилационни и газоразрядни броячи. Устройствата могат да бъдат както стационарни, така и преносими.

Принципът на работа на дозиметрите и радиометрите се основава на изкривяването на ограничителната честота на гама-лъчението. Директно рентгенови частици се улавят от брояча. След това сигналът се предава на блокиращия генератор. За да се активира резонаторът, е необходим конвертор. В този случай един вибратор осигурява висока чувствителност на устройството. Резонаторът на свой ред е отговорен за скоростта на предаване на сигнала. На микроконтролера данните за гама лъчението преминават през модулятора. След това те веднага се показват на дисплей. Най-често срещаните са детектори за слюдяване, които позволяват определянето на алфа и бета лъчение с висока точност. Такива елементи са осигурени преносими носими устройства, включително тези, предназначени за домашна употреба.

Групата от газоразрядни чувствителни компоненти, които се използват и в компактни устройства, също е популярна, но те могат да записват само критични стойности на радиация. Термолуминесцентните миниатюрни лампи се използват специално за работа с рентгеново фоново лъчение. Многофункционалните версии на устройствата са предназначени за комплексно измерване. Това означава, че в зависимост от целевата задача е възможно да се включат режими на работа с различни детектори, интегрирани в едно устройство [4, 11].

### **Изводи:**

Чрез развиване на електротехниката се разработват нови уреди в помощ на човечеството. Чрез тези уреди биваме защитени от биологични нападения, предотвратяват се нежелани събития и други. По този начин се осигурява спокойно пътуване между държавите през гранично контролно-пропускателните пунктове като се осигурява защита и за другите страни.

### **Заключение:**

За преминаване през ГКПП винаги се минава през детектори проверяващи превозното средство за скрити незаконни предмети, багажите на пътниците биват сканирани, и се разпознават лицата които преминават дадена граница. Без тези проверки би било невъзможно предотвратяването на нежелани инциденти като атентати и други събития. На пазара постоянно излизат нови уреди и се разработват нови технологии за следене на реда по граничните пунктове, защото без този ред би било пълен хаос. Новите уреди целенасочено се правят по-малко да вредят на хората и работниците които ги ползват и да бъдат по ефективни в това за което проверят.

### **Източници:**

1. Инструкция № ІЗ-1405 от 24 юли 2009Г. за реда за осъществяване на граничната проверка на граничните контролно-пропускателни пунктове (ЗАГЛ.ИЗМ.-ДВ,БР.64ОТ 2012Г.), издадена от Министерството на вътрешните работи.

2.

<<https://www.eufunds.bg/archive2018/archive/documents/1259245053.pdf>>, Частта на Шенген от Инструмента за улесняване на бюджетните парични потоци и за подпомагане изпълнението на Шенгенското споразумение, последен достъп на 08.04.2021г.

3.

<[https://www.mvr.bg/gdgp/%D0%B4%D0%B8%D1%80%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%D1%82%D0%B0/%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F/third\\_period](https://www.mvr.bg/gdgp/%D0%B4%D0%B8%D1%80%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%D1%82%D0%B0/%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F/third_period)>, Гранична полиция, последен достъп на 08.04.2021г.

4.

<<https://dv.parliament.bg/DVWeb/showMaterialDV.jsp;jsessionId=B7C5EF16DD718B2224DCB068567A6E00?idMat=95907>>, ИНСТРУКЦИЯ № 8121з-813 от 9 юли 2015 г. за реда и организацията за осъществяване на граничните проверки на граничните контролно-пропускателни пунктове, последен достъп на 10.04.2021г.

5. <<https://bg.exactosystem.com/3054-gas-analyzer-working-principle-what-to-look-at-when-c.html>>, Газов анализатор: принцип на работа, какво да

обърнете внимание при избора + преглед на производителите, последен достъп на 10.04.2021г.

6. <<https://crimeabereg.ru/bg/check-out/skaner-v-aeroportu-vse-chto-neobhodimo-znat-vliyanie-raboty-na.html>>, Летищен скенер: всичко, което трябва да знаете. Влиянието на работата върху здравето на оператора. Подразделения. Как работи интроскопът на леитцето, последен достъп на 11.04.2021г.

7. <<https://neonkaraoke.ru/bg/tarify/tipy-metalloiskatelei-po-principu-raboty-razlichnye-vidy/>>, Видове металотърсачи според принципа на действие. Различни видове металотърсачи и принципът им на действие. Схема, описание. Типичен дизайн на металотърсач, последен достъп на 12.04.2021г.

8. Dolchinkov, N. (2018). Sources of natural background radiation, Security and Defence Quarterly 3 (2017) (2017: 3 (18)).

9. Dolchinkov, N. (2017). Radiation Background of the Atmosphere, Soil and Water in Bulgaria and Its Monitoring in the Contemporary Political Conditions. Conference: Technics, technologies, education, safety 2017, Veliko Tarnovo, Bulgaria, Volume: 1.

10. Долчинков Н., Б. Караиванова-Долчинкова, Съвременните планове за развитие на производство на електрическа енергия в световен мащаб и енергийната независимост на България, Научна конференция „Радиационната безопасност в съвременния свят“, НБУ „В. Левски“ - гр. В. Търново – 17-19 ноември 2021 ISSN 2738-7607 Print, ISSN 2603-4689 CD, стр 392-399;

11. Пъдарев, Н., Планиране управлението на отпадъци съдържащи ЯХБ агенти, Годишник на НБУ 2019, с. 104- 110, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски” ВТ, 2019, ISSN 1312-6148

12. Павлов М., М. Харалампиев, Развитие на атомната енергетика и ядрените арсенали, Сборник доклади от научна конференция „Актуални проблеми на сигурността“ на НБУ "В. Левски"- гр. В. Търново – октомври 2020 г. ISBN 2367-7465 т.6 стр. 123-133

**Адрес за кореспонденция:**

*Николай Христов Згуров, студент, НБУ „Васил Левски”  
катедра „Защита на населението и инфраструктурата”  
E-mail: nikolaizgurov@gmail.com*

**Сборник доклади от научна конференция  
„Радиационната безопасност в съвременния свят”  
Том 2**

Технически редактор:  
доц. д-р инж. Николай Долчинков

**ISSN 2738-7607 Print**  
**ISSN 2603-4689 CD**

Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”  
2022 г.